

大型超市自营制造业价值链综合指数的演化博弈——以沃尔玛牛肉工厂为例

徐瑜昕¹ 李笑²

1 宁波财经学院, 浙江省宁波市, 315000;

2 湖北汽车工业学院, 湖北省十堰市, 442002;

摘要: 为探究零售企业纵向整合对制造业价值链的影响机制, 本文以沃尔玛自营牛肉工厂为案例, 运用演化博弈理论构建大型超市自营制造业价值链分析框架, 聚焦价值链综合指数的动态演化规律。研究基于演化博弈模型仿真发现, 自营模式下价值链综合指数呈稳定增长态势, 价格控制、品质管控与来源透明化能力显著提升, 成本波动幅度较传统模式降低 15% 以上。分析显示, 供应链纵向整合通过压缩中间环节、强化参数协同, 推动价值链效率优化, 且政策支持与本地需求构成演化稳定策略的关键条件。研究证实大型超市自营制造业可增强价值链韧性, 为零售企业产业链延伸及制造业价值链升级提供理论与实践参考。

关键词: 大型超市; 制造业; 价值链; 综合指数; 四方演化博弈

DOI: 10.64216/3080-1486.25.12.021

引言及文献综述

在零售业数字化转型加速的大背景下, 大型超市作为民生消费的核心载体, 其价值链管理效率将直接决定市场竞争力。沃尔玛作为全球零售巨头, 其采购、物流、销售、服务等价值链环节的协同运作模式为行业提供了典型研究样本。

在介绍学界对超市价值链的已有研究成果前, 需要先行介绍价值链的相关概念。20 世纪末, 迈克尔·波特在《竞争优势》中首次提出了价值链的概念, 并引起了许多研究人员的关注, 价值链侧重于纵向一体化, 强调单个企业的竞争优势, 全面把握企业整体的运营情况, 打破了传统财务视角下单一要素分析和管理的既有模式。

当前, 学界对超市价值链的研究多集中于环节优化或对于成本、供应链效率等单一指标的分析。邓祖莹等 (2024)^[1]指出, 现代企业为维持资金的流动性和稳定性, 就势必要将价值链理论融入企业运营之中, 以综合提升自身竞争力。靳志伟 (2024)^[2]采用层次分析法确立了 YH 超市现金流管理评价指标体系, 以 13 个二级指标来综合衡量 YH 超市在价值链中所处的位置。舒敏 (2024)^[3]则采用熵权法分析 YJ 公司的价值链体系, 该学者从公司内、外价值链的各个环节出发, 综合选取 20 个指标以构建一套财务绩效评价体系。Mondliwa Pamela et al. (2021)^[4]将全球价值链文献中对权力的理解与竞争经济学中对市场权力与进入壁垒的分析相联系,

通过研究南非超市和石化企业的案例, 最终得出结论: 在价值链上的主导企业的议价能力在很大程度上取决于政府管制和产业政策的历史影响。Phumzile Ncube (2025)^[5]同样关注南非, 该学者关注南非家禽区域价值链的治理, 采用全球价值链 (Global Value Chain, GVC) 的分析框架对非洲区域价值链进行探讨。研究发现, 南非家禽价值链属于双边寡头垄断市场, 主导企业为大型超市和大型家禽生产商, 主导企业对市场发挥重要作用。Ørtenblad Sinne Borby et al. (2023)^[6]关注泰国小农参与农业食品价值链现代化的案例, 经研究发现小农在选择不同的营销渠道和一定的议价能力方面有回旋余地。

学界虽对超市价值链已有部分研究, 但针对价值链整体运行状态的综合评价指标——价值链综合指数, 却尚未形成统一、科学的指数演化分析体系。为此, 本文以沃尔玛为研究对象, 系统探究大型超市价值链综合指数的演化博弈分析方法。这一研究不仅可以填补现有价值链综合评价方法的空白, 也为后续研究提供较为明确的问题导向和分析维度。

1 价值链综合指数演化博弈框架建立

根据国家标准《零售业态分类》(GB/T18106-2021), 大型超市在经营性质上被划为零售业, 但沃尔玛拥有自营的牛肉加工厂, 本文对其制造业部分建立价值链综合指数, 并使用 MATLAB 探究大型超市自营制造业在政策、自然、竞争、消费 4 方发生变化时, 价值链综合指数会

进行何种演化。

1.1 价值链综合指数公式的建立

本文根据 WANG et al. (2017)、Koopman et al. (2010)、高运胜等 (2023) 和宋文思 (2024) [7-10] 的相关计算方法, 具体见公式 (1) ~ 公式 (3)。

$$gvc_{tf} = \frac{V_{GVC_S} + V_{GVC_C}}{V_D + V_{RT} + V_{GVC_S} + V_{GVC_C}} \quad \text{公式 (1)}$$

$$gvc_{tb} = \frac{Y_{GVC_S} + Y_{GVC_C}}{Y_D + Y_{RT} + Y_{GVC_S} + Y_{GVC_C}} \quad \text{公式 (2)}$$

$$gvc_p = \ln(1 + gvc_{tf}) - \ln(1 + gvc_{tb}) \quad \text{公式 (3)}$$

该公式模仿 WANG et al. (2017) 的 WWYZ 方法, 将一个企业的生产分解为满足自身需求的生产、满足外部需求的生产和包含全球价值链贸易的中间品生产 3 个部分, 进一步把包含全球价值链贸易的中间品生产细分为浅层次 GVC 生产活动和深层次复杂 GVC 生产活动。

其中, GVC_S 表示简单 GVC 生产活动, GVC_C 表示复杂 GVC 生产活动。公式 (1) 表示一个企业的价值链增加值进行前向生产分解, 进一步细分为: V_D 代表仅满足自身最终需求的增加值, V_{RT} 代表满足外部需求中以最终产品形式销售的增加值, V_{GVC_S} 和 V_{GVC_C} 是销售中以中间品形式销售的增加值。同理, 公式 (2) 表示一个企业的价值链增加值进行后向生产分解, 也可以细分为含

义相近的 3 个部分: 满足自身需求的最终品生产所使用的自身企业价值链增加值 Y_D 、满足外部需求的最终品销售所使用的自身价值链增加值 Y_{RT} 和包含在全球价值链贸易中的增加值 Y_{GVC_S} 和 Y_{GVC_C} 。 gvc_p 表示企业价值链综合指数。

1.2 演化博弈中各方的博弈点

在政策、自然、竞争、消费 4 方博弈的过程中, 具体博弈点见图 1, 博弈双方诉求及核心博弈点见表 1, 博弈围绕公式 (3), 博弈最终均作用于公式 (1) 和公式 (2) 中的变量。

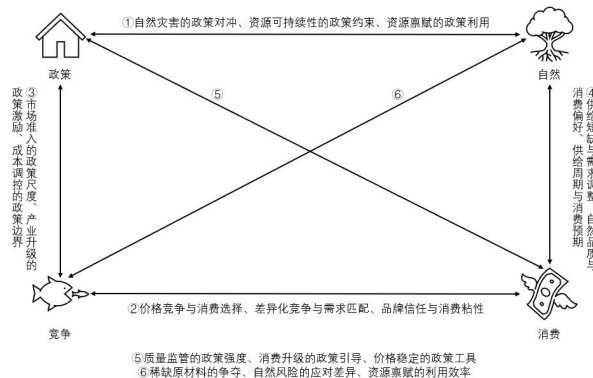


图 1 演化博弈中各方的具体博弈点

表 1 演化博弈中各方的诉求及核心博弈点

序号	博弈 A 方及其诉求	博弈 B 方及其诉求	博弈点
①	政策: 稳定产业运行、保障供应链安全、推动 GVC 升级	自然: 保障原材料供应、对冲不可抗力风险和资源禀赋约束	风险应对与资源调控的平衡: 自然因素对价值链增加值的冲击、自然因素与政策调控工具的适配度
②	竞争: 抢占 V_{RT} 、建立消费信任	消费: 高性价比、个性化需求、品牌信任	市场份额与需求匹配的争夺: 竞争行为对消费选择的影响、消费反馈对竞争策略的修正
③	政策: 维护市场公平、保障消费者权益、推动 GVC 升级	竞争: 抢占 V_{RT} 、降低成本、提升 GVC 嵌入度	市场规则与产业升级的协同: 政策规则对竞争格局的塑造、竞争行为对政策目标的反馈
④	自然: 产品供给稳定	消费: 需求稳定、质量过关、具有可替代选择	供给稳定性与需求弹性的适配: 自然因素导致的攻击波动与消费者需求反馈的动态平衡
⑤	政策: 保障消费安全、稳定消费价格、促进消费升级	消费: 高性价比、安全保障、个性化需求	需求引导与安全保障的匹配: 政策对消费需求的引导、消费反馈对政策工具的修正
⑥	自然: 平抑原材料供给波动、规避生产风险	竞争: 抢占稀缺资源、规避竞争风险	资源争夺与风险共担的博弈: 自然资源的稀缺性分配与自然风险的竞争格局重塑

2 价值链综合指数演化博弈算法设计

2.1 算法设计准备

2.1.1 问题描述

本文所探究的问题可以具体描述为: 在四维变量空间中, 四个变量 x, y, z, w 如何依据特定规则随时间发生演化。每个变量均取值于 $[0,1]$ 之间, 其变化率由自身当前值与“个体收益与群体平均收益差值的乘积决定, 且收益是四变量及外部参数的多元函数。同时, 外部参数

受四变量动态影响, 形成耦合关系。分析过程中, 需分析该非线性动力系统的演化轨迹、收敛性及稳定状态, 探究变量间相互作用对特定目标函数的影响规律。

2.1.2 符号与变量

本文讨论的问题是四元非线性动力系统的演化分析, 状态变量 $x, y, z, w \in [0,1]$, 分别表示四个主体的策略比例, 构成四维状态空间中的点 (x, y, z, w) ; 时间变量 $t \in \mathbb{N}^+$, 即离散演化时间步, 表征系统动态变化的历程;

外部参数 a, b, c, d 是表征系统环境特征的参数, 其取值依赖于状态变量 (x, y, z, w) , 形成的耦合关系见公式 (4)。

$$\begin{cases} a = f(x, y, z, w) \\ b = g(x, y, z, w) \\ c = u(x, y, z, w) \\ d = t(x, y, z, w) \end{cases} \quad \text{公式 (4)}$$

收益函数见公式 (5), 均为多元非线性函数, 反映收益与状态变量、外部参数的依赖关系, x, y, z, w 分别表示四个主体。

$$\begin{cases} U_x(x, y, z, w; a, b, c, d) \\ U_y(x, y, z, w; a, b, c, d) \\ U_z(x, y, z, w; a, b, c, d) \\ U_w(x, y, z, w; a, b, c, d) \end{cases} \quad \text{公式 (5)}$$

平均收益 $\bar{U}_x, \bar{U}_y, \bar{U}_z, \bar{U}_w$ 对应四个主体的群体平均收益, 由个体收益在群体上的均值计算而得; 演化速率系数 $k > 0$, 控制状态变量随时间的变化幅度; 目标指数为 $G(a, b, c, d)$, 由外部参数经特定运算构成, 用于衡量系统整体状态。

2.2 数学模型构建

2.2.1 目标函数

该模型的核心目标是分析系统演化过程中的综合评价指数的动态特征, 可表示为公式 (6), 其中 $G(t)$ 为时间 t 处的综合评价指数, 是外部参数的函数; $a(t), b(t), c(t), d(t)$ 是依赖于状态变量的外部参数, $F(t)$ 是具体函数的形式。模型不追求单一最优解, 探究 $G(t)$ 随时间的演化规律。

$$\max/\min G(t) = F(a(t), b(t), c(t), d(t)) \quad \text{公式 (6)}$$

2.2.2 约束条件

(1) 状态变量取值范围约束

四个主体的策略比例均为概率值, 需满足公式 (7)。

$$0 \leq x(t), y(t), z(t), w(t) \leq 1, \forall t \in N^+ \quad \text{公式 (7)}$$

(2) 状态变量演化方程约束

变量随时间的变化遵循非线性规划方程, 见公式 (8)。其中演化速率系数 $k > 0$,

$U_x(t), U_y(t), U_z(t), U_w(t)$ 为各主体的个体收益函数, $\bar{U}_x(t), \bar{U}_y(t), \bar{U}_z(t), \bar{U}_w(t)$ 为对应主体的群体平均收益。

$$\begin{cases} x(t+1) = x(t) + k \cdot x(t) \cdot [U_x(t) - \bar{U}_x(t)] \\ y(t+1) = y(t) + k \cdot y(t) \cdot [U_y(t) - \bar{U}_y(t)] \\ z(t+1) = z(t) + k \cdot z(t) \cdot [U_z(t) - \bar{U}_z(t)] \\ w(t+1) = w(t) + k \cdot w(t) \cdot [U_w(t) - \bar{U}_w(t)] \end{cases} \quad \text{公式 (8)}$$

(3) 外部参数依赖约束

外部参数与状态变量之间存在耦合关系, 见公式 (9), H_a, H_b, H_c, H_d 为参数更新函数, $\varepsilon_a, \varepsilon_b, \varepsilon_c, \varepsilon_d$ 为随机扰动项, 非负约束 $a(t), b(t), c(t), d(t) \geq 0$ 。

$$\begin{cases} a(t+1) = H_a(x(t), y(t), z(t), w(t), a(t)) + \varepsilon_a \\ b(t+1) = H_b(x(t), y(t), z(t), w(t), b(t)) + \varepsilon_b \\ c(t+1) = H_c(x(t), y(t), z(t), w(t), c(t)) + \varepsilon_c \\ d(t+1) = H_d(x(t), y(t), z(t), w(t), d(t)) + \varepsilon_d \end{cases} \quad \text{公式 (9)}$$

(4) 初始条件约束

系统演化需给定初定状态, 见公式 (10)。

$$\begin{cases} x(0), y(0), z(0), w(0) \in [0, 1] \\ a(0), b(0), c(0), d(0) \geq 0 \end{cases} \quad \text{公式 (10)}$$

2.3 算法设计

(1) 初始化系数参数

此处定义演化博弈算法中的时间、群体规模、状态变量初始值和外部参数初始值, 外部参数初始值见公式 (11), $i = 1, 2, \dots, N$ 。

$$\begin{cases} VD_{YD,i}(0) \in [0.3, 0.5] \\ VRT_{YRT,i}(0) \in [0.2, 0.4] \\ VGVC_{S,YGVC_{S,i}}(0) \in [0.2, 0.3] \\ VGVC_{C,YGVC_{C,i}}(0) \in [0.1, 0.2] \end{cases} \quad \text{公式 (11)}$$

(2) 计算价值链相关指数

前向分解指数、后向分解指数、价值链综合指数的计算见公式 (12) ~ 公式 (14)。

$$gvc_{tf}(t) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [VD_{YD,i}(t) + VRT_{YRT,i}(t) + VGVC_{C,YGVC_{C,i}}(t)] \quad \text{公式 (12)}$$

$$gvc_{tb}(t) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N VGVC_{S,YGVC_{S,i}}(t) \quad \text{公式 (13)}$$

$$gvc_p(t) = \ln(1 + gvc_{tf}(t)) - \ln(1 + gvc_{tb}(t)) \quad \text{公式 (14)}$$

(3) 计算四方个体收益和群体平均利益。

(4) 更新四方策略比例与价值链参数。

(5) 循环迭代与结果存储

存储各时刻群体均值的公式见公式 (15)。

$$\begin{aligned} \bar{x}(t) &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x(t), \bar{y}(t), \bar{z}(t), \bar{w}(t), gvc_p(t), gvc_{tf}(t), gvc_{tb}(t) \end{aligned} \quad \text{公式 (15)}$$

3 价值链综合指数演化博弈算法探究

3.1 模型稳健性与敏感性检验

本模型检验环节围绕四项核心目标展开, 初始值稳健性检验通过测试不同初始策略比例 (0.3/0.5/0.7) 下模型的稳态输出, 参数扰动稳健性检验通过给价值链参数添加不同强度的随机扰动 (0/0.002/0.005) 观察系统抗干扰能力, 参数敏感性检验分别测试演化步长 (0.005/0.01/0.02) 和政策方收益权重 (0.2/0.3/0.4) 对稳态的影响, 稳态收敛性检验通过计算最后 20 步各变

量的平均变化量判断是否达到收敛阈值，检验结果见图 2~图 5。

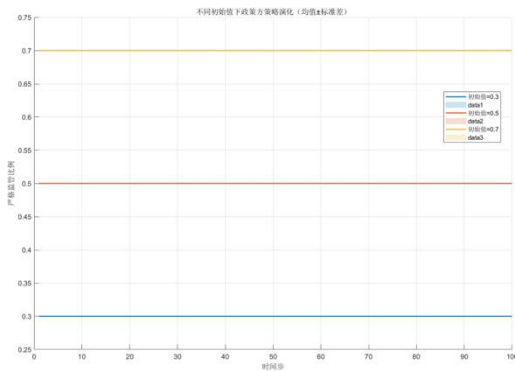


图 2 初始值稳健性检验

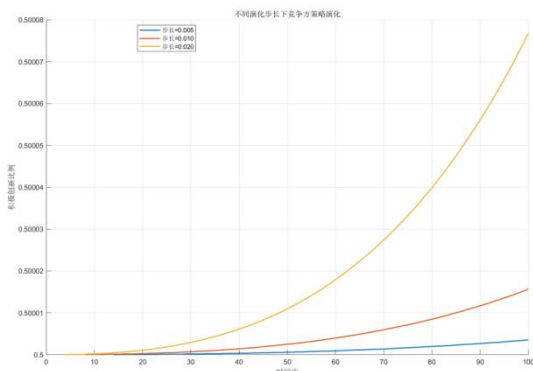


图 3 步长敏感性检验

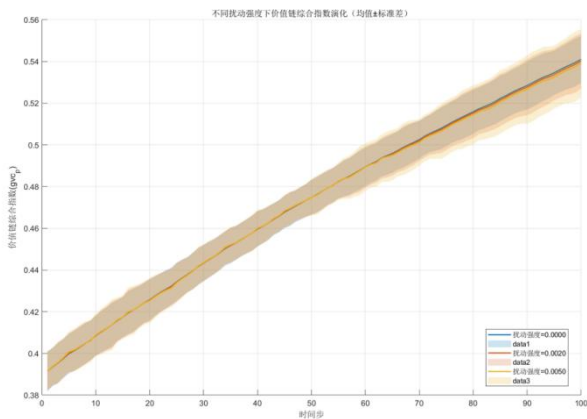


图 4 参数扰动稳健性检验

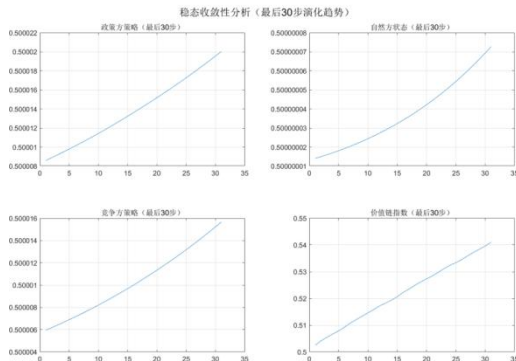


图 5 稳态收敛性检验

根据检验结果可得，各初始值对应的政策方严格监管比例曲线平稳且差异稳定，说明初始值变化对稳态影响较小；参数扰动稳健性检验设置 0、0.002、0.005 等不同扰动强度，不同扰动下价值链综合指数的均值曲线趋势相近，标准差区间也未出现大幅发散，表明参数扰动在测试范围内对稳态影响较小；参数敏感性检验针对演化步长 0.005、0.01、0.02，步长越大竞争方积极创新比例增长越快，说明演化步长是较敏感参数；稳态收敛性检验通过观察最后 30 步各变量变化，图中可见政策方、自然方、竞争方策略及价值链指数均呈现平稳上升且趋势一致，表明模型在 100 步内逐渐趋向稳态。综上，模型对初始条件和参数扰动均具备较好稳健性，演化步长是关键敏感参数，且能在设定步数内收敛至稳态。

3.2 不同场景下的仿真模拟

3.2.1 场景说明

(1) 基准场景

参数初始值为常范围，如自身需求增加值 0.3~0.5、复杂 GVC 增加值 0.1~0.2，更新系数无特殊调整。对应现实中普通大型超市自营工厂，无极端政策、自然或市场冲击，处于稳定经营状态，可作为其他场景对比基准。

(2) 高自身需求场景

自身需求增加值提至 0.5~0.7，外部需求降至 0.1~0.3，其余参数不变。对应超市自有品牌牛肉占比高，优先满足内部供应链需求，如沃尔玛自有品牌牛肉仅供旗下门店，对外部批发依赖低的情况。

(3) 高复杂 GVC 场景

复杂 GVC 增加值提至 0.3~0.5，简单 GVC 降至 0.1~0.2，其余参数不变。对应工厂深度参与高附加值产业链，如引入牛肉深加工技术，生产预制牛排等产品，嵌入全球高端食品供应链，而非仅做初级加工。

(4) 资源约束场景

简单 GVC 增加值降至 0.05~0.15，且增加自然状态对其影响系数。对应牧场受干旱、疫病等自然因素影响，牛肉原材料短缺，工厂难以开展初级加工，需调整生产结构应对资源限制的现实情况。

(5) 政策强监管场景

政策对复杂 GVC 影响系数从 0.4 提至 0.6，初始值不变。对应政府加强食品安全监管，如提高牛肉检疫标准、要求环保生产，倒逼工厂升级复杂 GVC，投入更多

成本提升生产技术与品控水平。

(6) 消费需求突变场景

增加消费对外部需求的影响系数 (0→0.3)，初始值不变。对应消费端偏好突然转变，如消费者对有机、低脂牛肉需求激增，超市工厂外部订单结构变化，需调

整生产适配高端需求的现实情况。

3.2.2 不同场景下的运行结果

价值链综合指数关键数值结果见表 2，最终时刻各参数值见表 3。

表 2 价值链综合指数关键数值结果

场景名称	初始值 (t=1)	中间值 (t=50)	最终值 (t=100)	最大值 及出现时间	最小值 及出现时间
基准	0.3939	0.4727	0.5388	0.5388 (t=100)	0.3939 (t=1)
高自身需求	0.4509	0.5246	0.5867	0.5867 (t=100)	0.4509 (t=1)
高复杂 GVC	0.5977	0.6677	0.7178	0.7178 (t=100)	0.5977 (t=1)
资源约束	0.5231	0.5006	0.4833	0.5231 (t=1)	0.4825 (t=97)
政策强监管	0.3971	0.5052	0.5879	0.5879 (t=100)	0.3971 (t=1)
消费需求突变	0.3845	0.5036	0.5980	0.5980 (t=100)	0.3845 (t=1)

表 3 最终时刻各参数值

场景名称	自身需求 增加值	外部最终 需求增加值	简单 GVC 中间品 增加值	复杂 GVC 中间品 增加值	前向分解 指数	后向分解指 数
基准	0.6890	0.4978	0.4477	0.2944	1.4812	0.4477
高自身需求	0.8989	0.4028	0.4497	0.3049	1.6066	0.4497
高复杂 GVC	0.7011	0.5001	0.3376	0.5408	1.7420	0.3376
资源约束	0.6975	0.5029	0.5453	0.3051	1.5056	0.5453
政策强监管	0.7090	0.4978	0.4479	0.3995	1.6063	0.4479
消费需求突变	0.6948	0.6361	0.4452	0.2972	1.6281	0.4452

不同场景的四方博弈演化相位图见图 6，价值链指数演化见图 7，价值链参数演化见图 8。

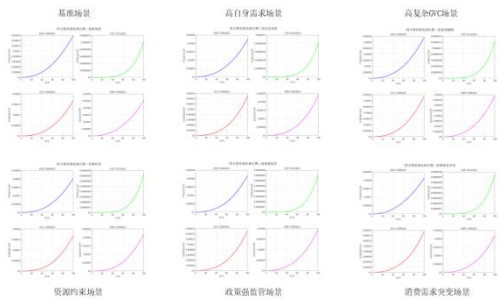


图 6 四方博弈演化相位图

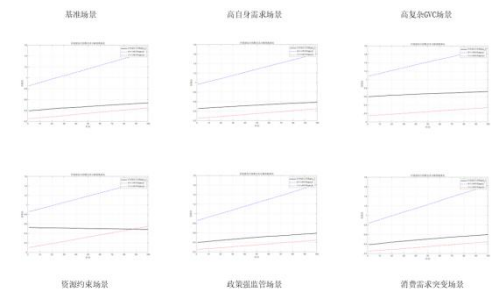


图 7 价值链指数演化

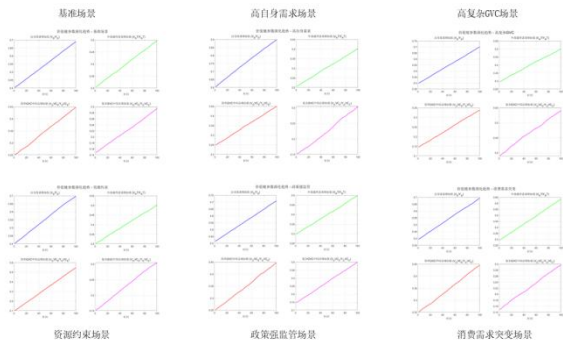


图 8 价值链参数演化

4 研究结论与展望

4.1 研究结论

通过对基准、高自身需求、高复杂 GVC 等多场景的模拟与分析，从数据和图表可见，不同场景下价值链相关参数呈现出差异化演化特征。基准场景中，价值链综合指数等参数平稳增长；高自身需求场景下，自身需求增加值等指标有明显提升，推动价值链综合指数最终值

高于基准场景；高复杂 GVC 场景里，复杂 GVC 中间品增加值等参数增长显著，带动价值链综合指数表现突出。资源约束场景下，部分参数增长受到一定限制，而政策强监管和消费需求突变场景也各自对价值链各环节参数产生了特定影响，如政策强监管场景下前向分解指数等有相应变化，消费需求突变场景中外部最终需求增加值等参数也呈现独特演化趋势。

4.2 研究展望

未来可进一步拓展场景类型，纳入更多如技术创新、国际经贸规则变化等因素，更全面地探究各类因素对价值链的影响。同时，可细化参数维度，深入挖掘各参数间的内在关联与作用机制，还能尝试结合机器学习等方法，提升对价值链演化趋势的预测精度，为优化价值链布局、制定相关政策提供更精准的理论支持与数据支持。

参考文献

- [1] 邓祖莹,李成云.价值链视角下零售企业营运资金管理研究——以 Z 超市为例[J].中国农业会计,2024,34(22):49-51.
- [2] 靳志伟.价值链视角下 YH 超市现金流管理研究[D].太原理工大学,2024.
- [3] 舒敏.基于价值链优化的 YJ 公司财务绩效评价研究[D].中南林业科技大学,2024.
- [4] Pamela M,Simon R,Stefano P.Competition and power in global value chains[J].Competition & Change,2021,25(3-4):328-349.
- [5] Ncube P.Power and coordination: Governance in the poultry regional value chain in Southern Africa[J].Development Southern Africa,2025,42(2):303-319.
- [6] Ørtenblad Sinne Borby, Larsen Marianne Nylandsted, Bruun Thilde Bech, et al. Smallholder Participation in Modernising Agri-Food Value Chains in Thailand: The Role of Traditional Markets[J].The European Journal of Development Research,2023,35(6):1419-1439.
- [7] WANG Z, WEI S J, YU X. Measures of Participation in Global Value Chains and Global Business Cycles[R]. NBER Working Paper, No.23222, 2017.
- [8] Koopman R, Powers W, WANG Z. Give Credit Where Credit is Due: Tracing Value Added in Global Production Chains[R]. NBER Working Paper, 2010.
- [9] 高运胜,刘慧慧,杨晨.服务业开放如何提升制造业全球价值链嵌入位置?:基于跨国面板数据的实证考察[J].世界经济研究,2023,(11):43-59+136.
- [10] 宋文思.中国电子信息制造业全球价值链地位测度及影响因素研究[D].中共江苏省委党校,2024.

作者简介：徐瑜昕(2004-)，女，汉族，浙江台州，本科，宁波财经学院，主要研究方向为国际经济与贸易。李笑，2002年10月，男，汉族，浙江绍兴，硕士研究生，湖北汽车工业学院，主要研究方向为供应链与物流管理。