

基于双标图、三元图与平衡树状图的中国居民消费结构变化的多元可视化分析

刘若菲, 关灵欣, 赵沛莹, 袁梓佳, 黄明佳, 尹豫哲

中国矿业大学(北京)理学院, 北京

收稿日期: 2026年3月16日; 录用日期: 2026年4月6日; 发布日期: 2026年4月27日

摘要

居民消费结构是衡量经济发展质量的重要指标, 但消费数据作为成分数据具有“定和约束”。本文对2014~2023年中国31个省级行政区八类居民消费支出成分数据, 分别运用双标图、三元图和平衡树状图三种可视化方法, 系统分析了消费结构的时空演变特征。双标图揭示了消费品类间的关联模式与省份聚类; 三元图直观展示了2023年各省消费结构的整体分布, 并通过两种分类方案揭示出时间与空间的聚类模式; 平衡树状图量化了高升级型与刚需型两组省份在各类消费上的均值与方差差异。三种方法相互印证, 为深入理解中国居民消费变迁提供了多维视角。

关键词

消费结构, 双标图, 三元图, 平衡树状图, 成分数据

Multivariate Visualization Analysis of Changes in the Consumption Structure of Chinese Residents Based on Double-Standard Graphs, Ternary Graphs and Balanced Tree Graphs

Ruofei Liu, Lingxin Guan, Peiyong Zhao, Zijia Yuan, Mingjia Huang, Yuzhe Yin

School of Science, China University of Mining and Technology (Beijing), Beijing

Received: March 16, 2026; accepted: April 6, 2026; published: April 27, 2026

文章引用: 刘若菲, 关灵欣, 赵沛莹, 袁梓佳, 黄明佳, 尹豫哲. 基于双标图、三元图与平衡树状图的中国居民消费结构变化的多元可视化分析[J]. 统计学与应用, 2026, 15(4): 251-267. DOI: 10.12677/sa.2026.154088

Abstract

The consumption structure of residents is an important indicator for measuring the quality of economic development. However, consumption data, as compositional data, is subject to the “constant sum constraint”. This paper systematically analyzes the spatio-temporal evolution characteristics of the consumption structure of eight types of resident consumption expenditures in 31 provinces of China from 2014 to 2023 by using three visualization methods: biplot, ternary plot, and balanced dendrogram. The biplot reveals the association patterns among consumption categories and the clustering of provinces; the ternary plot visually presents the overall distribution of consumption structures in all provinces in 2023 and reveals the clustering patterns in time and space through two classification schemes; the balanced dendrogram quantifies the mean and variance differences in various consumption types between the high-upgrading and essential-demand groups of provinces. These three methods complement each other, providing a multi-dimensional perspective for a deeper understanding of the changes in Chinese residents’ consumption.

Keywords

Consumption Structure, Biplot, Ternary Plot, Balanced Dendrogram, Compositional Data

Copyright © 2026 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

居民消费结构是衡量经济发展质量与民生福祉的关键指标。近年来，中国居民消费结构持续升级：食品、衣着等生存型消费支出占比逐步下降，而居住、医疗保健、教育文化娱乐等发展享受型消费占比不断攀升。特别是突发公共卫生事件等外部冲击时，消费行为呈现剧烈波动与区域分层。

消费结构分析涉及成分数据——各部分之和为 100% 的形态数据。传统统计方法，如皮尔逊相关、主成分分析，直接应用于成分数据会产生伪相关等问题，需采用专门的处理技术。双标图[1] (Biplot)可在同一平面展示消费品类与省份，既揭示品类间的相关性，又呈现省份的聚类模式，并可调节参数 α 以侧重不同信息[2] [3]；三元图[4] (Ternary Diagram)以三角形坐标系直观刻画三类成分的相对占比，适用于展示消费类型的整体分布；平衡树状图[5] (Balance Dendrogram)通过序贯二元划分，量化比较不同组别在各类消费上的均值与方差差异。三者的结合可从变量、样本和组间比较三个层次全面刻画消费结构的动态演化。

本文对 2014~2023 年中国 31 个省级行政区(不含港澳台)八类居民消费支出成分数据，依次应用双标图、三元图与平衡树状图进行分析，旨在分析八类消费支出之间存在的关联结构，各省份消费结构的聚类模式等。

2. 数据与方法

2.1. 双标图 α 值的含义

经 CLR、中心化后的成分数据矩阵记为 $Z_{n \times p}$ (n 个观测样本， p 个指标变量)，对其进行奇异值分解 (SVD)，分解式为： $Z = U\Gamma V^T$ ，

$U = (u_{ij})_{n \times r} = (u_1, u_2, \dots, u_r) (i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, r)$ ； $\Gamma = \text{diag}(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_r)$ ， $\lambda_i^2 (i = 1, 2, \dots, r)$ 为 $Z^T Z$ 和

ZZ^T 相同的非零特征值且 $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \lambda_r > 0$; $V = (v_{ij})_{p \times r} = (v_1, v_2, \dots, v_r) (i=1, 2, \dots, p, j=1, 2, \dots, r)$ 。

令 $Z = FG^T$, 其中 $F = UT^\alpha, G = VT^{1-\alpha}, \alpha \in [0, 1]$, F 和 G 分别表示 r 维空间中 n 个点的坐标和 p 个列向量的坐标。当 α 取不同值时, 所对应双标图中点和向量的坐标不同, 得到不同的双标图, 且双标图中元素的解释随着 α 值的不同而变化, 即其取值直接决定了双标图的几何意义与解读侧重。

2.2. 三元图的中心化处理

三元图中心化是针对成分数据的空间变换处理, 三元数据隶属于三维单纯形空间, 满足各分量之和为 1 的约束, 仅存在相对比例意义。中心化采用成分数据的成分几何均值中心化方法[6], 平移至三元图几何中心 $(1/3, 1/3, 1/3)$, 消除整体偏移, 保留样本间相对比例差异, 本质为成分数据分析中的逆扰动运算。

设原始三元成分向量为 $x = [x_1, x_2, x_3]^T$, 满足 $\sum_{i=1}^3 x_i = 1$ 。记闭运算为 $C[\cdot]$, 数据集的成分几何均值为

$$g = C \left[\left(\prod_{k=1}^n x_{1k} \right)^{1/n}, \left(\prod_{k=1}^n x_{2k} \right)^{1/n}, \left(\prod_{k=1}^n x_{3k} \right)^{1/n} \right]^T。$$

三元数据中心化变换为 $x^c = C \left[\frac{x_1}{g_1}, \frac{x_2}{g_2}, \frac{x_3}{g_3} \right]^T$ [7]

2.3. 平衡树状图 “balance” 的构建原理

(1) 构成数据与 Aitchison 几何

构成数据样本空间为 D 部分单纯形, 仅含比例信息, 满足尺度不变性、子构成一致性; 单纯形定义扰动(加法)、Aitchison 距离(度量), 为欧几里得向量空间, 支持正交基构建和常规统计分析。

(2) 序贯二元划分(SBP)

对 D 部分构成向量分层二元拆分, 共 $D-1$ 次划分(每次对应 1 个平衡值), 将整体拆分为单一部件, 划分用+1/-1/0 编码表示组分归属, 是平衡值构建的基础。

(3) 平衡值

SBP 对应的等距对数比(ILR)正交归一坐标, 为两组分几何均值的对数比, 使总方差可无交叉项分解为各平衡值方差之和, 兼具可解释性与正交性。

(4) 可视化核心

整合 SBP 层级结构、平衡值统计特征(均值/中心、分位数、方差)和总方差分解, 支持多组构成数据对比。

3. 双标图

本研究数据来源于国家统计局公布的居民消费支出数据, 涵盖 2014 年至 2023 年中国 31 个省级行政区(不含港澳台)的八类消费构成¹(均为百分比数据, 每类占比之和为 100%)。现选取 2018 年、2020 年、2023 年三年数据, 分别对应外部冲击前平稳期、外部冲击高峰期、外部冲击后恢复期三个典型阶段, 通过成分数据双标图, 揭示重大外部冲击下中国居民消费结构的变化轨迹、冲击效应与转型特征。

¹变量编码: V1 食品烟酒、V2 衣着、V3 居住、V4 生活用品及服务、V5 交通通信、V6 教育文化娱乐、V7 医疗保健、V8 其他用品及服务; 省级行政区编号: S1 北京、S2 天津、S3 河北、S4 山西、S5 内蒙古、S6 辽宁、S7 吉林、S8 黑龙江、S9 上海、S10 江苏、S11 浙江、S12 安徽、S13 福建、S14 江西、S15 山东、S16 河南、S17 湖北、S18 湖南、S19 广东、S20 广西、S21 海南、S22 重庆、S23 四川、S24 贵州、S25 云南、S26 西藏、S27 陕西、S28 甘肃、S29 青海、S30 宁夏、S31 新疆。

3.1. 2018 年消费结构

(1) 品类聚类:

如图 1, 2018 年八类消费品可聚为三类。类 1 (日常高频型): V2、V4、V5。类 2 (改善型): V6、V7。类 3 (基础刚需型): V1、V3、V8。从向量夹角的角度看, 强正相关: V4 与 V5, 核心原因是两类支出逻辑高度绑定; 强负相关: V1 与 V7, 这是消费驱动逻辑的“资源挤占效应”决定的; 不相关: V1 与 V2、V2 与 V7, 内在原因是生存刚需与个性刚需消费逻辑割裂、外在享受与内在保障需求场景无交集。

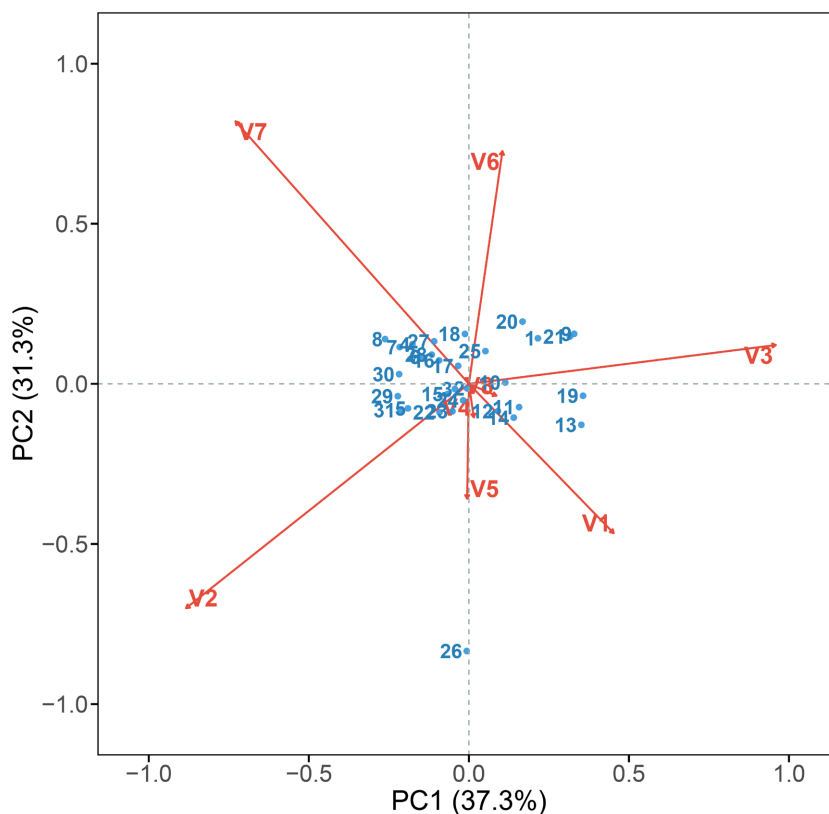


Figure 1. Biplot of Chinese Residents' consumption components in 2018 ($\alpha = 0$)

图 1. $\alpha = 0$ 时 2018 年消费成分双标图

(2) 省份聚类:

如图 2, 2018 年 31 个省份消费结构可聚为三类, 并结合图 3 分析省份的消费特征。类 1: S1、S9、S20、S21, 或为超一线城市, 高端服务消费占比高; 或为旅游大省, 旅游关联消费占比高, 且有政策扶持。在 V3、V6 上的正投影长, 居住、教育文化娱乐这两个品类高于全国平均水平, 体现出这类城市早期消费升级的特点。类 2: S13、S19, 两省均是东南沿海外向型经济强省。区别于其它两类, 在 V1 上的正投影长, 在 V7 上的负投影长, 在 V3 上的正投影较类 3 长, 可知居民消费更偏向生活品质与居住改善, 而非医疗保健等保障性支出, 这主要由民营经济活跃、人口流入多、人口结构年轻等因素驱动。类 3: 剩余省份, 样本点较为集中, 体现了无特殊驱动因素的常规消费模式。

²参数 $\alpha = 0$ 时, 称为协方差双图(Covariance biplot), 适合分析列指标与列指标之间的关系。

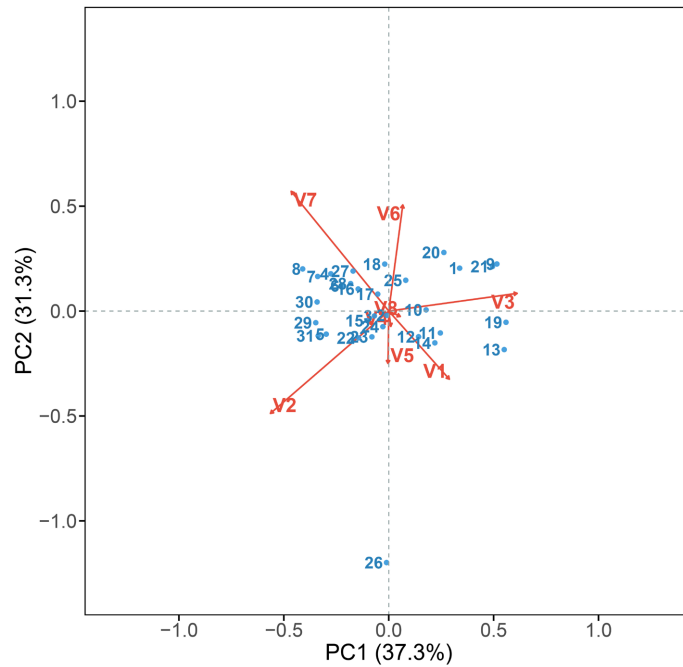


Figure 2. Biplot of Chinese Residents' consumption components in 2018 ($\alpha = 1$)

图 2. $\alpha = 1$ 时 2018 年消费成分双标图

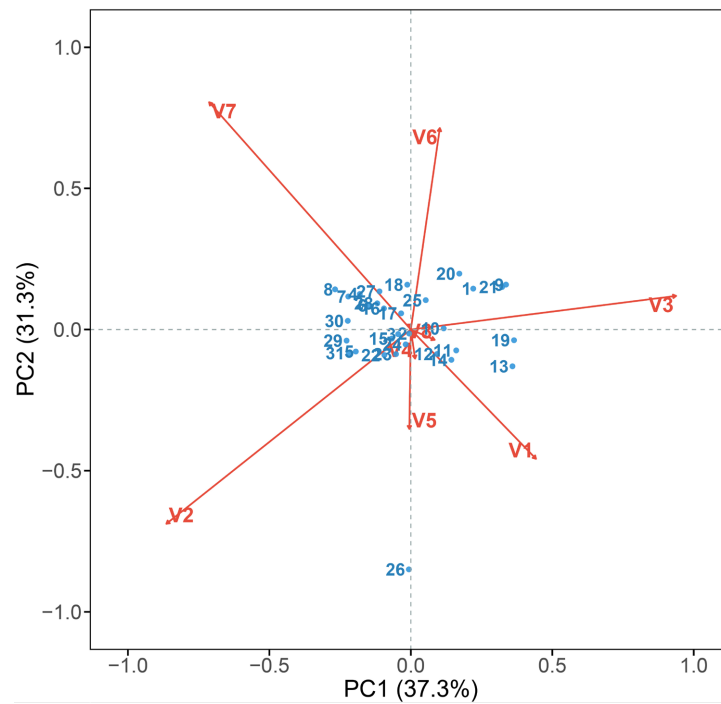


Figure 3. Biplot of Chinese Residents' consumption components in 2018 ($\alpha^* = 0.05$)

图 3. $\alpha^* = 0.05$ 时 2018 年消费成分双标图

³参数 $\alpha = 1$ 时，称为形式双图（Form biplot），适合分析行样本及其之间的关系。

⁴参数 $\alpha^* = \arg \min \{d^2(\alpha)\}$ ($d^2(\alpha)$ 为总平均偏差和) 时，适合分析列指标与行样本之间的关系。

3.2. 2020 年消费结构

(1) 品类聚类

如图 4，2020 年八类消费品可聚为三类。类 1：V1、V3。类 2：V2、V4、V5、V8，外部冲击下的“非接触式生活”和“局部出行限制”，让这四类消费的联动性提升。类 3：V6、V7。从向量夹角的角度，消费品类关系出现新特征，强正相关：V1 与 V3，外部冲击推动消费场景向居家集中，食品与居住深度绑定；强负相关：V4 与 V7，医疗保健因防疫升级为半刚性消费，挤占生活用品升级需求；无明显关联：V3 与 V5、V1 与 V5，逻辑分离。

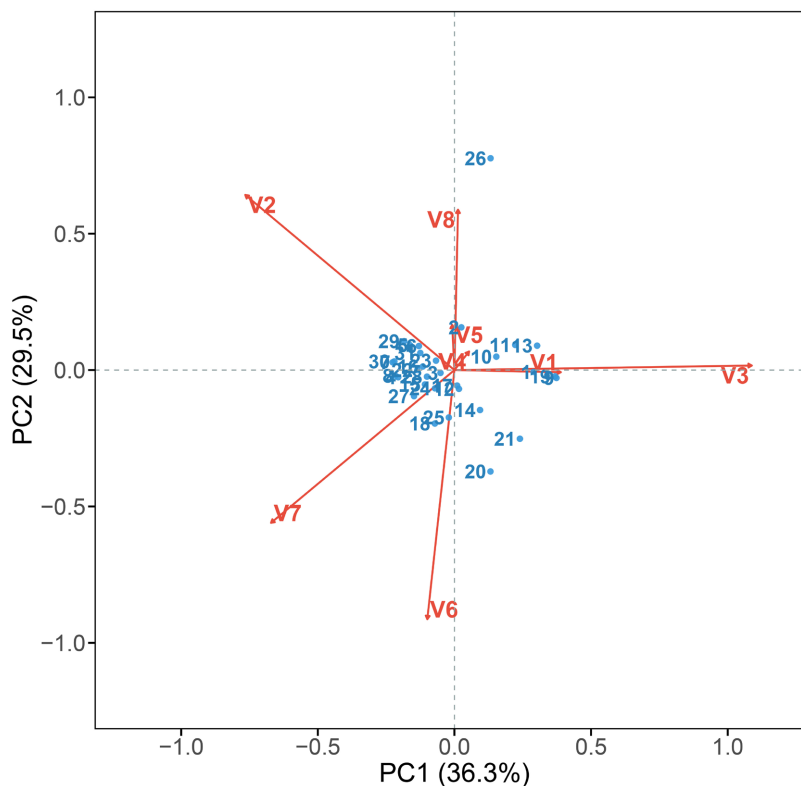


Figure 4. Biplot of Chinese Residents' consumption components in 2020 ($\alpha = 0$)

图 4. $\alpha = 0$ 时 2020 年消费成分双标图

(2) 省份聚类:

如图 5，2020 年省份聚类细化为四类，并结合图 6 分析省份的消费特征。类 1：S1、S9、S10、S11、S13、S19，在 V1 上的正向投影较 2018 年显著，在 V3 上依旧为正投影，说明其食品烟酒与居住支出比例高于全国平均水平；与类 4 相比，这类地区并未因外部冲击压缩食品支出占比，反而进一步提高，体现出收入稳定性强、消费保障能力更高的特点，区域消费差距在外部冲击冲击下进一步凸显。类 2：S2，呈现出独立的过渡性特征。类 3：S20、S21，区别于类 4，在 V1、V3 上为正投影，又区别于类 1，在 V6、V7 为较显著的正投影，体现出文旅大省在外部冲击下，消费结构从外向服务型向内需保障型急剧转变的特殊轨迹。类 4：其余省份，在 V1、V3 普遍为负投影，在 V7 上为正投影，表明这类省份较 2018 年在 2020 年的消费结构呈现出独特的“被动刚需化”特征：受收入水平限制，基础生存支出占比低于发达地区；而医疗保健则因防疫需求，成为新的刚性支出，占比被动提升。

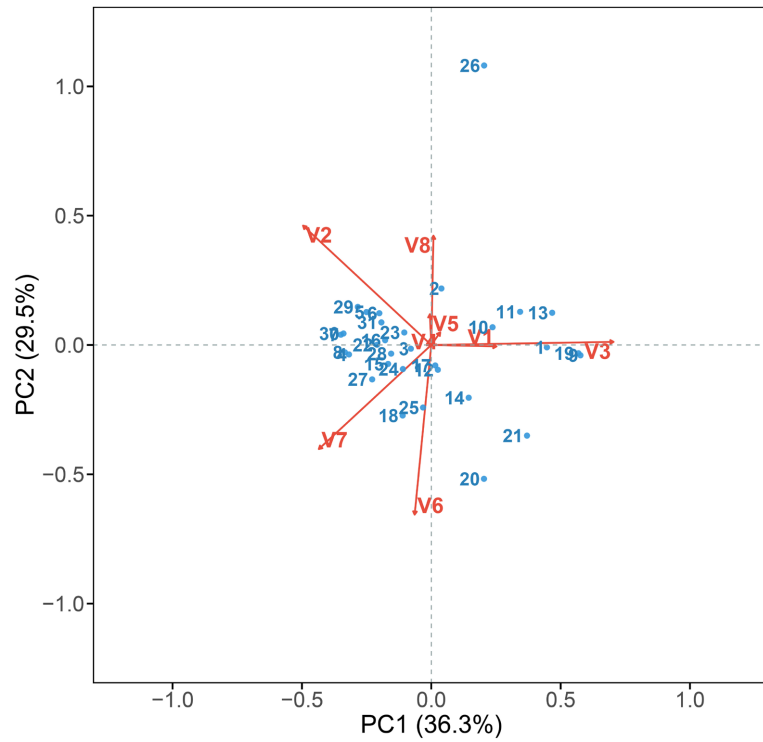


Figure 5. Biplot of Chinese Residents' consumption components in 2020 ($\alpha = 1$)

图 5. $\alpha = 1$ 时 2020 年消费成分双标图

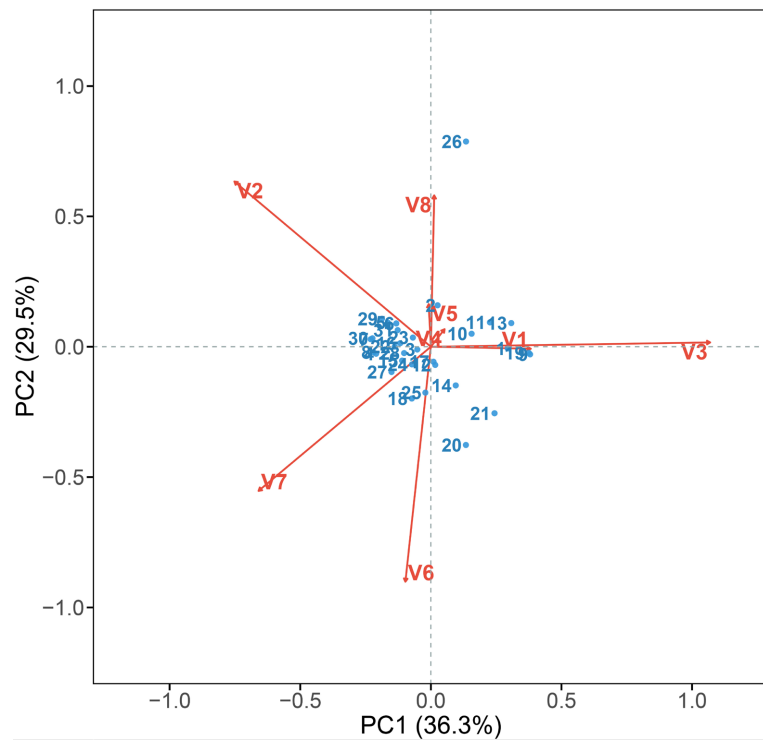


Figure 6. Biplot of Chinese Residents' consumption components in 2020 ($\alpha^* = 0.04$)

图 6. $\alpha^* = 0.04$ 时 2020 年消费成分双标图

3.3. 2023 年消费结构

(1) 品类聚类

如图 7, 2023 年与 2018 年的分类高度相似, 说明居民的消费经过外部冲击后, 又回到正常情况。消费行为出现了新的特点, 强正相关: V2 与 V5, 是 2023 年消费场景从“居家”转向“外出”的核心标志; 强负相关: V1 与 V7, 这与 2018 年情况相似; 无明显关联: V3 与 V6, 说明居住成本对消费升级的挤压效应趋于稳定, 但也隐含“脱节”现象。

(2) 省份聚类

如图 8, 2023 年省份聚类粗分为两类, 并结合图 9 分析省份的消费特征。类 1: S1、S9、S10、S11、S13、S19、S21, 其中北京与上海在 V3 上的正向投影最大, 远超其它省份, 说明其居住成本远超全国平均水平。类 2: 剩余省份, 在 V3 上的投影普遍为负, 说明广大内陆地区在居住上是“低成本、低投入”, 广西在 V6 上的正向投影最大, 成为低消费基数地区中的差异化样本。

对比 2018、2020、2023 的形式双标图, 点距从收敛到分化再到进一步扩大, 展现了居民消费结构从“全域趋同”到外部冲击下的“大众分化”, 再到外部冲击后复苏分层下的“分层扩大”格局。

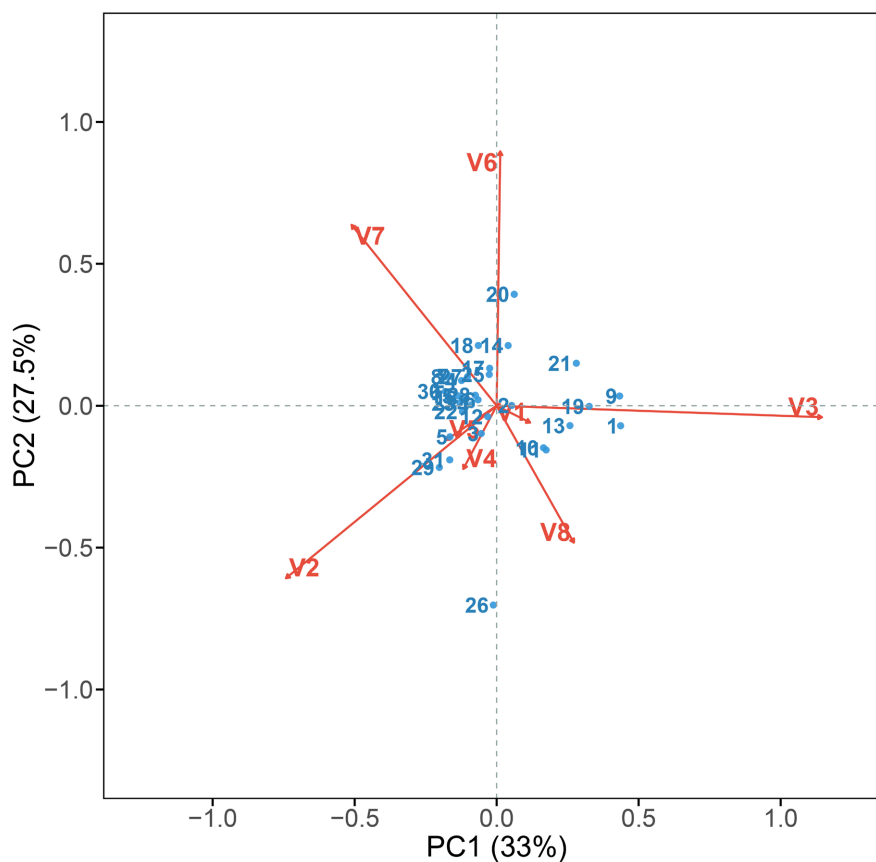


Figure 7. Biplot of Chinese Residents' consumption components in 2023 ($\alpha = 0$)

图 7. $\alpha = 0$ 时 2023 年消费成分双标图

北京作为中国的超大城市, 消费结构演变具有典型性与代表性, 现选取北京 2014~2023 年居民消费数据, 通过成分数据双标图, 揭示其消费结构的特征与变化。

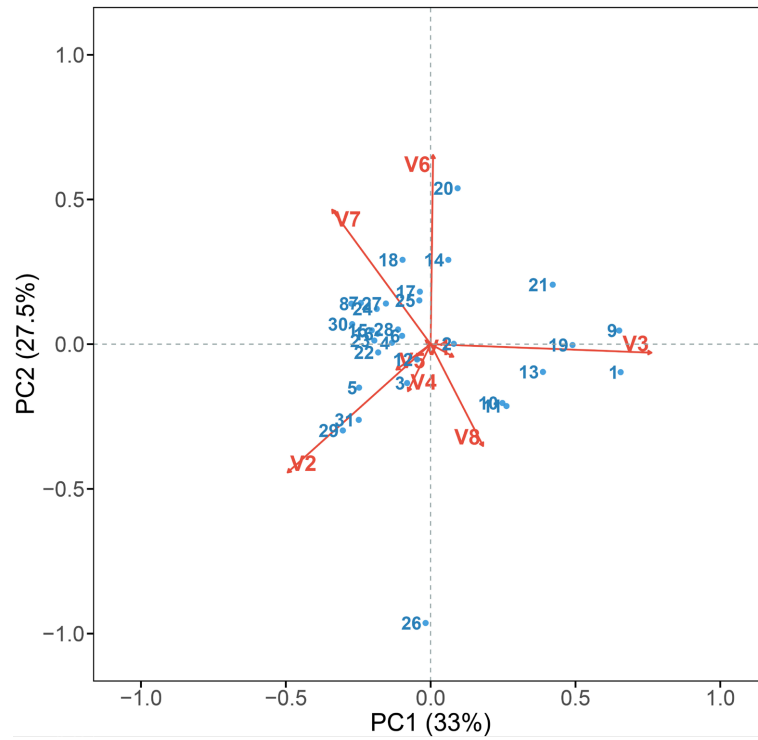


Figure 8. Biplot of Chinese Residents' consumption components in 2023 ($\alpha = 1$)

图 8. $\alpha = 1$ 时 2023 年消费成分双标图

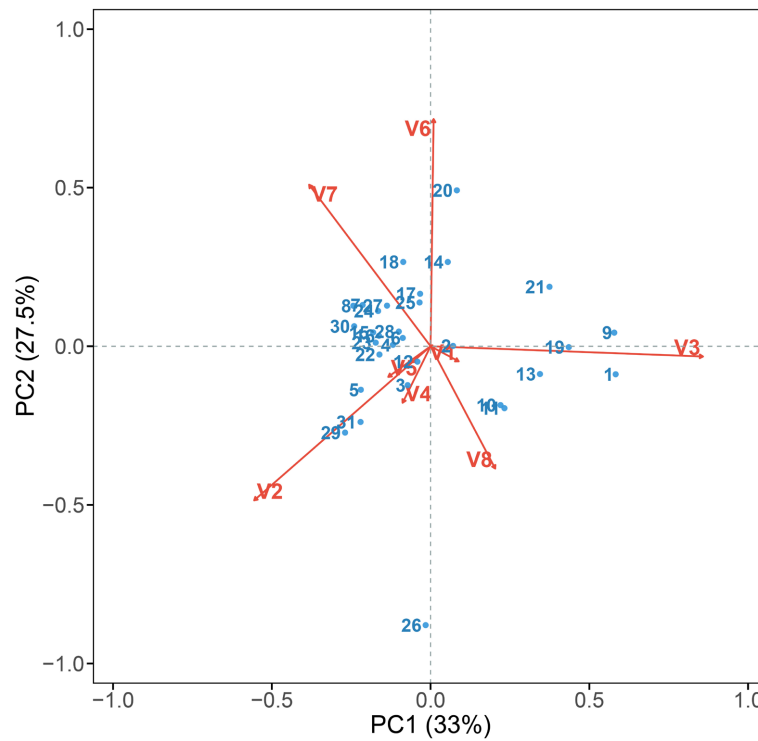


Figure 9. Biplot of Chinese Residents' consumption components in 2023 ($\alpha^* = 0.71$)

图 9. $\alpha^* = 0.71$ 时 2023 年消费成分双标图

3.4. 北京 2014~2023 的消费结构

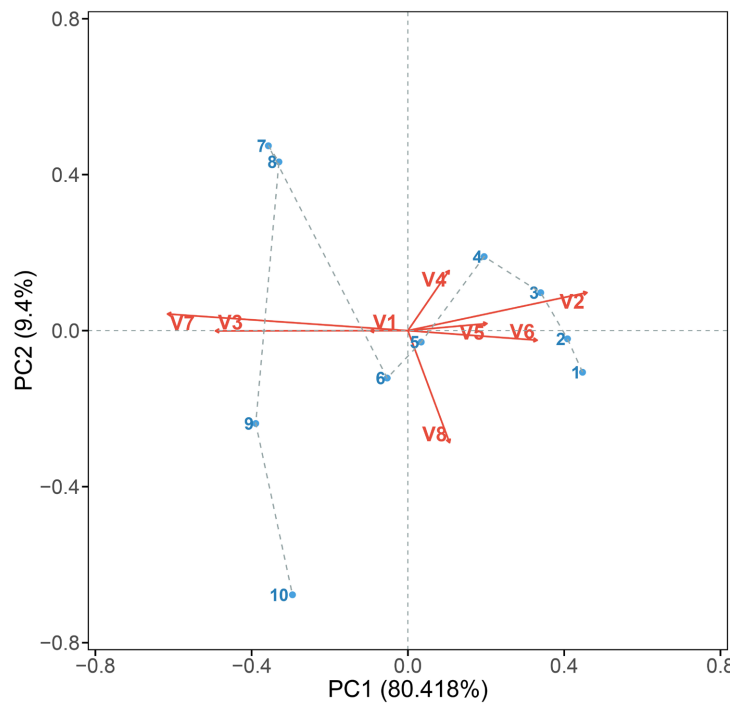


Figure 10. Biplot of Beijing Residents' consumption components ($\alpha = 0$)

图 10. $\alpha = 0$ 时北京消费成分双标图

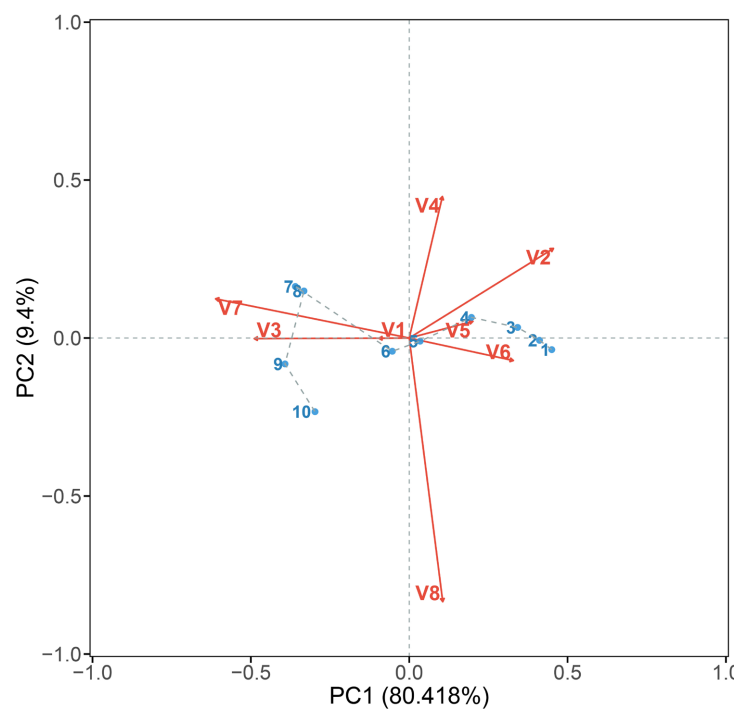


Figure 11. Biplot of Beijing Residents' consumption components ($\alpha = 1$)

图 11. $\alpha = 1$ 时北京消费成分双标图

(1) 品类聚类

如图 10, 可分为四类。类 1: V1、V3、V7。类 2: V2、V5、V6。类 3: V4。类 4: V8。强正相关: V1 与 V3, 说明北京居民消费能力在较高水平; 强负相关: V1 与 V6, 反映出北京高刚需成本挤压发展型消费的痛点。

(2) 年份聚类

如图 11, 北京 10 年的消费可分为三类, 并结合图 12 分析这 10 年的消费变化。类 1: 2014 年至 2019 年, 2014 至 2018 年, 点离中心的距离逐渐减小, 说明北京居民的消费水平稳定增长; 在 V3、V7 为正投影且投影值逐年降低, 说明居住和医疗保健支出始终低于十年均值, 但差距在逐年缩小, 支出水平在向十年均值靠拢。类 2: 2020 年至 2021 年。类 3: 2022 年、2023 年。自 2019 年后, 在 V3 和 V7 上的投影为正, 这个急速转变说明了外部冲击带来的刚需支出强制性抬升。

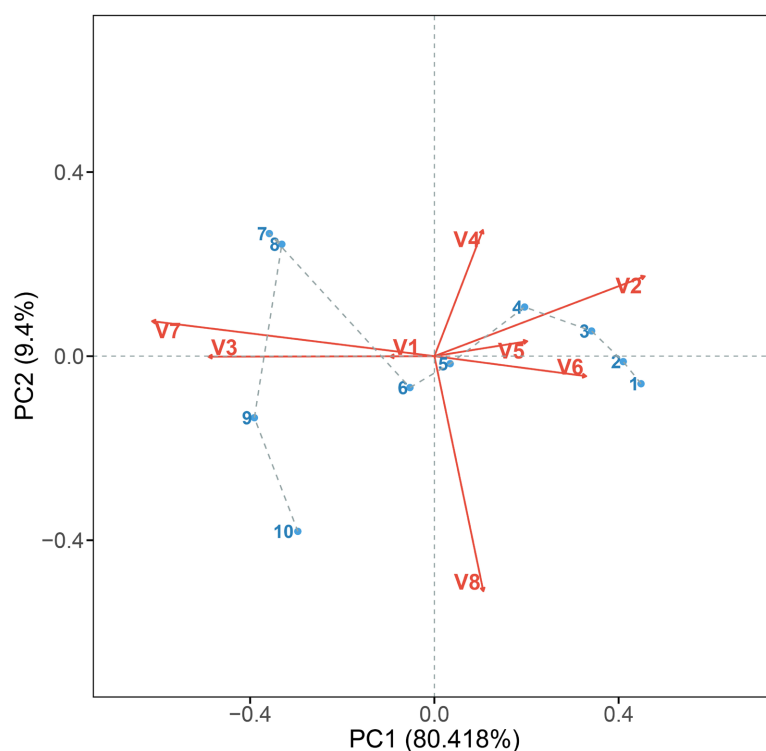


Figure 12. Biplot of Beijing Residents' consumption components ($\alpha^* = 0.54$)

图 12. $\alpha^* = 0.54$ 时北京消费成分双标图

4. 三元图

如图 13, 31 省份数据点高度聚集于底部“其他”与“高级”之间, 与“基本”距离较远⁵。其中其他消费占比 50%~75%为最高, 高级类 25%~40%次之, 基本类 5%~25%最低。由此可见, 全国消费升级趋势显著, 居民温饱需求已充分满足, 消费重心向高层次转移; 包含交通通信、教育文化娱乐等“其他”成为消费主体, 消费结构向“发展型 + 享受型”转变; 各省数据高度聚集, 消费结构区域差异较小, 升级进程同步性强; “高级类”消费尚未成为主流, 未来增长空间较大。

⁵ “基本类”包含 V1、V2、V3、V5, 人类的基础需求; “高级类”则是人类进一步需要, 包含 V4、V6、V7; “其他”则只包含 V8。

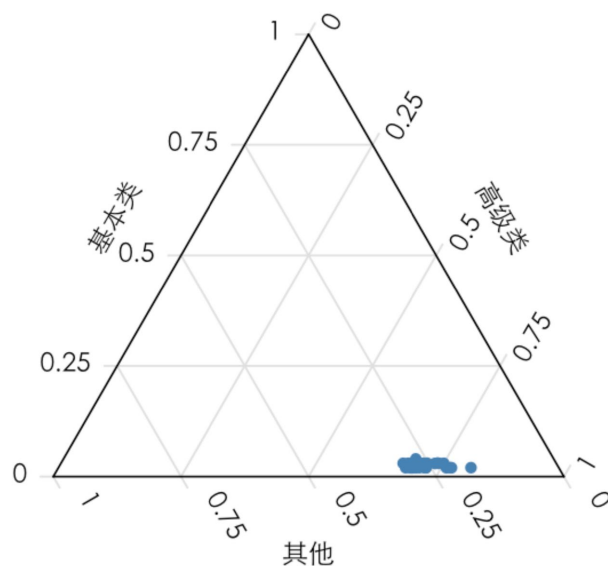


Figure 13. Ternary plot of resident consumption expenditure structure, 2023

图 13. 2023 年消费支出结构三元图

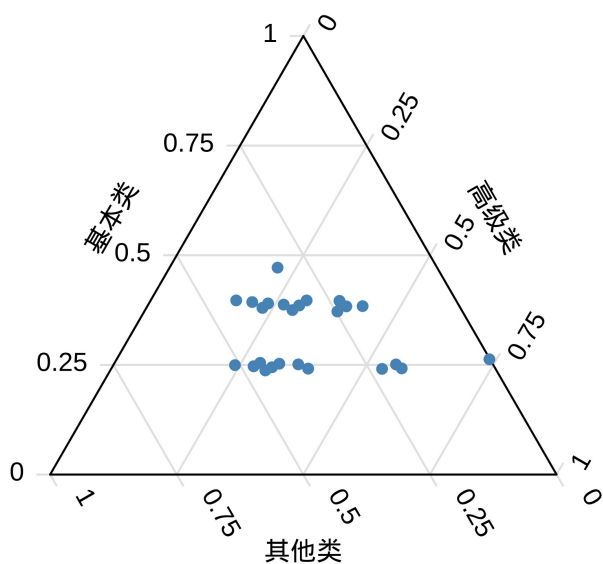


Figure 14. Ternary plot of 2023 consumption expenditure structure (centralized)

图 14. 2023 年消费支出结构三元图(中心化)

针对三元图数据“边缘化”问题(数据点集中于边缘或角落,掩盖内在分布规律),本文对数据进行中心化处理,如图 14。相较于传统算术均值,中心化基于单形几何,真实反映成分数据的集中趋势,但未解决数据点过度聚集的问题。为此,进一步对样本数据聚类,省份维度可聚为 S26(高基础 + 低服务消费)、其余多数省份(中等基础 + 均衡服务消费)、S10, S11, S19 等发达省市(高医疗 + 高居住消费)三类;年份维度可分为 2014~2016 基础消费主导期、2017~2019 过渡转型期、2020~2023 调整期,外部冲击后消费呈现“避险 + 健康”导向。

为构建消费结构三元图,将支出消费划分为三大类,本文设计两种分类逻辑,分别从经典经济学和聚类分析视角展开分析,挖掘消费结构的多维特征。

(1) 按消费层次理论分类

按马斯洛需求层次理论[8], 分为类1(发展型): V3、V4、V7; 类2(生存型): V1、V2; 类3(享受型): V5、V6、V8。如图15, 时间维度下, 2014~2023年数据点逐步向发展型消费移动, 基本生存型消费占比下降, 消费升级趋势显著; 如图16, 空间维度上, 发达省份靠近发展型消费, 西藏偏向享受型消费, 其余省份消费结构均衡。该分类下的消费结构呈现三大特征: 全国层面, 近10年消费结构从“衣食”主导转向“居住、医疗、生活服务”主导, 生活质量与消费升级水平同步提升; 省份层面, 消费结构区域差异显著, 经济发展水平与消费结构高度相关, 发达省份更注重生活品质与健康保障, 特殊地区受政策与地域影响呈现差异化消费特征; 发展逻辑层面, 经济发展水平直接决定消费结构特征, 欠发达地区仍聚焦基础消费与政策扶持领域, 发达地区则向发展型消费倾斜。

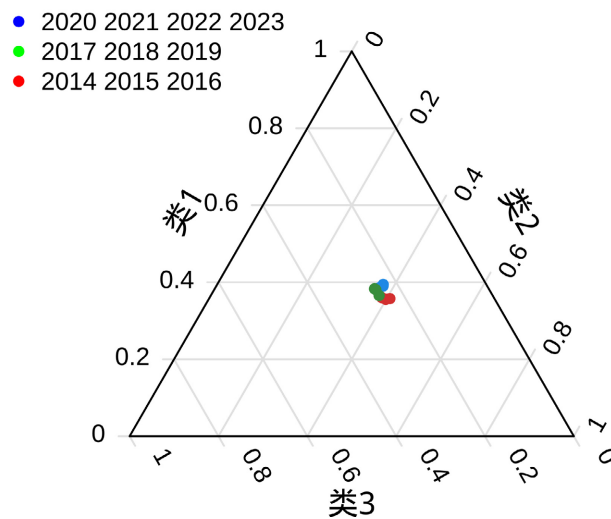


Figure 15. Ternary plot of consumption expenditure in temporal dimension
图 15. 时间维度下三类消费支出结构三元图

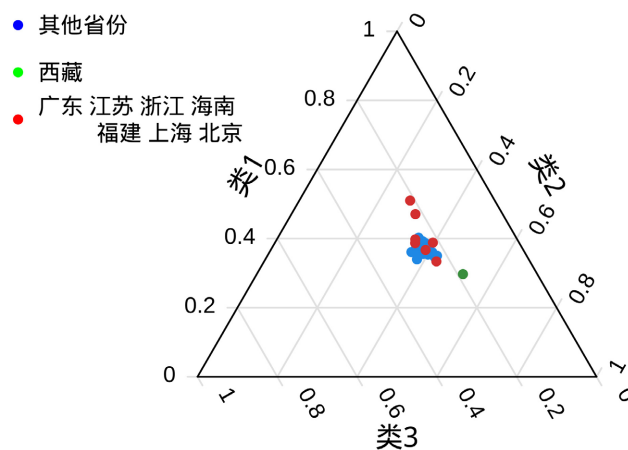


Figure 16. Ternary plot of consumption expenditure in spatial dimension
图 16. 空间维度下三类消费支出结构三元图

(2) 基于双标图聚类结果分类

基于双标图聚类结果, 分为类1(基础消费): V1、V3、V8; 类2(生活服务消费): V2、V4、V5; 类

3 (升级消费): V6、V7。

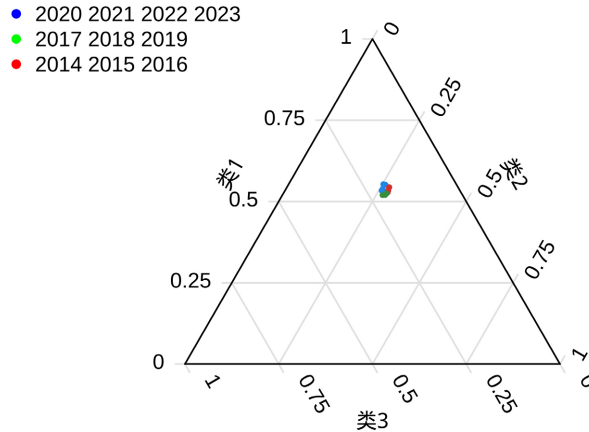


Figure 17. Ternary plot of consumption expenditure in temporal dimension
图 17. 时间维度的消费支出三元图

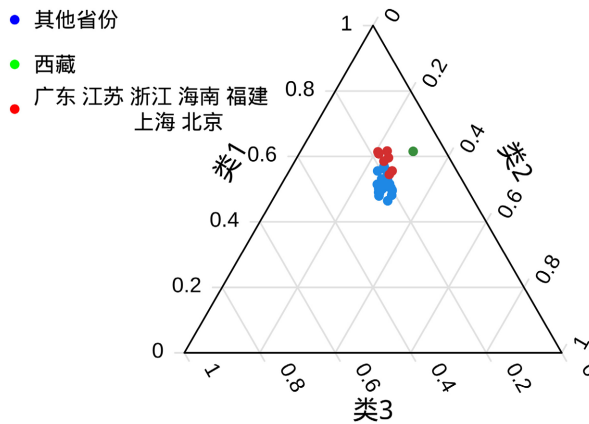


Figure 18. Ternary plot of consumption expenditure in spatial dimension
图 18. 空间维度的消费支出三元图

如图 17，时间维度上，数据点向基础消费移动，升级消费增长幅度弱于基础消费；如图 18，空间维度上，发达省份因高生活成本靠近基础消费，西藏偏向升级与生活服务消费，其余省份消费无明显偏向。

该分类下的消费结构呈现三大特征：全国消费结构具有较强稳定性，近 10 年仍以基础消费为核心，升级消费占比增长平缓，其普及速度受经济环境、居民收入增长等因素制约；区域消费差异显著，发达省份受高生活成本影响基础消费占比更高，特殊地区受政策与地域因素影响呈现差异化消费偏向；时间与空间维度形成呼应，全国基础消费占比的上升趋势，与发达省份基础消费高占比特征相契合，表明基础消费的重要性仍在提升，消费结构升级仍需时间积累。

5. 平衡树状图

为使用平衡树状图分析消费差异，现根据前文双标图的省份聚类结果，将 31 个省级行政区按消费类型分成两组⁶。

⁶组 1 高升级型：S1，S9，S10。组 2 刚需型：剩余省级行政区。

本文将消费分类为基础消费：V1, V3；高频非刚需消费：V2, V4, V5, V8；改善型消费：V6, V7。
基于双标图的结论，本文选择的序贯二元划分方案如表 1 所示。

Table 1. Sequential binary partitioning scheme

表 1. 序贯二元划分方案

消费 划分	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
1	1	1	1	1	1	-1	-1	1
2	1	-1	1	-1	-1	0	0	-1
3	1	0	-1	0	0	0	0	0
4	0	1	0	1	1	0	0	-1
5	0	1	0	-1	1	0	0	0
6	0	1	0	0	-1	0	0	0
7	0	0	0	0	0	1	-1	0

每个划分级分别对应的平衡用 $bal_i (i=1,2,\dots,7)$ 示。表 1 中，序贯二元划分采用+1 和-1 的编码表示对应级别的划分。

总体来看本文样本数据中 10 年的树状图结果相似，故现只选取 2020 年的平衡树状图为代表进行分析。

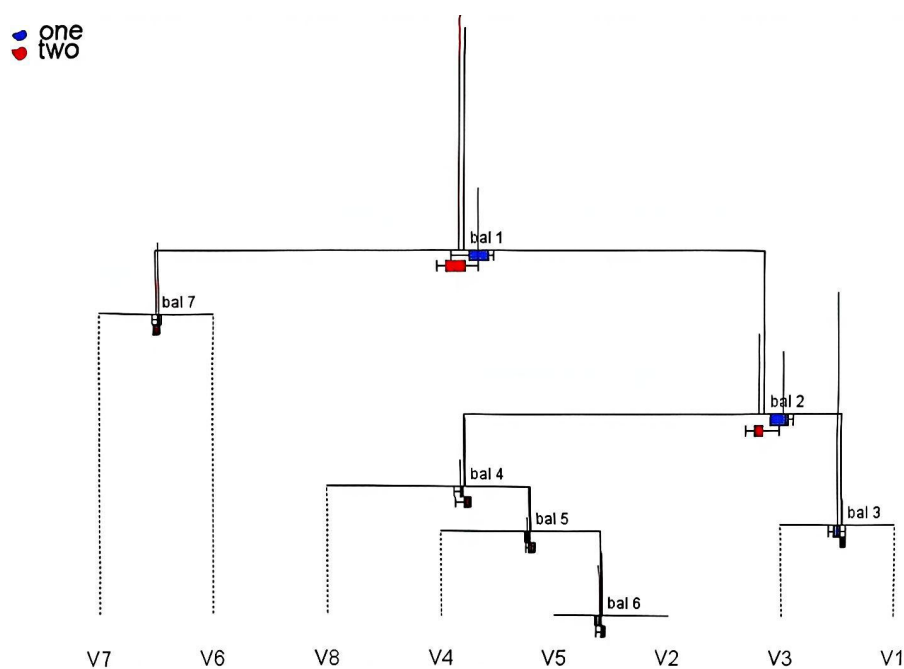


Figure 19. Tree Diagram of consumption structure balance in 31 regions of China in 2020

图 19. 2020 年全国 31 地区消费结构平衡树状图

图 19 展示了 2020 年两类群体在各平衡上的均值与方差结构。图中蓝色和红色标记分别代表组 1 与组 2 的平衡均值位置，垂直线段长度反映该平衡在群体内部的变异程度(方差)。

5.1. 两组消费结构的核心差异

(1) 消费升级维度 bal_1 、 bal_2 显著分化

bal_1 (基础 vs 非基础消费)与 bal_2 (高频非刚需 vs 改善型消费)是区分两组的关键维度。组 1 在 bal_1 上显著偏向非基础消费侧, 在 bal_2 上显著偏向高频非刚需消费侧; 组 2 则相反。表明前者消费结构已从生存保障型向活跃消费型转变, 后者仍以基础保障性支出为主导。

(2) 基础消费与日常消费 bal_3 、 bal_5 、 bal_6 具有同质性

在 bal_3 (V1 vs V3)、 bal_5 (V4 vs V2)、 bal_6 (V2 vs V8)上, 两组均值高度接近, 组内方差无显著差异。说明基础消费内部结构及日常必需消费品类具有跨群体一致性, 受收入分层影响较小。

5.2. 两组消费结构内部异质性对比

(1) 组内方差差异反映收入分层

在 bal_1 与 bal_2 上, 组 1 组内方差显著大于组 2。说明前者内部存在显著收入分层(如 S1 与 S11 的消费能力差异), 后者收入水平相对接近, 消费结构更趋稳定。

(2) 改善型消费的偏态特征

在 bal_7 (V6 vs V7)上, 组 2 均值略有偏移但方差较小, 提示可能存在个别极端值, 如 S26 西藏受政策影响, 需结合个体数据分析。

6. 结论与建议

6.1. 结论

本文利用 2014~2023 年中国 31 个省级行政区(不含港澳台)的居民消费数据, 通过双标图、三元图和平衡树状图三种方法, 分析了消费结构的变化规律, 主要结论如下:

(1) 消费类型之间的关系随年份变化, 与生活场景密切相关。

食品烟酒和居住两类基础消费在 2020 年联系紧密, 因为封闭管理, 居民对食和住的需求上升; 食品烟酒和医疗保健始终存在“此消彼长”的关系, 说明生存花销增大, 发展花销就会减少; 2023 年衣着和交通通信重新变得关系密切, 说明居民又开始外出活动。这些变化反映出消费行为很受大环境的影响。

(2) 各省的消费结构从整体相似走向分化, 外部冲击后差距更大。

2018 年各省消费结构差别较小, 属于普惠型升级; 2020 年区域差异凸显, 分成超一线升级型、沿海均衡型、旅游受限型、刚需主导型等几类; 2023 年进一步简化为两类: 一类是复苏快的发达省级行政区(京沪苏浙闽粤琼), 一类是恢复慢的刚需省级行政区(其余地区), 两类差距和 2020 年相较加大, 说明经济恢复不平衡加剧了消费分层。

(3) 北京和广东的消费变化路径不同, 反映各自的经济特点。

北京十年消费分为三个阶段: 2014~2019 稳定升级, 2020~2021 外部冲击, 2022~2023 复苏转型, 体现出政策敏感和刚性需求主导的特点。广东则分为: 2014~2017 流动人口驱动, 2018~2019 及 2021~2023 结构换挡, 2020 极端冲击, 说明其消费受外向型经济和流动人口影响大。

(4) 全国消费整体升级, 但区域特色明显。

2023 年各省的消费重心都已转向交通通信、教育文化、居住医疗等发展享受型消费, 食品衣着占比普遍低于 25%。与此同时, 西藏仍是特殊点, 交通教育消费占比较高, 与当地政策和人口结构有关。

6.2. 建议

(1) 针对不同省份制定差别化的消费政策。

对发达省级行政区(如京沪苏浙闽粤琼),应多提供高品质的教育、医疗、文化服务,满足消费升级需求;对刚需主导省级行政区,要提高居民收入,完善社保,让老百姓敢花钱,逐步从基础消费转向改善型消费。

(2) 帮旅游省份增强消费韧性。

广西、海南这类旅游大省在外部冲击中消费大幅下滑,暴露出产业单一的问题。应发展多种消费业态,如本地服务消费、线上消费,减少对外来游客的依赖。

(3) 重视高房价对消费的挤压。

居住支出在发达省份占比较高,可能挤占了教育文化娱乐的花销。要完善住房保障,减轻居民居住负担,为发展享受型消费留出空间。

(4) 针对不同收入群体分类引导。

发达省份内部收入差距大,可以既提供高端消费,也照顾中低收入群体;刚需省份要留意医疗教育支出过高的家庭,完善公共服务,避免个别家庭因大额支出导致贫困。

(5) 加强消费结构动态监测。

动态跟踪消费品类关联结构的变化、区域消费类型的迁移以及异常点的出现。通过构建消费结构监测指标体系,及时发现消费升级进程中的结构性矛盾与潜在风险,为宏观调控和消费促进政策的精准制定提供科学依据与决策支撑。

基金项目

中国矿业大学(北京)大学生创新训练项目“成分初探”(项目编号:202507011)。

参考文献

- [1] 马艳芳. 双标图及其在成分数据中的应用[D]: [硕士学位论文]. 太原: 山西大学, 2016.
- [2] Aitchison, J. and Greenacre, M. (2002) Biplots of Compositional Data. *Journal of the Royal Statistical Society Series C: Applied Statistics*, **51**, 375-392. <https://doi.org/10.1111/1467-9876.00275>
- [3] Pawlowsky-Glahn, V., Egozcue, J.J. and Tolosana-Delgado, R. (2015) *Modelling and Analysis of Compositional Data*. Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119003144>
- [4] 胡玉琴, 薛留根. 中国产业结构整体同构化趋势研究——基于成分数据统计[J]. *统计与信息论坛*, 2016, 31(8): 32-38.
- [5] 陈婷. 基于成分平衡分析的地球化学异常信息提取[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国地质大学(北京), 2019.
- [6] Aitchison, J. (1982) The Statistical Analysis of Compositional Data. *Journal of the Royal Statistical Society Series B: Statistical Methodology*, **44**, 139-160. <https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1982.tb01195.x>
- [7] von Eynatten, H., Pawlowsky-Glahn, V. and Egozcue, J.J. (2002) Understanding Perturbation on the Simplex: A Simple Method to Better Visualize and Interpret Compositional Data in Ternary Diagrams. *Mathematical Geology*, **34**, 249-257. <https://doi.org/10.1023/a:1014826205533>
- [8] 晋铭铭, 罗迅. 马斯洛需求层次理论浅析[J]. *管理观察*, 2019(16): 77-79.