



浙江财经大学

硕 士 研 究 生 毕 业 论 文

题目：基于个人动态最优居住地选择视角的劳动力回流行为考察

学生姓名：	李晨逸
学 号：	230507031002
指导教师：	吴意云
所在学院：	经济学院
专业名称：	西方经济学

摘要

基于个人动态最优居住地选择视角的劳动力回流行为考察

摘要：随着经济的发展与社会工业化带来的社会关系剧变，劳动力迁移形成有规律的迁移模式是必然的。不同于我国研究中的传统城乡二元对立语境，本文基于理性预期构造了动态最优住址选择模型，基于 CFPS 数据对 2010 年至 2022 年间我国各省的人口流动进行实证检验，并得到的结论是（xxx、xxx、xxx）。本文的贡献在于（xxx、xxx、xxx）。

关键词：动态迁移决策模型、劳动力迁移、收入引致、迁移摩擦

Abstract

A Study of Return Migration Behavior Based on Dynamic Optimal Residential Location Decisions

Abstract: Here is the english version of abstract

keywords: a, b, c

目录

摘要	i
Abstract	ii
第一章 引言	1
第二章 文献综述	5
2.1 相关概念梳理	5
2.2 空间均衡方法	6
2.3 个体微观视角与动态选择方法	8
2.4 对回流迁移的研究	10
2.5 影响劳动力迁移的因素	12
第三章 理论模型	15
3.1 初步模型	15
3.2 收入函数	18
3.3 户籍惩罚与家乡溢价	20
3.4 迁移成本	21
3.5 状态转移概率	22
3.6 条件选择概率函数	23
3.7 劳动力迁移决策	25
第四章 实证处理	28
4.1 基于两步法的估计框架	28
4.2 处理未观测到的异质性	28
4.3 年龄效应	30
4.4 似然函数	30
4.5 计算机方法的实施	31
4.6 数据与变量	31
4.7 方法上	35

第五章 估计结果	37
5.1 基准回归与子样本分析	37
5.2 拟合优度	37
5.3 异质性人群的回归	38
5.4 从回归结果看待迁移摩擦	38
5.5 迁移成本的具体构成	38
第六章 结论与展望	39
附录 A McFadden 条件概率	40
附录 B 效用等价于收入的特殊情况	41
附录 C Rust 极值分布	42
附录 D 地点选择概率	43
附录 E log	44
附录 F a	45

1 引言

纵观古今内外，“人往高处走，水往低处流”的规律总是屡试皆准。早在上世纪末，以 Krugman (1991)和 Fujita et al. (1999)为代表的新经济地理学就指出经济活动的集中会产生规模经济和网络效应，促成产业集聚。经济的聚集会导致区域不平衡发展，人们倾向于从“边缘”地区流向产业集聚、薪资较高和就业机会多的“中心”地区，形成“吸引效应”，这使得劳动力迁移有了移动的规律。欧美国家作为世界上人均 GDP 最高的区域，吸引大量来自其他相对落后国家的居民。根据世界银行（World Bank Group）和美国移民委员会（American Immigration Council）公布的数据，2023 年美国的人均 GDP 为 82769 美元，外来人口达到了 4780 万，移民占美国人口的 14.3%，比 1970 年的 4.7% 增长了约三倍。这一由经济集聚驱动的中心-边缘迁移模式，在全球范围内得到印证，而在快速城市化的中国，其表现尤为深刻和复杂。改革开放以来，随着现代化交通工具的普及和人口流动政策的放宽，劳动力自由流动在我国成为可能。解放的经济活力逐渐形成了“东富西穷、南富北穷”的局面。经济发展的不平衡不仅表现在地区收入差距上，也体现在人口分布的变化中。富裕地区吸引了大量来自相对贫困地区的劳动力。国家统计局 2020 年发布的《第七次人口普查》显示，流动人口达到 3.76 亿，占全国总人口比重分别为 34.90% 和 26.62%，较 2010 年分别上涨 88.52% 和 69.72%。广东跨省流入高达 2962.21 万人，浙江也达到 1618.65 万人，上海跨省流入人口为 1047.97 万人。这三地的跨省流入人口数量位居前三。此外，北京流入 841.8 万人，位居第五。同时，我国也存在多个人口输出大省¹，例如安徽省净向外输出约 911 万人，占本省户籍人口的 13.29%；四川省净向外输出约 956 万人，占本省户籍人口的 10.63%；河南省净向外输出约 565 万人，约占本省户籍人口的 7%。

在我国激烈的劳动力迁移浪潮中大致存在以下规律。首先，劳动力净流入的区域符合常识中的迁移规律，劳动力从农村流向城市是迁移的主流趋势。大城市由于更高的工资水平、更丰富的就业资源、更高质量的基础服务设施，具有强大的“虹吸效应”，这一点与新经济地理学学者提出的观点相吻合。在可以预见的未来，这种劳动力向经济发达地区集中的趋势仍将持续。其次，永久迁移与暂时性迁移之间存在显著差异。第七次人口普查显示，2020 年时我国人户分离人口已达 4.93 亿，占总人口的 34.16%。（xxx）并且，尽管总体上劳动力向发达地区流动，仍有部分劳动力“回流”到欠发达地区。这种

¹该数据来源于 2010 年的《第六次人口普查》。

反直觉的现象已被部分学者注意到（石智雷等 (2012)，任远和施闻 (2017)），表明某些群体在外迁后因各种原因选择返回原居住地，这揭示了迁移决策背后更为复杂的动机。DaVanzo (1983)就指出过劳动力个体迁移行为的“反复无常”规律——尽管大多数个体从未迁徙，但迁徙的个体很可能会再次迁徙，通常会返回原籍地。这意味着迁徙决策应该被看作是一系列地点选择，个体知道有机会修改或逆转那些效果不佳的迁徙。

对于劳动力流动现象的研究，我国学术界长期围绕城乡二元分析框架与空间均衡模型展开。作为典型的发展中经济体，我国自计划经济时期形成的城乡二元结构构成了劳动力迁移的制度基础。改革开放后，工业化进程产生的劳动要素需求与农村剩余劳动力释放一拍即合，这一过程在学术研究领域直接映射为对传统二元经济理论的引用。其中，在 Lewis (1954)二元对立模型基础上，Todaro (1969)通过引入失业率与预期收入，突破了无限劳动供给假设的刚性约束，其“即使存在失业风险，人口仍会因预期收入差距迁移”的核心命题，恰与中国城市化进程中农民工“候鸟式迁移”的特征契合，成为解释中国农民工流动现象的核心理论工具。而后，Harris et al. (1970)进一步将城市正规部门与非正规部门纳入分析框架，通过工资刚性与就业概率的动态调整机制，构建起解释发展中国家城市失业与农村劳动力持续涌入并存现象的理论模型。这种强调制度分割与部门差异的分析视角，为中国学者解析户籍制度、土地制度等特殊约束条件下的劳动力流动提供了重要切入点。如熊彩云 (2007)构建的农民工定居决策模型，通过引入城市拉力（就业机会、公共服务）与农村推力（土地保障弱化、收入差距）的交互作用，拓展了传统二元模型的解释维度。黄忠华等 (2014)通过嵌入土地保险功能变量，钟水映等 (2015)纳入制度变迁因素。部分文献虽然淡化了城乡之间的对立，但依然在均衡状态下分析工资和租金的确定，同时考虑移民流动对这些结果的影响。踪家峰等 (2015)构建的三部门 Rosen-Roback 模型揭示，中国大城市存在显著工资溢价且技能异质性导致差异化集聚收益：高技能劳动力通过知识溢出获取短期增长红利，而低技能群体则需经历长期调整方能获益。王丽莉和乔雪 (2020)，王丽莉 (2023)，王丽莉和唐为 (2024)通过将土地供给管制、迁移壁垒等制度变量内生化的方式，定量识别出行政干预对劳动力空间配置的扭曲效应：建设用地指标的区域错配加剧东部大城市住房供给弹性不足，推高生活成本并阻碍生产率导向的人口集聚，导致 2010 年经济总产出损失达 3%-4%。刘华仁 (2024) 则构建包含人力资本溢出效应的量化空间均衡模型，证明高技能劳动力的区域再配置可通过生产率与公共服务双重渠道提升社会福利，这为人才政策优化提供了理论依据。

尽管现有研究取得显著进展，但传统劳动力迁移研究的局限性却愈发明显。首先，动态视角的缺位限制了理论的解释力。主流文献多依赖静态或比较静态分析，将迁移决

策简化为单期最优选择，忽视了个体在生命周期内因人力资本积累、预期调整和制度环境变迁而产生的动态交互。例如，韩其恒等(2018)虽尝试通过 OLG 模型捕捉迁移行为的代际动态，但其模型仍未能内生制度约束与技能积累的交互效应。其次，微观基础的薄弱削弱了研究的政策适用性。许多研究基于宏观数据分析迁移的总体趋势，未能深入探讨个体异质性因素（如风险偏好、社会网络或数字技能）对迁移路径分化的影响，导致模型缺乏行为依据，难以支持精准的政策仿真。最后，理论范式的滞后使得现有模型难以适应劳动力流动的新特征。随着“城-城流动”规模扩大和远程就业的兴起，传统城乡二元对立的分析框架无法解释迁移的可逆性、多向性和地理重构效应。这些局限使得学界难以回答两个核心问题：在面临户籍限制带来的未来不确定性与地区间显著的收入差距时，不同人力资本水平的个体是如何动态地权衡其迁移、定居或回流的决策路径的？制度变迁如何通过重塑迁移的成本-收益结构影响个体的跨期决策？

针对上述问题，本研究提出从静态均衡向动态演化、从宏观相关性向微观行为基础、从单向城乡迁移向多维空间重构的理论转向。为此，本文构建了一个动态离散选择模型，将劳动力回流建模为一个马尔可夫决策过程（Markov Decision Process, MDP）。与静态模型将迁移视为一次性选择不同，MDP 框架将迁移刻画为一个关于信息和预期的序列学习与适应过程，这更符合劳动力在真实世界中“走一步看一步”的决策本质。该模型假设个体在有限生命周期内基于效用最大化原则选择居住地，效用函数综合考虑了地区吸引力（如工资和公共服务）、制度摩擦（如户籍限制）以及个体异质性（如乡土黏性和人力资本水平）。通过非参数混合估计方法，本研究量化以下机制：（1）户籍制度改革和土地确权如何通过提升预期稳定性增强迁移的持久性；（2）人力资本积累速率的差异如何导致迁移路径的分化，例如高技能个体更倾向于城市间的多次迁移；（3）远程就业的普及如何通过降低物理迁移成本重塑迁移的地理指向和频率。模型不仅为解析中国劳动力流动的复杂性提供了新的分析工具，还通过揭示迁移决策的微观驱动因素，为优化区域发展和以人为核心的城镇化政策提供了实证依据。

本文的重要性在于，在当前工业化加速和经济转型的背景下，劳动力跨区域迁移问题愈发显得关键而复杂。人口流动不仅直接影响城市化进程、区域经济平衡和资源配置效率，还对社会福利和经济结构的长期调整产生深远影响。尤其在中国这一快速发展的经济体中，劳动力回流现象既是城市化进程的缩影，也是城乡协调发展的关键变量。深入理解和准确预测劳动力迁移趋势，不仅有助于把握经济发展的内在动力，还为政策制定提供了科学依据，以实现区域协调发展和社会整体进步。

本研究从动态决策的视角切入，系统分析劳动力回流的规律及其驱动机制，特别强

调收入差异作为核心经济因素的作用。与此同时，模型综合考虑了就业机会、生活成本、制度摩擦和文化因素的交互效应。例如，户籍制度作为中国特有的制度约束，可能通过限制公共服务获取提高迁移成本，从而影响个体是否选择永久定居城市。同样，地区间的文化差异（如方言）可能通过乡土黏性影响迁移决策的稳定性。通过构建理论模型并结合实证分析，本文旨在回答以下问题：地区间的收入差异如何激发劳动力迁移？收入差异如何与其他因素（如公共服务供给和户籍限制）共同作用于迁移决策？通过何种政策干预可以引导劳动力合理流动，从而优化资源配置、促进城乡协调发展并提升社会福利？

正如 Desmet et al. (2013)在城市规模与福利分析中所指出的，理解决定人口分布的各种力量对于回答一系列关键问题至关重要：这些力量在决定城市规模分布中的相对重要性如何？如果各地区在公共服务、技术水平或制度摩擦方面趋于一致，人口将如何重新配置？这种重新配置对社会福利的总体影响是什么？这一论述启发本研究将收入差异置于更广泛的动态框架中，探讨其如何通过影响迁移决策重塑人口分布和区域经济格局。如果地区间的制度和经济差异缩小，劳动力流动和城市规模分布可能发生显著变化，进而影响整体社会福利。本研究通过量化这些机制，为劳动力迁移的理论和实证分析提供了一个综合框架。

为实现上述研究目标，本文结构安排如下：第二章对国内外相关文献进行系统综述，梳理劳动力迁移的理论演进和实证成果，分析现有研究的不足，并明确本文的创新点。第三章构建动态离散选择模型，详细阐述模型的基本假设、机制设计以及与现实经济现象的关联，推导劳动力迁移存在性的理论命题。第四章推导实证分析所需的似然函数，说明模型简化的必要假设（如支撑点离散化处理未知分布），并介绍数据来源（中国家庭追踪调查和地区年鉴）、变量构造和 Python 实现的计算方法。第五章展示实证分析的主要结论，通过对不同样本子集的检验和命题验证，评估模型在解释中国劳动力回流中的适用性和稳健性。第六章总结研究的主要发现，讨论模型的局限性（如理性人假设的适用性、函数形式的潜在任意性），并提出未来研究方向，例如引入收入分配结构或跨省迁移的网络分析。此外，更为详细的数学证明、高性能程序代码和数据处理流程均附在文末的附录中。

2 文献综述

劳动力流动作为经济社会发展的重要表征，其研究要点在于提供合适的方法和寻找符合现实逻辑的影响因素。本文通过系统梳理国内外近几十年来的经典文献与前沿成果，试图厘清学术脉络的演进逻辑，为后续实证研究提供标准。在研究方法层面，现有文献呈现出从静态分析向动态追踪的范式转变。就影响因素而言，学者们已逐步突破传统经济变量的单一解释，将制度约束、社会网络、文化认同等非经济维度纳入分析体系。

2.1 相关概念梳理

劳动力回流是指原先从一个地区迁出的劳动力再次返回原籍地的现象。这种迁移可被视为可撤回的 (retractable) 或短暂的 (temporary)，与传统静态迁移模型所假设的单向永久性迁移存在显著差异。

劳动力回流研究具有以下特点：首先，从历史维度看，它是一个相对较新的现象，在人类工业化历程中出现较晚；其次，它挑战了传统人口迁移理论中从欠发达地区向发达地区单向流动的基本假设；再次，对于后发工业化国家而言，这一现象具有重要的政策意义。

在传统经济理论框架下，当目标地经济衰退导致预期收益低于原籍地时，返迁决策符合理性选择理论；然而当目标地仍能提供显著收入溢价时，劳动力选择返迁则构成理论悖论。这一现象值得深入研究，特别是对于后发工业化国家而言。

蔡昉等 (2001) 等学者指出，后发国家通常采取非均衡发展战略，通过制度化的城乡二元结构形成工农产品价格剪刀差，实现资源从传统农业部门向现代工业部门的系统性转移。这种情况下，劳动力回流可能不利于资本深化与工业化进程。中国的工业化路径具有特殊性，融合了社会主义国家计划经济与市场经济转型的特点。20 世纪 50 至 80 年代，由于资源稀缺，我国建立了以户籍制度为核心的空间资源配置体系，将有限资本集中于少数城市，形成公共服务的高度集聚。改革开放后，我国借鉴东亚发展型国家经验，采取出口导向型发展战略，特别是 2001 年加入世贸组织后，充分发挥人口红利的比较优势。林毅夫等 (2003) 为这一发展路径提供了系统的理论支撑。在快速工业化进程中，大量人口涌入城市，形成了沿海发达地区持续吸纳内陆剩余劳动力的迁移格局。然而，我国劳动力市场中却出现明显的回流现象，即农村居民进城打工后又返回原籍，形成农民工返潮现象。这一现象与后发国家工业化进程中的劳动力配置目标存在理论上的

背离。

多项研究表明,户籍制度障碍可能是影响劳动力定居的首要因素。任远和邬民乐(2006)指出,以户籍制度为依托的流动人口管理制度及相关社会福利制度对流动人口的限制与排斥对其社会融合有根本性影响。陆益龙(2008)认为即使经历了深刻改革,户籍制度仍然对劳动力自由流动造成客观阻碍,制约经济高质量发展。另一种观点认为,源于1994年分税制改革的土地财政模式可能是劳动力回流的重要原因。陈映芳(2005)、聂辉华等(2013)及郁建兴等(2012)等研究认为,土地出让金作为地方政府重要财源,导致政府维持较高地价,推高房价,增加城市居民住房负担,从而影响劳动力的定居决策。

除户籍与土地财政外,影响劳动力回流的因素还可能包括原籍地经济发展与就业机会增加、工资差距缩小、生活成本差异变化;家庭纽带与社会融入因素;以及公共服务可及性、返乡创业政策等制度因素。综合来看,劳动力回流问题涉及多种制度与市场机制的交互作用。传统的线性迁移模型难以解释复杂现实情况,需引入更具动态性和多维视角的方法进行深入研究。接下来对劳动力流动研究的主要方法进行梳理,以期为本研究提供合适的方法论支持。

2.2 空间均衡方法

根据 Jia et al. (2023)的研究,劳动力迁移问题可采用两种研究方法,其中一种是空间均衡方法。该方法以迁移后形成的新空间一般均衡为核心,主要关注人口流动如何影响本地工资、区域房价等变量的市场出清。

空间均衡概念可追溯至20世纪中叶, Samuelson (1952)提出的“空间价格均衡”框架考虑了运输成本对不同地点价格的影响,奠定了空间经济学基础。Tiebout (1956)提出“用脚投票”理论,假设消费者在无迁移成本和信息完全的条件下,会自由选择最能满足其偏好的社区。Harris et al. (1970)则构建了研究农村到城市迁移的两部门内部贸易模型,探讨了城乡工资差异的均衡状态。

受城市经济学发展影响,20世纪60-70年代, Alonso (1964)、Muth (1969)和 Mills (1967)开创的单中心城市模型考察了城市内部空间结构,为城市间移民研究奠定基础。Rosen (1974)提出的享乐定价模型能够通过观察特定地点便利设施对工资和租金的影响来量化这些设施的价值,为移民研究提供了重要工具。基于 Rosen 模型, Roback (1982)正式确立了移民空间均衡模型,该模型假设个人会迁移至效用最高的地点,同时考虑金钱因素(工资、租金)和非金钱因素(便利设施)。在均衡状态下,工资和租金会调整以平衡不同地点的效用,使得没有人能通过迁移提高效用。这一模型成为理解便利设施如何影

响移民模式和城市增长的基础框架。

20 世纪 80-90 年代，空间均衡方法进一步扩展，纳入了住房市场动态、非贸易商品和异质性主体等因素。Glaeser, Gottlieb (2009)强调住房供应弹性在决定城市成功表现(人口增长或收入增长) 方面的关键作用。Moretti (2011)提出了假设工人流动性有限且住房供应非固定的一般均衡模型，更贴近现实情况。Diamond (2016)构建了结构性空间均衡模型，研究技能分类增加的原因及其福利影响，考虑了偏好和技能的异质性。Coen-Pirani et al. (2010)则开发了动态一般均衡模型，强调个体异质性在迁移决策中的作用。近二十年来，空间均衡方法整合到定量空间经济学中，Ahlfeldt et al. (2015)和 Redding et al. (2017)扩展了 Rosen-Roback 框架，引入市场准入项，提供了内生价格作为基本面和地理因素函数的对数线性方程，更好地捕捉现代经济复杂性。Glaeser, Gyourko et al. (2014)构建了动态的、线性的、理性的一般均衡模型，与住房市场典型事实相一致。Albert et al. (2022)则将该方法应用于国际移民研究，记录了移民如何受原籍国支出影响而选择生活成本高昂的城市。

表格2-1概述了空间均衡方法在移民研究中的发展历程。

表 2-1 使用空间均衡方法研究人口流动的历史

时期	关键发展
1950 年代	Samuelson (1952)引入了空间价格均衡，通过运输成本平衡不同地点的供需。奠定了空间均衡经济学的基础，但最初侧重于商品市场。
1960-1970 年代	Muth (1969)和 Mills (1967)开发了关注通勤和住房选择的城市内模型，影响了城际移民研究。为区位选择提供了空间框架，为移民应用奠定了基础。
1970 年代	Rosen (1974)建立了享乐定价模型，通过工资和租金等观察到的价格来评估区位属性（例如便利设施），能够量化区位选择中的非金钱因素，为移民研究奠定了基础。
1980 年代	Roback (1988)正式建立了一个一般均衡模型，其中工资、租金和便利设施使不同地点的效用均衡，从而解释了移民模式。成为研究移民的基石，将经济激励与区位决策联系起来。
1980-1990 年代	Glaeser, Gottlieb (2009)将住房供应弹性、非贸易商品和异质性主体纳入模型。通过解决住房动态和不同的移民偏好增强了现实性。
2010 年代	Redding et al. 2017整合市场准入和贸易成本，扩展 Rosen-Roback 模型，使用对数线性方程对工资和人口进行建模。改进了基础设施和贸易对移民影响的政策分析。
近期	拓展：国际移民、信息约束、多部门和异构代理模型

国内学者也运用空间均衡模型研究人口流动问题。梁若冰等 (2008) 基于 Tiebout 模型验证了中国城市住房价格与地方公共品供给关系。刘华等 (2024) 构建了包含异质性劳动力生产率溢出和公共服务溢出的空间一般均衡模型, 分析了人力资本空间配置优化的社会福利效应。王丽莉和乔雪 (2020) 结合空间均衡模型与地级市数据研究人口迁移对劳动力资源配置的影响。王丽莉 (2023) 分析了土地供给政策对劳动力空间配置效率的影响, 指出政府对建设用地指标的管控决定住房供给弹性, 东部大城市的严格规制阻碍了人口向高生产率地区转移。赵方等 (2017) 基于 Diamond (2016) 的模型研究中国劳动力迁移机制, 发现工资水平仍是主要影响因素, 但城市舒适度对流动人口也具有重要作用。

尽管空间均衡方法影响深远, 但其完全流动性和同质主体等假设过于简化了现实复杂性, 对均衡条件的依赖也难以充分捕捉短期迁移动态或社会网络和文化因素的作用。此外, 该方法在宏观层面有效, 但难以解释微观个体行为, 需要非均衡方法作为补充。这些局限性促使研究者发展更加细致的微观视角方法, 以更好地理解劳动力迁移决策过程。

2.3 个体微观视角与动态选择方法

与空间均衡方法所关注的宏观均衡不同, 个体微观视角研究方法着重于分析单个经济主体的决策过程。这种方法类似于交通道路模拟中的元胞自动机微观方法, 而空间均衡则对应于流体力学宏观方法。

个体视角的劳动力流动研究始于 Sjaastad (1962)。Sjaastad 提出了一个模型, 假设个人根据迁移的成本和预期回报做出地点决策。这种观点将移民视为投资行为, 强调了移民决策的动态特性。从生命周期角度看, 个人决策 (如储蓄、教育、婚姻) 与移民选择相互关联, 构成了一个统一的决策框架。Mincer (1978) 进一步发展了这一理论, 考虑了家庭联合决策的情况, 认识到家庭最优地点选择可能与个体配偶的最优选择存在差异。Kennan et al. (2011) 提出的个人移民选择模型是这一领域的重要发展。该模型允许个体技能、位置偏好和迁移成本的异质性, 并将移民决策作为最优搜索过程处理, 假设个人在扣除迁移成本后最大化预期终身收入。该研究的重要贡献在于将动态离散选择模型引入移民问题研究。

动态离散选择 (Dynamic Discrete Choice, DDC) 模型是研究个体或家庭如何在多个潜在居住地之间做出最优选择的理论框架, 适用于分析人口迁移、城市发展和住房市场动态。DDC 模型具有以下特征: 离散时间序列的动态性; 单个决策者面临有限且离散的选择集; 选择持续存在; 马尔可夫决策过程; 随机决策环境; 基于微观数据的显示偏

好。这些特征使 DDC 成为研究动态迁移决策过程的理想工具，特别适合分析可撤回的迁移行为。

离散选择模型的理论源头可追溯至 Thurstone (1927)提出的比较判定定律，该定律从心理激励角度解释了选择行为。Marschak (1960)将这种感知刺激解释为效用，提出了随机效用最大化（Random Utility Maximization, RUM）模型，奠定了现代离散选择模型的理论基础。McFadden (1973)则将二元逻辑模型扩展为条件逻辑模型，使其适用于多种选择情境。

动态离散选择模型的发展与动态规划理论密切相关。Bellman (1957)提出的动态规划为序列决策问题提供了数学框架，而 Blackwell (1962)则为马尔可夫决策过程（Markov Decision Process, MDP）建立了理论基础。经济学中的 DDC 模型研究始于 20 世纪 80 年代中期。Rust (1987)被视为该领域的开创性工作，提出了嵌套不动点（Nested Fixed Points, NFXP）算法进行最大似然估计。Eckstein et al. (1989)在此基础上构建了已婚女性劳动力参与率和生育率的动态模型，考虑了工作经验对工资的影响。Keane et al. (2011)系统介绍了离散选择动态规划（DCDP）模型的结构估计方法及其在劳动经济学中的应用。

由于 DDC 模型计算量巨大，Hotz et al. (1993)提出了条件选择概率方法，避免了反复求解完整动态规划问题的需要。近年来，Su et al. (2012)提出的带均衡约束的数学规划（MPEC）进一步减轻了计算负担。表格2-2总结了 DDC 模型方法论的关键发展。

表 2-2 不同作者对于动态离散选择模型的贡献

年份	作者	贡献
1987 年	John Rust	开发了嵌套不动点算法，提出经典的公交车发动机更换模型。
1993 年	V. Joseph Hotz、Robert A. Miller	开发了条件选择概率，作为领先的非解估计方法。
2012 年	Che-Lin Su、Kenneth Judd	提出带均衡约束的数学规划方法进行估计。

近年来,研究重点转向融入更为现实的行为假设并拓展应用领域。Utara et al. (2024)探讨了动态不一致性问题，Heckman et al. (2007)将动态选择模型与处理效应估计相结合，增强了政策分析能力。计算能力的进步使高维状态和多智能体模型成为可能，推动了该方法在卫生经济学、环境经济学和市场营销等领域的应用。

如 Jia et al. (2023)所述，使用 DDC 模型探究劳动力迁移问题本质上是一种非均衡方

法，与空间均衡方法形成鲜明对比。两者代表了不同的分析范式：空间均衡方法基于新古典经济学的一般均衡理论，强调区域间要素调整与市场出清，其研究视角聚焦于城市或区域层面的整体均衡状态。该方法通常假设劳动力具有同质性或有限异质性，在计量分析中多采用结构方程估计或联立方程系统，依赖区域层面的汇总数据，典型应用包括区域经济收敛性研究以及税收与公共服务的政策分析。与之相对，基于 DDC 的最优居住地选择模型则以微观经济学的效用最大化理论为基础，关注个体或家庭在异质性偏好下的决策过程。该方法明确建模个体差异性和偏好多样性，在实证层面主要采用离散选择模型（如条件 Logit、嵌套 Logit 等），并需要微观个体数据作为支撑。其典型应用场景涵盖农民工市民化决策、高技能人才流动等侧重微观行为机制的研究领域。两种方法在理论基础、分析视角、异质性处理、计量工具及数据需求等方面均存在系统性差异，分别体现了宏观均衡框架与微观决策逻辑的学术分野。

对于劳动力回流这一具有暂时性迁移特征的研究问题，微观方法提供了更为适合的分析框架。通过动态离散选择模型构建最优居住地序列选择模型，可以有效捕捉个体在不同时期的迁移决策及其影响因素。

2.4 对回流迁移的研究

通常进行科学研究时会强调国内与国外文献的融合，但在劳动力回迁问题上，国内国外在具体议题上存在较大不同。具体而言，在我国独特国情下，劳动力回流问题指的都是农民工返潮现象，而国外研究大致都是研究在一个自由流动的背景下劳动力如何自由选择的。在这个前提下，我们有必要先对国内外的学术工作分开进行总结，接着再从国外文献的研究方法中汲取有用的共性以服务于国内研究课题。

国外关于劳动力回流（return migration）的研究重点关注自由流动背景下个体和家庭如何在不同地点间进行迁移决策。与我国不同，国外研究通常聚焦于国际移民的往返迁移、临时性迁移及其经济和社会驱动因素。

早期研究如 Gmelch (1980)综合了南欧、东欧和加勒比地区的案例，指出 20 世纪初欧洲移民中有四分之一返回原籍国。Wyman (1993)则通过历史记载分析了 1880-1930 年间从美国返回欧洲的移民，归因于怀旧情绪和本土主义怨恨等因素。这些研究奠定了对回流迁移现象的基本理解。

Sjaastad (1962)首次将移民定义为一种人力资本投资，强调个人在预期回报超过成本时选择迁移。这一静态框架为后续研究提供了基础，但其局限性在于无法处理多目的地选择问题。Tunali (2000)尝试扩展至动态框架，但仍局限于二元选择。Dierx (1988)则结

合面板数据，分析家庭人力资本分布对迁移决策的影响，弥补了单期模型的不足。Dahl (2002) 通过罗伊模型探讨了自我选择迁移机制，解释了美国劳动者高流动性与地区教育回报差异之间的关系。Gemici (2007) 进一步构建包含家庭内部协商的动态模型，发现家庭纽带会抑制人口流动性并减缓工资增长。在以上早期模型的基础上，Kennan et al. (2011) 他们利用全国青年纵向调查 (NLSY) 中针对高中教育白人男性的面板数据，开发了一个动态离散选择模型，该模型允许在多个备选方案中进行最优的地点决策序列。该模型通过考虑收入前景来捕捉回归移民，发现地域工资差异和对更佳地点匹配的追求会影响决策，包括在当前收入不利的情况下回归。这标志着一项重大进展。在这之后，Dustmann et al. (2016) 强调了临时迁移的重要性，提出一个通用理论框架，分析技能积累、技能回报率差异及消费偏好如何驱动跨国往返迁移。研究表明，即使缺乏外生冲击，这些内生机制仍能引致回流行为。Venator (2022) 整合家庭动态和空间因素，改进估计技术，推动了该领域方法论的进步。

国内关于劳动力回流的研究主要集中在农民工返潮现象，分析其影响因素及经济社会效应。然而，现有研究多停留在静态选择框架下，采用简单的 Logit 或 Probit 回归模型进行实证分析。王智强等 (2011) 利用中国健康与营养调查 (CHNS) 数据，通过 Probit 模型分析了农村劳动力迁移决策的影响因素。研究表明，婚姻状况、健康水平和娱乐偏好等变量显著影响迁移决策，而当前收入的作用不明显。此外，已婚女性倾向于与配偶共同迁移，这种行为加剧了农村“空巢老人”问题。研究还发现，提高教育水平是促进农村劳动力迁移的最有效手段，尤其是高等教育和职业教育。石智雷等 (2012) 基于湖北和河南两省的农户调查数据，利用 Multinomial Logistic 模型探讨了家庭禀赋对农村迁移劳动力回流的影响。研究发现，家庭人力资本和社会资本在不同阶段对迁移决策产生差异化影响：人力资本丰富的家庭更倾向于让劳动力留在或回流农村，但当人力资本达到一定水平后，劳动力又更愿意外出就业；社会资本则在初期促进外出务工，但在高水平时推动劳动力回流。此外，家庭经济资本兼具收入效应和替代效应，总体上更倾向于促使劳动力回流。任远和施闻 (2017) 以外出劳动力是否发生回流为因变量，构建 Logistic 模型分析回流迁移的影响因素。研究表明，城市就业排斥、经济收入不足以及社会保障缺失是推动劳动力回流的重要原因，同时家庭生活需求、农业活动和农地状况也对回流决策产生显著影响。研究进一步指出，回流迁移是“被动回流”与“主动回流”的结合，体现了个体决策与家庭决策的综合过程。回流不仅带来人力资本补偿，还促进了流出地非农经济发展和创业增长，成为城镇化过程中不可或缺的逆向迁移流。

如同先前指出，静态框架下理论模型无法涵盖迁移的暂时性和可撤回行，难以捕捉

迁移的动态特征和复杂性。相比之下,国外文献中广泛应用的动态离散选择模型能够更好地刻画迁移的暂时性和可撤回性。因此本文鉴国际经验,结合动态离散选择模型方法与回流问题探讨我国劳动力回流的驱动机制及其经济社会影响。

2.5 影响劳动力迁移的因素

为构建有效的动态离散选择 (DDC) 模型分析劳动力流动,需系统整合迁移决策理论的相关研究成果。Lee (1966)提出的“推-拉”理论构建了二元分析框架:推力因素促使个体离开原居地,拉力因素驱动个体流向特定目的地。DDC 模型的优势在于能够通过随机效用函数的结构化设定,将多维决策因素纳入迁移行为的分析框架。

房价作为影响劳动力流动的重要因素受到广泛关注。高波等 (2012)发现相对房价提高促使劳动力流出,并对低附加值产业产生挤出效应。王丽莉 (2023)指出,东部大城市的严格土地规制导致高房价阻碍劳动力向高生产率地区转移,加剧空间错配。周颖刚等 (2019)发现高房价增强了劳动力家庭的流动意愿,特别是对未购房的高技能劳动力具有显著挤出效应。Zhou et al. (2022)研究表明房价每上涨 1%,流动人口的平均受教育年限增加 0.297 年,显示高房价对低技能劳动力形成挤出效应。张莉等 (2017)论证了房价对劳动力流动的双重作用:一方面,高房价降低了未来收入的不确定性,吸引人才;另一方面,上涨的房价压缩了可支配收入,抑制劳动力流入,形成倒 U 型影响。

户籍制度是我国劳动力流动的重要制度性障碍。Ngai et al. (2019)指出户籍制度通过绑定公共福利限制了人口流动,同时土地政策导致农业就业过剩。李强 (2003)分析发现户籍制度使中国人口流动不再遵循传统的推拉规律,形成了独特的迁移模式。Tombe et al. (2019)量化了户籍政策带来的高迁移成本,发现 2000 年至 2005 年间,国内贸易和人口迁移成本的下降贡献了总劳动生产率增长的 36%。周文等 (2017)研究表明土地控制和户籍限制共同抑制了劳动力流动,改革这些制度有助于提高城市化水平并缩小城乡收入差距。安虎森等 (2011)探讨了城市高房价与户籍制度对城乡收入差距的“门槛效应”,发现市场开放度低时高房价扩大收入差距,户籍制度起抑制作用;但市场开放度高时,户籍制度反而加剧收入差距。

舒适度 (amenity) 包括空气质量、公共服务水平、城市天气等因素共同影响劳动力流动。杨曦 (2017)发现城镇化显著提升了实际 GDP 和城乡劳动力实际工资,但效应因城市规模而异。王丽娜 (2007)指出收入、生活成本和城市宜居性特征共同决定了劳动力的空间流动模式。夏怡然等 (2015)研究表明公共服务显著影响劳动力流向,长期流动人口更倾向于选择公共服务水平较高的城市。孙伟增等 (2019)分析发现 PM2.5 浓度每上

升 $1 \mu g m^{-3}$ ，流动人口到该城市就业的概率下降 0.39 个百分点，且年龄较大、受教育水平较高的人群对空气污染更敏感。

语言在迁移决策中具有重要影响。Adserà et al. (2015)发现语言接近性使移民率提高约 20%。Bauer et al. (2005)指出语言聚居区能通过减少沟通障碍鼓励移民。Isphording et al. (2014)研究发现较大的语言距离导致移民在经济社会融入方面面临显著困难。刘毓芸等 (2015)探讨了方言距离对劳动力流动的“倒 U 型”影响：当方言距离较小时促进流动，过大时阻碍流动。

年龄影响移民决策，年轻人通常更频繁迁移，这符合人力资本理论：移民是一种投资，对年轻工人的收益期更长。年轻人获得更多收益，老年人面临更高成本和更少收益，但某些老年人出于特定原因（如回国或与家人团聚）仍会迁移。**教育**作为人力资本核心要素，在人口迁移中扮演重要角色。Aydemir et al. (2022)发现完成中学教育可使青年男性移民概率增加约 50%。Wozniak (2010)表明受过高等教育的劳动者更倾向于迁往劳动力需求高的地区。Weber et al. (2023)揭示了经济发展与高等教育机会之间的正向关系，推动了国际学生流动。高等教育通常涉及正向选择机制，流动人口往往拥有更高的教育背景或技能水平。**迁移成本**影响个人决策和研究框架，包括财务成本、社会成本和机会成本。刘晨晖等 (2022)在效用函数中加入与迁移距离相关的迁移成本。以上讨论的劳动力迁移影响因素归纳如表2-3所示。

表 2-3 影响劳动力迁移因素的主要文献

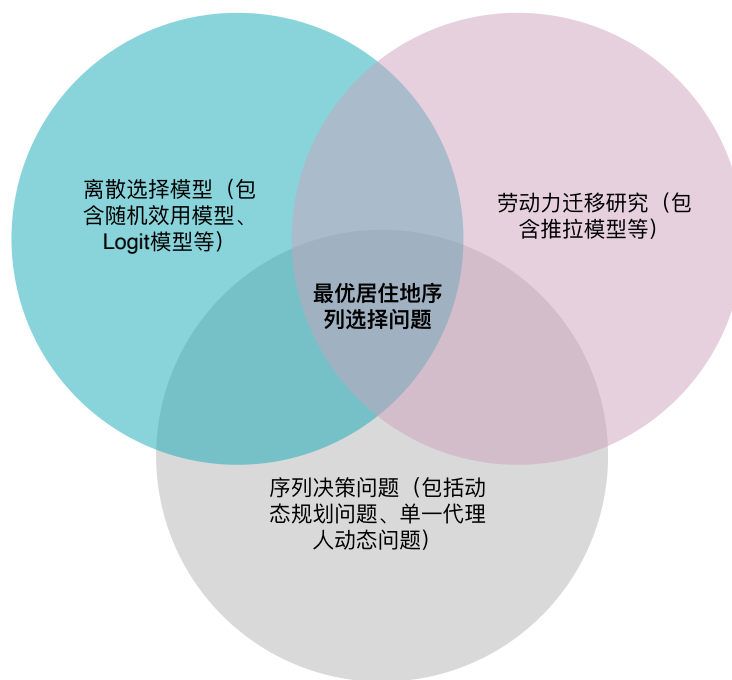
影响因素	主要讨论文献
收入差异	Kennan et al. (2011): 收入差距是造成劳动力流动的最显著因素
房价	张莉 等 (2017): 高房价导致居民永久性迁移比例下降
户籍	Ngai et al. (2019): 户籍阻碍劳动力自由流动
公共服务	夏怡然 等 (2015)等文献均有涉及
气候等自然条件	洪大用 等 (2016): 空气质量对居民迁出意愿的影响
文化壁垒	刘毓芸 等 (2015): 方言的 U 型影响
年龄	多种文献均有涉及
迁移成本	Todaro (1969): 探讨迁移成本的重要性

基于以上讨论，**迁移摩擦** (Migration Friction) 的概念逐渐凸显，指阻碍个体在不同地理区域间自由流动的各种制度性、经济性、社会性或文化性因素。蒋为 等 (2024)将跨

地区劳动力流动壁垒定义为阻碍个体自由流动的各类障碍总和,包括自然壁垒和制度壁垒。由于迁移摩擦具有不可观测性和微观不可加总的特征,其测度成为研究难点。王丽莉和乔雪 (2020)认为迁移摩擦由迁移成本、城镇失业工资以及工作搜寻匹配摩擦组成,这些因素共同塑造了城乡迁移的结构特征。刘修岩 等 (2017)强调迁移摩擦是中国城市体系扁平化的重要原因,消除迁移摩擦可带来人口重新配置和福利增进。

至此,我们梳理了基于 DDC 理论的动态最优居住地序列选择问题 (Dynamic Optimal Residential Sequence Decision Problem) 的所有相关文献。最优居住地序列选择模型的理论来源如图2-1所示。本文的下一章将构建一个适用于我国社会的理论模型。

图 2-1 最优居住地序列选择问题的理论来源



3 理论模型

劳动力流动问题本质上极为复杂。经过前述分析，我们认识到，劳动力流动和迁移不应被简单地视为一次性经济活动，而应被理解为贯穿个体整个生命周期的持续决策过程。假设决策者²是理性的，能够在多个地理位置之间进行自主选择。每个地区都对应一个独特的、排他性的效用流 (utility flow)。决策者在进行迁移时，需要承担相应的迁移成本。当决策者做出迁移决策后将承担相应的迁移成本。这意味着劳动力流动的本质是一个“投资”决策。决策者放弃当前的确定性（如本地工作），投资于一个充满不确定性但可能回报更高的未来（去大城市）。成本不仅是路费和短期收入损失，更是社会网络的断裂、制度性歧视（户籍）、以及巨大的心理压力。收益也不仅是更高的工资，更是子女的未来、更广阔的职业平台和个人价值的实现。决策者在不同阶段根据自身状况和外部环境变化，不断权衡是否迁移、迁移到何处，以及迁移后如何实现自身利益最大化。

本文通过动态离散选择框架构建了一个迁移决策模型，用来分析人们在不同阶段如何做出迁移的选择，其必要性源于传统方法面临的三个关键问题。第一，传统的静态模型无法反映人们在生命周期中因积累人力资本而导致的迁移意愿变化。简单来说，随着年龄、经验或技能的变化，人们对迁移的态度也会改变，而这些动态特征是静态模型无法捕捉的。第二，现实中每个人的情况都不同，比如风险偏好、处理信息的能力等。这些个人特质往往难以直接观测，但它们又会直接影响迁移决策，甚至与迁移行为相互作用。这种复杂的因果关系使得传统模型难以准确刻画实际情况。第三，不同地区之间的收益（如收入、生活质量等）并不是固定不变的，而是随着时间动态变化且存在长期关联。因此，我们需要一个能够考虑跨期影响的预期效用函数来更好地描述人们的决策过程。为此，本研究提出动态迁移决策模型 (Dynamic Migration Decision Model, DMDM)，以更贴近现实的方式分析迁移行为及其背后的逻辑。

3.1 初步模型

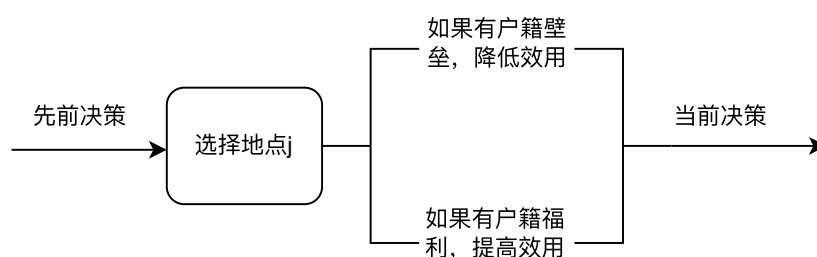
本文考虑一个人口总量恒定的封闭经济体，人口流动仅发生在国内各地区之间。经济体由 m 个离散地区组成，形成迁移网络 $\mathcal{C} = \{1, 2, \dots, m\}$ ，这也是个体决策者的行动空间。各区域拥有固定的地理边界和空间关系，每个地区连通且可达，迁移连通性由 $m \times m$

²文章中出现的个体指可以独立做出决策的经济单位，其形式可能为个人，也可能为家庭。为了消除歧义，后续将使用“决策者”一词替代。

列的邻接矩阵 $Adj = [j_{xy} \in \{0, 1\}]$ 刻画。不同的区域都具有独特的地区特征，这包括经济特征与非经济特征等，每个地区的特征随时间动态变化，会影响个体的迁移决策。各地区的工资由本地劳动力市场决定。时间被划分为离散的时期 $t = \{0, 1, 2, \dots, t, t+1, \dots\}$ 。理性决策者 i 获取效用，在每个时期以效用最大化为目标做出迁移决策。地区特征（如工资、就业机会）、经济状况和政策随时间变化，影响个体的预期和决策。

本模型的一个核心特征是引入了中国的户籍制度。我们假设个体 i 的户口所在地 h_i 在其出生时确定且终身不变。当个体选择的居住地 j_t 与其户籍地 h_i 不一致时（即“人户分离”），其在获取公共服务、社会福利等方面会面临障碍，从而产生负效用。反之，居住在户籍地则无此惩罚。户籍制度对于决策者的影响效果如图3-1所示。³

图 3-1 户籍制度造成影响的途径



为了处理模型中的跨期决策问题，同时保持计算上的可行性，本文遵循了动态离散选择文献中的一个标准做法，例如 Rust (1987)。我们假设存在一个完美的资本市场，个体可以在固定利率 r 下自由借贷。此外，我们假设个体的效用函数对于由收入带来的消费是线性的，即收入的边际效用 α_w 是一个常数。在此假设下，家庭的资产持有对一次性迁移决策的边际影响可被忽略，因此模型中未将资产作为显式状态变量。

一个理性的决策者代理人的决策遵循一个马尔可夫决策过程 (Markov Decision Process, MDP)。决策者在 T 期离散生命周期内选择最优居住地序列。令 $j_t \in \mathcal{C}$ 表示第 t 期的居住地选择，决策者的那么完整的选择序列可表示为 $\mathcal{J} = \{j_1, j_2, \dots, j_T\}$ 。典型的居住地选择模式如表格3-1所示。

在每一时期 t 的决策时刻，一个理性代理人 i 已知其上一期所在地点 $l_{i,t-1}$ 、户籍 h_i

³ 一个自然的问题是：在存在诸多摩擦的经济体中，人口流动是否会最终停止？在经典的劳动力自由流动模型中，地区间工资差异会因套利行为而趋于收敛。然而，在本模型中，地区间的非经济舒适度差异、以及个体对不同地区的异质性偏好，是驱动持续流动的根本动力。更重要的是，我们引入的户籍制度、家乡溢价和多维度的迁移成本，恰恰是对劳动力自由流动的制约，这些摩擦的存在解释了为何现实中地区间的巨大差异能够长期持续存在，从而使模型的动态迁移过程更贴近现实。

个体流动形式	居住地选择序列
长期定居：决策者在特定时间段内总是停留在同一个地区	$\mathcal{J} = \{\dots, 1, 1, 1, 1, 1, \dots\}$
单向迁移：如果 $j_p \neq j_q, \forall p \neq q$ ，那么个体就进行了迁移	$\mathcal{J} = \{\dots, 1, 2, 3, 4, 5, \dots\}$
回流迁移：返回到先前居住过的地区	$\mathcal{J} = \{\dots, 1, 2, 2, 1, 1, \dots\}$

表 3-1 居住地选择序列可能的形式

等信息，并据此选择本期的居住地 $j_t \in \mathcal{C}$ 。我们将个体在时期 t 决策前的全部相关信息定义为状态向量 x_{it} ：

$$x_{it} = (a_{it}, l_{i,t-1}, h_i, H_{it}, \{\nu_{ik}\}_{k \in H_{it}}, \eta_i, K_t), \quad (3.1)$$

其中 $a_{it} \in \{A_{min}, \dots, A_{max}\}$ 为代理人的年龄； $H_{it} = \{l_{i0}, \dots, l_{i,t-1}\}$ 为个体已到访的地点集合（历史记录）， $\{\nu_{ik}\}_{k \in H_{it}}$ 为个体已知的个体-地点匹配值， η_i 为个体固定效应， K_t 为宏观状态。在时期 t ，个体在观测到自身状态 x_{it} 以及当期的随机效用冲击 $\{\zeta_{itj}\}_{j \in \mathcal{C}}$ 后，做出居住地选择 j_t 。

在时期 t ，个体 i 若选择居住在潜在的地点 j 处，⁴ 其获得的总效用为：

$$\tilde{u}_{it}(j, x_{it}, \theta) = u_{it}(j, x_{it}, \theta) + \zeta_{itj} \quad (3.2)$$

其中 $u_{it}(j, x_{it}, \theta)$ 为可观测的效用流， θ 是需要估计的结构性参数； ζ_{itj} 为不可观测的效用冲击，是在任意时期和地点都独立同分布的随机扰动项，服从 Type I 极值分布（Gumbel 分布），且与状态变量 x_t 无关。

居民的基础效用由货币性收入、城市宜居度、家乡溢价减去迁移成本组成。

⁴ j 是一个泛指的、潜在的选项，是一个哑变量或者索引。而 j_t 一个已实现的、实际的选择，是一个随机变量，其值是在时期 t 做出的具体决策结果。此处切换为 j 是为了泛化模型。

为了捕捉驱动迁移决策的关键因素，可观测效用流 u_t 函数的具体形式设定如下：

$$\begin{aligned}
 u_{it}(j, x_{it}; \theta) = & \underbrace{\alpha_w \cdot w_{itj}}_{\text{经济收入}} + \underbrace{\sum_s \alpha_s \cdot y_{sj}(K_t)}_{\text{地区舒适度}} + \underbrace{\alpha_{home} \cdot I(j = h_i)}_{\text{家乡溢价}} \\
 & - \underbrace{\text{HukouPenalty}(j, h_i, K_t)}_{\text{户籍制度惩罚}} - \underbrace{\kappa_{it}(j, x_{it})}_{\text{迁移成本}} + \underbrace{\xi_{ij}}_{\text{偏好匹配}}
 \end{aligned} \tag{3.3}$$

该函数由六个部分构成：

1. 经济收入：在地区 j 获得的工资 w_{itj} 带来的效用， α_w 是收入的边际效用。
2. 地区舒适度 (Amenities)：由气候、公共服务等一系列非经济因素 y_{sj} 决定的地区吸引力， α_s 是其边际效用。
3. 家乡溢价 (Home Premium)：当个体居住在户籍地 h_i 时，获得的额外心理效用 α_{home} 。这是一个只在家乡生效的“拉力”。
4. 户籍制度惩罚 (Hukou Penalty)：当个体居住在非户籍地时，由于制度壁垒产生的负效用。这是一个在所有非家乡地区生效的“推力”。
5. 迁移成本 (Migration Cost)：如果个体发生迁移（即 $j \neq l_{i,t-1}$ ），需要支付的一次性成本 κ_{it} 。
6. 非经济偏好匹配：个体 i 对地区 j 的一种持久的、非货币化的情感或文化契合度 ξ_{ij} 。与收入匹配项 ν_{ij} 类似，其真实值只有在个体访问过地区 j 后才能知晓。它捕捉了除收入外，个体与地区之间的特殊“化学反应”。

下文将对效用中货币收益项 w_{itj} 进行结构化建模，以便将个体工资形成机制与迁移选择共同识别。

3.2 收入函数

公式3.3中，决策者的经济收益函数由多种因素组成。个体决策者 $i \in \mathcal{N}$ 在时期 t 、地点 j 的收入设定为以下函数形式：

$$w_{itj} = \mu_j(K_t) + G(X_i, a_{it}, t) + \eta_i + \nu_{ij} + \varepsilon_{itj} \tag{3.4}$$

1. $\mu_j(K_t)$ 为地点 j 的基准薪资水平，代表地区的经济基本面，如生活成本、区域产业聚集效应（如北京的传媒业、山西的采矿业）、政策红利（税收减免、人才补贴）等结构性特征，是所有在该地点个体的工资基准，其与个体无关，仅随宏观状态 K_t 变化。
2. 生命周期收入 $G(X_i, a_{it})$ 捕捉由个体可观测特征（如教育、性别）和年龄（人力资本积累）决定的收入部分，个体特征 X_i 包含教育程度、性别等，年龄效应 a 反映人力资本积累曲线，时间趋势项 t 捕捉了不随地区变化的宏观技术进步或生产率增长。我们假设该函数的形式在各地区间是相同的。
3. 个体固定效应 η_i 代表个体不随地点改变的固有能力和特质，如先天能力、家庭背景等。
4. 个体-地区匹配效应 ν_{ij} 捕捉了特定个体 i 在特定地区 j 的生产力特殊加成（如技能需求匹配、文化契合度），代表相同技能劳动者在不同地区的收入差异。该值在个体首次进入地区 j 时实现（从一个分布 F_ν 中抽取），此后在该地区停留期间保持不变，但迁移到新地区 k 时会生成新的 ν_{ik} 。
5. 暂时性随机效应 ε_{itj} 代表短期波动或随机扰动项，服从零均值正态分布的当期随机工资冲击，代表了不可预测的短期波动（如临时绩效波动、经济冲击）。

同时，正因为假设 ε 服从期望为 0 的正态分布，若在数据中观测到个体 i 在时期 t 的写为 j_t ，其实际工资为 w_{itj}^{obs} ，可知其条件密度为

$$\Psi_{itj} = \frac{1}{\sigma_\varepsilon} \phi \left(\frac{w_{itj}^{\text{obs}} - \mu_{j_t}(K_t) - G(X_i, a_{it}) - \eta_i - \nu_{ij_t}}{\sigma_\varepsilon} \right) \quad (3.5)$$

$$\mathcal{L}_{i,t}^{\text{wage}} = \frac{1}{\sigma_\varepsilon}, \phi! \left(\frac{w_{it,j_t}^{\text{obs}} - \mu_{j_t}(K_t) - G(X_i, a_{it}) - \eta_i - \nu_{ij_t}}{\sigma_\varepsilon} \right) \quad (3.6)$$

其中 $\phi(\cdot)$ 为标准正态密度，该方程为处于地点 j 的个体 i 在时期 t 的经济收益函数的密度函数 Ψ_{itj} 。这是个体 i 在时期 t 于地区 j 的工资观测值对总似然函数的贡献。

3.3 户籍惩罚与家乡溢价

真实世界中户籍制度带来的效应是多维度的、有异质性的，为了细致刻画这种复杂影响，本文因此假设了一个分层的、与地区特征互动的户籍效应模型：

$$\begin{aligned} \text{HukouPenalty}(j, h_i, K_t) = & I(j \neq h_i) \cdot [\theta_{\text{base}}(P_j) + \theta_{\text{edu}} \cdot \text{Edu}(j) \\ & + \theta_{\text{health}} \cdot \text{Health}(j) + \theta_{\text{house}} \cdot \text{HousingPrice}(j)] \end{aligned} \quad (3.7)$$

其中：

1. 指示函数 $I(j \neq h_i)$ ：表示只有在人户分离时，惩罚才生效。基础惩罚 $\theta_{\text{base}}(P_j)$ ：这不是一个单一参数，而是一个依赖于目标省份 P_j 的参数。例如，可以设定 $\theta_{\text{base}}(\text{北京}) > \theta_{\text{base}}(\text{安徽})$ 。这捕捉了不同地区户籍政策的宽松程度。在估计时，你可以为每个省份（或几类省份，如一线城市、二线城市、其他）估计一个不同的基础惩罚。
2. 与公共服务互动的惩罚： $\theta_{\text{edu}} \cdot \text{Edu}(j)$ ：户籍惩罚的大小与该地区的教育质量（如重点高中比例）成正比。教育资源越好的城市，没有本地户口的孩子上学越困难，因此惩罚越大。预期 $\theta_{\text{edu}} > 0$ 。
3. $\theta_{\text{health}} \cdot \text{Health}(j)$ ：与该地区医疗水平（如三甲医院数量）成正比。医疗越好的地方，医保报销的地区差异带来的损失越大。预期 $\theta_{\text{health}} > 0$ 。
4. 与生活成本互动的惩罚： $\theta_{\text{house}} \cdot \text{HousingPrice}(j)$ ：与该地区的房价等生活成本指标互动。很多城市的购房资格与户口或社保年限挂钩，房价越高，这种限制带来的机会成本就越大。预期 $\theta_{\text{house}} > 0$ 。

户籍效应的机制扎根于制度性、政策性的进入壁垒。它源于公共服务（教育、医疗）的排他性、购房购车资格的限制等。这是一个“推离”异乡（Push Factor）的力。它是一种负向效用（成本或惩罚），在个体身处任何非户口所在地时都会承受。该变量对所有 $m-1$ 个非户口所在地都生效，且惩罚大小因地而异。户籍效应可以通过观察个体在不同城市间的选择来识别。例如，如果两个城市 A 和 B 工资和舒适度相似，但城市 A 的户籍管制更严（公共服务更好），那么需要一个更高的工资差异才能吸引无户口者去 A 城。这个“补偿性工资差异”就反映了户籍惩罚的大小。

本文同时还在模型中假设了家乡溢价效应（ $\alpha_{\text{home}} \cdot I(j = h_i)$ ），这个变量不同于户籍效应，是一个“拉回”家乡（Pull Factor）的力，是一种正向效用，只在个体身处家乡

时才会获得。该变量刻画的是心理、社会、文化层面的情感依恋，是对家乡“非理性”偏好的量化。它源于家庭纽带、朋友圈、熟悉的文化环境等。只对一个特定地点（家乡 h_i ）生效。家乡溢价效应变量通过观察个体即使在面临更好的外地经济机会时，依然选择留在或返回家乡的行为来识别。

以上两种效应结合在同一个模型中，是解释中国劳动力流动谜题（如大量回流、城乡差距长期存在）的关键且独立的机制。

3.4 迁移成本

决策者 i 的迁移成本 κ 设定为以下函数形式：

$$\begin{aligned} \kappa_{it}(j, x_{it}) = & I(j \neq l_{i,t-1}) \cdot \left[\gamma_{0\tau} + \gamma_1 D(l_{i,t-1}, j) - \gamma_2 I(j \in \text{Adj}(l_{i,t-1})) \right. \\ & \left. - \gamma_3 I(j \in H_{it}) + \gamma_4 a_{it} - \gamma_5 n_j(K_t) \right] \end{aligned} \quad (3.8)$$

其中，指示函数 $I(j \neq l_{i,t-1})$ 确保了原地停留者成本为零。成本构成包括：

1. $\gamma_{0\tau}$: 与个体类型 τ 相关的固定成本，随个体类型哑变量 τ 变化，用以捕捉“恋家型”与“闯荡型”等未观测到的异质性。例如定居型个体的 $\gamma_{0\tau}$ 极高，几乎禁止迁移；流动型个体的 $\gamma_{0\tau}$ 较低，更易迁移。不同类型的群体分布由对应的概率 π_τ 给出，并且满足 $\sum_\tau \pi_\tau = 1$ 。
2. $\gamma_1 D(l_{i,t-1}, j)$: 与物理距离相关的线性成本（以大圆距离衡量）。
3. $-\gamma_2 I(j \in \text{Adj}(l_{i,t-1}))$: 迁移到相邻地区的成本折扣，相邻地区迁移可能因文化相似、信息透明或交通便利而成本更低。
4. $-\gamma_3 I(j \in H_{it})$: 回流迁移的成本折扣，因为返回曾居住过的地区，社会网络和适应性成本较低。
5. $\gamma_4 a_{it}$: 年龄越大，迁移的心理或生理成本越高，这是随年龄增长而增加的迁移阻力。
6. $-\gamma_5 n_j(K_t)$: 迁入地人口规模带来的成本减免效应，反映了更大城市网络带来的便利。目标地区人口规模 n_j 越大，迁移成本减少 $\gamma_5 n_j$ 。这是因为大规模地区可能有更多潜在支持（如亲友网络、服务机构），减少安家难度，从而降低迁移成本（ $\gamma_5 > 0$ ），符合“引力模型”中人口规模吸引迁移的经典结论。

迁移成本中参数的经济含义如表格3-2所展示。

表 3-2 迁移成本参数释义

参数符号	参数含义	参数意义
$\gamma_{0\tau}$	类型异质效应	捕捉不同类型的异质性, 可以解释为何有些人从不迁移, 识别“定居型”人群可针对性地设计激励措施(如搬迁补贴)。
γ_1	物理迁移成本	个体与其携带物必然因为物理法则而产生运输成本。
γ_2	相邻地区效应	反映地理邻近性的普遍优势。
γ_3	历史地区效应	返回历史地区因熟悉度获得折扣, 体现路径依赖。
γ_4	年龄障碍效应	针对不同年龄群体制定差异化迁移政策(如青年人才引进计划)。
γ_5	规模成本效应	大地区吸引力不仅体现在经济机会(如工资 μ_j), 也直接降低迁移成本。

迁移成本不仅影响当前选择, 也会改变 H_{it} 与未来可获得的匹配信息, 从而通过状态转移影响未来效用。

3.5 状态转移概率

状态转移概率 $p(x_{i,t+1}|x_{it}, j_t)$ 描述了系统如何从当前状态演化至下一期状态。值得强调的是, 本模型通过将历史居住地集合 H_{it} 和已知的匹配值 $\{\nu_{ik}\}_{k \in H_{it}}$ 纳入状态向量 x_{it} , 从而内生化了路径依赖。这意味着, 尽管状态转移本身遵循马尔可夫属性(即 $p(x_{t+1}|x_t, j_t, x_{t-1}, \dots)$ 简化为 $p(x_{t+1}|x_t, j_t)$), 但由于‘过去’已经被编码在‘现在’(x_{it})之中, 个体的决策实质上是历史依赖的。这种设定既保持了马尔可夫决策过程的分析便利性, 又能够捕捉学习效应和回流迁移等复杂的动态行为, 是本模型的一个关键特征。

具体而言, 由于状态变量是多维的, 本文将其设置为:

- 年龄: $a_{i,t+1} = a_{it} + 1$ (确定性转移)
- 上一期位置: $l_{i,t} = j_t$ (确定性转移)
- 户口所在地: h_i (不变)
- 个体固定效应: η_i (不变)
- 历史居住地集合: $H_{i,t+1} = H_{it} \cup \{j_t\}$ (确定性转移)

- 宏观状态: $K_{t+1} \sim p(K_{t+1}|K_t)$ (随机转移, 通常假设为一阶马尔可夫过程)
- 已知的匹配值:

$$p(\{\nu_{ik}\}_{k \in H_{i,t+1}} | \{\nu_{ik}\}_{k \in H_{it}}, j_t) = \begin{cases} \delta(\{\nu_{ik}\}_{k \in H_{i,t+1}} - \{\nu_{ik}\}_{k \in H_{it}}) & \text{if } j_t \in H_{it} \\ f_\nu(\nu_{ij_t}) & \text{if } j_t \notin H_{it} \end{cases}$$

这样的设定意味着, 如果 j_t 是一个已经去过的地方 ($j_t \in H_{it}$), 那么个体不会学到新的信息, 已知的匹配值集合不变。这里的 $\delta(\cdot)$ 是狄拉克函数, 表示这是一个确定性的转移。如果 j_t 是一个新的地方 ($j_t \notin H_{it}$), 个体在选择 j_t 后, 便会获知新的匹配值 ν_{ij_t} 。这个新值是从分布 F_ν 中抽取的, 其概率密度为 $f_\nu(\cdot)$ 。而已知的其他匹配值保持不变。这个新信息将被纳入下一期的状态向量 $x_{i,t+1}$ 中, 从而影响其未来的决策。

3.6 条件选择概率函数

个体的目标是选择一个居住地序列 $\mathcal{J}^* = \{j_1^*, \dots, j_T^*\}$ 以最大化其终身期望折现效用, 即:

$$\max_{\mathcal{J}=\{j_1, j_2, \dots, j_T\}} \mathbb{E} \left[\sum_{t=1}^T \beta^{t-1} \tilde{u}_{it}(j_t, x_{it}) \right] \quad (3.9)$$

$$\max_{\mathcal{J}=j_1, \dots, j_T} \mathbb{E} \left[\sum_{t=1}^T \beta^{t-1} \tilde{u}_{it}(j_t, x_{it}) \mid x_{i1} \right] \quad (3.10)$$

该问题可通过贝尔曼方程描述。令 $\beta \in (0, 1)$ 为折现因子。在第 t 期、状态为 x_t 时, 选择潜在地区 j 的期望折现总效用 (不含当期的随机冲击) 可以用选择特定价值函数 (Choice-Specific Value Function) 表示:

$$v_{it}(x_{it}, j) = u_{it}(j, x_{it}; \theta) + \beta \cdot \mathbb{E} [\bar{V}_{i,t+1}(x_{i,t+1}) \mid x_{it}, j] \quad (3.11)$$

其中

$$\bar{V}_{it}(x_{it}) = \mathbb{E}_\zeta \left[\max_{k \in \mathcal{C}} \{v_{it}(x_{it}, k) + \zeta_{ik,t}\} \right] \quad (3.12)$$

为期望价值函数 (Expected Value Function), 即在状态 x_{t+1} 下, 对所有可能随机扰动 ζ 取期望后的长期效用, 是代理人知道 x_t 但在抽取当期随机冲击 ζ_t 之前的期望效用。

在每一期, 当随机冲击向量 $\{\zeta_{ij,t}\}_{j \in \mathcal{C}}$ 实现后, 理性代理人会选择使其总效用最大

化的地区 j_t^* :

$$j_{it}^* = \arg \max_{j \in \mathcal{C}} v_{it}(x_{it}, j) + \zeta_{ij,t} \quad (3.13)$$

代理人在选择集 \mathcal{C} 中选择行动 j 的概率为条件选择概率 (Conditional Choice Probability, CCP) 函数, 可以表示为:

$$\begin{aligned} P(j_t | x_t, \theta) &= \text{Prob}(\tilde{u}_j > \tilde{u}_k, \forall k \neq j) \\ &= \text{Pr}(u_j + \zeta_j > u_k + \zeta_k, \forall k \neq j) \\ &= \text{Pr}(\zeta_k - \zeta_j < u_j - u_k, \forall k \neq j) \end{aligned} \quad (3.14)$$

根据 Rust (1987) 以及 Hotz et al. (1993) 的开创性工作, 在当误差项服从 Gumbel 分布时, 价值函数 (Value Function) 和条件选择概率 (Conditional Choice Probabilities, CCP) 之间存在一种可逆的映射关系。特别是, 期望价值函数 \bar{V}_{it} 可以通过 CCP 表示, 从而避免了在估计过程中进行复杂的贝尔曼迭代。具体来说, 我们可以将选择特定价值函数 $v_t(x_t, j)$ 表示为:

$$v_{it}(x_{it}, j) = u_{it}(j, x_{it}; \theta) + \beta \cdot \mathbb{E}_{x_{i,t+1} | x_{it}} \left[\ln \left(\sum_{k \in \mathcal{C}} \exp(v_{i,t+1}(x_{i,t+1}, k)) \right) + \gamma \right] \quad (3.15)$$

Hotz-Miller 的核心洞见在于, 可以通过非参数方法估计各状态下的 CCP, 并利用 CCP 来代理上式中复杂的期望项, 从而将问题转化为一个更易于处理的估计步骤。这一反演是两步法估计 (two-step estimation) 的理论基础。

由于 ζ_j 独立同分布且服从 I 型极值分布 (尺度为 1), 则有封闭形式的 log-sum-exp 函数:

$$\bar{V}_t(x_t) = \gamma + \ln \left(\sum_{j \in \mathcal{C}} \exp(v_t(x_t, j)) \right), \quad (3.16)$$

其中 γ 为欧拉-马歇罗尼常数。因此 CCP 可以写为 softmax 函数形式:

$$P(j_t = j | x_{it}; \theta) = \frac{\exp(v_{it}(x_{it}, j))}{\sum_{k \in \mathcal{C}} \exp(v_{it}(x_{it}, k))} \quad (3.17)$$

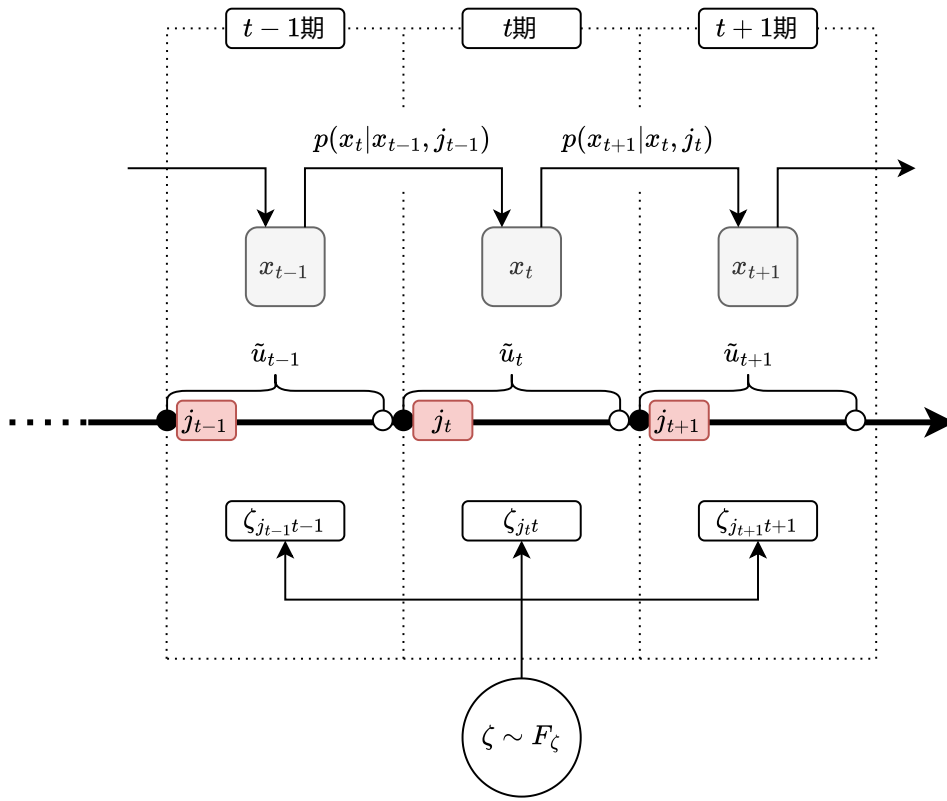
Hotz-Miller 反演给出差分值的识别公式 (以基准 j_0):

$$v_t(x_t, j) - v_t(x_t, j_0) = \ln P(j | x_t) - \ln P(j_0 | x_t) \quad (3.18)$$

这个 CCP 公式是模型估计的核心。它将个体的选择概率与底层的效用参数 θ 和价值函数联系起来，而无需直接求解复杂的贝尔曼方程，这极大地优化了动态规划问题中期望值的计算。并且由于 softmax 函数输出的概率分布是平滑的，有利于策略迭代的稳定性。

图3-2 展示了一个动态规划决策过程。在离散周期 t 结束时或者下个周期 $t+1$ 即将开始时，决策者根据在抽取到的随机收益冲击 ζ 和状态转移概率 $p(x_{t+1}|x_t, j_t)$ 双重不确定性的影响下通过 Bellman 方程做出决策，进入下一个周期 $t+1$ 后获得该期的效用 \tilde{u}_{t+1} 。

图 3-2 动态离散选择模型下的劳动力迁移决策流程图



为保持可读性，文中所有符号均按表 3-3 给出含义。

3.7 劳动力迁移决策

综合以上设定，个体是否从地区 j 迁移到地区 k 的决策，本质上是一个对各项利弊的权衡。个体选择迁移到 k 的条件是 $v_t(x_t, k) + \zeta_{k,t} > v_t(x_t, j) + \zeta_{j,t}$ 。忽略未来期望价

表 3-3 符号说明

符号	含义
i, t, j	个体、时间、地点索引
a_{it}	年龄
$l_{i,t-1}$	时期 t 决策前的上一期地点
h_i	户籍地
H_{it}	已到访地点集合（历史）
w_{itj}	工资（货币性收入）
$\mu_j(K_t)$	地点基准工资（随宏观态 K_t 变化）
ν_{ij}	个体—地点匹配效应
η_i	个体固定效应
$\kappa_{it}(j, \cdot)$	迁移成本
$\text{HukouPenalty}(\cdot)$	户籍惩罚
$\zeta_{ij,t}$	个体-地点-时间特定的随机效用冲击（Type I EV）
θ	结构参数向量

值的差异，仅看当期效用，这一决策可以直观地理解为：

$$\begin{aligned}
 & \underbrace{(\alpha_w(w_k - w_j) + (\text{Amenity}_k - \text{Amenity}_j) + \dots)}_{\text{地区 } k \text{ 相对于 } j \text{ 的吸引力增益}} \\
 & > \underbrace{\kappa_{j \rightarrow k}}_{\text{迁移成本}} + \underbrace{(\text{HukouPenalty}_k - \text{HukouPenalty}_j)}_{\text{户籍惩罚变化}} + \underbrace{(\text{HomePremium}_k - \text{HomePremium}_j)}_{\text{家乡溢价变化}} \\
 & + \underbrace{(\zeta_{j,t} - \zeta_{k,t})}_{\text{随机偏好冲击}}
 \end{aligned} \tag{3.19}$$

目标地区带来的经济与非经济收益的提升，必须足以克服迁移的直接成本、可能的制度性惩罚增加、以及放弃家乡溢价的损失。

至此，模型完整地刻画了一个理性个体，在有限生命周期和多重约束下，如何动态地在迁移网络 \mathcal{C} 中选择其最优居住地序列 j^* 。该框架允许个体进行多次、可逆的迁移，从而能够灵活地解释现实世界中复杂的劳动力流动模式。这种对劳动力迁移的自由性的刻画，与现实世界中的行为是融洽的。

表 3-4 模型核心结构参数及其经济含义

参数	描述	预期符号	识别来源
α_w	收入的边际效用	> 0	从个体对高工资地区的偏好程度中识别。工资差异对迁移选择的影响越大, 该参数值越大。
α_s	各类舒适度的边际效用	> 0 或 < 0	从个体对具有特定舒适度(如好气候、低污染)地区的系统性偏好中识别。
α_{home}	家乡溢价	> 0	通过观察个体即使在面临更优越的外部经济机会时, 依然选择留在或返回家乡的行为来识别。
$\theta_{...}$	户籍惩罚系数	> 0	识别于个体在选择进入具有严格户籍管制(通常与高公共服务、高房价相关)的城市时, 所要求的“补偿性工资差异”。
$\gamma_{...}$	迁移成本系数	(见表3-2)	主要通过观察迁移概率如何随距离、年龄、邻近关系、历史居住经历和网络规模等因素变化来识别。
σ_ν, σ_ξ	匹配值分布的方差	> 0	从那些无法被个体或地区的可观测特征所解释的、具有持续性的异质性迁移模式中识别。高方差意味着个体间的匹配效应差异大。
β	折现因子	$\in (0, 1)$	通常根据文献进行校准(如 0.95), 或通过观察个体为了未来收益而牺牲当前利益的程度来识别(在数据允许时)。

4 实证处理

4.1 基于两步法的估计框架

采取动态规划方法的一个缺陷在于计算上很容易陷入维度的诅咒（curse of dimensionality）。出于实证处理的简便处理，本文将对于模型中一些难以计算的点进行简便假设。基于 Hotz et al. (1993) 的成果，本文使用两步法（Two-step method）。再推导出 CCP 估计量之后，在 EM 算法框架下使用非参数混合方法克服 Gumbel 分布导致 IIA 假设所带来的局限性。

4.2 处理未观测到的异质性

具体而言，本文使用离散化支撑点（support points）作为个体异质性的质点（mass points）。对于任何不知道其分布的 F ，我们可以找到最佳近似分布 \hat{F} 来近似。对于连续分布的变量 F ，离散的 \hat{F} 是一组有限的支撑点组成，每个支撑点都有对应的概率值，即 $\{(x_i, p_i)\}, 1 \leq i \leq N$ 的组合，其中 x_i 是离散点， p_i 是其概率， N 为给定的支持点数。对于每个 $q_r, (1 \leq r \leq n)$ ，计算对应的效用值，用这些有限的效用值来代替连续效用的积分。通过该处理后，模型变为有限状态的动态规划问题，可以直接构建似然函数并进行最大似然估计。相较于蒙特卡洛模拟，该方法可以避免随机噪声，适合精确的极大似然估计。

由于假设分布围绕 0 对称，因此仅需要 $\frac{M-1}{2}$ 个支持点即可进行估计。

令 $p_i = \frac{1}{N}, \forall i$ 。

对于 ν 在每个地点中个体都有从地区匹配效应的分布中抽取一个值，假设这个分布是一个有限集合上的均匀分布， $Y = \{\nu(1), \nu(2) \dots \nu(n_\nu)\}$ 其结果是 $\omega_\nu^i, \omega_\nu^i(j)$ 代表在地点 j 的匹配效应， $1 \leq j \leq N_i, N_i$ 是 i 到达过的地方的数量总共有 $\{\omega_\nu^i(1), \omega_\nu^i(2) \dots \omega_\nu^i(j) \dots \omega_\nu^i(N_i)\}$

ξ 地区匹配偏好也是如此来自于 $\Xi = \{\xi(1), \xi(2) \dots \xi(n_\xi)\}$ 其结果是 ω_ξ^i

η 表示每个个体工资的固定成分（例如长期能力或个体特质）。假设其分布是一个对称的离散分布，具有 7 个支持点。每个支持点有相等的权重。因为是离散分布，只需要估计 3 个参数：分布的中间点（中心趋势）和离散范围。固定效应代表长期的工资差异来源，例如教育水平、经验等。选择离散分布是为了简化复杂的连续分布，同时通过支持点捕捉关键的分布特性（如中心趋势和差异性）。 η 的离散分布提供了一种对长期工资特质的简化建模方式，减少计算复杂度，同时保留重要信息。固定效应也是如此来

自于 $H = \{\eta(1), \eta(2) \dots \eta(n_\eta)\}$ 其结果是 ω_η^i /.

暂态效应 ε 在本质上是一种外生冲击，所以可以假设为服从期望为 0 的正态分布 $N(0, \sigma^2)$ ，保留了异方差特质以变容纳更多的异质性。数学上 ε 表示工资的短期波动成分，比如由于经济周期、随机冲击等导致的变化假设 ε_{it} （某人在某个时间的短期波动）来源于一个均值为零的正态分布，其方差 σ_ε 随人而异对于每个人， $\sigma_\varepsilon(i)$ 来自一个离散分布（4 个支持点，均匀分布），因此需要估计 4 个参数 ε 反映工资中不可预测的临时变化，例如经济不确定性或工作绩效波动允许 $\sigma_\varepsilon(i)$ 因人而异捕捉到工资短期波动的个体差异性（例如高风险行业可能有更大波动）在建模中， ε 允许方差随个体变化，体现了个体的异质性，这进一步增加模型的灵活性，使其能够更好地拟合数据。

暂态效应来自于一个期望为 0 的正态分布，但是假设其异方差使其可以容纳更多的异质性。即 $\varsigma = \{\sigma_\varepsilon(1), \sigma_\varepsilon(2) \dots \sigma_\varepsilon(n_\varepsilon)\}$ ，其结果是 ω_ε^i 。

表格4-1总结了以上未知分布变量的设定。

表 4-1 未观测到的变量表

变量	变量符号	分布假设	数量	抽取结果
地区匹配效应	ν	$Y = \{\nu(1), \nu(2) \dots \nu(n_\nu)\}$	n	$\omega_\nu^i(j)$
地区偏好	ξ	$\Xi = \{\xi(1), \xi(2) \dots \xi(n_\xi)\}$	1	ω_ξ^i
固定效应	η	$H = \{\eta(1), \eta(2) \dots \eta(n_\eta)\}$	1	ω_η^i
暂态效应的方差	ε	$\varsigma = \{\sigma_\varepsilon(1), \sigma_\varepsilon(2) \dots \sigma_\varepsilon(n_\varepsilon)\}$	1	ω_ε^i

参数向量的可能实现组成一个集合，用 $\Omega(N_i)$ 表示，未观测到的因素组成一个 $m_i + 3$ 维的参数向量 $\omega^i = (\omega_\xi^i, \omega_\eta^i, \omega_\varepsilon^i, \omega_\nu^i(1), \omega_\nu^i(2) \dots \omega_\nu^i(N_i)) \in \Omega$ 。

对于公式3.8迁移成本函数中的异质性成本 $\gamma_{0\tau}$ ，模型假设随个体类型 τ 变化，从而捕捉未观测的异质性。具体而言，本文将其分为分为 3 种类型。类型 1：高迁移倾向，低迁移成本，高不确定性容忍度。类型 2：中等迁移倾向，中等迁移成本，中等不确定性容忍度。类型 3：低迁移倾向，高迁移成本，低不确定性容忍度。“定居型”个体（stayer type）的 $\gamma_{0\tau}$ 极高，几乎禁止迁移；“流动型”个体的 $\gamma_{0\tau}$ 较低，更易迁移。个体 i 属于类型 k 的概率为 π_k ，并且满足 $\sum_k \pi_k = 1$ 。每种类型的比例 π_1, π_2, π_3 作为模型参数被估计。类型 k 的个体的效用函数为 u_{itj}^k ，模型可表示为：

$$V_{itj}^k = u_{itj}^k + \varepsilon_{itj}^k + \beta^k E_t[V_{t+1}^k | d_{itj} = 1]$$

其中 $k \in 1, 2, 3$ 表示类型。

4.3 年龄效应

出于简化, 本文参照以往的计量经济学经验, 将年龄效应 G 设置为年龄的有待估参数的一次项和二次项的和。即, 将3.3中的 G 设置为:

$$G = r_1 a + r_2 a^2$$

4.4 似然函数

由上文可知个体存在两种似然概率函数贡献, 即公式3.17和公式??。通过个体在其历史轨迹中给出的两种似然贡献, 我们得到了类型为 τ 的个体 i 的似然函数

即在所有可能的不可观测变量的组合下, 个体在所有时期中的观测收入 w_{it} 上选择地点的概率 ρ_{it} 的乘积:

$$L_i(\theta_\tau) = \frac{1}{n_\nu n_\epsilon n_\xi (n_\nu)^{N_i}} \sum_{\omega^i \in \Omega(N_i)} \left(\prod_{i=1}^{T_i} \psi_{it} \lambda_{it} \right) \quad (4.1)$$

由于模型允许存在异质性

让 $L_i(\theta_\tau)$ 代表 τ 类型个体的似然函数, 其中 θ 是该个体的待估参数向量

样本的似然函数是一个混合类型的联合对数似然函数, 把每个观测 i 的贡献相加

$$\Lambda(\theta) = \sum_{i=1}^N \log \left(\sum_{\tau=1}^K \pi_\tau L_i(\theta_\tau) \right) \quad (4.2)$$

其中混合比例由 π_τ 给出, 且 $\sum_{\tau=1}^K \pi_\tau = 1$ 每个个体 i 都做出了贡献这是在给定参数 θ_τ 的条件下, 个体 i 在类型 τ 下的似然。即, 个体 i 可能属于某种类型, 似然函数 $L_i(\theta_\tau)$ 捕捉了该个体数据与类型 τ 相关的匹配度。混合似然 $\sum_{\tau=1}^K \pi_\tau L_i(\theta_\tau)$ 这表示对所有类型的加权平均, 权重是 π_τ , 即每种类型的概率。通过这种加权求和, 模型允许每个个体属于不同的类型, 并通过类型的权重 (概率) 来加权它们的贡献。

每个个体可能属于不同的类型, 这些类型有不同的收入和行为模式。每个数据点 i 来自某个成分, 但成分的归属是未知的, 因此需要将每个数据点的似然表示为各成分似然的加权和, 然后取对数并求和得到整个样本的对数似然。因此通过混合模型, 能够捕捉到个体之间的异质性。

如此，通过最大似然计算，就可以得到各种参数的似然估计。

4.5 计算机方法的实施

4.6 数据与变量

地区数据的界限由于劳动力的迁移在不同省之间呈现趋势但在迁入大省中仍然存在人口净流出市这说明劳动力移动的法律边界和现实边界存在重合但是最好应该以市为标准当然这一准则不包括某些政策带来的效应上面说了为什么界限要往下卡在市，下面说一下为什么界限不继续往下到区或者村。首先是政策往往以市为最小执行单位；其次是在市内迁移中个人会为了出于固定资产投资等非模型考量的原因，这些原因并不是因为在迁居的地区能提供更好的个人预期工资市级包含了县、乡、村等行政级别每个市都包含了城市与农村（虽然城市化率略有不同）避免了城乡之间的划分对立

人口数据的界限许召元 2007

在我国存在广泛的农民工进城现象大多数农民工只是暂时居住在

本研究使用 CFPS2010 年至 2022 年年两期数据构成面板进行影响评估。CFPS 采用的是内隐分层、多阶段、多层次、与人口规模成比例的概率抽样方式，样本覆盖除中国港澳台、新疆、西藏、青海、内蒙古、宁夏和海南之外的其他省/市/自治区。这些地区的人口占全国的 95% 左右，因此，CFPS 的数据是一个具有全国代表性的高质量数据库。

关键结果变量为个人的年总收入 (PIncome)。本研究选取的关于个人总收入的变量为“qk601” (2010 年) 和“pincome” (2014 年)。在面板数据中，两个变量统一命名为“PIncome”。该变量来自 CFPS 问卷的“K 部分: 个人收入”，具体题目为“您 (去年) 个人的年总收入是元?”。CFPS 在公布历期数据之前，对收入部分结果进行了修正，以满足各年之间的可比性。控制变量。参考以往研究 (卜茂亮等, 2011; 黄国英、谢宇, 2017; 谭燕芝等, 2017; 周广肃、孙浦阳, 2017) 并结合 CFPS 数据的可获得性和完整性，本文选取的控制变量包括地域 (所在省份)、常住地 (城镇或农村)、性别、民族、年龄、受教育年限、婚姻状态、自评健康状况、认知能力、非认知能力、对自己未来的自信心和职业等。其中 CFPS 的非认知能力来自访员在理解能力、配合程度、接人待物水平、回答的可信程度和语言表达能力 5 个方面对受访者的评价平均得分; 认知能力包括语文和数学方面的测试得分 (黄国英、谢宇, 2017)

本文选取 2010 年至 2022 年都存在记录的个体，

个体决策者的微观数据来源于自 CFPS 从 2010 年到 2022 年间的数据库，其记录了个人的迁移轨迹（将访问当年的地址视作居住地址）、年龄、收入等。

本文使用的地理数据包含我国 31 个省份（由于现行制度的不同和数据收集的难度，本文的数据排除了香港特别行政区、澳门特别行政区以及台湾省地区），其中常住人口数量、人均可支配收入、自然灾害数据、城市人口数据、医疗数据、教育数据等数据来自于国家统计局公布的数据统计年鉴。

对于宜居度，本文将以下数据设为宜居度指标：

气候数据：由于气候和空气质量在短期内发生变化的可能性较小，气候的对比不是局部发生变化的，以及气候数据在劳动力迁移决策中是用于进行横向对比而非纵向对比的，所以本文选用常量对每个省份的空气质量、日照时间、平均气温进行跨时间同一数值赋值。

气象：

本文的气象数据来自 visualcrossing，通过获取每个城市每日的天气数据，将其从原先的日级别（day level）和城市级别（city level）的数据汇总成年级别（year level）与省级别（province level）的格式。具体操作请见于本文 github 代码库的代码。

最高温度平均数最低温度平均数紫外线强度体感舒适天数空气质量优良率

宜居度包括：自然禀赋：生活水资源

房价收入比：本文参考李辉 等 (2019)选取房价收入比作为房价的宜居度表现形式。房价数据来自于 xxx.com 网站

商业资源：本文还使用各省每万人连锁餐饮门店数与每万人社会零售消费品总额（亿元）代表商业资源

本文的公共服务包含以下：

1. 地方教育：地方教育经费、地方医疗经费来自各省地方财政局网站公布的数据。由于教育的变量存在高度相关性所以使用主成分分析法将教育变量整合为一个指标

2. 地方医疗：同样的对于医疗资源使用熵值法合成一个指标

3. 市政设施：城市用水普及率城市燃气普及率每万人拥有公共汽车数量人均公园绿地面积 (平方米/人) 每万人拥有公共厕所 (座) 使用 PCA 主成分生成一个指标

对于省份的地理指标，本文将对其进行如下处理：

距离数据各省市以其省会为，经纬度源自 geopy 的 Nominatim，计算方法则基于其 geodesic 方法。该方法基于 WGS84 椭球模型，考虑地球的扁率使得精度更高，使用 Vincenty 算法迭代计算两点间的最短测地线距离。⁵

⁵ 具体而言，已知地球的长半轴为 $a = 6378137.0$ 米（WGS-84 椭球的赤道半径），扁率为 $f = 1/298.257223563$ ，则短半轴为 $b = a(1 - f)$ 。给定两点以弧度表示的经纬度坐标 $P_1(\phi_1, \lambda_1)$ 和 $P_2(\phi_2, \lambda_2)$ ，计算经度差 $\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1$ ，

在研究省份之间的迁移成本或区域经济联系时，地理邻接性是一个重要的影响因素。邻接省份通常具有更紧密的经济、文化和交通联系，这些因素会显著影响人口流动、资源配置以及区域协同发展。邻接省份可能在区域性政策上更具一致性，这降低了迁移者的制度适应成本；邻接省份之间可能存在更紧密的经济联系，例如产业链上下游关系，为迁移者提供更多就业机会。因此，为了量化省份之间的邻接关系，本文根据我国省级行政区划的地图信息，构建了一个邻接矩阵 A 。设 A 是一个 $N \times N$ 的方阵（其中 N 为省份数量），每行和每列分别对应一个省份。对于矩阵中的任意元素 $a_{m,n}$ 而言，其对应的数值代表 m 省与 n 省之间的邻接关系，若邻接则取 1，否则为 0。在构建邻接矩阵时，本文假设省份之间的邻接关系仅由地理边界决定，而不考虑其他因素（如交通网络密度或行政合作程度）。此外，受数据限制，本文暂不考虑海峡等自然障碍对邻接关系的影响。同样的，本文排除了港澳台三个地区。

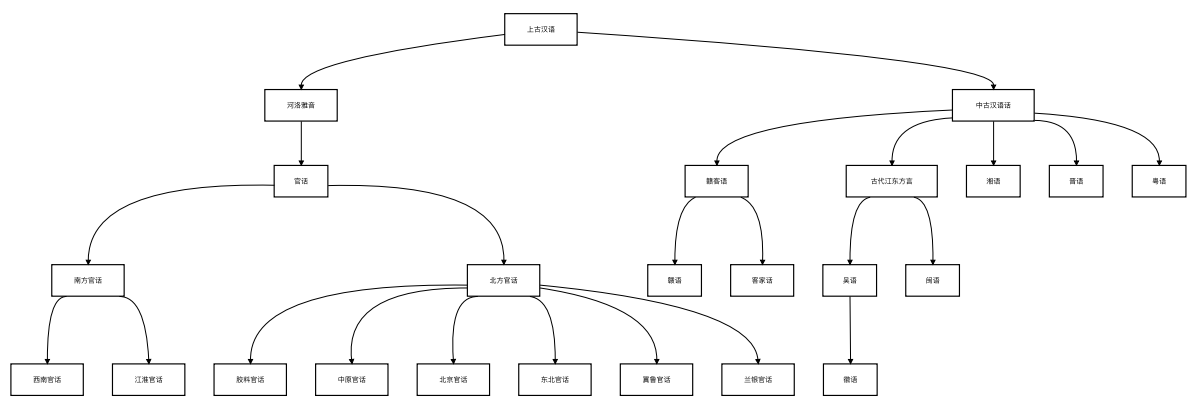
中华人民共和国教育部发布的《中国语言文字概况（2021）》指出，我国有 56 个民族，是一个多民族、多语言、多方言、多文字的国家。普通话和规范汉字是国家通用语言文字，是中华民族通用的语言文字。现代汉语有标准语和方言之分。汉语方言通常分为十大方言：官话方言、晋方言、吴方言、闽方言、客家方言、粤方言、湘方言、赣方言、徽方言、平话土话。各方言区内又分布着若干次方言和许多种“土语”。其中使用人数最多的官话方言可分为东北官话、北京官话、冀鲁官话、胶辽官话、中原官话、兰银官话、江淮官话、西南官话八种次方言。以往文献中速来有讨论方言对于劳动力流动的影响，例如黄宗晔等 (2020), 李秦等 (2014) 等，但是这些文献中往往将方言的影响局限于语言是否相同。本文基于比较语言学中对于我国方言的大量研究，提出采用基于树形结构的最近公共祖先（LCA）距离来划分各省市之间的方言亲近度。⁶ 公式 4.3 展示了对各省代表性语言计算亲近度的方式。

$$\text{方言相似度} = \frac{1}{1 + \text{LCA depth}} \quad (4.3)$$

本文使用的语言谱系树如图 4-1 所示。由于各省之间存在大量的方言，并且现实中缺乏各方言在各省市中的人口分布数据，本文根据《中国语言地图集》选取各省的代表性语再利使用 Vincenty 公式求解两点之间的中心角 σ 。测地线距离 d 的最终公式为 $d = b \cdot A \cdot \sigma$ ，其中 A 是与椭圆率相关的修正系数。

⁶ 对于一个有根树形结构 $T = (V, E)$ ，其中 V 表示树的顶点集合； $E \subseteq V \times V$ 表示边的集合；任意其中两个节点 u 和 v ，它们的最近公共祖先 $LCA(u, v)$ 定义为 $LCA(u, v) = \arg \max_{w \in V} \text{depth}(w)$ ，其中 w 是同时满足是 u 和 v 的祖先； w 在树中的深度最大。换句话说， $LCA(u, v)$ 是从根节点到 u 和 v 的路径上的最后一个公共节点。

图 4-1 语言谱系树



言作为其方言指标。值得注意的是部分省份由于内部存在大量完全分割的语言，例如江苏就包括吴语与江淮官话，本文选取流入人口较多的苏州、无锡一带的吴语作为其代表性语言；又例如山东省内部存在胶辽官话、冀鲁官话、中原官话，本文以济南市的冀鲁官话作为其代表性语言。本文的具体设置如表格4-2所示。同时本文还将各省市的普通话普及率纳入模型，数据来源则参考了俞玮奇 (2018)，从 CGSS 中获取。

表 4-2 方言分布表

代表性方言	数量	省份	代表性方言	数量	省份
西南官话	6	湖北省、广西壮族自治区、重庆市、四川省、贵州省、云南省	晋语	2	山西省、内蒙古自治区
东北官话	3	辽宁省、吉林省、黑龙江省	北京官话	1	北京市
吴语	3	浙江省、上海市、江苏省	赣语	1	江西省
中原官话	3	河南省、陕西省、青海省	胶辽官话	1	山东省
冀鲁官话	2	天津市、河北省、山东省	湘语	1	湖南省
闽语	2	福建省、海南省	粤语	1	广东省
兰银官话	2	甘肃省、宁夏回族自治区	其他	2	西藏自治区、新疆维吾尔自治区

本文对于复合指标的获取如表格所示

4.7 方法上

基于以上的推导，在代码中需要先求出个体的似然，而个体的总似然是迁移选择概率和工资观测概率的乘积，那么集体的似然函数同时对未观测的随机效应（固定效应、地区匹配效应等）进行积分（离散求和）：

$$L_i = \sum_{\text{所有随机效应组合}} [\prod_t \rho(x_t, j_t) \cdot P(w_t | \text{随机效应})] \quad (4.4)$$

本文采用混合似然估计法（Mixed Likelihood Estimation）进行动态离散选择模型参数求取。由于模型涉及高维状态空间与跨期动态关联性，计算过程具有三重复杂性：其一，个体选择行为需通过贝尔曼方程递归求解；其二，状态转移矩阵需处理多重内生性关联；其三，价值函数收敛需满足跨期一致性条件。

传统计量工具（如 Stata）受限于矩阵运算效率与迭代算法架构，在应对此类包含 200+ 状态变量、需进行 10^6 量级矩阵运算的复杂场景时，存在计算耗时指数级增长与内存溢出的双重瓶颈。为此，本文构建基于 Python 的数值计算框架，与传统的 Stata 相比，Python 在实现复杂的动态离散选择模型方面具有显著优势：首先，Python 的开源生态系统提供了丰富的科学计算库，如 NumPy、Pandas 和 PyTorch，这些库为处理大规模面板数据和实现复杂的优化算法提供了强大支持。特别是 PyTorch 的自动微分功能，使得计算复杂模型的梯度变得简单高效，这在传统 Stata 环境中难以实现。其次，Python 的面向对象编程范式使得模型的各个组件可以被清晰地封装，提高了代码的可读性和可维护性。在本项目中，我们将模型的不同部分（如个体似然函数 IndividualLikelihood、参数估计器 ModelEstimator 等）封装为独立的类，使得整体架构更加清晰。此外，joblib 库提供的并行计算能力显著提高了计算效率，特别是在处理大量个体似然函数计算时；本文设计逆向归纳算法（Backward Induction），通过倒序年龄迭代（从 T 期至 t_0 期）动态求解各状态节点的期望价值函数（EV 矩阵），确保跨期决策路径的全局最优；并运用 SciPy 优化器进行参数空间搜索，通过蒙特卡洛模拟生成选择概率曲面，最终实现模型参数在 95% 置信区间内的有效估计。

对于求取参数的方法，传统上使用 Newton 线搜索方法上求解似然函数最大值，虽然收敛速度快，但计算海塞矩阵需要消耗大量资源。虽然可以通过对似然函数进行 LU 分解，在计算海塞矩阵的逆时提供可靠帮助，降低数值不稳定性，但计算海森矩阵的代价仍然较高，尤其是在参数较多时。本文做出改进，采取以自动微分（PyTorch）为核心，使用现代优化算法 Quasi-Newton 方法中的 L-BFGS 方法避免收敛困难和数值不稳

表 4-3 实证与程序中的变量定义

变量符号	代码符号	含义	数据来源
α_0	alpha0	经济性收入截距	
α_1	alpha1	对于房价收入比作为宜居度的 边际效用	
α_H	alphaH	恋家溢价	
α_P	alphaP	户籍制度惩罚	
r_1	r1	年龄效应一次性系数	
r_2	r2	年龄效应二次性系数	
	houseprice		

定，并利用离散化与并行处理提升效率。BFGS 是一种拟牛顿法，通过迭代逼近目标函数的海森矩阵的逆矩阵，从而避免直接计算二阶导数。它只需要利用梯度信息来更新海森矩阵的近似，使得每次迭代都能更准确地找到下降方向。在高维参数空间中，避免了直接计算海森矩阵的高计算成本。在具体的梯度计算中，自动微分通过计算图追踪运算过程，利用链式法则自动计算导数，避免数值微分的截断误差。当模型复杂、参数众多，且需要频繁计算梯度时（如神经网络训练），自动微分显著优于手动编码梯度。对于需要高阶导数或大规模并行计算的情况尤为适合。具体而言，本文使用类方法封装待估参数类继承 `torch.nn.Module`，所有参数为 `torch.nn.Parameter`，支持自动梯度计算。

本文对于固定效应和地区匹配效应 `upsilon` 等支撑点离散化方法的处理与原作者的做法保持一致，通过网格遍历求和。对于已经用支撑点离散近似后的参数，在进行网格搜索时，`joblib.Parallel` 支持将数据存储在磁盘上的内存映射文件中，这样多个进程可以共享同一份数据，而无需每个进程都复制一份，从而显著降低内存消耗并提升 I/O 效率。

本文的优化方法基于深度学习，模型估计结果对初始值存在一定敏感性，初始值的选择可能会影响收敛速度和结果。例如，如果真实值接近-0.1，好的初始值能加快收敛。虽然 L-BFGS 优化器在一定程度上缓解了这一问题，但仍需根据经济学理论进行初始值赋予能促进优化方法的应用，例如距离增加可能降低迁移概率，因此 `gamma_distance` 的预期应该为负，将其初始值设为负符合理论预期，有助于引导优化方向。

本文中一些变量如表格4-3所示。

5 估计结果

本文尝试回答一下几个问题：

- 影响劳动力流动的因素是什么？到底哪些因素是负面因素（迁移摩擦）？
- 不同人群是否面对不同的劳动力迁移摩擦阻力？
- 本地的福利待遇对于迁移是否显著？这意味着是否可以通过政府补贴购买人才
-

夏怡然等 (2015) 利用 2005 年 1% 人口抽样调查中劳动力流动的微观数据与 220 个地级市的城市特征数据研究发现公共服务对劳动力流入产生吸引力，同时房价对劳动力流入也有正向作用，他们认为这是因为房价“资本化”了部分未观察到的公共服务或城市特征，此文关注点不在房价，而且使用的普查数据没有覆盖近十年来中国房价暴涨的阶段。

5.1 基准回归与子样本分析

标准回归下得到的估计系数如下表格5-1所示。

表 5-1 基准回归系数

--

McFadden's Pseudo R^2 ：用于快速评估模型解释力和向非技术受众展示结果。

农村劳动力回流存在吗？农村户口更容易回流吗？

5.2 拟合优度

预测准确性 (Prediction Accuracy) 要求模型能够准确地预测每个个体的选择行为或结果。更关注局部性能（即单个样本的预测）。可能对噪声敏感，尤其是在样本量较小或数据质量较差的情况下。

模拟校准 (Simulated Calibration) 要求模型能够捕捉系统的整体动态特性，即使它无法完美预测单个样本的行为。更关注全局性能（即整体数据的统计特性）。对噪声相对不敏感，因为模拟校准关注的是长期趋势和分布特性。

预测准确率 (Prediction Accuracy)

根据模型的预测结果与实际观测值进行比较，计算预测准确率或其他分类指标。

适用性：通过比较模型预测的选择概率与实际选择结果，计算正确预测的比例。直接评估模型的预测性能，尤其适用于分类问题。

常用指标：

- 准确率 (Accuracy): 预测正确的比例。
- 精确率 (Precision)、召回率 (Recall) 和 F1 分数。
- ROC 曲线下的面积 (AUC)。

优点：直观，特别适合评估模型在实际劳动力状态（如是否回流）预测中的表现。

缺点：可能过于简化，无法捕捉概率分布的细微差异，且对类别不平衡的数据敏感。

建议：在劳动力回流问题中，预测准确率可以作为辅助指标，特别是在政策分析中需要评估模型对回流决策的预测能力时。结合混淆矩阵 (Confusion Matrix) 可以进一步分析模型在不同状态（如回流 vs. 非回流）上的表现。

模拟校准 (Simulated Calibration)

定义：使用估计的模型参数生成模拟数据，并将模拟数据的统计特性（如均值、方差等）与实际数据进行比较。

用途：验证模型是否能够重现数据的关键特征。

局限性：需要额外的模拟步骤，计算成本较高。

敏感性分析**5.3 异质性人群的回归**

其中关于经济性收入的参数，其估计结果如下表格5-2所示。

表 5-2 经济性参数的回归系数

--

5.4 从回归结果看待迁移摩擦

表 5-3 迁移摩擦

--

5.5 迁移成本的具体构成

6 结论与展望

当然以城乡二元对立为代表的思想在我国依旧有非常重要的应用因为我国依旧有大量依附于城乡关系的社会体系、福利体系等种种重要的制度甚至在研究二元对立话题中依旧可以引入例如 Rosen Roback 这样的经典模型例如 郭冬梅 等 (2023)指出城乡融合的收入和福利效应研究——基于要素配置的视角但对于在破除劳动力迁移摩擦、开放劳动力要素自由流动的当下抛开这种二元对立的思想是越来越重要的这也自然而然地引出了空间均衡与最有选址两种思路

由于普遍偏好事少离家近的特征,政策可以针对性地对周边省份进行补贴相反对于十分遥远地区的人力资源即使补贴了显性的迁移成本也存在较长的文化、心里距离所以在边际上可能并不值得投入

本文可以改进的地方:

添加约束

添加宏观变量

使模型作为微观基础从而宏观化 近年来,一些研究将上述两种基础模型结合起来,在空间均衡模型中加入了微观层面的动态迁移决策特征。这些动态一般均衡迁移模型明确考虑了空间工资差异的来源及其对净迁移和总迁移的影响,并允许存在不同类型的空间障碍,如劳动力重新配置摩擦和信息摩擦。这类模型特别关注迁移如何作为调节各地劳动力市场长期均衡的机制。例如, Coen-Pirani (2010) 开发了一个动态一般均衡模型,强调了个体迁移决策中的不可观测异质性。该模型刻画了总迁移流动和净迁移流动的共同模式,其中前者由个体匹配的偶然冲击驱动,后者由持续的生产率冲击驱动。工人会迁移到正受到生产率冲击的地区,并在迁移后发现其偶然匹配的质量。新迁移的工人比长期居住者更可能继续迁移,因为后者选择留在某地是由于他们已经获得了相对较好的匹配。该校准模型可以解释为何人口流入较多的地区往往也伴随着较多的流出,这一现象在仅研究净流入的模型中无法得到解释。结合偶然匹配效应的空间均衡模型还能够解释新迁入工人与迁出工人在年龄、教育和行业等方面的相似性,这些特征无法仅通过个体位置选择模型或仅基于可观测工人异质性或地点特定冲击的模型来解释。

从而引入其他变量

以家庭为基本单位

A McFadden 条件概率

个体选择选项 j 的条件是其总效用最大, 即 $u_j + \zeta_j > u_k + \zeta_k, \forall k \neq j$ 。这可以转化为 $\zeta_j - \zeta_k > u_k - u_j, \forall k \neq j$ 。假设误差项 ζ_j 独立且服从相同的极值分布, 则对于每个 $k \neq j$, 有 $\Pr(\zeta_j > \zeta_k + (u_k - u_j)) = \frac{1}{1 + \exp(u_k - u_j)}$ 。在 RUM 模型中, 当误差项独立时, 选择 j 的概率为所有选项 k 的独立事件同时发生的概率, 即 $P_j = \prod_{k \neq j} \Pr(\zeta_j > \zeta_k + (u_k - u_j))$ 。代入单个事件的概率表达式, 选择 j 的概率是所有 $k \neq j$ 的条件概率的乘积 $P_j = \prod_{k \neq j} \frac{1}{1 + \exp(u_k - u_j)}$ 。对 P_j 取对数 $\ln P_j = - \sum_{k \neq j} \ln(1 + \exp(u_k - u_j))$ 。通过指数函数的性质, 将上述表达式转换为 $P_j = \frac{\exp(u_j)}{\sum_{k \in C} \exp(u_k)}$ 。

B 效用等价于收入的特殊情况

假设效用函数的线性形式为 $U(x) = aX$ ，其中 a 为边际效用参数。居民可在固定利率 r 下无限制借贷，预算约束满足消费现值等于收入现值。居民可以留在原地（永久收入为 Y_h ）或迁移（永久收入为 Y_p ，后者需支付一次性迁移成本 M ）。假设迁移成本 M 为即期支出，且永久收入为永续年金。

若居民留在原地，其永久收入的现值为 $W_h = \sum_{t=0}^{\infty} \frac{Y_h}{(1+r)^t} = \frac{Y_h}{r}$ ，总效用为 $U_h = aW_h = \frac{aY_h}{r}$ 。若居民选择迁移，需支付即期成本 M ，迁移后的永久收入现值为 $W_p = \sum_{t=0}^{\infty} \frac{Y_p}{(1+r)^t} = \frac{Y_p}{r}$ ，由于迁移成本 M 为即期支出，净现值为 $\mathcal{W} = W_p - M = \frac{Y_p}{r} - M$ ，总效用为 $U_p = a(\frac{Y_p}{r} - M)$ 。迁移的条件为 $U_p > U_h \Rightarrow a(\frac{Y_p}{r} - M) > a\frac{Y_h}{r} \Rightarrow Y_p - Y_h > rM$ 。期望效用最大化等价于选择净现值更高的选项，即 $\max a(\frac{Y_p}{r} - M), a\frac{Y_h}{r}$ 。

C Rust 极值分布

公式中的随机效用项假设服从于一类极值分布 We assume that ζ_j is drawn from the Type I extreme value distribution. In this case, using arguments due to McFadden (1973) and Rust (1987), we have

$$\exp(\bar{v}(x)) = \sum_{k=1}^J \exp(v(x, k))$$

这表示如果变量服从一类极值分布，那么 $\exp(\bar{v}(x))$ 可以表示为所有 $v(x, k)$ 的指数和它意味着，在状态 x 下，选择某一选项 j 的概率与效用的指数值成比例。这个性质广泛用于预测个体选择的分布。

D 地点选择概率

$$\rho(x, j) = \frac{\exp(v(x, j))}{\sum_{k=1}^J \exp(v(x, k))}$$

Probability that a person in state x will choose location j can then be written as

$$\rho(x, j) = \exp[v(x, j) - \bar{v}(x)]$$

E log

令 $\mathcal{K}_{it} = (\mathcal{K}_{it}^0, \mathcal{K}_{it}^1)$ 表示当前位置和上一个位置

已知3.17, 个体 i 在 t 时期选择目的地的似然概率是 $\lambda_{it}(\omega^i, \theta_\tau)$ 同时在

$$\lambda_{it}(\omega^i, \theta_\tau) = \rho(x, j) = \rho_{h(i)}(\ell(i, t), \omega_\nu^i(\mathcal{K}_{it}^0), \omega_\nu^i(\mathcal{K}_{it}^1), \omega_\xi^i(\mathcal{K}_{it}^0), \omega_\xi^i(\mathcal{K}_{it}^1), a_{it}, \ell^0(i, t+1), \theta_\tau) \quad (\text{E.1})$$

公式表明个体的选择不仅受到过去历史（如上一个地点和上一个选择）和随机效应（如匹配效应和暂态效应）的影响，还考虑了个体的长期偏好和未来选择的影响。通过对这个似然函数进行建模，我们可以估计个体在特定情况下做出选择的概率，从而理解个体在复杂环境下如何做出决策。

由于暂态效应服从期望为 0 的正态分布，并且已知经济收益函数设定为公式3.4, 令 Ψ 表示标准正态分布的概率累积函数， ϕ 表示标准正态分布的概率密度函数，可知经济收益函数的密度函数为

$$\Psi_{itj}(\omega^i, \theta) = \phi\left(\frac{w_{it} - \mu_{\ell^0(i,t)} - G(X_i, a_{it}, \theta) - \nu(\omega_\nu^i(\mathcal{K}_{it}^0)) - \eta(\omega_\eta^i)}{\sigma_\epsilon(\omega_\epsilon^i)}\right) \quad (\text{E.2})$$

其中 $\mu_{\ell^0(i,t)}$: 是个体 i 在位置 ℓ 基础工资水平; $G(X_i, a_{it}, \theta)$: 代表个体 i 在时间 t 受到的外部影响（如经济环境、工作特征等）; $\nu(\omega_\nu^i(\mathcal{K}_{it}^0))$ 、 $\eta(\omega_\eta^i)$: 分别是地区匹配效应和固定效应，它们是收入的随机组成部分，影响个体的收入; $\sigma_\epsilon(\omega_\epsilon^i)$: 表示暂态效应的标准差，它反映了短期收入波动的程度。

这是在时期 t 给定个体 i 的选择和随机效应（如匹配效应、固定效应等），观察到收入 w_{it} 的概率概率，即被观测收入的似然概率。

F a

To specification, factors including but not limited to as follow:

- income improvement. Higher income by comparison induces migration.
- house price. Most researches agree the effect could be U-shaped.
- public service is a very large genre, we try to avoid such big word. It is a combination of all kinds of government-provided goods and natural resources. And the richer diversity and better quality local government can provide, more migration is induced.
- weather
- hazards
- cultural barrier is another big word genre, including but not limited to language barrier, habits, identity recognition and
- direct migration cost, a total amount of present money paid for the transfer from one place to another. 迁移成本模型: 迁移成本模型考虑了个体在选择居住地时需要支付的成本(如搬家费用、适应新环境的成本等)。在考虑这些成本的情况下, 个体可能会选择效用次优的居住地以避免高迁移成本。

参考文献

- [1] ADSERÀ A, PYTLIKOVÁ M. The Role of Language in Shaping International Migration[J]. The Economic Journal, 2015, 125(586): F49-F81.
- [2] AHLFELDT G M, REDDING S J, STURM D M, WOLF N. The Economics of Density: Evidence from the Berlin Wall[J]. Econometrica, 2015, 83(6): 2127-2189.
- [3] ALBERT C, MONRAS J. Immigration and Spatial Equilibrium: The Role of Expenditures in the Country of Origin[J]. American Economic Review, 2022, 112(11): 3763-3802.
- [4] ALONSO W. Location and Land Use: Toward a General Theory of Land Rent[M]. Harvard University Press, 1964.
- [5] AYDEMIR A B, KIRDAR M G, TORUN H. The Effect of Education on Internal Migration of Young Men and Women: Incidence, Timing, and Type of Migration[J]. Labour Economics, 2022, 74: 102098.
- [6] BAUER T, EPSTEIN G S, GANG I N. Enclaves, Language, and the Location Choice of Migrants[J]. Journal of Population Economics, 2005, 18(4): 649-662. JSTOR: 20007985.
- [7] BELLMAN R. Dynamic Programming[M]. Dover Publications, 1957.
- [8] BLACKWELL D. Discrete Dynamic Programming[J]. The Annals of Mathematic Statistics, 1962.
- [9] COEN-PIRANI D, LEÓN A, LUGAUER S. The Effect of Household Appliances on Female Labor Force Participation: Evidence from Microdata[J]. Labour Economics, 2010, 17(3): 503-513.
- [10] DAHL G B. Mobility and the Return to Education: Testing a Roy Model with Multiple Markets[J]. Econometrica, 2002, 70(6): 2367-2420.
- [11] DAVANZO J. Repeat Migration in the United States: Who Moves Back and Who Moves On?[J]. Review of Economics and Statistics, 1983, 65(4): 552-559. JSTOR: 1935923.
- [12] DESMET K, ROSSI-HANSBERG E. Urban Accounting and Welfare[J]. American Economic Review, 2013, 103(6): 2296-2327.

- [13] DIAMOND R. The Determinants and Welfare Implications of US Workers' Diverging Location Choices by Skill: 1980-2000[J]. American Economic Review, 2016, 106(3): 479-524.
- [14] DIERX A H. A Life-Cycle Model of Repeat Migration[J]. Regional Science and Urban Economics, 1988, 18(3): 383-397.
- [15] DUSTMANN C, GÖRLACH J S. The Economics of Temporary Migrations[J]. Journal of Economic Literature, 2016, 54(1): 98-136.
- [16] ECKSTEIN Z, WOLPIN K I. Dynamic Labour Force Participation of Married Women and Endogenous Work Experience[J]. Review of Economic Studies, 1989, 56(3): 375-390.
- [17] FUJITA M, KRUGMAN P, VENABLES A J. The Spatial Economy: Cities, Regions, and International Trade[M]. 1999.
- [18] GEMICI A. Family Migration and Labor Market Outcomes[C]//. 2007.
- [19] GLAESER E L, GOTTLIEB J D. The Wealth of Cities: Agglomeration Economies and Spatial Equilibrium in the United States[J]. Journal of Economic Literature, 2009, 47(4): 983-1028.
- [20] GLAESER E L, GYOURKO J, MORALES E, NATHANSON C G. Housing Dynamics: An Urban Approach[J]. Journal of Urban Economics, 2014, 81: 45-56.
- [21] GMELCH G. Return Migration[J]. Annual Review of Anthropology, 1980, 9: 135-159.
- [22] HARRIS J R, TODARO M P. Migration, Unemployment and Development: A Two-Sector Analysis[J]. The American Economic Review, 1970, 60(1): 126-142. JSTOR: 1807860.
- [23] HECKMAN J J, NAVARRO S. Dynamic Discrete Choice and Dynamic Treatment Effects[J]. Journal of Econometrics, 2007, 136(2): 341-396.
- [24] HOTZ V J, MILLER R A. Conditional Choice Probabilities and the Estimation of Dynamic Models[J]. Review of Economic Studies, 1993, 60(3): 497-529.
- [25] ISPHORDING I E, OTTEN S. Linguistic Barriers in the Destination Language Acquisition of Immigrants[J]. Journal of Economic Behavior & Organization, 2014, 105: 30-50.

- [26] JIA N, MOLLOY R, SMITH C, WOZNIAK A. The Economics of Internal Migration: Advances and Policy Questions[J]. *Journal of Economic Literature*, 2023, 61(1): 144-180.
- [27] KEANE M P, TODD P E, WOLPIN K I. The Structural Estimation of Behavioral Models: Discrete Choice Dynamic Programming Methods and Applications[G]// ASHENFELTER O, CARD D. *Handbook of Labor Economics*: vol. 4. Elsevier, 2011: 331-461.
- [28] KENNAN J, WALKER J R. The Effect of Expected Income on Individual Migration Decisions[J]. *Econometrica*, 2011, 79(1): 211-251.
- [29] KRUGMAN P. Increasing Returns and Economic Geography[J]. *Journal of Political Economy*, 1991.
- [30] LEE E S. A Theory of Migration[J]. *Demography*, 1966.
- [31] LEWIS W A. Economic Development with Unlimited Supplies of Labour[J]. *The Manchester School*, 1954, 22(2): 139-191.
- [32] MARSCHAK J. Binary-Choice Constraints and Random Utility Indicators[M]// *Economic Information, Decision, and Prediction*. Dordrecht: Springer Netherlands, 1960: 218-239.
- [33] MCFADDEN D. Conditional Logit Analysis of Qualitative Choice Behavior[G]// *Frontiers in Econometrics*. Academic Press, 1973.
- [34] MILLS E S. An Aggregative Model of Resource Allocation in a Metropolitan Area[J]. *American Economic Review*, 1967, 57(2): 197-210. JSTOR: 1821621.
- [35] MINCER J. Family Migration Decisions[J]. *Journal of Political Economy*, 1978, 86(5): 749-773.
- [36] MORETTI E. Local Labor Markets[G]//*Handbook of Labor Economics*. Elsevier, 2011: 1237-1313.
- [37] MUTH R F. *Cities and Housing; the Spatial Pattern of Urban Residential Land Use*[M]. Chicago : University of Chicago Press, 1969.
- [38] NGAI L R, PISSARIDES C A, WANG J. China's Mobility Barriers and Employment Allocations[J]. *Journal of the European Economic Association*, 2019, 17(5): 1617-1653.

- [39] REDDING S, ROSSI-HANSBERG E. Quantitative Spatial Economics[J]. Annual Review of Economics, 2017, 9(1): 21-58.
- [40] ROBACK J. Wages, Rents, and the Quality of Life[J]. Journal of Political Economy, 1982, 90(6): 1257-1278. JSTOR: 1830947.
- [41] ROBACK J. Wages, Rents, and Amenities: Differences Among Workers and Regions[J]. Economic Inquiry, 1988.
- [42] ROSEN S. Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition[J]. Journal of Political Economy, 1974, 82(1): 34-55. JSTOR: 1830899.
- [43] RUST J. Optimal Replacement of GMC Bus Engines: An Empirical Model of Harold Zurcher[J]. Econometrica, 1987, 55(5): 999-1033. JSTOR: 1911259.
- [44] SAMUELSON P A. Spatial Price Equilibrium and Linear Programming[J]. American Economic Review, 1952, 42(3): 283-303. JSTOR: 1810381.
- [45] SJAASTAD L A. The Costs and Returns of Human Migration[J]. Journal of Political Economy, 1962, 70(5, Part 2): 80-93.
- [46] SU C L, JUDD K L. Constrained Optimization Approaches to Estimation of Structural Models[J]. Econometrica, 2012.
- [47] THURSTONE L L. A Law of Comparative Judgment[J]. Psychological Review, 1927, 34(4): 273-286.
- [48] TIEBOUT C M. A Pure Theory of Local Expenditures[J]. Journal of Political Economy, 1956, 64(5): 416-424. JSTOR: 1826343.
- [49] TODARO M P. A Model of Labor Migration and Urban Unemployment in Less Developed Countries[J]. The American Economic Review, 1969, 59(1): 138-148. JSTOR: 1811100.
- [50] TOMBE T, ZHU X. Trade, Migration, and Productivity: A Quantitative Analysis of China[J]. American Economic Review, 2019, 109(5): 1843-1872.
- [51] TUNALI I. Rationality of Migration[J]. International Economic Review, 2000.
- [52] UTARA J, HATO E. Dynamic Discrete Choice Model and Its Estimation Algorithm with Dynamic Inconsistent Expected Utility in an Uncertain Situation[J]. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2024, 158: 104408.

- [53] VENATOR J. Dual-Earner Migration Decisions, Earnings, and Unemployment[R]. Working Paper 1052. Boston College Working Papers in Economics, 2022.
- [54] WEBER T, VAN MOL C. The Student Migration Transition: An Empirical Investigation into the Nexus between Development and International Student Migration[J]. Comparative Migration Studies, 2023, 11(1): 5.
- [55] WOZNIAK A. Are College Graduates More Responsive to Distant Labor Market Opportunities?[J]. Journal of Human Resources, 2010, 45(4): 944-970.
- [56] WYMAN M. Round-Trip to America: The Immigrants Return to Europe, 1880-1930[M]. Cornell University Press, 1993.
- [57] ZHOU J, HUIE C M. Housing Prices, Migration, and Self-Selection of Migrants in China [J]. Habitat International, 2022, 119: 102479.
- [58] 安虎森, 颜银根, 朴银哲. 城市高房价和户籍制度: 促进或抑制城乡收入差距扩大?——中国劳动力流动和收入差距扩大悖论的一个解释[J]. 世界经济文汇, 2011(4): 41-54.
- [59] 蔡昉, 都阳, 王美艳. 户籍制度与劳动力市场保护[J]. 经济研究, 2001, 2001(12): 41-49, 91.
- [60] 陈映芳. “农民工”: 制度安排与身份认同[J]. 社会学研究, 2005, 2005(3): 119-132, 244.
- [61] 高波, 陈健, 邹琳华. 区域房价差异、劳动力流动与产业升级[J]. 经济研究, 2012, 47(1): 66-79.
- [62] 郭冬梅, 陈斌开, 吴楠. 城乡融合的收入和福利效应研究——基于要素配置的视角 [J]. 管理世界, 2023, 39(11): 22-46.
- [63] 韩其恒, 苗二森, 李俊青. 农村劳动力迁移摩擦影响农民工数量与工资结构吗?[J]. 管理科学学报, 2018, 21(1): 13-30.
- [64] 洪大用, 范叶超, 李佩繁. 地位差异、适应性与绩效期待——空气污染诱致的居民迁出意向分异研究[J]. 社会学研究, 2016.
- [65] 黄忠华, 杜雪君. 农村土地制度安排是否阻碍农民工市民化: 托达罗模型拓展和义乌市实证分析[J]. 中国土地科学, 2014, 28(7): 31-38.
- [66] 黄宗晔, 杨静. 方言对省际人口迁移的影响[J]. 人口研究, 2020, 44(4): 89-101.

- [67] 蒋为, 倪诗程, 吉萍. 中国跨地区劳动力流动壁垒: 测度方法、演进趋势与决定因素[J]. 经济研究, 2024, 59(4): 60-77.
- [68] 李辉, 王良健. 房价、房价收入比与流动人口长期居留意愿——来自流动人口的微观证据[J]. 经济地理, 2019, 39(6): 86-96.
- [69] 李强. 影响中国城乡流动人口的推力与拉力因素分析[J]. 中国社会科学, 2003, 2003(1): 125-136, 207.
- [70] 李秦, 孟岭生. 方言、普通话与中国劳动力区域流动[J]. 经济学报, 2014, 1(4): 68-84.
- [71] 梁若冰, 汤韵. 地方公共品供给中的 Tiebout 模型: 基于中国城市房价的经验研究[J]. 世界经济, 2008(10): 71-83.
- [72] 林毅夫, 刘培林. 中国的经济发展战略与地区收入差距[J]. 经济研究, 2003(3): 19-25+89.
- [73] 刘晨晖, 陈长石. 劳动力流动、技能匹配与地区经济差距[J]. 经济研究, 2022, 57(7): 45-63.
- [74] 刘华, 王姣, 陈力朋. 人力资本空间配置的社会福利效应研究——基于量化空间一般均衡模型的分析[J]. 经济研究, 2024, 59(10): 37-55.
- [75] 刘修岩, 李松林. 房价、迁移摩擦与中国城市的规模分布——理论模型与结构式估计[J]. 经济研究, 2017, 52(7): 65-78.
- [76] 刘毓芸, 徐现祥, 肖泽凯. 劳动力跨方言流动的倒 U 型模式[J]. 经济研究, 2015, 50(10): 134-146, 162.
- [77] 陆益龙. 户口还起作用吗——户籍制度与社会分层和流动[J]. 中国社会科学, 2008, 2008(1): 149-162, 207-208.
- [78] 聂辉华, 李翹楚. 中国高房价的新政治经济学解释——以“政企合谋”为视角[J]. 教学与研究, 2013(1): 50-62.
- [79] 任远, 施闻. 农村外出劳动力回流迁移的影响因素和回流效应[J]. 人口研究, 2017, 41(2): 71-83.
- [80] 任远, 邬民乐. 城市流动人口的社会融合: 文献述评[J]. 人口研究, 2006, 2006(3): 87-94.

- [81] 石智雷, 杨云彦. 家庭禀赋、家庭决策与农村迁移劳动力回流[J]. 社会学研究, 2012, 27(3): 157-181, 245.
- [82] 孙伟增, 张晓楠, 郑思齐. 空气污染与劳动力的空间流动——基于流动人口就业选址行为的研究[J]. 经济研究, 2019, 54(11): 102-117.
- [83] 王丽莉. 土地供给、房价与劳动力空间配置效率[J]. 经济学 (季刊), 2023, 23(2): 500-516.
- [84] 王丽莉, 乔雪. 我国人口迁移成本、城市规模与生产率[J]. 经济学 (季刊), 2020, 19(1): 165-188.
- [85] 王丽莉, 唐为. 劳动力流动对城市工资与福利的影响——基于空间均衡模型的分析[J]. 南开经济研究, 2024, 2024(7): 64-83, 123.
- [86] 王丽娜. 基于压力门槛假说的家庭迁居意向形成机制研究 ——以杭州市区为例 [D]. 2. 浙江大学, 2007: 94.
- [87] 王智强, 刘超. 中国农村劳动力迁移影响因素研究——基于 Probit 模型的实证分析[J]. 当代经济科学, 2011, 33(1): 56-61, 126.
- [88] 夏怡然, 陆铭. 城市间的“孟母三迁”——公共服务影响劳动力流向的经验研究[J]. 管理世界, 2015(10): 78-90.
- [89] 熊彩云. 农民工城市定居转移决策因素的推—拉模型及实证分析[J]. 农业经济问题, 2007(3): 74-81, 111.
- [90] 杨曦. 城市规模与城镇化、农民工市民化的经济效应——基于城市生产率与宜居度差异的定量分析[J]. 经济学 (季刊), 2017(4): 1601-1620.
- [91] 俞玮奇. 国民普通话能力的基本状况与发展态势[J]. 语言文字应用, 2018, 2018(2): 99-107.
- [92] 郁建兴, 高翔. 地方发展型政府的行为逻辑及制度基础[J]. 中国社会科学, 2012, 2012(5): 95-112, 206-207.
- [93] 张莉, 何晶, 马润泓. 房价如何影响劳动力流动?[J]. 经济研究, 2017, 52(8): 155-170.
- [94] 赵方, 袁超文. 中国城市化发展——基于空间均衡模型的研究[J]. 经济学 (季刊), 2017(4): 1643-1668.

- [95] 钟水映, 李春香. 乡城人口流动的理论解释: 农村人口退出视角——托达罗模型的再修正[J]. 人口研究, 2015, 39(6): 13-21.
- [96] 周文, 赵方, 杨飞, 李鲁. 土地流转、户籍制度改革与中国城市化: 理论与模拟[J]. 经济研究, 2017, 52(6): 183-197.
- [97] 周颖刚, 蒙莉娜, 卢琪. 高房价挤出了谁?——基于中国流动人口的微观视角[J]. 经济研究, 2019, 54(9): 106-122.
- [98] 踪家峰, 周亮. 大城市支付了更高的工资吗?[J]. 经济学 (季刊), 2015, 14(4): 1467-1496.