

# 资本投入、劳动力结构与相对人力资本投资效率<sup>\*</sup>

左马华青 宋旭光<sup>†</sup>

(北京师范大学统计学院, 100875, 北京)

**摘要** 构建了由资本、技能和非技能劳动力这3要素嵌套的CES生产函数;剖析了资本投入与劳动力结构对相对人力资本投资效率的影响;利用中国2004—2018年省级面板数据,测算出相对人力资本投资效率,并从经验的角度检验其影响因素。研究发现:1)2004—2018年相对人力资本投资效率呈小幅上升趋势,劳动力结构效应使相对人力资本投资效率降低,而资本品质、资本与技能劳动力匹配等效应使相对人力资本投资效率增加;2)资本投入与劳动力结构对人力资本投资效率的影响受制于要素的替代弹性,非技能劳动力出现挤出效应,而技能劳动力的需求量大,各区域对劳动力需求迥异,但都可通过增加技能劳动力的投入、调整劳动与资本要素结构来有效提高投资效率;3)相对人力资本投资效率的成因检验结果表明,产业结构转型升级水平和技能劳动力投入比例的提高,可有效降低技能溢价,进而降低相对人力资本投资效率,且在技能劳动力投入比例较低的情况下,产业结构转型升级水平会降低相对人力资本投资效率;4)产业结构转型升级水平对相对人力资本投资效率的影响在不同区域之间存在较大的差异,东部地区表现强于中西部地区。

**关键词** 人力资本;投资效率;资本投入;劳动力结构

**中图分类号** C33;J24;E24

**DOI:** 10.12202/j.0476-0301.2022110

## 0 引言

近年来我国的人力资本投入水平不断提高。2020年国家财政教育、社会保障和就业、医疗卫生这3项总支出达到88 144.64亿元,占国家财政总支出的35.88%。在人力资本投资高速增长的同时,也出现了一些结构和效率方面的问题,尽快优化人力资本投入产出水平,实现人力资本投资驱动由数量向效率的转变,是下一步加大人力资本投入政策取得实效的关键。

传统中,对要素投资效率的研究主要是基于物质资本投入与深化对经济发展和社会进步的作用机制,已取得较好成果<sup>[1-3]</sup>;对人力资本效率,有学者通过分析人力资本对经济增长的作用方式探讨人力资本投资效率,认为人力资本是经济增长的源泉<sup>[4-5]</sup>。人力资本正逐渐成为中国经济增长的主要因素<sup>[6-7]</sup>。

近年来学者们在实证方面对人力资本投资效率测算的关注增多,这些研究多数从教育和健康指标入手,采用增量资本产出比、新古典增长理论的动态效率、生产前沿分析等方法,探讨人力资本投资效率<sup>[8-11]</sup>。骆永民<sup>[12]</sup>利用传统数据包络分析(DEA)测算了省级人力资本投资效率,发现人力资本投资效率呈现小幅

增长态势,技术进步对人力资本投资效率增长的作用明显,且存在区域异质性,东部地区较高西部地区较低;白勇等<sup>[13]</sup>利用随机前沿分析(SFA)模型对人力资本投资效率进行了测算,也发现其存在区域异质性,且人力资本投资效率有下降趋势;封永刚等<sup>[14]</sup>对传统Malmquist指数法进行改进,发现了人力资本投资效率呈现“先大幅上升,后小幅下降”,推进新型城镇化建设、第三产业发展和提高医疗卫生水平,会促进人力资本投资效率的收敛。

已有研究能从直观上反映人力资本投资的效果,但作为生产要素的一部分,人力资本发生作用必然要受到资金等其他要素投入总量和结构的影响。不考虑其他要素投入的结构和水平,只探讨人力资本投资对经济增长的影响,不足以全面解释人力资本投资效率的变动。值得指出的是,技术进步必须要有合理的要素投入与结构与之匹配,研究人力资本投资效率也必须要考虑其他要素投入和结构因素。目前中国人力资本与产业结构演进存在较强的耦合关联,但二者的耦合程度不够理想,技术进步必须要有合理的要素投入与结构与之匹配<sup>[15]</sup>。

基于此,我们构建了资本、技能和非技能劳动力

<sup>\*</sup> 国家社会科学基金资助项目(18VSI015, 21AJL010);国家自然科学基金资助项目(71841017)

<sup>†</sup> 通信作者:宋旭光(1973—),男,博士,教授,2006年入选教育部新世纪优秀人才支持计划。研究方向:宏观经济统计分析。E-mail: songxuguang@bnu.edu.cn

收稿日期:2022-01-31

这3要素嵌套的CES生产函数,剖析了资本投入和劳动力结构对相对人力资本投资效率的影响。

## 1 理论框架

本研究旨在探讨要素投入与结构对相对人力资本投资效率的影响,深入分析劳动力要素的异质性表现。假设在生产过程中,考虑资本投入( $K$ )、技能劳动力与非技能劳动力的供给( $L_H$ 、 $L_L$ )这3种要素,使用Sato<sup>[16]</sup>提出的嵌套CES生产函数,将3种投入要素纳入统一的分析框架中。学者们通常先考虑资本与技能劳动力的组合,然后再考虑资本和技能劳动力系统与非技能劳动力的组合<sup>[17-18]</sup>。

生产为

$$Y_t(K, L_H, L_L) = Z_t(\alpha L_{L,t}^\sigma + (1-\alpha) \cdot (\beta L_{H,t}^\rho + (1-\beta) K_t^\rho)^{\sigma/\rho})^{1/\sigma}, \quad (1)$$

式中: $t$ 是时间; $Y_t$ 是最终产品产量; $Z_t$ 是中性技术进步; $K$ 是资本; $L_H$ 、 $L_L$ 分别为技能劳动力与非技能劳动力的供给; $\alpha$ 、 $\beta$ 分别为外、内嵌套要素分配参数; $\sigma$ 、 $\rho < 1$ ,且 $1/(1-\rho)$ 为资本与技能劳动力之间的替代弹性, $1/(1-\sigma)$ 为资本和技能劳动力与非技能劳动力之间的替代弹性。当替代弹性 $>0$ 且 $<1$ 时,要素之间为互补关系;当替代弹性 $>1$ 时,要素之间为替代关系。

企业的目标是使利润最大化,即将企业价格标准化为1,有

$$\max_{K, L_H, L_L} \Pi = \max_{K, L_H, L_L} (Y - \gamma K - \omega_H L_H - \omega_L L_L), \quad (2)$$

式中 $\omega_H$ 、 $\omega_L$ 分别为技能劳动力与非技能劳动力工资。在市场条件完全竞争下,企业的最优选择是边际产出等于劳动报酬。结合式(1)与(2),并通过一阶条件可获得技能劳动力与非技能劳动力的工资表达式分别为

$$\omega_H = \partial Y / \partial L_H, \quad \omega_L = \partial Y / \partial L_L. \quad (3)$$

基于技能劳动力与非技能劳动力的人力资本投资,由于不同人力资本的品质不同,人力资本积累分别为:

$$L_{H,t} = L_{H,t-1} + Q_t \cdot I_{H,t}, \quad (4)$$

$$L_{L,t} = L_{L,t-1} + I_{L,t}, \quad (5)$$

式中: $Q_t$ 为资本品质; $I$ 为人力资本投资。

人力资本投资效率体现在人力资本投资的边际产出:边际产出越高,则投资效率越高。本文利用技能劳动力与非技能劳动力人力资本投资的边际产出之比,作为相对人力资本的投资效率,即

$$R_t = \frac{\partial Y_t / \partial I_{H,t}}{\partial Y_t / \partial I_{L,t}} = \frac{\partial Y_t / \partial L_{H,t}}{\partial Y_t / \partial L_{L,t}} \cdot \frac{\partial L_{H,t} / \partial I_{H,t}}{\partial L_{L,t} / \partial I_{L,t}} = \frac{Q_t \cdot \omega_{H,t} / \omega_{L,t}}{Q_t \cdot ((1-\alpha)\beta/\alpha) \cdot (L_{H,t} / L_{L,t})^{\sigma-1} \cdot (\beta + (1-\beta)(K_t / L_{H,t})^\rho)^{(\sigma-\rho)/\rho}}. \quad (6)$$

对式(6)取自然对数,可得

$$\ln R_t = M_0 + \underbrace{\ln Q_t}_Q + \underbrace{(\sigma-1) \ln (L_{H,t} / L_{L,t})}_S + \underbrace{(\sigma/\rho-1) f(K_t / L_{H,t})}_C, \quad (7)$$

式中: $M_0 = \ln((1-\alpha)\beta/\alpha)$ ;  $f(K_t / L_{H,t}) = \ln(\beta + (1-\beta)(K_t / L_{H,t})^\rho)$ 。

由式(7)可知:相对人力资本投资效率主要受 $L_{H,t} / L_{L,t}$ 与 $K_t / L_{H,t}$ 的要素禀赋结构、替代弹性、份额,以及资本品质的影响;由资本品质( $Q$ )、劳动力结构( $S$ )、资本与技能劳动力匹配( $C$ )这3部分效应组成。要素投入与结构对人力资本投资效率的作用有2方面:1)直接效应。主要表现为资本品质效应;科技创新的投入能提升产品品质,同时也能提高生产效率;通过资本和劳动力要素投入,作用于经济产出;此外,劳动力整体技能水平的提高,也能提高生产效率。2)间接效应。主要表现为要素结构效应;随着资本品质的提高,科技创新的投入,会显著提高生产效率与资本报酬,进而引发要素投入结构的变化,影响人力资本投资效率。由式(7)可知: $L_{H,t} / L_{L,t}$ 与人力资本投资效率负相关( $\sigma < 1$ ),定义 $L_{H,t} / L_{L,t}$ 为人力资本强度; $L_{H,t} / L_{L,t}$ 的增加反映了人力资本深化。这说明发生人力资本深化的同时,科技进步的发展会导致非技能劳动力的挤出( $\sigma < 1$ ),进而导致相对人力资本投资效率的降低。而资本品质效应会提高人力资本投资效率,从一定程度上弥补劳动力结构效应的负影响。

在现实生活中,要素结构的变动包括资本、技能劳动力和非技能劳动力的变化。由式(7)可看出,要素结构的变动对人力资本投资效率的影响方向与 $\sigma$ 和 $\rho$ 的大小有关。当 $0 < \sigma < \rho < 1$ 时,企业对所有劳动力相对需求较小,会导致资本充分代替劳动力,减少对劳动力的需求。但相对而言更需要技能劳动力,此时可通过调整劳动力与资本要素结构来提高投资效率。当 $\rho < \sigma < 0$ 时,企业对所有劳动力相对需求较大且更需要技能劳动力,此时可通过调整劳动力与资本要素结构来提高投资效率。当 $\rho < 0$ 、 $\sigma > 0$ 时,即资本与技能劳动力之间是互补效应关系,同时挤出非技能劳动力,此时企业更加需要投入技能劳动力,同时可通过调整劳动力与资本要素结构来提高投资效率。

## 2 人力资本投资效率的参数估计与分解

将 Klump 等<sup>[19]</sup>的“标准化供给面系统法”引入嵌套的 CES 生产函数,可得

$$Y_t(K, L_H, L_L) = Z_{t0} \cdot e^{g_t \cdot t} \left( \alpha L_{L,t}^\sigma + (1-\alpha) \left( \beta L_{H,t}^\rho + (1-\beta) K_t^\rho \right)^{\sigma/\rho} \right)^{1/\sigma} \quad (8)$$

假设中性技术进步的形式为  $Z_t = Z_{t0} \cdot e^{g_t \cdot t}$ ,  $g_t$  为技术进步效率水平的增长率. 通过对各要素利润最大化的一阶条件, 建立如式(9)~(12)的标准化系统(非线性方程组):

$$\ln Y_t = \ln Z_{t0} + g_t \cdot t + \ln \hat{Y}_t, \quad (9)$$

$$\ln(\omega_{L,t}/L_{L,t}) = \ln \alpha + \sigma \ln L_{L,t} - \sigma \ln \hat{Y}_t, \quad (10)$$

$$\ln(\gamma_t K_t/Y_t) = \ln(1-\alpha)(1-\beta) + \rho \ln K_t + (\sigma/\rho - 1) \cdot \ln(\beta L_{H,t}^\rho + (1-\beta) K_t^\rho) - \sigma \ln \hat{Y}_t, \quad (11)$$

$$\ln(\omega_{H,t} L_{H,t}/Y_t) = \ln \beta(1-\alpha) + \rho \ln L_{H,t} + (\sigma/\rho - 1) \cdot \ln(\beta L_{H,t}^\rho + (1-\beta) K_t^\rho) - \sigma \ln \hat{Y}_t, \quad (12)$$

式中  $\hat{Y}_t = \left( \alpha L_{L,t}^\sigma + (1-\alpha) \left( \beta L_{H,t}^\rho + (1-\beta) K_t^\rho \right)^{\sigma/\rho} \right)^{1/\sigma}$ .

对替代弹性  $\sigma$ 、 $\rho$  等参数进行预测, 进一步揭示要素投入和结构对人力资本投资效率影响的作用机制.

### 2.1 数据说明与参数估计

**2.1.1 数据说明** 利用中国 2004—2018 年省级面板数据, 通过第 1 章所构建的模型估计我国资本、技能劳动力和非技能劳动力这 3 种要素间的替代弹性与要素效率. 各指标说明如下(其中 2)、3)的数据均来源于《中国劳动统计年鉴》: 1)经济总产出( $Y_t$ ). 采用的指标是 2000 年价格计算的地区总产值(数据来源于国家统计局). 2)技能劳动力( $L_{H,t}$ )和非技能劳动力( $L_{L,t}$ ). 根据国际通行标准与劳动力的受教育程度, 将拥有大学专科及以上学历者设定为技能劳动力, 其余学历者设为非技能劳动力. 3)技能劳动力和非技能劳动力工资( $\omega_{H,t}$ 与 $\omega_{L,t}$ ). 参照雷钦礼等<sup>[18]</sup>的计算式可求得. 4)资本存量( $K_t$ ). 采用永续盘存法中的  $K_t = I_t + (1-\delta)K_{t-1}$ , 通过计算所获得的固定资本存量来衡量, 以 1978 年固定资本存量作为起始资本存量, 利用国家统计局每年所公布的固定资本总额作为投资项, 可推算出每年的固定资本存量.

**2.1.2 替代弹性和要素效率的估计与分析** 对式(10)~(12)进行估计, 考虑到各种误差之间可能存在相关

性, 故运用可行性广义非线性最小二乘法(FGNLS)进行参数预测. 初始值分别设为<sup>[20]</sup>:  $\alpha(0) = \beta(0) = 0.5$ ,  $Z_{t0} = 0.5$ ,  $g(0) = 0.1$ ; 要素替代弹性  $\sigma$ 、 $\rho \in (-\infty, 1)$ . 在此过程中, 参数的估计结果不会因为初始值设定的不同而不同, 因此将  $\sigma$  和  $\rho$  的初始值分别设定为 0.1 和 -0.1 (表 1). 由表 1 可知: 资本与技能劳动力之间的替代弹性  $1/(1-\rho)$  为 0.855, 资本与技能劳动力之间有很强的互补性; 资本和技能劳动力组合, 以及非技能劳动力之间的替代弹性  $1/(1-\sigma) = 1.168$ , 资本和技能劳动力系统, 以及非技能劳动力之间有很强的替代性.  $g$  的估计值为 0.005, 表明技术进步效率水平为正增长.

表 1 区域层面双嵌套 CES 生产函数的参数估计

| 参数       | 估计值    | 稳健标准误 | 统计量 Z  | P     |
|----------|--------|-------|--------|-------|
| $\sigma$ | 0.144  | 0.023 | 6.210  | 0     |
| $\rho$   | -0.170 | 0.045 | -3.810 | 0     |
| $\alpha$ | 0.118  | 0.010 | 11.340 | 0     |
| $\beta$  | 0.022  | 0.005 | 4.280  | 0     |
| $Z_{t0}$ | 0.807  | 0.027 | 29.620 | 0     |
| $g$      | 0.005  | 0.002 | 2.470  | 0.013 |

为探究区域层面的异质性, 本文借鉴国家统计局的区域划分方法, 将全国 30 个地区划分为东部(上海、江苏、浙江、福建、山东、广东和海南)、中部(山西、安徽、江西、河南、湖北和湖南)、西部(内蒙古、广西、重庆、四川、贵州、云南、陕西、甘肃、青海、宁夏和新疆)和东北(辽宁、吉林和黑龙江)这 4 个区域, 在此基础上加入京津冀, 共计 5 个区域. 利用区域层面的数据, 分别代入式(9)~(12), 可得表 2 所示的结果.

由表 2 可知: 大部分参数的估计结果都是在 1% 的水平上显著.  $\sigma$  和  $\rho$  的估计结果所显示的分别是: 中部和东北地区资本与技能劳动力之间出现互补式替代效应, 即技能劳动力需求较大, 而非技能劳动力需求较小, 出现了挤出效应; 东部地区的  $0 < \rho < \sigma < 1$ , 根据已知理论分析, 技能劳动力的替代弹性小于非技能劳动力的替代弹性, 企业对所有劳动力相对需求较小, 但相对而言更需要技能劳动力, 此时可通过调整劳动力与资本要素结构来提高投资效率; 京津冀地区的  $0 < \sigma < \rho < 1$ , 此时企业对所有劳动力相对需求较小, 人力资本投资效率与  $L_{H,t}/K_t$  正相关, 可通过增加技能劳动力的投入来有效提高投资效率; 西部地区  $\rho < 0$ ,  $\sigma > 0$ , 且不显著, 即企业对技能劳动力相对需求较大, 且对于非技能劳动力的挤出效应不明显, 此时可通过调整劳动力与资本要素结构来提高投资效率.

表2 区域层面参数估计结果

| 变量       | 全样本               | 东部               | 中部                | 西部                | 东北                | 京津冀              |
|----------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| $\sigma$ | 0.144*** (0.023)  | 0.269*** (0.048) | 0.165*** (0.033)  | 0.021 (0.054)     | 0.059* (0.032)    | 0.501*** (0.052) |
| $\rho$   | -0.170*** (0.045) | 0.245** (0.105)  | -0.159*** (0.049) | -0.497*** (0.054) | -0.221*** (0.074) | 0.683*** (0.129) |
| $\alpha$ | 0.118*** (0.010)  | 0.165*** (0.022) | 0.136*** (0.017)  | 0.070*** (0.015)  | 0.086*** (0.011)  | 0.234*** (0.023) |
| $\beta$  | 0.022*** (0.005)  | 0.193** (0.090)  | 0.026*** (0.006)  | 0.003*** (0.001)  | 0.014** (0.006)   | 0.740*** (0.136) |
| $Z_{t0}$ | 0.807*** (0.027)  | 1.361*** (0.253) | 0.761*** (0.034)  | 0.685*** (0.023)  | 0.776*** (0.044)  | 4.351*** (1.493) |
| $g$      | 0.005** (0.002)   | 0.008*** (0.002) | 0.006* (0.003)    | 0.011*** (0.003)  | -0.023*** (0.004) | 0.004 (0.005)    |
| 样本数      | 450               | 150              | 165               | 90                | 45                | 45               |

注: \*\*\*, \*\*, \*分别表示在1%、5%、10%水平上显著。

参数 $g$ 的估计在东北地区显著为负,而其他地区均显著为正,表明东北地区出现技术进步效率水平负增长的现象,需要进一步加强科技水平的投入和发展。其他参数的估计结果与全样本的估计结果基本一致,结果相对稳定。

**2.2 人力资本投资效率的分解与分析** 利用区域层面参数估计结果,结合式(7),对相对人力资本投资效率进行分解和差分(表3)。由表3可知:自2004年以来,我国相对人力资本投资效率整体呈小幅上升趋势,其均值为1.172;技能劳动力人力资本投资效率高于非技能劳动力人力资本;2006—2011年人力资本投资效率的增长率趋近于0,但相对人力资本投资效率呈上升趋势,因为该阶段我国经济整体还处于粗放型增长方式,且随着科技创新的发展,市场对技能劳动

力的迫切需求导致技能回报的迅速上升;对于非技能劳动力的需求虽然也有所提高,但其充足的供给使缺口几乎不存在;2012—2015年人力资本投资效率的增长率为负,表明技能劳动力人力资本的投资效率低迷,与非技能劳动力人力资本投资效率差距越来越小,该阶段虽然对技能劳动力的需求巨大,但是人才供给的速度跟不上岗位的需求;对于大学毕业和职校毕业的劳动力,除了“眼高手低”“铁饭碗”传统就业观念等主观因素,高等教育与市场需求脱节成为导致大学生很难找到相应工作的原因之一;针对农民工和中老年劳动力,他们的受教育程度低、技能不足、缺乏培训机会等问题,使得非技能劳动力无法适应产业升级和企业发展的需要。自2016年以来,人力资本投资效率的增长率由负变正,技能劳动力人力资本的投

表3 相对人力资本投资效率的分解和差分结果

| 年份   | $R$   | $Q$   | $C$   | $S$   | $\Delta R$ | $\Delta Q$ | $\Delta C$ | $\Delta S$ |
|------|-------|-------|-------|-------|------------|------------|------------|------------|
| 2004 | 1.137 | 0.499 | 3.186 | 1.120 | —          | —          | —          | —          |
| 2005 | 1.137 | 0.497 | 3.233 | 1.075 | <0.001     | -0.002     | 0.047      | -0.045     |
| 2006 | 1.065 | 0.472 | 3.271 | 0.990 | -0.072     | -0.025     | 0.038      | -0.085     |
| 2007 | 1.265 | 0.562 | 3.350 | 1.022 | 0.200      | 0.090      | 0.079      | 0.032      |
| 2008 | 1.248 | 0.533 | 3.406 | 0.978 | -0.017     | -0.030     | 0.057      | -0.044     |
| 2009 | 1.272 | 0.560 | 3.458 | 0.923 | 0.024      | 0.028      | 0.052      | -0.055     |
| 2010 | 1.128 | 0.500 | 3.486 | 0.810 | -0.144     | -0.060     | 0.029      | -0.113     |
| 2011 | 1.195 | 0.457 | 3.538 | 0.869 | 0.067      | -0.044     | 0.052      | 0.059      |
| 2012 | 1.171 | 0.429 | 3.574 | 0.837 | -0.024     | -0.028     | 0.036      | -0.032     |
| 2013 | 1.162 | 0.401 | 3.570 | 0.859 | -0.009     | -0.028     | -0.004     | 0.022      |
| 2014 | 1.092 | 0.398 | 3.595 | 0.767 | -0.069     | -0.003     | 0.026      | -0.092     |
| 2015 | 1.088 | 0.503 | 3.612 | 0.641 | -0.005     | 0.105      | 0.017      | -0.127     |
| 2016 | 1.159 | 0.596 | 3.650 | 0.582 | 0.071      | 0.093      | 0.037      | -0.059     |
| 2017 | 1.221 | 0.634 | 3.694 | 0.561 | 0.062      | 0.038      | 0.045      | -0.021     |
| 2018 | 1.240 | 0.589 | 3.752 | 0.567 | 0.019      | -0.045     | 0.058      | 0.006      |
| 均值   | 1.172 | 0.509 | 3.492 | 0.840 | 0.007      | 0.007      | 0.040      | -0.040     |

资效率呈上升趋势,主要原因是近年来我国不断出台的支持政策,加大技能人才培养力度,大力推进职业技能提升行动,扩大技能人才培养培训规模,加强职业培训基础能力建设,不断提高职工素质,进而提高人力资本投资效率。在产业结构升级的同时注重人力资本水平的提升,更要重视二者的匹配与协调。此外,要素的区域性转移和再配置可有效优化要素资源配置,进而对人力资本投资效率产生积极影响。相对人力资本投资效率分解的 3 类效应贡献差异显著。人力资本品质、劳动力结资本,以及技能劳动力匹配结构效应的年均贡献率分别为 0.509、0.840、3.492。人力资本投资效率的提升主要来自于资本与技能劳动力匹配效应,因此,我国应该特别关注要素结构配置。人力资本品质效应稳中有升,这说明我国劳动力市场存在技能溢价现象,且近些年技能劳动力和非技能劳动力的工资差距越来越大。劳动力结构效应在逐年下降,由式(7)可知,我国人力资本强度逐年提高,因此,我国劳动力整体技能水平在提高,但是在人力资本深化的同时,科技的进步会导致非技能劳动力挤出( $\sigma < 1$ ),进而导致相对人力资本投资效率降低。资本与技能劳动力匹配效应在逐年上升,这说明我国现阶段要素结构优化效果明显。故此,虽然人力资本深化会降低相对人力资本投资效率,但是资本品质和资本与技能劳动力匹配的效应会提高人力资本投资效率,从一定程度上弥补了投入数量的负影响。

### 3 相对人力资本投资效率的成因检测

**3.1 基准回归** 由第 2 章分析可知,相对人力资本投资效率主要受要素投入和结构的影响,其中要素投入包括要素投入数量和质量;要素结构主要包括要素匹配效应,而要素匹配效应又受产业结构、资源配置、政府政策等因素的影响。为进一步探究影响相对人力资本投资效率的成因,利用相对人力资本投资效率参数,结合产业结构、资源配置、政府政策等因素指标,构建除西藏外 30 个省(区、市)的面板数据,进行相对人力资本投资效率的成因分析。

**3.1.1 模型设定** 采用线性回归模型进行经验检验。基准计量模型为

$$R_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 U_{it} + \alpha_2 L_{it} + \alpha_3 U_{it} \cdot L_{it} + \gamma x_{it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it},$$

式中:  $R_{it}$  为第  $i$  个省份第  $t$  年的相对人力资本投资效率;  $U_{it}$  为第  $i$  个省份第  $t$  年的产业结构转型升级水平,本文分别选取产业结构合理化和高度化这 2 个维度测度;  $L_{it}$  为劳动力结构,用技能劳动力与非技能劳动力从业人数的比值来衡量;  $x_{it}$  为一系列控制变量,包

括技能劳动力投入水平、高新技术产业企业数量、工业机器人投入等;  $\mu_i$  为个体固定效应,用来控制不随时间变化的个体异质性特征;  $\lambda_t$  为时间固定效应,用来控制不随各省份变化的时间因素;  $\varepsilon_{it}$  是随机误差项。

此外,考虑到经验检验过程中可能存在的内生性问题,在基准回归的基础上,本文将相邻省份产业结构转型升级水平的平均值作为工具变量,进行 2 阶段最小二乘回归以确保模型的稳健性。

#### 3.1.2 指标选取和数据来源

1) 产业结构合理化是产业之间协调能力不断加强和关联水平不断提高的动态过程,可反映要素资源的利用程度。本文参考干春晖等<sup>[21]</sup>的方法,借鉴泰尔指数( $T_{h,i}$ )来测度各省份的产业结构合理化程度,计算式为

$$T_{h,i} = \sum_{n=1}^3 y_{i,n} \cdot \ln(y_{i,n}/l_{i,n}),$$

式中:  $y_{i,n}$  为  $i$  省份第  $n$  产业的 GDP 比例;  $l_{i,n}$  为  $i$  省份第  $n$  产业的从业人员比例。产业结构合理化指数越大,说明产业结构偏离均衡状态,产业结构不合理。

2) 产业结构的高度化反映了产业结构随着经济发展,从低水平状态向高水平状态发展的动态过程。本文从数量和品质这 2 个方面分别测算产业结构高度化水平,产业结构高度化的数量( $s_{a1}$ )反映的是 3 大产业之间的升级状况。计算式为

$$s_{a1,i} = \sum_{n=1}^3 y_{i,n} \cdot n.$$

产业结构高度化的品质( $s_{a2}$ )反映的是 3 大产业中,由第一产业占优势地位逐渐向第二、三产业占优势地位的比例关系演进。计算式为

$$s_{a2,i} = \sum_{n=1}^3 y_{i,n} \cdot p_{i,n},$$

式中  $p_{i,n}$  表示  $i$  省份第  $n$  产业的劳动生产率。

3) 基于已有研究,本文引用一些常见的控制变量,如表 4 所示。

**3.1.3 经验分析结果** 根据上述基准计量模型,利用除西藏外 30 个省(区、市)的面板数据,实证检验了产业结构和要素投入对相对人力资本投资效率的影响。为了消除模型可能存在的异方差和序列自相关问题,所有模型均控制了个体和时间因素,采用固定效应模型(表 5)。在模型(I)中,产业结构合理化的相关系数在 10% 水平上显著为负,通过计算可得到产业结构合理化对相对人力资本投资效率存在负向影响,说明要素资源配置不合理、产业间关联程度不高会导致相对人力资本投资效率的降低,可能的原因是资源

表4 控制变量选择及数据说明

| 变量名称            | 数据说明                                                                            |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| 工业机器人投入(Robot)  | 测度指标是工业机器人投入占工业主营业务收入的比例 <sup>[2]</sup> (数据来源于联合国贸易发展数据库和中国国家统计局)               |
| 高新技术产业企业个数(HTI) | 测度指标是高科技产业高新技术产业企业个数,取对数处理(数据来源于《中国高技术产业统计年鉴》)                                  |
| 人口老龄化程度(ODR)    | 测度指标是老年抚养比,其定义为:非劳动年龄人口数中,老年( $\geq 65$ 岁)人口与劳动年龄( $< 65$ 岁)人口数之比(数据来源于中国国家统计局) |
| 科学技术创新(R&D)     | 测度指标是研究与试验发展经费支出,取对数处理(数据来源于《中国科技统计年鉴》)                                         |
| 经济发展水平(EDL)     | 测度指标是各省份实际人均GDP,取对数处理(数据来源于中国国家统计局)                                             |
| 地区对外开放水平(Open)  | 测度指标是各省份境内目的地和货源地的进出口额占GDP的比例(数据来源于中国国家统计局)                                     |
| 教育财政投入(EFI)     | 测度指标是各省份国家财政性教育经费占一般预算支出的比例(数据来源于中国国家统计局)                                       |
| 受教育程度(EDU)      | 测度指标是工业劳动力平均受教育水平,取对数处理(数据来源于《中国人口和就业统计年鉴》)                                     |
| 外商投资(FDI)       | 测度指标是实际使用外商直接投资金额占GDP的比例(数据来源于《中华人民共和国国民经济和社会发展统计公报》)                           |
| 城市化水平(Urban)    | 测度指标是城镇人口占总人口的比例(数据来源于中国国家统计局)                                                  |

表5 产业结构和要素投入对相对人力资本投资效率的影响分析

| 解释变量                   | 被解释变量: 相对人力资本投资效率 |                    |                    |                    |                    |                    |
|------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                        | 模型(OLS估计)         |                    |                    | 模型(IV估计)           |                    |                    |
|                        | (I)               | (II)               | (III)              | (IV)               | (V)                | (VI)               |
| $T_{h,i}$              | -0.753* (0.422)   |                    |                    | -0.848*** (0.255)  |                    |                    |
| $s_{a1}$               |                   | -1.232*** (0.393)  |                    |                    | -1.412* (0.764)    |                    |
| $s_{a2}$               |                   |                    | -1.908* (1.030)    |                    |                    | -6.500** (2.762)   |
| $L_{it}$               | -0.811** (0.365)  | -7.665*** (2.697)  | -1.607** (0.657)   | -0.710*** (0.218)  | -3.728 (10.906)    | -0.907 (0.561)     |
| $T_{h,i} \cdot L_{it}$ | 0.037* (0.018)    |                    |                    | 0.050*** (0.014)   |                    |                    |
| $s_{a1} \cdot L_{it}$  |                   | 0.027*** (0.009)   |                    |                    | 0.013 (0.038)      |                    |
| $s_{a2} \cdot L_{it}$  |                   |                    | 0.059** (0.024)    |                    |                    | 0.115*** (0.033)   |
| Robot                  | 1.683** (0.673)   | 1.071* (0.556)     | 0.798 (0.577)      | 1.638*** (0.412)   | 3.900** (1.515)    | 3.584** (1.459)    |
| HTI                    | 0.011* (0.006)    | 0.020*** (0.005)   | 0.019*** (0.005)   | 0.010*** (0.003)   | 0.065*** (0.007)   | 0.057*** (0.007)   |
| ODR                    | 0.167 (0.103)     | -0.195** (0.089)   | -0.282*** (0.090)  | 0.165** (0.080)    | 0.117 (0.162)      | 0.089 (0.157)      |
| R&D                    | 0.013 (0.076)     | 0.198*** (0.056)   | 0.192*** (0.059)   | 0.025 (0.055)      | -0.168** (0.078)   | -0.292*** (0.074)  |
| EDL                    | -0.001* (<0.001)  | -0.001*** (<0.001) | -0.001*** (<0.001) | -0.001*** (<0.001) | -0.002*** (0.001)  | -0.001** (0.001)   |
| Open                   | -5.599* (2.880)   | -1.979 (1.450)     | -1.506 (1.467)     | -5.279*** (1.432)  | -21.633*** (2.287) | -23.906*** (1.945) |
| EFI                    | 2.123*** (0.658)  | 3.909*** (0.679)   | 3.909*** (0.704)   | 2.211*** (0.549)   | 13.226*** (1.443)  | 13.133*** (1.407)  |
| EDU                    | -4.544 (7.008)    | -9.220* (5.109)    | -10.873** (5.118)  | -9.002** (4.177)   | -22.349*** (7.656) | -16.838** (6.756)  |
| FDI                    | 0.106** (0.039)   | 0.059 (0.041)      | 0.073* (0.043)     | 0.095*** (0.030)   | -0.303*** (0.094)  | -0.180** (0.090)   |
| Urban                  | 4.886*** (1.366)  | 3.289*** (0.619)   | 3.423*** (0.646)   | 4.640*** (0.615)   | 7.744*** (0.877)   | 7.346*** (0.790)   |
| 第一阶段F统计量               | -                 | -                  | -                  | 104.958            | 50.322             | 240.974            |
| $R^2$                  | 0.641             | 0.767              | 0.772              | 0.644              | 0.764              | 0.770              |
| 样本数                    | 420               | 420                | 420                | 420                | 420                | 420                |

注: 括号内为该系数调整异方差的稳健统计量t值; \*\*、\*、\*分别表示在1%、5%、10%水平上显著。

配置不合理会导致劳动力不能很好地发挥效用,进而降低技能溢价。在模型(II)~(III)中,产业结构高度化的相关系数均显著为负,通过计算可得到产业结构高度化的量和产业结构高度化的质对相对人力资本

投资效率存在负向影响,说明产业结构优化升级可有效降低技能溢价,进而改善劳动力市场的不平等现象。劳动力结构的相关系数至少在5%水平上显著为负,说明技能劳动力投入比例的增加可降低相对人力

资本投资效率,这跟已知理论分析的结论一致.模型(Ⅰ)~(Ⅲ)中,交互项的相关系数均显著为正,这说明在技能劳动力投入比例较低的情况下,产业结构转型升级水平会降低相对人力资本投资效率;反之,如果技能劳动力投入不能满足产业结构的发展,则不能充分发挥要素的产能,要素结构不能有效配置,将会导致劳动力市场的不平等现象.

从控制变量的回归结果来看,工业机器人投入和高新技术产业企业个数的相关系数显著为正,说明工业机器人和高新技术产业的发展会显著提高相对人力资本投资效率.工业机器人和高新技术产业都可理解为技能偏向型技术进步,这会导致技能劳动力对非技能劳动力的替代效应以及技术与技能劳动力的互补效应,进而导致劳动力市场中收入结构的变化,提高了劳动力市场的技能溢价.经济发展水平的相关系数显著为负,这说明我国在经济中高速发展的同时,同样注重发展质量,尤其是要素市场结构.教育财政投入和受教育程度的相关系数显著为正,说明教育层面的人力资本投入是可提高技能劳动力的数量以及劳动力的整体质量,促进技能偏向型技术进步的产生,提高了技能溢价,进而导致相对人力资本投资

效率的增加.科学技术创新和外商投资的相关系数显著为正,研究与试验发展经费支出和实际使用外商直接投资也可直接导致技能偏向型技术进步,进而提高了劳动力市场的技能溢价,导致相对人力资本投资效率的提高.城市化水平的相关系数显著为正,意味着城镇化水平越大,人力资本投资效率越高.

模型(Ⅳ)~(Ⅵ)是工具变量法回归,用来解决模型可能存在的遗漏变量、反向因果等内生性问题.模型中工具变量个数等于内生变量个数,故模型恰好识别;内生性检验均通过显著性检验,即内生变量与扰动项有关; $F$ 统计量在 10% 水平时通过工具变量检验.不仅如此,我们发现核心变量的估计系数变化不大,表明解释变量的测量误差程度较弱,模型具有一定的稳健性.

**3.2 区域异质性分析** 因为我国的经济发展不平衡,因此,产业和劳动要素结构在不同地区存在明显差异;在同一行业内不同城市在生产方式和技术水平上也不相同,表现为同一行业在不同地区对劳动力需求的差异.故此,我们将 30 个地区划分为东部、中西部和东北地区,分区域进一步考察产业结构和要素投入对相对人力资本投资效率的影响(表 6).

表 6 分区域的回归结果

| 解释变量  | 被解释变量: 相对人力资本投资效率 |                     |                      |                   |                      |                      |                   |                   |                   |
|-------|-------------------|---------------------|----------------------|-------------------|----------------------|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|       | 模型(东部地区)          |                     |                      | 模型(中西部地区)         |                      |                      | 模型(东北地区)          |                   |                   |
|       | (Ⅶ)               | (Ⅷ)                 | (Ⅸ)                  | (Ⅹ)               | (Ⅺ)                  | (Ⅻ)                  | (Ⅼ)               | (Ⅽ)               | (Ⅾ)               |
| theil | -0.312<br>(0.578) |                     |                      | -0.079<br>(0.183) |                      |                      | -0.113<br>(0.201) |                   |                   |
| ais1  |                   | -5.236**<br>(2.329) |                      |                   | -1.122***<br>(0.372) |                      |                   | -3.834<br>(2.451) |                   |
| ais2  |                   |                     | -2.499***<br>(0.262) |                   |                      | 2.126**<br>(0.906)   |                   |                   | 1.018<br>(4.126)  |
| RL    | 0.040<br>(0.320)  | 0.469<br>(0.999)    | 1.055<br>(1.026)     | 0.733<br>(0.955)  | -1.627***<br>(0.508) | -1.898***<br>(0.483) | 1.933<br>(0.871)  | -3.524<br>(2.454) | -2.856<br>(2.524) |
| $R^2$ | 0.801             | 0.747               | 0.783                | 0.771             | 0.701                | 0.713                | 0.991             | 0.901             | 0.893             |
| 样本数   | 140               | 140                 | 140                  | 238               | 238                  | 238                  | 42                | 42                | 42                |

注: \*\*、\*、\*分别表示在1%、5%、10%水平上显著.

模型(Ⅶ)、(Ⅹ)、(Ⅼ)中,产业结构合理化的系数估计值在各区域内均为负,但不显著,说明产业结构合理化可有效降低技能溢价,进而改善劳动力市场的不平等现象;模型(Ⅷ)和(Ⅺ)中,产业结构高度化的量的系数估计值在各区域内均显著为负,说明在东部和中西部地区 3 大产业内部的结构优化升级可有效降低技能溢价,降低了相对人力资本投资效率;模型(Ⅸ)、(Ⅻ)、(Ⅾ)中,产业结构高度化的质的系数估计值在东部地区显著为负,中西部地区显著为

正,东北地区不显著,说明东部地区 3 大产业的内部结构优于中西部地区,可有效降低技能溢价.进一步地,东部地区产业结构转型升级水平对于相对人力资本投资效率的影响程度要明显大于中西部地区,主要是由于我国东中西部地区经济发展的不平衡,中西部地区受到自然条件、发展基础、经济决策等因素的影响,造成区域间产业结构的差异,进而导致产业结构转型升级水平对于相对人力资本投资效率影响的差异.

## 4 结论与启示

本文从理论和实证这2方面探讨了我国人力资本投入的效率变化及其内在机制,研究结果表明:

1)2004—2018年我国相对人力资本投资效率表现为小幅度上升趋势,资本投入和劳动力结构的变化直接影响人力资本投资效率。相对人力资本投资效率分解的3类效应贡献差异显著,相对人力资本投资效率的提升主要来自于资本与技能劳动力匹配效应。劳动力结构效应会降低相对人力资本投资效率,但是资本品质效应和资本与技能劳动力匹配效应会提高相对人力资本投资效率。

2)资本投入和劳动力结构对人力资本投资效率的影响受制于要素替代弹性。从全国层面来看,资本与技能劳动力之间的替代弹性为0.855,资本与技能劳动力组合与非技能劳动力之间的替代弹性为1.168,具体表现为挤出非技能劳动力,且促进技能劳动力的需求。从区域层面来看,中部地区和东北地区对技能劳动力需求较大,对非技能劳动力需求较小,东部地区和京津冀地区对所有劳动力相对需求较小,而西部地区对所有劳动力相对需求较大,可通过增加技能劳动力的投入和调整劳动力与资本要素结构来有效提高投资效率。

3)相对人力资本投资效率的成因检验结果表明,产业结构转型升级水平和技能劳动力投入比例的提高可有效降低技能溢价,进而降低相对人力资本投资效率,且在技能劳动力投入比例较低的情况下,产业结构转型升级水平会降低相对人力资本投资效率。

4)产业结构转型升级水平对于相对人力资本投资效率的影响在不同区域之间存在较大的差异,由于区域间产业结构的差异,东部地区表现强于中西部地区。

将人力资本投资与劳动力结构结合在一起进行研究是客观分析我国人力资本投资效率的内在要求,在此基础上,深入探讨提高资源配置效率的合理路径,并以此牵引和带动人力资本投资效率提升,具有重要现实意义。1)人力资本投资既要数量,更要质量。加强顶层设计,加快教育结构调整,筑牢职业技术人才根基。由于教育资源投入的结构性问题,导致出现教育资源短缺与教育资源浪费并存等现象。这就需要政府加强教育结构调整,优化同新发展格局相适应的人才结构,加快培养大批高素质劳动者和技能型人才,促进人才结构转型,向社会释放技能人才红利。2)增强资本结构与劳动力结构的匹配度。人力

资本投资效率的提升主要来自于资本与技能劳动力匹配效应,各地区要根据当地要素禀赋结构,制定相适应的政策。只有资本与劳动结构达到较高的匹配程度,才能更好地发挥二者相互匹配的促进作用,进而改善人力资本投资效率。3)推进区域劳动力转移,促进区域协调发展。受到人口结构和经济结构的影响,现阶段我国各地区劳动力市场供需并不均衡,突出表现在不同种类技能劳动力供需状况在不同区域间有较大差异。在此情况下,要继续深化劳动力市场改革,破除人才流动约束,有效优化要素资源配置,进而为中国经济增长提供支持和贡献。

## 5 参考文献

- [1] 严成樑. 资本投入对我国经济增长的影响:基于拓展的MRW框架的分析[J]. 数量经济技术经济研究, 2011, 28(6): 3
- [2] 严成樑, 崔小勇. 资本投入、经济增长与地区差距[J]. 经济科学, 2012, 188(2): 21
- [3] 李平, 钟学义, 王宏伟, 等. 中国生产率变化与经济增长源泉:1978—2010年[J]. 数量经济技术经济研究, 2013, 30(1): 3
- [4] BATASYAL A A, NIJKAMP P. Human capital use, innovation, patent protection, and economic growth in multiple regions[J]. Economics of Innovation & New Technology, 2013, 22(1/2): 113
- [5] TEIXEIRA A A C, QUEIRÓS A S S. Economic growth, human capital and structural change: a dynamic panel data analysis[J]. Research Policy, 2016, 45(8): 1636
- [6] 刘智勇, 胡永远, 易先忠. 异质型人力资本对经济增长的作用机制检验[J]. 数量经济技术经济研究, 2008, 25(4): 86
- [7] 李德煌, 夏恩君. 人力资本对中国经济增长的影响:基于扩展Solow模型的研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2013, 23(8): 100
- [8] OLANIYAN D A, OKEMAKINDE T. Human capital theory: implications for educational development[J]. Pakistan Journal of Social Sciences, 2008, 24(2): 157
- [9] ARCIDIACONO P, BAYER P, HIZMO A. Beyond signaling and human capital: education and the revelation of ability[J]. American Economic Journal: Applied Economics, 2010, 2(4): 76
- [10] 张勇. 人力资本与中国增长和转型[J]. 经济科学, 2015, 205(1): 29
- [11] 王士红. 人力资本与经济增长关系研究新进展[J]. 经济学动态, 2017, 678(8): 124
- [12] 骆永民. 人力资本投资效率的经济增长效应研究:基于四种面板数据回归模型的实证分析[J]. 当代经济科学, 2010, 32(6): 15

- [13] 白勇, 马跃如. 我国人力资本投资效率及其影响因素的实证分析[J]. 统计与决策, 2013, 386(14): 92
- [14] 封永刚, 邓宗兵. 中国人力资本投资效率的收敛性及影响因素研究[J]. 人口与经济, 2015, 210(3): 77
- [15] 张桂文, 孙亚南. 人力资本与产业结构演进耦合关系的实证研究[J]. 中国人口科学, 2014, 165(6): 96
- [16] SATO K. A two-level constant-elasticity-of-substitution production function[J]. *The Review of Economic Studies*, 1967, 34(2): 201
- [17] DUFFY J, PAPAGEORGIOU C, PEREZ-SEBASTIAN F. Capital-skill complementarity? evidence from a panel of countries[J]. *Review of Economics and Statistics*, 2004, 86(1): 327
- [18] 雷钦礼, 王阳. 中国技能溢价, 要素替代与效率水平变化的估计与分析[J]. 统计研究, 2017, 313(10): 29
- [19] KLUMP R, MCADAM P, WILLMAN A. Factor substitution and factor-augmenting technical progress in the United States: a normalized supply-side system approach[J]. *The Review of Economics and Statistics*, 2007, 89(1): 183
- [20] 邓明. 基于嵌套 CES 生产函数的多要素 Morishima 替代弹性估计[J]. 数量经济技术经济研究, 2017, 34(7): 145
- [21] 干春晖, 郑若谷, 余典范. 中国产业结构变迁对经济增长和波动的影响[J]. 经济研究, 2011, 46(5): 4
- [22] 宋旭光, 左马华青. 工业机器人投入、劳动力供给与劳动生产率[J]. 改革, 2019, 307(9): 45

## Capital input, labor structure and relative efficiency of human capital investment

ZUO-MA Huaqing SONG Xuguang

( School of Statistics, Beijing Normal University, 100875, Beijing, China)

**Abstract** Influence of capital input and labor structure on relative efficiency of human capital investment was analyzed by nested CES production function containing capital, skilled labor and unskilled labor. The relative efficiency of human capital investment was calculated, factors that influencing efficiency of human capital investment were examined, all based on Chinese provincial panel data from 2004-2018. The relative investment efficiency of human capital from 2004-2018 was found to show a slight upward trend. The relative investment of skilled and unskilled labor was found to reduce relative efficiency of human capital investment, but capital quality effect and capital-skill matching effect improved efficiency of human capital investment. The influence of capital input and labor structure on efficiency of human capital investment was limited by elasticity of factor substitution. Unskilled labor force showed crowding-out effect, but skilled labor force showed crowding-in effect. At the regional level, demand for labor showed variations in different regions, but investment efficiency was effectively improved after increasing input of skilled labor or adjusting structure of labor and capital. Improvement of industrial structure transformation and upgrading level and the proportion of skilled labor input were found to effectively reduce skill premium, thus reducing relative human capital investment efficiency. The level of industrial structure transformation and upgrading will reduce relative human capital investment efficiency when proportion of skilled labor input is low. The influence of the level of industrial structure transformation and upgrading on the relative efficiency of human capital investment was found to vary greatly in different regions. Differences in industrial structure in different regions were identified, performance in eastern regions was found stronger than central and western regions.

**Keywords** human capital; investment efficiency; capital input; labor structure

【责任编辑: 陆有忠】