

老龄化压力下自动化在经济增长中的内生机制分析

乔雅君^{1,2}, 王 军¹

(1. 首都经济贸易大学 经济学院, 北京 100068;

2. 河南财经政法大学 经济学院, 河南 郑州 450000)

摘 要:通过构建将自动化水平内生化的理论模型,研究老龄化、自动化对于经济增长的影响。结果表明,自动化在老龄化对经济增长的作用中发挥了中介效应,老龄化压力会倒逼企业提高自动化水平,并进一步促进产出的增长,从而对由劳动力减少给产出带来的负面影响起到抵消作用。利用我国省级面板数据进行实证后,结果也验证了老龄化通过自动化对经济增长产生的影响占18%左右,但这种中介作用随着自动化水平的提高呈现减弱的趋势。因此,在传统的“机器换人”的自动化基础上,必须实现更高级的人工智能,才能为经济持续增长提供良好动力。

关键词:老龄化;自动化;经济增长;中介效应

中图分类号:F124; C924.24

文献标识码:A

文章编号:1005-0566(2022)04-0161-11

Analysis on the Endogenous Mechanism of Automation in Economic Growth under the Pressure of Aging

QIAO Yajun^{1,2}, WANG Jun¹

(1. School of Economics, Capital University of Economics and Business, Beijing 100068, China;

2. School of Economics, Henan University of Economics and Law, Zhengzhou 450000, China)

Abstract: By building a theoretical model of endogenous automation level, the impact of aging and automation on economic growth is studied. The equilibrium results show that automation plays an mediating effect in the role of aging on economic growth, and the pressure of aging will promote the improvement of automation, and further promote the growth of output, so as to offset the negative impact of the reduction of labor on output. After empirical analysis using provincial panel data in China, the results also verifies that this mediating effect is a partial mediating effect. The impact of aging on economic growth through automation is about 18% of the total impact of aging on economic growth. However, with the improvement of automation level, the mediating effect shows a trend of weakening. Therefore, on the basis of the traditional “machine replacement” automation, more advanced artificial intelligence must be realized in order to provide a good foundation for sustained economic growth.

Key words: aging; automation; economic growth; mediating effect

“十四五”期间,我国老年人口将突破3亿人,和老龄化趋势合在一起,更使人们担心劳动力供给将从轻度老龄化迈入中度老龄化国家。低生育率给会面临“青黄不接”的困境,以及由此会对长期

收稿日期:2021-09-26 修回日期:2022-04-03

作者简介:乔雅君(1977—),女,甘肃宁县人,河南财经政法大学经济学院副教授,首都经济贸易大学经济学院博士生,研究方向为经济增长理论。

经济增长可能产生不利影响。尽管放开三胎及其相应的鼓励生育的政策会在提高生育率方面起到一定作用,但老龄化问题仍会在相当长的一段时期里成为困扰整个中国的经济和社会难题。我国经济增长近年来持续放缓,而想要保证“十四五”规划的顺利实施,到 2035 年基本实现社会主义现代化远景目标,切实提高全民生活质量,又要求保持一个相对稳定的经济增长。在这样的历史背景下,深入研究老龄化对经济增长的影响及其作用机制,积极挖掘其中的有利因素并加以利用,对老龄化可能对经济增长产生的不利影响进行积极干预和有效应对,具有重要的现实意义。

本文通过构建将自动化水平内生化的理论模型,说明由人口老龄化所可能带来的劳动力缺乏,将会促进生产的自动化水平提高,这是老龄化“倒逼”企业采用“机器换人”从而促进技术进步的结果。理论模型的均衡结果表明,自动化在老龄化对经济增长的作用中发挥了中介效应,老龄化趋势会促进自动化水平的提高,并进一步促进产出的增长,从而对由劳动力减少给产出带来的负面影响起到抵消作用。利用我国省级面板数据进行实证后,结果也验证了这一中介效应为部分中介效应,老龄化通过自动化这一中介变量对经济增长产生的影响占老龄化对经济增长总影响的 18% 左右。同时,通过区域异质性和动态异质性的进一步分析,发现这种中介作用随着自动化水平的提高呈现减弱的趋势,因此,在传统的“机器换人”的自动化基础上,只有实现更高级的自动化,才能为经济持续增长提供良好动力。

一、文献综述

关于老龄化与经济增长关系的定性分析,学者们的态度分为悲观论和乐观论。持悲观态度的学者认为老龄化会从不同方面阻碍经济增长。但老龄化对经济增长也并非全是消极影响,持乐观态度的学者认为其中也有可以挖掘的积极因素。在人口结构转变过程不可逆转的前提下,应该对当前人口红利的潜力进行充分挖掘,并积极创造新的人口红利,充分利用人口的二次红利与高龄人力资本投资^[1];除人口因素外,还应逐渐开发利

用新的经济增长源泉,这样才能在后刘易斯转折时期为人口老龄化找到根本出路^[2]。从需求的角度来看,长寿对经济的促进作用可能会超过出生率下降对经济的抑制作用,因此老龄化最终是可能促进经济增长的^[3]。

关于老龄化与经济增长关系的实证分析,由于学者们依据的模型以及选取样本的时间区间和范围都不相同,因此得出的结论也有很大差异。总的来说,实证的结果分为两类:一是二者存在线性关系,其中又分为老龄化对经济增长发挥抑制作用和促进作用两种结果,同时还可能存在着区域异质性和动态异质性;二是二者存在非线性的关系。有关抑制作用的分析,主要是从人口老龄化对人均产出的影响^[4-6]和劳动力老龄化对人均产出的影响^[7]出发,在相关理论模型的基础上,利用数据验证老龄化对经济增长的负面作用。也有学者得出老龄化对经济增长具有促进作用的结果,通过将劳动力扩展为劳动力数量、质量和结构的函数,由此引入老龄化因素,实证分析验证我国老年抚养比的增长显著促进了经济增长,并将其原因解释为当时我国人口红利尚未完全消失,人口老龄化对经济增长的负向影响还未开始显现^[8]。分别针对世界所有国家和 OECD 国家的老龄化与长期经济增长之间关系的研究,结果也表明老龄化均显著促进了经济增长^[9]。还有学者认为经济增长与老龄化之间存在着非线性的关系,认为人口老龄化对经济增长的效应呈现先增后减的“倒 V”型特征^[10],并将这种非线性关系归因于劳动年龄人口比重随着老龄化趋势呈现先增后减的变化^[11]。

关于老龄化对经济增长产生影响的作用机制,大部分学者主要考虑的是老龄化通过影响劳动力数量对经济增长产生的影响,还有学者则考虑了其他作用机制。老龄化可以通过劳动生产率作用于经济增长,且二者之间的关系还可能不是线性的,而是呈现“倒 U 型”的关系^[12],老龄化还会通过资本产出比和全要素生产率作用于经济增长^[13]。另外,虽然老龄化会通过降低劳动参与率和储蓄率等方面抑制经济增长,但人们也会对老

龄化作出行为调整,通过提高女性的劳动参与率和延长法定退休年龄^[14]、促使下一代人有更多的机会增加人力资本投资^[15]、促使企业进行技术创新^[16-17]、推动产业结构升级优化^[18-19]等方面来抵消老龄化对经济增长的抑制作用。

关于将自动化问题引入老龄化对经济增长影响的研究,陈彦斌等(2019)^[20]通过分别构造人工智能对自动化程度和全要素生产率产生影响的函数关系,将人工智能因素引入生产函数,构建含有人工智能和老龄化的动态一般均衡模型,依次从节约劳动力、促进资本积累和提高全要素生产率3个方面,来研究人工智能在老龄化对中国经济增长产生的不利影响中所起到的对冲作用。

综上所述,目前已有文献的研究结果表明,人口老龄化与经济增长之间的关系有可能是不确定的。不论是老龄化对经济增长的直接影响,还是老龄化通过其他中间机制作用于经济增长,这二者的关系都因为不同的历史文化背景和经济背景而表现的比较复杂。特别是,近年来针对我国老龄化与经济增长关系的研究,大部分都集中在利用省级面板数据进行实证分析方面,但其中大都缺乏对实证结果的理论模型的支撑,难以有说服力地对实证结果加以理论解释。对于我国目前日益严峻的老龄化趋势,能否深入研究老龄化对经济增长的作用机制,从中发掘有利因素并加以利用,从而继续保持经济的稳定增长,值得进一步研究。随着我国人口红利的逐渐消失,在大家寻找新的经济增长点的过程中,自动化以及人工智能备受关注。本文通过构建将自动化水平内生化的理论模型,研究老龄化与经济增长的内在联系,并通过理论与实证分析自动化在老龄化对经济增长的作用机制中所发挥的中介效应。

二、理论分析与研究假设

为了从理论上解释人口老龄化是如何通过促进生产自动化水平提高进而对经济增长产生影响的,我们通过把生产的自动化水平引入生产函数并将其内生化的,来研究自动化水平与老龄化以及经济增长之间的关系。

(一)模型设定

最终产品 Y 由中间产品 $y(i)$ 生产,其中 $i \in [0,1]$,最终产品的生产函数为

$$\ln Y = \int_0^1 \ln y(i) di \quad (1)$$

中间产品 $y(i)$ 的生产分为两种情况:存在 $\theta \in (0,1)$,当 $i > \theta$ 时,中间产品的生产没有实现自动化,即在生产中只使用劳动 l ,不使用资本 k ;当 $i \leq \theta$ 时,中间产品的生产技术已经实现了自动化,即在生产中可以使用资本或者劳动,而且假设劳动和资本是以一比一的比例完全替代的。通过模型假设可以看出, θ 代表了整个经济中生产的自动化水平, θ 越大,代表自动化水平越高。同时,所有中间产品的生产都需要使用一种包含着技术的投入品 $q(i)$ 。中间产品的生产函数采用柯布—道格拉斯函数形式,即

$$\begin{cases} y(i) = q(i)^\eta [k(i) + l(i)]^{1-\eta}, & i \leq \theta \\ y(i) = q(i)^\eta l(i)^{1-\eta}, & i > \theta \end{cases} \quad (2)$$

其中, $\eta \in (0,1)$ 。最终产品和中间产品的市场都是完全竞争的。投入品 $q(i)$ 则是由一家垄断厂商提供,其使用一单位的最终产品生产出一单位的投入品,因此其生产一单位投入品的边际成本为最终产品的价格 P 。根据利润最大化的一阶条件得出的投入品 $q(i)$ 的需求函数可知,其不变的需求价格弹性为 $1/(1-\eta)$ 。根据垄断厂商成本加成定价的原则,一单位投入品 $q(i)$ 的定价为 P/η 。同时,该垄断厂商以 $C(\theta)Y$ 的成本来选择 θ ,表示厂商通过技术选择使其生产的包含技术的投入品 $q(i)$ 更适应生产的需要。我们假设 $C'(\theta) > 0$, $C''(\theta) > 0$,代表垄断厂商的技术选择成本会随着自动化水平的提高而提高,而且自动化水平越高,自动化水平的提升越困难,并假设该成本函数满足稻田条件 $\lim_{\theta \rightarrow 0} C'(\theta) = 0$, $\lim_{\theta \rightarrow 1} C'(\theta) = \infty$ 。

(二)产出的均衡解

假设当前经济中资本充足,利率足够低,资本相对劳动比较便宜,由于 $i \leq \theta$ 时资本和劳动在生产中是完全替代的,因此实际生产中只使用较便宜的资本。通过求解最终产品生产者和两种情况

下的中间产品生产者的利润最大化条件,可以得到资本和劳动的市场出清方程:

$$\frac{(1-\eta)YP}{W} \cdot (1-\theta) = L \quad (3)$$

$$\frac{(1-\eta)YP}{R} \cdot \theta = K \quad (4)$$

由于在人口老龄化的背景下,为了充分利用自动化所带来的好处,用机器替代劳动,减少生产对劳动的依赖,在已经实现自动化的中间产品生产部门只使用资本,我们假定了资本充足,资本相对于劳动是便宜的,即 $R < W$ 。结合上述要素市场的出清方程,该假定可以表示为:

$$\frac{K}{\theta} > \frac{L}{1-\theta} \quad (5)$$

在要素市场出清的情况下,可以求解两种中间产品生产部门的均衡价格,即

$$\begin{cases} p(i) = [\frac{(1-\theta)YP}{L}]^{1-\eta} \cdot (\frac{1}{\eta})^{2\eta}, & i > \theta \\ p(i) = [\frac{\theta YP}{K}]^{1-\eta} \cdot (\frac{1}{\eta})^{2\eta}, & i < \theta \end{cases} \quad (6)$$

再结合最终产品与中间产品的价格关系

$$\ln P = \int_0^1 \ln p(i) di \quad (7)$$

设最终产品价格 $P = 1$, 最终可以得到均衡产出的表达式:

$$Y = \eta^{\frac{2\eta}{1-\eta}} \cdot (\frac{K}{\theta})^\theta \cdot (\frac{L}{1-\theta})^{1-\theta} \quad (8)$$

该生产函数表现为柯布—道格拉斯函数形式,其中 θ 和 $1-\theta$ 分别代表了资本和劳动的收入份额。为了将老龄化问题纳入分析,设 a 为老年人口在总人口中所占比重, b 为青少年人口在总人口中所占比重, c 为劳动参与率, N 为总人口,则劳动力数量可以表示为 $L = (1-a-b)cN$ 。于是,均衡产出(8)式可以写为:

$$Y = \eta^{\frac{2\eta}{1-\eta}} \cdot (\frac{K}{\theta})^\theta \cdot [\frac{(1-a-b)cN}{1-\theta}]^{1-\theta} \quad (9)$$

命题 1:在其他条件不变的情况下,老龄化对经济增长具有抑制作用,这种抑制作用是通过减少就业人数来实现的。

(三) 自动化水平的内生性

由于生产投入品 $q(i)$ 的厂商是一个垄断厂

商,其利润为:

$$\pi = \eta^{\frac{2\eta}{1-\eta}} \cdot (\frac{K}{\theta})^\theta \cdot [\frac{(1-a-b)cN}{1-\theta}]^{1-\theta} \cdot [\eta(1-\eta) - C(\theta)] \quad (10)$$

可以看出,该厂商通过选择合适的自动化水平 θ , 来实现自己的利润最大化:

$$\max_{\theta} \theta \ln \frac{K}{\theta} + (1-\theta) \ln \frac{(1-a-b)cN}{1-\theta} + \varphi(\theta) \quad (11)$$

其中, $\varphi(\theta) = \ln[\eta(1-\eta) - C(\theta)]$ 。求解该利润最大化可以得到:

$$\ln \frac{K}{\theta} - \ln \frac{(1-a-b)cN}{1-\theta} + \varphi'(\theta) = 0 \quad (12)$$

由式(12)可以求出在均衡条件下老龄化水平 a 对自动化水平 θ 的影响:

$$\frac{d\theta}{da} = \frac{1}{(1-a-b)[\frac{1}{\theta(1-\theta)} - \varphi''(\theta)]} > 0 \quad (13)$$

由于 $C'(\theta) > 0$, 由 $\varphi(\theta)$ 的表达式可知, $\varphi''(\theta) < 0$, 结合 $\theta \in (0,1)$, 可知 $d\theta/da > 0$ 。该结果表明,由人口老龄化所可能带来的劳动力缺乏,将会促进生产的自动化水平提高,这是老龄化“倒逼”企业采用“机器换人”从而促进技术进步的结果。这是本模型至关重要的一个结论。这一结论的经济含义是很直观的:如果技术是替代劳动的,则劳动力缺乏将会促进该技术进步;反之,如果技术是互补劳动的,则劳动力缺乏将会抑制该技术进步。自动化主要是替代劳动的,因此,由老龄化带来的劳动力缺乏,将会促进自动化水平的提高。

命题 2:老龄化对自动化水平具有促进作用。

(四) 自动化水平对均衡产出的影响

由均衡产出表达式(8),结合代表资本相对劳动便宜的表达式(5),可以得到:

$$\frac{d \ln Y}{d \theta} = \ln \frac{K}{\theta} - \ln \frac{L}{1-\theta} > 0 \quad (14)$$

式(14)表明,自动化水平的提高将会促进产出的增加。

命题 3:自动化水平对经济增长具有促进作用。

(五) 老龄化对均衡产出的影响

建立本模型的主要目的,就是研究通过自动化的传导机制,老龄化是怎样作用于均衡产出的。利用式(9)和式(13),可以得出老龄化对均衡产出的边际影响:

$$\frac{d\ln Y}{da} = -\frac{1}{1-a-b} \cdot \left[(1-\theta) - \frac{\ln \frac{K}{\theta} - \ln \frac{(1-a-b)cN}{1-\theta}}{\frac{1}{\theta(1-\theta)} - \varphi''(\theta)} \right] \quad (15)$$

式(15)如果是正的,则老龄化对产出的边际影响为负,说明主要是老龄化带来的劳动力缺乏抑制了经济增长。但随着老龄化促进自动化水平 θ 的逐渐提高,这一项有可能变为负的,此时老龄化对产出的边际影响就变成了正的,说明老龄化通过提高自动化水平从而促进经济增长的正面作用已经超过了其通过减少劳动力数量给经济增长带来的负面作用,老龄化开始表现出对经济增长的正向影响。

老龄化对经济增长的作用机制可以通过将式(9)和式(13)结合之后的简化形式得到更清楚的表达:

$$Y = f[a, \theta(a)] \quad (16)$$

$\begin{array}{c} \text{间接影响} \\ \downarrow \\ Y = f[a, \theta(a)] \\ \uparrow \\ \text{直接影响} \end{array}$
 $\begin{array}{cc} (-) & (+) \end{array}$

在式(16)中,老龄化水平 a 通过两种途径影响均衡产出 Y 。第一种是直接影响,表示老龄化通过减少劳动力数量对均衡产出产生负影响;第二种是间接影响,表示老龄化通过促进自动化水平提高对均衡产出产生正影响。因此,在老龄化对经济增长产生影响的过程中,自动化水平起到了中介作用(见图1)。

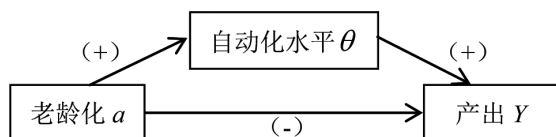


图1 自动化在老龄化对经济增长影响中的中介作用

命题4:自动化水平在老龄化对经济增长的影响中起到中介作用。

三、实证方法、模型和数据

(一) 实证方法

中介效应的分析方法经常被用来研究自变量对因变量产生影响的中间过程和传导机制。例如,如果想研究变量 M 在 X 对 Y 的影响中发挥的中介效应,可以用下列简化的方程加以说明。

$$Y = \gamma X + u_1$$

$$M = \alpha X + u_2$$

$$Y = \gamma' X + \beta M + u_3$$

其中, γ 表示 X 对 Y 影响的总效应, γ' 和 $\alpha\beta$ 分别表示 X 对 Y 影响的直接效应和间接效应,这里的间接效应就是 M 在 X 对 Y 的影响中发挥的中介效应。总效应、直接效应和中介效应之间应存在以下关系:

$$\gamma = \gamma' + \alpha\beta$$

Baron 和 Kenny 的逐步检验法、Sobel 法和 Bootstrap 法是检验中介效应的比较常用的方法。由于在检验结果都显著的情况下,逐步检验法的检验结果强于 Sobel 法和 Bootstrap 法的检验结果^[21]。因此,本文先采用逐步检验法检验中介效应,如果结果不显著,再使用其他方法。

(二) 计量模型

1. 变量说明

被解释变量有人均 GDP(PGDP)。核心解释变量有老年人口占比(AR)和老年抚养比(AGR)。中介变量有资本收入份额(CRS)和资本劳动比(CLR)。本文主要研究自动化在老龄化对经济增长作用中的中介效应,但由于中国目前缺乏能够代表生产自动化或者人工智能的准确数量指标,例如机器人的使用数量等,因此还没有一个直接的指标可以用来度量自动化水平。但在本文第二部分的数理模型中,通过式(8)的均衡产出表达式可以看出,在最终产品的生产中,代表生产自动化水平的 θ ,作为资本项目的指数,正好等于资本的收入份额,因此本文使用中国的资本收入份额,来近似代表生产的自动化水平,以此来检验自动化在老龄化对经济增长作用中的中介效应。同时,

资本劳动比也可以从一定程度上反映生产中使用的机器和人工的比例,因此也可以近似地代表自动化水平。在稳健性检验中,使用资本劳动比替换资本收入份额进行检验。控制变量有青少年人口占比(YR)、资本存量(CS)和平均受教育年限(AEY)。

2. 模型设定

为实证考察各省市自治区老龄化对经济增长的影响以及自动化在这一影响机制中所发挥的中介作用,本文构造了如下计量模型:

$$PGDP_{it} = c_1 + \gamma AR_{it} + \mu_1 YR_{it} + \mu_2 CS_{it} + \mu_3 AEY_{it} + u_1 \quad (\text{模型 1})$$

$$CRS_{it} = c_2 + \alpha AR_{it} + \delta_1 YR_{it} + \delta_2 CS_{it} + \delta_3 AEY_{it} + u_2 \quad (\text{模型 2})$$

$$PGDP_{it} = c_3 + \gamma' AR_{it} + \beta CRS_{it} + \zeta_1 YR_{it} + \zeta_2 CS_{it} + \zeta_3 AEY_{it} + u_3 \quad (\text{模型 3})$$

其中,模型 1 研究的是老龄化对经济增长的总影响, γ 为总影响系数。根据式(15)、式(16)式和相关分析可知,综合老龄化对经济增长的直接和间接影响后,其总影响的符号是不确定的,具体取决于其负的直接和正的间接影响的大小对比。模型 2 依据本文第二部分提出的命题 2 建立,用来验证老龄化对自动化水平的影响。根据命题假设,应有 $\alpha > 0$ 且显著,代表老龄化对自动化水平具有促进作用。模型 3 依据命题 1、命题 3、命题 4 建立,用来验证老龄化对经济增长的影响、自动化水平对经济增长的影响,以及自动化是否在老龄化对经济增长的作用中发挥了中介效应。根据命题假设,应有 $\gamma' < 0$, $\beta > 0$, 代表老龄化会通过减少劳动力数量来抑制经济增长,而自动化水平则会促进经济增长。并且,如果 γ 、 α 和 β 均显著,即中介效应的确存在的话,应有 $\gamma = \gamma' + \alpha\beta$ 。

(三) 数据说明

本文旨在研究 2000 年中国正式步入老龄化社会以后,逐步增强的老龄化趋势与经济增长之间的关系。鉴于数据的可得性和完备性,本文选取了 2003—2017 年中国 30 个省份(不含西藏及港澳台)的省级面板数据。各数据来自于 2004—2018 年《中国统计年鉴》以及各省份《统计年鉴》和《中国人

口和就业统计年鉴》。各变量的统计性描述见表 1。

表 1 变量统计性描述

变量	均值	标准差	最大值	最小值	中位数
PGDP	9.9376	0.6574	11.5442	8.1576	9.9465
AR	9.3605	1.9219	16.3751	5.4317	9.1038
AFR	12.7785	2.6344	21.8857	7.4400	12.4830
CRS	0.5335	0.0567	0.6856	0.3494	0.5322
CLR	7.7467	5.3308	35.8325	0.3860	6.2639
YR	17.2970	4.3225	28.3360	7.5592	17.4040
CS	8.6474	1.0104	12.5000	6.0400	8.5600

四、实证研究结果及分析

(一) 中介效应检验

本文的主要目的是研究在老龄化对经济增长产生影响的过程中自动化所发挥的作用。依据模型 1—模型 3,运用我国 2003—2017 年的省级面板数据检验老龄化通过自动化影响经济增长的中介效应,估计结果如表 2 所示。

表 2 中的第(1)列对模型 1 进行了估计,回归结果中老年人口占比 AR 的系数估计值为 0.0499,且在 1% 的置信水平下显著,表明从总影响来看,老龄化对经济增长有显著的促进作用。这一结论与之前从理论模型中得出的判断是一致的,因为老龄化对经济增长的总影响的符号是不确定的,取决于其直接影响和间接影响的大小关系。从估计结果来看,尽管我国的老龄化程度不断加深,但我们目前的确不必“谈老色变”,因为从总效应来看,我国的老龄化问题还没有对经济表现出明显的抑制作用。

表 2 老龄化通过自动化影响经济增长的中介效应(1)

变量	(1)	(2)	(3)
	PGDP	CRS	PGDP
AR	0.0499 *** (0.0085)	0.0050 *** (0.0018)	0.0290 *** (0.0041)
CRS	—	—	0.5114 *** (0.0966)
YR	-0.0632 *** (0.0068)	-0.0015 (0.0015)	-0.0071 ** (0.0034)
CS	1.80×10^{-5} *** (2.00×10^{-6})	-1.67×10^{-6} *** (4.33×10^{-7})	-1.78×10^{-6} ** (8.98×10^{-7})
AEY	0.4173 *** (0.0293)	-0.0106 * (0.0064)	0.0204 (0.0203)
Constant	6.7996 *** (0.3359)	0.6177 *** (0.0728)	9.3554 *** (0.2195)
截面固定效应	✓	✓	✓
时期固定效应	×	×	✓
R ²	0.9417	0.6322	0.9916

注:*** 和 ** 分别表示在 1% 和 5% 的置信水平下显著,括号里的数值为标准差。

表2的第(2)列对模型2进行了估计,进而验证命题2。回归结果中 AR 的系数估计值为0.0050,且在1%的置信水平下显著,表明老龄化对自动化水平有显著的促进作用,这一结果验证了命题2提出的假设,说明人口老龄化的确可以在面临劳动力缺乏的压力下,倒逼企业提高自动化水平。

表2的第(3)列对模型3进行了估计,进而验证命题1、命题3、命题4。回归结果中 AR 的系数估计值为0.0290,且在1%的置信水平下显著。这一结果与命题1提出的老龄化对经济增长具有抑制作用看似矛盾,但应该具体分析其中的原因。命题1提出,在其他条件不变的情况下,老龄化对经济增长具有抑制作用,这种抑制作用是通过减少就业人数来实现的。这说明,在理论上,当总人口、青少年人口占比和劳动力参与率都保持不变时,老龄化将会通过减少就业人数对经济增长产生抑制作用。但事实上这些数据都在发生变化,因此老龄化不一定会减少就业人数,也就不一定会抑制经济增长。从全国的数据来看,虽然我国从2000年起就正式进入了老龄化社会,但我国的总人口仍呈现逐年上升的趋势,青少年人口占比在2014年以前一直呈下降趋势,自2014年开始才略有回升,劳动年龄人口的总数也是在一直上升的情况下,从2014年开始才转为下降。李建伟(2020)^[22]的研究也表明,直到2010年我国的劳动力供求格局才开始发生转折性变化,从劳动力供给过剩变为供求总量基本平衡,并逐步向供给不足演变。从各省就业人数和老年人口占比的变化关系也可以看出,到目前为止,我国的老龄化趋势并未造成就业人数的明显下降,因此并没有通过减少劳动力进而对经济增长产生抑制作用。因为老龄化对经济增长的影响有可能是倒U型的,在老龄化的初期,劳动年龄人口占比仍在上升,因此产出仍在增长。另外,这一结论也可以用来解释表2的第(1)列显示的老龄化对经济增长的总效应为正的原因。本文的式(16)已经说明,老龄化对经济增

长的总效应是一个负的直接效应和正的间接效应综合作用的结果,因此总效应的符号是不确定的。但是,由于我国的人口老龄化并未立刻引起就业人数的下降,因此这个直接效应表现出来不是负的,而是正的,从而使得正的直接效应和正的间接效应的综合自然得到一个正的总效应。当然也应该看到,从2014年开始,我国的劳动年龄人口的绝对量已经开始出现下降,因此从长期来看,老龄化对经济增长的负面影响肯定会逐渐体现出来,我们对此必须引起重视。回归结果中 CS 的系数估计值为0.5114,且在1%的置信水平下显著,表明自动化水平对经济增长具有显著的促进作用,这一结果验证了命题3提出的假设。这一结论在理论和实践上也得到了其他验证,例如机器人能够弥补的劳动力工作可以部分抵消由人口老龄化带来的劳动力短缺问题^[22],工业机器人的使用,不仅可以直接影响经济增长,还可以通过全要素生产率影响经济增长^[23],从而对产出产生更大的积极影响。同时,由于 γ 、 α 和 β 均显著,依据中介效应的相关理论,表明自动化在老龄化对经济增长的作用中的确发挥了中介效应,并且由于 γ' 也显著,因此该中介效应为部分中介效应,通过计算 $\alpha\beta/\gamma = 0.0512$ 可知,老龄化通过自动化这一中介变量对经济增长产生的影响占老龄化对经济增长总影响的5.12%,这一结果验证了命题4提出的假设。由此我们可以看出,自动化水平的提高,不仅仅是抑制老龄化对经济增长产生不利影响的一种策略,而且还可能其本身就是老龄化的“产物”,在老龄化与经济增长的关系中起着一种平衡作用。

(二)稳健性检验

1. 替换核心解释变量

为了检验模型估计结果的稳健性,将核心解释变量由老年人口占比换成老年抚养比,重新回归的结果见表3。可以看出,表3的回归结果和表2的基本一致,也验证了自动化在老龄化对经济增长的影响中发挥了部分的中介效应。

表 3 老龄化通过自动化影响经济增长的中介效应(2)

变量	(1)	(2)	(3)
	PGDP	CRS	PGDP
AFR	0.0347 *** (0.0056)	0.0035 *** (0.0012)	0.0194 *** (0.0027)
CRS	—	—	0.5070 *** (0.0967)
YR	-0.0686 *** (0.0067)	-0.0020 (0.0015)	-0.0103 *** (0.0033)
CS	1.77×10^{-5} *** (2.00×10^{-6})	-1.69×10^{-6} *** (4.34×10^{-7})	-1.82×10^{-6} ** (8.99×10^{-7})
AEY	0.4162 *** (0.0292)	-0.0107 * (0.0064)	0.0220 (0.0203)
Constant	6.9284 *** (0.3313)	0.6308 *** (0.0720)	9.4231 *** (0.2172)
截面固定效应	✓	✓	✓
时期固定效应	×	×	✓
R ²	0.9422	0.6327	0.9916

注:***、**和*分别表示在1%、5%和10%的置信水平下显著,括号里的数值为标准差。

2. 替换中介变量

为了进一步验证模型的稳健性,将代表自动化水平的中介变量由资本收入份额(CRS)换为资本劳动比(CLR)重新进行估计。由于资本劳动比(CLR)与控制变量资本存量(CS)高度相关,同时因为资本劳动比是通过资本存量除以就业人数得到的,如果控制了资本存量,就相当于只是在研究就业人数的中介效应,脱离了本来的设计目的,因此在引入资本劳动比之后,从控制变量中去掉了资本存量,重新回归的结果见表4。表4中的前3个结果是使用老年人口占比和中介变量资本劳动比进行的估计,后3个结果是使用老年抚养比和中介变量资本劳动比进行的估计。从估计结果可以看出,用资本劳动比换掉资本收入份额以后,主要的结论都和使用资本收入份额时的结论保持一致,依然可以验证自动化在老龄化对经济增长的影响中起到部分的中介作用。同时,在使用资本劳动比作为中介变量时,核心解释变量分别为老年人口占比和老年抚养比两种情况下的 $\alpha\beta/\gamma$ 值依次是0.1888和0.1837,说明中介效应带来的间接影响已经占到了老龄化对经济增长的总影响的18%以上,比使用资本收入份额作为中介变量时的中介效应更加明显。这说明在反映老龄化对经济增长的中介效应方面,资本劳动比由于既包含了要素的结构变化,又体现了生产的自动化水平,

因此是比资本收入份额更适合的指标。另外,中介效应在理论上应该存在 $\gamma = \gamma' + \alpha\beta$ 。在使用资本劳动比作为中介变量时,两种估计下的 $\gamma' + \alpha\beta$ 值分别为0.0663和0.0460,与相对应的 γ 值完全吻合,这也说明选择资本劳动比作为中介变量是比较合适的。

表 4 老龄化通过自动化影响经济增长的中介效应(3)

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	PGDP	CLR	PGDP	PGDP	CLR	PGDP
AR	0.0663 *** (0.0090)	0.3759 *** (0.1299)	0.0538 *** (0.0080)	—	—	—
AFR	—	—	—	0.0460 *** (0.0060)	0.2553 *** (0.0861)	0.0375 *** (0.0053)
CLR	—	—	0.0333 *** (0.0030)	—	—	0.0331 *** (0.0030)
YR	-0.0463 *** (0.0071)	-0.1369 (0.1018)	-0.0417 *** (0.0062)	-0.0537 *** (0.0071)	-0.1785 * (0.1020)	-0.0478 *** (0.0062)
AEY	0.5881 *** (0.0243)	3.6656 *** (0.3501)	0.4660 *** (0.0241)	0.5833 *** (0.0243)	3.6458 *** (0.3512)	0.4627 *** (0.0240)
Constant	5.0315 *** (0.2971)	-25.1013 *** (4.2668)	5.8677 *** (0.2718)	5.2355 *** (0.2949)	-23.9535 *** (4.2587)	6.0282 *** (0.2690)
截面固定效应	✓	✓	✓	✓	✓	✓
时期固定效应	×	×	×	×	×	×
R ²	0.9304	0.7816	0.9463	0.9312	0.7819	0.9470

注:***和*分别表示在1%和10%的置信水平下显著,括号里的数值为标准差。

通过估计结果的对比可以发现,使用资本劳动比作为代表自动化水平的中介变量比使用资本收入份额更加合适,其原因也可以从二者的数据特征上看出。因为随着经济的快速发展,近年来我国的自动化水平是在逐年提高的,但资本收入份额的数据在大多数省份却表现出先升后降的变化趋势,因此用资本收入份额来代表自动化水平,虽然根据模型推导的结果,在理论上有一定依据,但数据特征并不相符。而资本劳动比的数据则呈现逐年上升的趋势,从而,使用资本劳动比来代表自动化水平,不仅有理论依据,其数据特征也是相符的,因此将资本劳动比作为代表自动化水平的中介变量后,就变现出了更为明显的中介效应,故本文后面的分析就采用资本劳动比作为中介变量。

(三)异质性分析

1. 区域异质性

我国幅员辽阔,不同地区之间的发展也很不平衡,特别是自动化水平的基础和发展情况在不同地区之间都存在很大差异。那么,在不同的区域,自动化是否都在老龄化对经济增长的影响中

发挥着显著的中介作用呢?为了研究这种中介作用是否存在区域异质性,本文将全国样本分为四个地区进行实证分析,分别是东北、东部、中部和西部地区。通过以西部为基础类别引入地区虚拟变量进行回归后发现,东北部的系数并不显著,这可能是由于东北部近年来发展速度较为缓慢,从而与西部地区情况比较类似,因此将东北部和西部合并为一组,重新估计后,最终分区域的回归结果见表5。

表5 分地区估计结果

变量	被解释变量:PGDP			
	(1)	(2)	(3)	(4)
	东部	中部	东北部和西部	全国
AR	0.0297 *** (0.0058)	0.1568 *** (0.0275)	0.0805 *** (0.0131)	0.0538 *** (0.0080)
CLR	0.0038 * (0.0020)	0.0334 *** (0.0093)	0.0432 *** (0.0043)	0.0333 *** (0.0030)
YR	-0.0167 *** (0.0053)	-0.0156 (0.0145)	-0.0411 *** (0.0106)	-0.0417 *** (0.0062)
AEY	-0.0139 (0.0345)	0.4401 *** (0.0596)	0.3739 *** (0.0395)	0.4660 *** (0.0241)
Constant	10.4922 *** (0.3514)	4.5090 *** (0.6183)	6.3227 *** (0.4736)	5.8677 *** (0.2718)
截面固定效应	√	√	√	√
时期固定效应	√	×	×	×
n	150	90	210	450
R ²	0.9889	0.8801	0.9456	0.9463
中介效应 $\alpha\beta/\gamma$	4.91%	11.41%	26.26%	18.88%

注:***和*分别表示在1%和10%的置信水平下显著,括号里的数值为标准差。

从中介效应的存在性来看,表5的结果显示,与全国样本的结论一样,分区域回归后,在三大区域中,自动化都在老龄化对经济增长的影响中发挥着显著的中介作用。

从中介效应的大小来看,东部、中部、东北部和西部的中介效应分别为4.91%、11.41%和26.26%,说明老龄化通过促使自动化水平提高从而推动经济增长的这种间接影响占老龄化对经济增长总影响的比重,在东部地区最小,在东北部和西部地区最大,中部地区居中。出现这种差异的原因主要是,由于基础条件和生产方式的不同,我国不同区域的自动化水平存在很大差异,东部的自动化水平明显高于中部,而中部又高于东北部和西部。由于自动化水平对经济增长的促进作用也会表现出边际报酬递减的特点,因此在自动化水平已经达到比较高的水平的东部地区,自动化

对产出的促进作用表现的就不那么明显了。同时,由于我们采用的两种衡量自动化水平的近似指标,无论是资本收入份额,还是资本劳动比,都是间接地从机器与劳动的数量比例方面来测度机器对劳动的替代程度,而这种替代只是一种初级的自动化。这种初级的自动化只能在经济发展水平比较低、自动化水平比较低的地区才能对经济增长产生比较大的促进作用。

2. 动态异质性

从全国的数据来看,虽然我国从2000年起就正式进入了老龄化社会,但在老年人口占比逐渐提高的同时,青少年人口占比在2014年以前一直呈下降趋势,自2014年开始才略有回升,从而在很大程度上抵消了老龄化对劳动年龄人口占比的影响,而我国劳动年龄人口的总数相应地也正是在一直上升的情况下,从2014年开始才转为下降。由于劳动年龄人口是老龄化对经济增长产生影响的重要途径,因此根据我国劳动年龄人口随时间变化的特点,本文以2014年为分界点,分别对2003—2013年和2014—2017年两个区间进行实证分析,以检验在这两个不同的时段,自动化是否都在老龄化对经济增长的影响中发挥着显著的中介作用,估计结果见表6。

表6 分时段估计结果

变量	被解释变量:PGDP		
	(1)	(2)	(3)
	2003—2013	2014—2017	2003—2017
AR	0.0343 *** (0.0096)	0.0473 *** (0.0075)	0.0538 *** (0.0080)
CLR	0.0552 *** (0.0041)	0.0263 *** (0.0060)	0.0333 *** (0.0030)
YR	-0.0600 *** (0.0074)	0.0333 *** (0.0115)	-0.0417 *** (0.0062)
AEY	0.3066 *** (0.0299)	0.1219 *** (0.0358)	0.4660 *** (0.0241)
Constant	7.5523 *** (0.3637)	8.0021 *** (0.3443)	5.8677 *** (0.2718)
截面固定效应	√	√	√
时期固定效应	×	×	×
n	330	120	450
R ²	0.9536	0.9906	0.9463
中介效应 $\alpha\beta/\gamma$	15.59%	10.88%	18.88%

注:***和*分别表示在1%和10%的置信水平下显著,括号里的数值为标准差。

从中介效应的存在性来看,表6的结果显示,与2003—2017年样本的结论一样,分时段回归后,

在以 2014 年为分界线划分的两个时段中,自动化都在老龄化对经济增长的影响中发挥着显著的中介作用。

从中介效应的大小来看,2003—2013 年和 2014—2017 年的中介效应分别为 15.59% 和 10.88%,说明老龄化通过促使自动化水平提高从而推动经济增长的这种间接影响占老龄化对经济增长总影响的比重,2014 年以前比较大,2014 年以后相对较小。出现这种差异的原因与区域差异的原因类似,因为从时间维度上来看,随着整体自动化水平的提高,其对经济增长表现出的促进作用也具有减弱的趋势。这同样需要我们用更高级的自动化代替初级的自动化,从而给产出增长提供更多动力。

综上所述,无论是从区域异质性还是动态异质性的角度进行分析,自动化都在老龄化对经济增长的影响中发挥着显著的中介作用,但这种中介作用随着自动化水平的提高呈现减弱的趋势。因此,在传统的“机器换人”的自动化的基础上,只有实现更高级的自动化,才能为经济持续增长提供良好动力。

五、结论及政策建议

(一) 结论

理论分析的结果表明,通过构建自动化水平内生化的理论模型,并把老龄化因素纳入分析,人口老龄化对经济增长具有双重影响,既可能通过减少劳动力数量抑制经济增长,又可以通过加快生产的自动化进程来促进经济增长,自动化水平在后者中发挥着老龄化对经济增长影响中的中介作用。实证分析的结果表明,人口老龄化并未引起我国劳动力人数的明显下降,因此其通过减少就业人数抑制经济增长的效果尚未表现出来,但是从长期来看,老龄化对经济增长的负面影响有可能会逐渐显现出来。无论是使用资本收入份额还是资本劳动比作为代表自动化水平的变量,其在老龄化对经济增长作用中都显著地表现出部分的中介效应,并且中介效应可以解释总影响的 18% 左右。这种中介效应在分区域回归和分时段回归中依然表现出显著的特征,但其效应大小却

随着经济发展水平和自动化水平的提高而递减,因此必须在传统自动化的基础上开发更高级的自动化,才能为经济增长的持续增长提供必要动力。

(二) 建议

第一,提高自动化水平,加快发展人工智能。在人口老龄化的趋势下,企业必须及时转变生产方式,提高生产的自动化水平,尽可能降低产出对劳动力数量和质量的依赖。同时,由于这种中介效应的大小会随着经济发展水平和自动化水平的提高而递减,因此除了简单的自动化,还需要继续开发更高级的自动化,即人工智能。“十四五”规划指出,我们要坚持创新驱动发展,全面塑造发展新优势。由于人工智能能够进行“机器学习”,从更大范围、更大程度上实现对劳动力的替代,因此是更高级的自动化。人工智能可以在传统自动化对经济增长的促进作用减弱的情况下,通过更高级的自动化继续挖掘经济增长的潜力。

第二,优化生育政策,延迟退休年龄。由于老龄化对劳动年龄人口数量的影响具有滞后效应,必须未雨绸缪。同时,与老龄化趋势伴随的还有我国偏低的生育意愿。高老龄化与低生育率并存,必定对我国的劳动力数量提出严峻挑战。为此,制定人口长期发展战略、优化生育政策、增强生育政策包容性,是“十四五”规划提出的应对人口老龄化问题的战略之一。结合我国的实际情况,制定适合的生育政策,顺应国情,顺应民意,在优生优育的基础上提高生育率,是解决劳动力短缺的根本途径。2021 年国家开始鼓励三胎生育,一系列降低生育、养育、教育成本的配套支持措施也相继出台,相信将会对提高人们的生育意愿产生积极的促进作用。与此同时,适当延迟退休年龄也可以充分发挥老龄人的作用,通过合理的岗位安排,提高要素配置的效率。从长期来看,优化生育政策和延迟退休年龄相结合,可以大大缓解劳动力数量短缺的问题。

第三,增加人力资本投资,提高劳动力利用效率。人口老龄化会自然导致劳动力老龄化,这将会从两个方面对劳动力的平均质量产生不利影响,分别是劳动力的技术质量和健康质量。因此,

要想抑制老龄化对劳动力质量的负面影响,就必须通过加强教育、培训以及健康保障等方面来全面提升人力资本,为经济增长创造人力资本红利。人力资本红利是高质量的人口红利,因为人力资本红利的边际效率要显著高于单纯数量上的人口红利。在提高劳动力的数量和质量的同时,还应该提高劳动力的利用效率。鉴于劳动力自身特征和行业特征的差异,不同行业、不同年龄结构的劳动力之间,劳动力的分布情况具有很大的差异。例如,一些传统农业可以使用一部分老年人口作为劳动力,而在一些知识密集型行业,高学历、高能力的劳动力适合延长工作年限等。“十四五”规划中也明确提出要积极开发老龄人力资源,因此,可以通过研究各行业特点,制定相应的收入分配政策和产业结构调整方案,加强对现有劳动力的充分利用,为经济增长作出更大贡献。

参考文献:

- [1] 张士斌, 刘秀秀. 老龄化社会的经济增长、二次红利与高龄人力资本投资体系变革[J]. 改革, 2019(12): 124-132.
- [2] 蔡昉. 人口转变、人口红利与刘易斯转折点[J]. 经济研究, 2010(4): 4-13.
- [3] KLAUS, PRETTNER. Population aging and exogenous economic growth[J]. Journal of population economics, 2013, 26(2): 811-834.
- [4] 胡鞍钢, 刘生龙, 马振国. 人口老龄化、人口增长与经济增长——来自中国省际面板数据的实证证据[J]. 人口研究, 2012(3): 14-26.
- [5] NICOLE M, KATHLEEN J M, DAVID P. The effect of population aging on economic growth, the labor force and productivity[R]. 2016, 22452.
- [6] DAVID E B, DAVID C, JOCELYN E F. The economic consequences of demographic change in East Asia, NBER-EASE volume 19[M]. Chicago: University of Chicago Press, 2010: 61-89.
- [7] 郑君君, 朱德胜, 关之烨. 劳动人口、老龄化对经济增长的影响——基于中国9个省市的实证研究[J]. 中国软科学, 2014(4): 149-159.
- [8] 曲丹. 人口老龄化影响经济增长的实证研究[J]. 东北师大学报(哲学社会科学版), 2015(3): 63-66.
- [9] ACEMOGLU, RESTREPO. Secular stagnation? the effect of aging on economic growth in the age of automation[J]. American economic review, 2017, 107(5): 174-179.
- [10] 齐红倩, 闫海春. 人口老龄化抑制中国经济增长了吗?[J]. 经济评论, 2018(6): 28-40.
- [11] HYUN-HOON L, KWANHO S. Nonlinear effects of population aging on economic growth[J]. Japan & the world economy, 2019, 51(9): 1-17.
- [12] 李竞博. 人口老龄化对劳动生产率的影响[J]. 人口研究, 2019(6): 20-32.
- [13] 都阳, 封永刚. 人口快速老龄化对经济增长的冲击[J]. 经济研究, 2021(2): 71-88.
- [14] DAVID E B, DAVID C, GUNTHER F. Implications of population aging for economic growth[J]. Oxford review of economic policy, 2010, 26(4): 583-612.
- [15] 于也雯, 龚六堂. 生育政策、生育率与家庭养老[J]. 中国工业经济, 2021(5): 38-56.
- [16] 谢雪燕, 朱晓阳. 人口老龄化、技术创新与经济增长[J]. 中国软科学, 2020(6): 42-53.
- [17] 刘成坤. 人口老龄化与高技术产业创新效率[J]. 云南社会科学, 2021(3): 93-102.
- [18] 汪伟, 刘玉飞, 彭冬冬. 人口老龄化的产业结构升级效应研究[J]. 中国工业经济, 2015(11): 47-61.
- [19] 赵昕东, 刘成坤. 人口老龄化对制造业结构升级的作用机制研究——基于中介效应模型的检验[J]. 中国软科学, 2019(3): 153-163.
- [20] 陈彦斌, 林晨, 陈小亮. 人工智能、老龄化与经济增长[J]. 经济研究, 2019(7): 47-63.
- [21] 温忠麟, 叶宝娟. 中介效应分析: 方法和模型发展[J]. 心理科学进展, 2014, 22(5): 731-745.
- [22] 李建伟. 我国劳动力供求格局、技术进步与经济潜在增长率[J]. 管理世界, 2020(4): 96-113.
- [23] 刘骏, 刘涛雄, 谢康. 机器人可以缓解老龄化带来的中国劳动力短缺问题吗[J]. 财贸经济, 2021(8): 145-160.
- [24] 杨光, 侯钰. 工业机器人的使用、技术升级与经济增长[J]. 中国工业经济, 2020(10): 138-156.

(本文责编:辛 城)