

答审稿专家的宝贵意见

第一份意见

审稿意见 (1.1):

文章关于老龄化对数字化转型的影响机制中,没有专门考虑老龄化加深伴随的劳动供给下降对数字化转型的影响,实际上 Acemoglu 已经提出老龄化会促进机器换人过程。

修改说明:

感谢审稿专家意见。在最新修改稿“基于老龄化降低人力资本水平的机制”部分中,我们补充了老龄化加深伴随的劳动供给下降对数字化转型的影响内容,具体来说,我们加入了老龄化对企业雇佣员工人数的影响机制检验,结果显示老龄化会导致企业雇佣员工总数减少,表明了人口老龄化带来的劳动年龄人口规模的下降会导致企业雇佣员工人数的减少。

此外,对于审稿专家提到的老龄化会促进机器换人过程,我们也进行了相关的检验。具体来说,参考王永钦和董雯(2020)使用工业机器人渗透度来度量企业机器人应用程度,并与老龄化进行回归,结果见表1第(1)列,可以看到回归结果与预期相反;此外,考虑到老龄化对数字化转型的影响未必当期就会产生,我们进一步将解释变量和控制变量滞后一期进行回归,结果见下表第(2)列,系数为正但是并不显著。因此对于老龄化对工业机器人渗透度的机制检验的结果和预期不相符,在最新修改稿中也就没有加入关于这点的检验。

表 1 工业机器人渗透度机制检验

	(1)	(2)
<i>VARIABLES</i>	<i>Robot</i>	<i>Robot</i>
<i>SENIORS</i>	-0.4329 (-0.0955)	1.4744 (0.2694)
控制变量	控制	控制
年度固定效应	控制	控制
企业固定效应	控制	控制
观测值	22,744	20,900
R^2	0.166	0.171

审稿意见 (1.2):

文章也没有考虑老龄化、人口转变与结构转型的相互影响的关系,这与企业数字化转型高度相关,建议作者参考颜色等(2018)、郭凯明等(2021)、郭凯明等(2023)的一系列相关研究。

修改说明:

感谢审稿专家的意见。针对这一问题我们仔细查阅了相关文献,发现审稿专家提到的结构转型更多的是在宏观层面,在微观层面难以找到合适的指标度量,鉴于本文的研究视角为微观企业层面,所以这点可能无法融入本文的研究中。因此,我们没有找到比较合适的角度进行修改,最新修改稿中也没有针对这点进行修改,希望审稿专家理解。同时,审稿专家提到的这一点也确实值得深入分析,在后续的研究中我们会格外关注这一问题。

审稿意见 (1.3):

老龄化对数字化转型的影响未必当期就会产生,因为转型毕竟是个长期渐进的过程,建议考虑老龄化的滞后影响。

修改说明:

感谢审稿专家意见。针对老龄化的滞后影响,我们在最新修改稿的稳健性检验部分中,加入了滞后期的检验。将解释变量和控制变量滞后一期进行回归后的结果显示地区人口老龄化对企业数字化转型的影响仍然显著负相关,与主实证回归结果一致。

1.详细的变量定义

附表 1 变量定义及说明

变量类型	变量名称	变量说明
被解释变量	<i>DIGIT</i>	反映数字化转型程度
解释变量	<i>SENIORS</i>	企业所在城市老年人口比例：65 岁及 65 岁以上人口的比例
地区层面 控制变量	<i>INDUS2</i>	第二产业占地区 GDP 比重
	<i>AGDP</i>	地级市人均 GDP 的对数值
	<i>POPU</i>	地级市人口数量的对数值
企业层面 控制变量	<i>ROA</i>	总资产收益率：净利润占总资产的比例
	<i>SIZE</i>	企业规模：企业总资产的对数值
	<i>GROWTH</i>	成长性：企业主营收入增长率
	<i>AGE</i>	企业年龄：企业成立年限对数值
	<i>AGE2</i>	企业年龄的平方：企业年龄的平方的对数值
	<i>ATO</i>	总资产周转率：销售收入占总资产的比例
	<i>LEV</i>	财务杠杆：总负债占总资产的比例
	<i>DUALITY</i>	两职合一：董事长与总经理为同一人为 1；反之 0
	<i>TOP5</i>	股权集中度：前五大股东持股比例和
	<i>STATE</i>	产权性质：国有为 1；非国有为 0

2.描述性统计

附表 2.1 主要变量描述性统计

变量	观测值	均值	中值	标准差	最小值	最大值
<i>DIGIT</i>	24281	0.073	0.049	0.072	0	0.750
<i>SENIORS</i>	24281	0.110	0.113	0.037	0.019	0.227
<i>INDUS2</i>	24281	0.419	0.433	0.108	0.117	0.893
<i>AGDP</i>	24281	11.41	11.490	0.525	8.773	13.060
<i>POPU</i>	24281	6.410	6.477	0.664	2.970	8.136

<i>SIZE</i>	24281	22.180	22.000	1.331	15.580	28.640
<i>ROA</i>	24281	0.0430	0.040	0.072	-1.324	0.880
<i>GROWTH</i>	24281	0	0	0.009	0	1.346
<i>AGE</i>	24281	2.873	2.944	0.343	0.693	4.143
<i>AGE2</i>	24281	8.370	8.670	1.879	0.480	17.170
<i>ATO</i>	24281	0.673	0.561	0.540	-0.048	9.813
<i>LEV</i>	24281	0.423	0.413	0.210	0.007	1.957
<i>DUALITY</i>	24281	0.279	0	0.449	0	1
<i>TOP5</i>	24281	0.353	0.333	0.150	0.003	0.900
<i>STATE</i>	24281	0.352	0	0.478	0	1

附表 2.2

人口老龄化程度与企业数字化转型：基准回归结果

	(1)	(2)	(3)
<i>VARIABLES</i>	<i>DIGIT</i>	<i>DIGIT</i>	<i>DIGIT</i>
<i>SENIORS</i>	-0.157***	-0.129***	-0.120***
	(-3.86)	(-3.18)	(-2.88)
<i>SIZE</i>		0.009***	0.009***
		(12.88)	(12.81)
<i>ROA</i>		0.009*	0.008*
		(1.84)	(1.83)
<i>GROWTH</i>		0.008	0.008
		(0.29)	(0.30)
<i>AGE</i>		0.050**	0.048**
		(2.12)	(2.06)
<i>AGE2</i>		-0.014*	-0.013*
		(-1.82)	(-1.76)
<i>ATO</i>		0.006***	0.006***
		(5.46)	(5.39)
<i>LEV</i>		-0.002	-0.002
		(-0.85)	(-0.91)
<i>DUALITY</i>		0.001	0.001
		(1.31)	(1.31)

<i>TOP5</i>		-0.016***	-0.016***
		(-3.79)	(-3.80)
<i>STATE</i>		-0.007***	-0.007***
		(-3.69)	(-3.79)
<i>INDUS2</i>			-0.009
			(-0.95)
<i>AGDP</i>			0.002
			(1.39)
<i>POP</i>			0.005**
			(2.05)
Constant	0.090***	-0.127***	-0.183***
	(20.24)	(-6.41)	(-5.57)
年度固定效应	固定	固定	固定
企业固定效应	固定	固定	固定
观测值	23944	23944	23944
R ²	0.794	0.797	0.797

注：参数估计值下方括号内为t值；***、**、*分别表示1%、5%和10%的显著性水平，下表同。

3.内生性检验

附表3

内生性检验：工具变量检验结果

	(1) 第一阶段	(2) 第二阶段
<i>VARIABLES</i>	<i>SENIORS</i>	<i>DIGIT</i>
<i>FERTILITY</i>	0.720***	
	(28.69)	
<i>SENIORS</i>		-0.559 ***
		(-2.60)
控制变量	控制	控制
年度固定效应	控制	控制
企业固定效应	控制	控制

观测值	23944	23944
R ²	0.980	0.797

4.稳健性检验

（1）更换数字化转型衡量方法。本文在主回归中采用企业数字化相关词汇频数总和除以年报 MD&A 语段长度表示企业数字化转型程度。但也有学者采用数字化转型指数衡量企业数字化转型程度。具体来说，本文根据战略引领、技术驱动、组织赋能、环境支撑、数字化成果、数字化应用六个指标加权计算得出企业数字化转型指数。其中战略引领权重为 34.72%；技术驱动权重为 16.20%；组织赋能权重为 9.69%；环境支撑权重为 3.42%；数字化成果权重为 27.13%；数字化应用为 8.84%。表 5 第（1）列汇报了数字化转型指数替代主要解释变量进行回归检验的结果。由结果可知，地区人口老龄化对企业数字化转型的影响仍然在 1%的显著水平负相关，与主回归结果一致。

（2）更换插值方法。上文中地级市人口老龄化指标是通过 2010 年和 2020 年人口普查数据线性插值得到的。为了验证主回归的稳健性，本文更换插值方法，采用指数增长模型补全中间空白年份，得到 2011 年至 2020 年的老年人口比例。更换插值法后的回归结果如表 5 第（2）列所示，地区人口老龄化对企业数字化转型的影响仍然在 1%的显著水平上负相关，与基准回归结果一致。

（3）更换老龄化指标。本文的主实证采用 65 岁以上人口占总人口比表示地区人口老龄化程度。但也有研究采用能够彰显养老负担的老年抚养比（65 岁及以上人口数除以 15-65 岁人口数）表示人口老龄化程度。本文借鉴随淑敏和何增华（2020）的做法，使用老年抚养比替代主实证中的解释变量。表 5 第（3）列汇报了使用地级市老年抚养比（*SENIORS2*）回归检验结构。由结果可知，地区人口老龄化对企业数字化转型的影响仍然在 1%的显著水平上负相关，结果并未改变。

（4）剔除信息披露违规的企业样本。由于企业违规的信息披露可能会导致财务造假、重大遗漏等问题，导致最终收集的数据不真实。所以本文剔除因信息披露受到证监会处罚过的企业样本。剔除违规信息披露后的企业样本后回归结果如表 5 第（4）列所示，地区人口老龄化对企业数字化转型的影响仍然在 1%的显著水平上负相关，与基准回归结果一致。

（5）只保留制造业的企业样本。在中国上市公司中，制造业占据大头，为了排除行业特质因素带来的影响，本文仅保留制造业的企业样本。只保留制造业后的企业样本的回归结

果如表 5 第（5）列所示，地区人口老龄化对企业数字化转型的影响仍然在 1%的显著水平上负相关，结果并未改变。

（6）滞后解释变量回归。虽然本文采用工具变量法对相关内生性问题进行了排除，但考虑到人口老龄化对企业数字化转型的影响可能存在时间上的滞后，本文将主回归中解释变量和控制变量滞后一期进行回归。滞后解释变量回归的回归结果如表 5 第（6）列所示，地区人口老龄化对企业数字化转型的影响仍然在 5%的显著水平上负相关，结果并未改变。

附表 4 稳健性检验

	更换数字化转型指标	更换插值方法	更换老龄化指标	剔除信息披露违规样本	仅保留制造业样本	滞后解释变量回归
<i>VARIABLES</i>	(1) <i>DIGIT</i>	(2) <i>DIGIT</i>	(3) <i>DIGIT</i>	(4) <i>DIGIT</i>	(5) <i>DIGIT</i>	(6) <i>DIGIT</i>
<i>SENIORS</i>	-0.193***	-0.177***	-0.124***	-0.123***	-0.265***	-0.0976**
	(-4.17)	(-3.90)	(-4.57)	(-2.92)	(-4.68)	(-1.9685)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
年度固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
企业固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
观测值	23944	23944	23914	23470	16173	20572
R ²	0.859	0.859	0.859	0.799	0.801	0.809

5. 基于老龄化降低人力资本水平的机制

本文从雇佣员工人数、企业劳动力投资效率、企业员工的素质结构、职能结构四个方面来考察企业人力资本水平。素质结构方面，用企业员工的学历水平来衡量，将硕士研究生及以上学历的员工人数占员工总人数的比例作为高素质员工占比（*Master*）的衡量方法，高素质员工占比越多，说明企业人力资本水平越高；职能结构方面，用企业员工岗位类型来衡量，将企业技术人员人数占员工总人数的比例作为技术人员占比（*Tech*）的衡量方法，技术人员占比越多，说明企业人力资本水平越高；企业雇佣员工人数方面，直接使用企业当年雇佣的员工总数（*Num*）进行回归（单位：万人）；劳动力投资效率方面，本文参考 Jung et al.（2014）使用雇佣不足衡量企业劳动力投资效率。首先基于 Pinnuck and Lillis（2007）提出的用企业的雇佣员工数量变动百分比来衡量企业的净雇佣量，然后按照雇佣员工变动率对其他几个相关的经济变量在固定行业效应后进行回归。回归后得到非正常劳动投资效率的序列。具体而言，我们采用如下模型进行回归：

$$\begin{aligned}
Net_Hire_{it} = & \beta_0 + \beta_1 Sales_Growth_{it-1} + \beta_2 Sales_Growth_{it} + \beta_3 ROA_{it-1} + \beta_4 ROA_{it} \\
& + \beta_5 \Delta ROA_{it} + \beta_6 Size_R_{it-1} + \beta_7 Quick_{it-1} + \beta_8 Quick_{it} + \beta_9 \Delta Quick_{it} \\
& + \beta_{10} Lev_{it-1} + \beta_{11} Lossbin1_{it-1} + \beta_{12} Lossbin2_{it-1} + \beta_{13} Lossbin3_{it-1} \\
& + \beta_{14} Lossbin4_{it-1} + \beta_{15} Lossbin5_{it-1} + \varepsilon_{it} \quad (2)
\end{aligned}$$

其中, *Hire* 表示本年上市公司员工总人数/年个股总市值; *Net_Hire* 为 *Hire* 的变动率; *Sales_Growth* 表示本年企业经营过程中确认的营业收入与上年企业经营过程中确认的营业收入之差; *ROA* 表示资产回报率; *Size_R* 为年个股总市值的百分比排位。其中, 年个股总市值为个股的发行总股数与年收盘价的乘积; *Quick* 表示速动比率=(现金+短期投资+应收账款)/流动负债; *Lev* 为杠杆比=长期负债/年初总资产; *LossbinX* 为根据上一年 *ROA* 从 0 到-0.025 的区间以区间长度为 0.005 平均划分为五个区间, 如 *ROA* 的区间范围是-0.005 到 0, 则 *LOSSBIN1*=1, 否则为 0。若实际人员变动率小于模型估计的预期人员变动率, 则为雇佣不足 (*Lresid*)。 *Lresid* 越大, 说明企业劳动力投资效率越低, 从而人力资本水平越低。

附表 5 人力资本机制

	雇佣人数	雇佣不足	高素质员工占比	技术人员占比
<i>VARIABLES</i>	(1) <i>Num</i>	(2) <i>Lresid</i>	(3) <i>Master</i>	(4) <i>Tech</i>
<i>SENIORS</i>	-4.6969***	1.3386***	-0.0230**	-0.1851***
	(-9.1038)	(3.8444)	(-2.1148)	(-6.6019)
控制变量	控制	控制	控制	控制
年度固定效应	控制	控制	控制	控制
企业固定效应	控制	控制	控制	控制
观测值	23944	12555	23944	23944
R ²	0.959	0.373	0.081	0.079

6. 基于人口老龄化降低企业创新能力的机制

附表 6 企业创新机制

	高管年龄	研发投入	专利授权
<i>VARIABLES</i>	(1) <i>Age</i>	(2) <i>R&D</i>	(3) <i>PATENT</i>
<i>SENIORS</i>	6.268***	-0.064**	-1.796**
	(4.05)	(-2.39)	(-2.39)
控制变量	控制	控制	控制
年度固定效应	控制	控制	控制
企业固定效应	控制	控制	控制
观测值	23944	23944	23944
R ²	0.050	0.709	0.790

7. 基于人口老龄化减少资金供给的机制

附表 7 资金供给机制

	融资约束指数	融资约束指数	新增融资额
<i>VARIABLES</i>	(1) <i>SA</i>	(2) <i>WW</i>	(3) <i>Debt</i>
<i>SENIORS</i>	0.255 ***	0.534*	-4.366***
	(4.20)	(1.79)	(-2.90)
控制变量	控制	控制	控制
年度固定效应	控制	控制	控制
企业固定效应	控制	控制	控制
观测值	23944	23944	23944
R ²	0.967	0.790	0.157

8. 异质性分析

附表 8 异质性分析

	企业规模差异		所有制差异		地域差异	
<i>VARIABLES</i>	(1)大规模	(2)小规模	(3)国有	(4)非国有	(5)东部	(6)中西部
<i>SENIORS</i>	-0.072	-0.138**	-0.075	-0.152***	-0.149***	-0.109
	(-1.24)	(-2.08)	(-1.20)	(-2.76)	(-2.78)	(-1.58)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
年度固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
企业固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
观测值	10438	13264	8468	15405	17198	6729
R ²	0.838	0.817	0.821	0.792	0.808	0.764