

智能化能促进中国产业结构转型升级吗

刘军 陈嘉钦¹

【摘要】: 中国正处于产业结构调整的关键阶段,人工智能等新一代技术对于产业结构转型升级起着至关重要的作用。运用熵值法和层次分析法从基础投入、生产应用、市场效益三个层面综合计算智能化指数,并运用 2010-2016 年省级面板数据,分别从产业结构高度化和合理化角度,实证研究了智能化对产业结构的影响。机理分析表明,智能化通过提高人力资本水平以及创造新业态促进产业结构高度化,通过合理配置资源、技术融合促进产业结构合理化。实证结果显示,智能化对产业结构高度化和合理化均有正向影响,显著促进了产业结构升级,并且东部地区智能化发展对产业结构转型升级的影响大于中西部地区。

【关键词】: 智能化 产业结构 合理化 高度化 区域差异

【中图分类号】: F121.3 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1009-2382(2021)07-0105-07

一、引言

人工智能是继第三次工业革命后的新一次工业革命,因此我国必须在新一轮竞争中抓住机遇,加快发展新一代人工智能,实现产业结构转型优化。美国、德国、日本等发达国家对人工智能高度重视,将发展人工智能作为产业结构升级的重要战略。德国在 2013 年提出“工业 4.0”战略,提出了智能工厂概念,运用智能化设备创造不同的生产方式,并逐渐改变产业结构。美国在 2016 年提出《国家人工智能战略》,确定了 7 个发展人工智能的战略,并在 2019 年更新此政策,不仅对前面提出的 7 个战略的重点进行调整细化,还增加了“扩大公私合作,加速人工智能发展”战略,为产业结构转型奠定了良好基础。日本在 2015 年公布《机器人新战略》,将机器人和人工智能结合起来,以提高第二产业和第三产业的竞争力,增加产品新的附加值,促进产业结构升级。我国也对人工智能发展给予高度重视,《促进新一代人工智能产业发展三年行动计划(2018-2020 年)》提出“人工智能是产业变革的关键因素”。人工智能正与经济社会的各个领域渗透融合,它可以重构经济活动各环节,优化产业结构,《关于促进人工智能和实体经济深度融合的指导意见》提出要将人工智能与各个产业相结合,激发相关产业发展动力,促进产业结构升级,形成智能经济形态。

我国对智能化的重视,使得智能化能够快速发展,同时也对产业结构产生了一定影响。那么,智能化究竟是如何影响我国产业结构的?这种影响是否存在区域差异?这些问题目前相关研究还比较少见,而这正是本文所要探究的重点。本文的边际贡献主要有三点:一是从产业结构高度化和合理化角度探究智能化影响产业结构的内在机理;二是构建了更全面的智能化指标体系,并采取熵值法和 APH 法两种方法综合计算智能化指数;三是实证分析智能化对产业结构的影响,揭示了东中西部地区智能化对产业结构影响的空间异质性。

二、文献综述

智能化是信息化发展的必然趋势,但我国智能化发展还处于早期阶段,就目前而言,相关研究主要集中在信息化对产业结

¹**作者简介:** 刘军,南京信息工程大学中国制造业发展研究院、管理工程学院教授、博士生导师;陈嘉钦,南京信息工程大学中国制造业发展研究院研究助理(南京 210044)。

基金项目: 国家自然科学基金项目“产业共生集聚对中国经济绿色增长的影响”(编号:71973068);江苏省社会科学基金重大招标项目“江苏制造业‘智能化’转型升级研究”(编号:18ZD003);教育部人文社会科学研究规划基金项目“制造业智能化对我国就业的影响:机制与对策研究”(编号:19YJA790055)

构的影响上,关于“智能化对产业结构的影响”这一方面的研究并不多见。首先,一部分学者认为信息化通过加快要素流动推动产业结构升级。Kim和Park(2009)从动态角度研究韩国20世纪80年代初至90年代中期的产业间技术知识结构,认为信息化的快速发展能加速技术和知识在产业间的流动,增加产业间的交流,推动产业结构升级。刘克逸(2003)认为信息化会影响到经济主体的组织结构和行为方式,并带动生产要素的流动速度,进而促进产业结构转型升级。郭凯明(2019)认为人工智能服务能力的提高以及技术的提高都会加速各种生产要素在产业内部的流动,促进产业结构升级。其次,一些学者认为信息化通过“两化融合”推动产业结构升级。谢康等(2012)利用2000-2009年省级面板数据,研究信息化与工业化的融合质量,结果发现,中国工业化与信息化的深度融合将促进产业结构升级。韩先锋等(2014)发现信息化在不断渗透到其他产业的过程中,会对原来的传统技术造成冲击,改变其传统的生产经营方式,推动新一代产业快速发展,进而带动产业结构升级。张辽和王俊杰(2017)认为“两化融合”不仅降低了产业的边际成本,提高了生产率,还带动了整个产业结构优化。最后,一些学者认为信息化通过创造新业态推动产业结构升级。赵玉林和谷军健(2018)认为信息化能够催生新的产业,同时加剧传统市场的竞争,推动产业体系变革,促进产业结构升级。周振华(2016)认为人工智能在科技创新和产业升级中发挥着引领作用,而其所创造的人工智能产业能够成为未来的朝阳产业,推动产业结构优化。胡俊和杜传忠(2020)认为人工智能可以为产业发展提供一个更高的平均生产率水平,而在此种水平下,人工智能更能催生新业态,为产业升级创造新的空间,促进产业结构优化升级。

三、智能化影响产业结构的机理分析

本文借鉴于春晖等(2011)的研究,从高度化、合理化角度研究智能化对产业结构的影响。智能化是以认知为中心,利用机器学习1、计算机视觉2、深度学习3、机器人等一系列技术增强、延伸和替代人的智力(Liu等,2020)。产业结构高度化是指一二三产业比例关系的变化,第一产业比重逐渐下降,第二产业和第三产业比重逐渐增高(韩永辉等,2017)。产业结构合理化是指产业间相互联系的程度得到提高,社会资源得到合理配置的动态化过程(于骥,2017)。下面从高度化和合理化两个角度对智能化影响产业结构的机理进行分析。

智能化主要从以下两个方面推动产业结构高度化。一方面,智能化可以通过提高人力资本水平来提高产业结构高度化。原先劳动力的知识储备和技能结构已经无法适应当今时代发展的要求,尤其是智能化与各个行业深度融合后,各行业能够使用机器人代替人类完成重复机械的工作(Acemoglu和Restrepo,2019),迫使劳动者去完善现有技能,学习新技能,使得企业工人的资质越来越高。由于一般情况下,第二产业和第三产业工人的收益远高于第一产业,所以高技能劳动力就会逐渐从第一产业向第二产业和第三产业转移(曹芳芳等,2020),使得第二产业和第三产业得到进一步发展,促进产业结构高度化。另一方面,智能化可以通过创造新业态来实现产业结构高度化(刘军等,2019)。企业可以利用机器学习提高自主创新的能力。实践证明,只有自主创新,提升自主吸收能力,才能为后期更深层次的创新和模仿奠定基础(焦勇和杨蕙馨,2020),实现创新发展,最终形成一种新的产业形态,而这种新兴技术产业主要集中在第二产业和第三产业,这就使得第二产业和第三产业的比例增高,促使产业结构向高级化方向发展。

智能化主要从以下两个方面推动产业结构合理化。一方面,智能化通过合理配置资源促进产业结构合理化。现代消费者的需求呈现出精细化、差异化等特征,智能化可以借助智能视觉系统,及时识别消费者需求,并利用机器学习快速作出分析,实现实时生产、精细管理以及柔性定制(刘斌和潘彤,2020),避免出现资源错配的情况,提高供给体系的质量,同时使得要素市场与信息市场不断完善,三次产业间协调程度越来越高,引领产业结构向合理化方向发展。另一方面,智能化通过技术融合促进产业结构合理化。人工智能具有通用性(Brynjolfsson,2018),能够广泛渗透、扩散、融合到三次产业的其他技术中,进化为一种新的技术,增加产业之间以及产业内部联系,模糊各个产业的生产边界,使产业间的生产运营出现融合趋势,提高产业的共同协作能力,最终推动产业结构向合理化方向发展。

基于上述分析,提出以下假说。

假说:智能化将显著促进产业结构高度化和合理化。

四、模型建立、变量说明及数据来源

1. 模型的建立

本文在借鉴袁航和朱承亮(2018)研究的基础上,选取固定资产投资、对外开放程度、政府干预、基础设施水平、金融发展程度等作为控制变量,建立如下计量模型:

$$indus_{it} = \alpha + \beta_1 \ln int_{it} + \beta_2 \ln sal_{it} + \beta_3 \ln open_{it} + \beta_4 \ln gov_{it} + \beta_5 \ln infra_{it} + \beta_6 \ln fin_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中, $indus$ 表示产业结构转型升级水平, int 表示智能化水平, sal 表示固定资产投资, $open$ 表示对外开放程度, gov 表示政府干预, $infra$ 表示基础设施水平, fin 表示金融发展水平; i 和 t 分别表示地区和年份; 其他表示常数项、变量系数和随机误差项。

2. 变量说明

(1)被解释变量: 产业结构转型升级水平($indus$)。

从产业结构高度化(TS)和合理化(TL)角度来衡量产业结构升级水平。

用各产业占 GDP 比重乘以其劳动生产率的加权值来衡量产业结构高度化, 其计算公式为:

$$TS_{i,t} = \sum_{m=1}^3 y_{i,m,t} \times lp_{i,m,t}, \quad m = 1, 2, 3 \quad (2)$$

其中, $y_{i,m,t}$ 表示 i 地区 t 时期第 m 产业增加值占 GDP 的比重, $lp_{i,m,t}$ 表示 i 地区 t 时期第 m 产业的劳动生产率, 其计算公式为:

$$lp_{i,m,t} = Y_{i,m,t} / L_{i,m,t} \quad (3)$$

其中, $Y_{i,m,t}$ 为 i 地区 t 时期第 m 产业的增加值, $L_{i,m,t}$ 表示 i 地区 t 时期第 m 产业的就业人数。采用标准化方法消除 $lp_{i,m,t}$ 的量纲。

现有文献大多选取结构偏离度来衡量产业结构合理化, 但是结构偏离度的算法无法体现各产业在经济体中的重要程度, 且绝对值这样的算法相对来说比较繁杂, 而泰尔指数不仅保留了结构偏离度的经济意义, 还一并考虑到不同产业在经济体中的不同重要性(干春晖等, 2011)。因此, 这里采取泰尔指数来测度产业结构合理化。其计算公式如下:

$$TL = \sum_{i=1}^n \left(\frac{Y_i}{Y} \right) \ln \left(\frac{Y_i}{L_i} / \frac{Y}{L} \right) \quad (4)$$

其中, Y 代表总产值, L 代表就业人口, Y_i 和 L_i 分别代表第 i 产业的总产值与就业人口。

(2)核心解释变量：智能化指数(int)。

目前，国内外对智能化测度的研究成果较少，且尚未形成统一的衡量标准和体系，缺乏从相对全面的研究视角构建指标体系，也未合理运用现有数据进行指标测度。因此，本文借鉴孙早和侯玉琳(2019)、李廉水等(2019)的研究，构建智能化评价指标体系，主要从基础投入、生产应用、市场效益这三个层面来测度智能化(见表1)。在基础投入层，实现智能化的第一步是基础产业的投入，大数据、物联网等技术的突破离不开国家对信息技术产业的科研经费投入、高技术设备投入、互联网基础投入、高端人才投入。在生产应用层，软硬件服务、数据处理、智能技术的应用是智能化的集中体现。在市场效益层，持续的市场绩效是智能化转型的价值体现。从长期来看，智能化转型通过降低成本、提高制造效率给制造业企业价值和产品附加值都带来了显著提升。利用层次分析法(APH法)和熵值法对这13个细化指标进行数据处理，计算各地区的智能化指数。智能化指数越大，说明该地区智能化水平越高。

表1 智能化评价指标体系

主指标	一级指标	二级指标	测度指标
智能化指数	基础投入层	科研经费投入	高技术制造业 R&D 经费
		高技术设备投入	电信固定资产投资
			上市公司机器设备投入
		互联网基础投入	光缆线路长度/省域面积
		高技术人才投入	高技术制造业从业人员数
			信息传输、软件开发和信息技术服务业人员数
	生产应用层	软件开发与服务情况	软件业务收入
		数据处理与运营情况	数据处理与运营服务收入
		智能技术应用程度	高技术制造业新产品产值
			高技术制造业有效发明专利数
	市场效益层	试点企业市场效益	智能制造试点企业资产回报率
		智能设备市场利润	高技术制造业利润总额
		智能设备市场效率	高技术制造业主营业务收入/从业人员数

(3)控制变量。

固定资产投资(sal)。固定资产投资将带动产业结构升级，随着投入的固定资产不断增多，这些产业将以不同的速度不断加快发展，进而对产业结构产生影响(林毅夫，2012)。用固定资产投资与 GDP 比率来表示。预期固定资产投资对产业结构产生正向作用。对外开放程度(open)。我国实行对外开放以后，吸引了外资流入，国内投资水平得到提高，进而促进经济增长，调整产业结构(盛杨悻，2009)。用外资企业投资总额与 GDP 比率来衡量。预期对外开放程度对产业结构产生正效应。政府干预(gov)。政府利用自身的调控能力，通过产业政策来调控市场，填补市场信息，缓解市场摩擦，使得特定资源能够合理配置，促进产业

结构合理化(韩永辉等, 2017)。用财政支出与 GDP 比率来衡量。预期政府干预对产业结构产生正向作用。基础设施水平(infra)。地区的基础设施水平越高, 交通越便利, 所吸引的投资就越高, 而越高的投资将会带来更多的要素集聚, 进而产生规模效应, 影响产业结构(梁树广, 2014)。用各省份铁路里程、公路里程和内河航道里程的总和与各省份国土面积比率来衡量。预期基础设施水平对产业结构产生正效应。金融发展程度(fin)。金融发展首先通过降低交易成本来降低信息获取难度, 并使得资源配置更加合理化, 其次通过网络经济效应不仅使当地产业结构得到升级, 还能使周边地区产业结构得到升级(于斌斌, 2017)。选取金融机构贷款余额、两股交易额、保险总额等指标, 采用熵值法计算。预期金融发展程度对产业结构产生正向作用。

3. 数据来源

本文选取 2010-2016 年 30 个省级的面板数据进行分析(不含西藏)。数据来源于《中国统计年鉴》以及各省统计年鉴。

变量的描述性统计见表 2。

表 2 主要变量的描述性统计

变量	样本量	平均值	标准差	最小值	最大值
TS	210	0.007	0.244	-0.547	0.623
lnTL	210	-1.713	0.804	-4.079	-0.254
lnint	210	0.157	0.117	0.02	0.852
lnsal	210	9.321	0.779	6.924	10.884
lnopen	210	-1.495	0.809	-3.012	0.58
lngov	210	-1.477	0.381	-2.217	-0.441
lninfra	210	-0.298	0.775	-2.423	0.781
lnfin	210	-2.059	0.302	-2.875	-1.255

五、实证结果分析

1. 总体回归结果

本文采用固定效应模型(FE)、随机效应模型(RE)和 FGLS 法对式(1)进行估计。回归结果见表 3。

产业结构高度化分析。根据 Hausman 检验, 选择固定效应模型。在此基础上, 进行 FGLS 检验, 可以看出各系数符号与固定效应一致, 且 FGLS 能在一定程度上消除异方差性和序列相关性, 所以在方程 3 的基础上分析回归结果。由方程 3 可以看出, 智能化的影响系数为 0.654, 且通过了 1%的显著性检验。这表明智能化的快速发展显著促进了产业结构高度化, 验证了本文的假说。智能化成为促进我国产业结构高度化的重要因素, 主要是因为智能化应用提高了人力资本水平, 而高技术人才大多数进入第二产业和第三产业, 促进了第二产业和第三产业的发展; 同时, 智能化对传统产业进行改造升级, 衍生新兴产业, 增加了第二产业和第三产业的比重, 推动产业高质量发展, 促进了产业结构高度化。对于控制变量, 固定资产投资、对外开放程度、金融发展程度、基础设施建设、政府干预的系数都显著为正, 说明它们均显著促进了产业结构高度化。

产业结构合理化分析。根据 Hausman 检验，选择固定效应模型。同样选择 FGLS 对模型进行估计，在方程 6 的基础上分析回归结果。由方程 6 可以看出，智能化的影响系数为-0.748,且通过了 5%的显著性检验，说明智能化显著促进了产业结构合理化，验证了本文的假说。智能化成为促进我国产业结构合理化的重要因素，主要是因为智能化发展有利于促进技术扩散，而技术在产业间的渗透、扩散、融合将促进产业之间的交流沟通、利益共享，进一步提高生产要素的配置效率，促进产业结构合理化。对于控制变量，对外开放程度、基础设施建设、金融发展水平系数都显著为负，表明它们均有利于促进产业结构合理化。

2. 区域异质性检验

为进一步研究智能化对产业结构影响的区域异质性，本文将 30 个省份分为东部和中西部两大区域，将中西部地区作为参照组，东部地区 east 取值为 1,中西部地区取值为 0(刘军和徐康宁，2010)。与前文分析类似，基于 FGLS 的估计结果进行分析。表 4 报告了产业结构高度化和合理化的区域异质性检验回归结果。

由表 4 中方程 7 可以看出，智能化对产业结构高度化的影响系数显著为正，与前面的分析一致，东部和中西部地区智能化发展对产业结构高度化有显著的促进作用。中西部地区的影响系数为 0.483,通过 1%的显著性检验；而东部地区的影响系数为 0.497(该系数是中西部地区的系数与东部地区虚拟变量的系数之和)。东部地区智能化程度高，可以通过智能技术对传统产业进行改造升级，对原有基础设施进行加强优化，又可以通过在职进修、在岗培训等方式对原有高素质人才进行专业的智能化培训，因此，东部地区智能化程度对产业结构高度化的影响程度较大，更易推动产业向高端化、服务化方向发展。中西部地区的基础设施水平、人力资源等相对不如东部地区，无法为智能化发展提供良好的环境，因此智能化程度对产业结构高度化的影响较小。

表 3 智能化对产业结构高度化与合理化的回归结果

变量	产业结构高度化			产业结构合理化		
	方程 1FE	方程 2RE	方程 3FGLS	方程 4FE	方程 5RE	方程 6FGLS
lnint	0.764***	0.717***	0.654***	-0.691*	-0.620	-0.748**
	(0.144)	(0.142)	(0.135)	(0.420)	(0.396)	(0.319)
lnsal	0.159***	0.170***	0.154***	-0.015	0.016	-0.012
	(0.026)	(0.021)	(0.021)	(0.077)	(0.059)	(0.050)
lnopen	0.024	0.077***	0.089***	0.040**	-0.138*	-0.299***
	(0.026)	(0.025)	(0.022)	(0.076)	(0.071)	(0.047)
lngov	0.005	0.121**	0.072*	-0.297	0.061	0.074
	(0.078)	(0.062)	(0.039)	(0.227)	(0.174)	(0.104)
lninfra	0.318**	-0.089*	-0.140***	-0.454	-0.376***	-0.228***
	(0.139)	(0.048)	(0.029)	(0.406)	(0.138)	(0.064)
lnfin	0.053	0.132***	0.139***	-0.244**	-0.347***	-0.301***
	(0.041)	(0.039)	(0.038)	(0.120)	(0.110)	(0.073)

constant	-1.348***	-1.154***	-1.101***	-2.575***	-2.705***	-2.457***
	(0.309)	(0.250)	(0.206)	(0.902)	(0.705)	(0.496)
Hausman	0.0001			0.0455		
R ²	0.0418			0.2128		
N	210	210	210	210	210	210

由表4中方程8可以看出,东部地区智能化对产业结构合理化的影响系数为-0.541,通过了1%的显著性检验,而中西部地区智能化对产业结构合理化的影响系数并不显著,这可能是由于这些省份的经济发展相对较为落后,人工智能在产业中的应用并不广泛,智能化与各个产业的融合程度相对较低,导致智能化对产业结构合理化的影响不明显。

3. 内生性检验

由于不可观察的遗漏变量和联立性误差,模型可能存在内生性问题。具体而言:一方面,智能化与产业结构可能存在双向因果关系;另一方面,智能化与产业结构可能同时受某一因素的影响,或是遗漏了与解释变量相关的因素,从而导致系数估计存在一定的误差。本文借鉴林伯强和谭睿鹏(2019)的做法,选择各省份的地形起伏度作为工具变量缓解可能存在的内生性问题。首先,各省份的地形起伏度取决于该省份的最高和最低的海拔之差、平地面积等客观的地理因素,与产业结构高度化和合理化并无直接关系,满足了工具变量的外生性要求;其次,各省份发展智能化,需要建设大量配套的基础设施,地形起伏度高的地方,不利于基础设施的建立,发展智能化难度较大,因此地形起伏度与智能化的相关性较高。

表4 区域异质性检验回归结果

变量	产业结构高度化	产业结构合理化
	方程 7FGLS	方程 8FGLS
lnint	0.483***	-0.470
	(0.143)	(0.324)
east×lnint	0.014*	-0.071***
	(0.007)	(0.021)
lnsal	0.144***	0.007
	(0.021)	(0.048)
lnopen	0.128***	-0.280***
	(0.022)	(0.044)
lngov	0.079*	0.087
	(0.041)	(0.104)

lninfra	-0.146***	-0.235***
	(0.027)	(0.063)
lnfin	0.119***	-0.299***
	(0.039)	(0.074)
constant	-0.948***	-2.600***
	(0.194)	(0.472)
N	210	210

本文采用 2SLS 方法对模型进行估计, 结果见表 5。Cragg-Donald Wald F 的值是 23.223, 大于 Stock 和 Yogo(2005) 的 10% 临界值, 拒绝工具变量是弱的原假设。Anderson-Rubin Wald F 的值为 21.195, 说明选择的工具变量与内生变量之间存在较强的相关性。方程 9 表明工具变量与内生变量显著相关, 满足相关性假设; 方程 10 显示智能化水平系数显著为正, 方程 11 显示智能化水平系数显著为负, 结果与基准回归结果一致。

表 5 工具变量回归结果

解释变量	一阶段回归	二阶段回归	
	方程 9	方程 10(TS)	方程 11(lnTL)
lnint		3.1512***	-4.7818***
		(4.76)	(-3.03)
IV	0.8557***		
	(6.23)		
控制变量	YES	YES	YES
N	210	210	210
弱工具变量检验 Cragg-Donald Wald F 统计量		23.223*** (16.38)	23.223*** (16.38)
不可识别检验 Anderson-Rubin Wald F 检验		21.195***	21.195***

4. 稳健性检验

为了进一步增强上述回归结果的稳健性, 本文用孙早和侯玉琳(2019)测度的工业智能化数据替换智能化指标, 其他变量不变。经过数据的匹配和处理, 依旧选用 FGLS 方法进行估计。结果表明, 无论是总体稳健性检验还是分区域稳健性检验, 智能化系数的符号均与前文一致, 在显著性上与前文略有差别, 这验证了上述结果的稳健性, 同时也说明本文构建的智能化指标体系具有一定的合理性和科学性。

六、结论与启示

本文研究了我国智能化对产业结构的影响。机理分析表明，智能化通过提高人力资本水平以及创造新业态促进产业结构高度化，又通过合理配置资源、技术融合促进产业结构合理化。实证结果表明，智能化显著促进了产业结构的合理化和高度化，且东中西部地区智能化都能促进产业结构升级，但东部地区促进作用要明显大于中西部地区。由此，提出以下政策建议。

(1) 提高智能化水平，促进产业结构升级。

一方面，政府应加大人工智能的资金投入，加快智能化产品的创新研发速度，提高科研成果转移转化的能力，充分提高智能化水平，逐步改变三次产业的生产方式，并变革其管理模式，使得三次产业能够利用智能化设备，改善智能化生产管理模式，合理配置资源，促进产业间协调联动；另一方面，政府应健全关于人工智能知识产权方面的法律保障，激励企业在人工智能技术方面的创新，不断提高智能化水平，使产业结构向合理化、高级化方向发展。

(2) 提升自主创新能力，促进产业结构升级。

首先，政府应加强专业的高精尖人才的培养力度，为人工智能发展创造有利环境，为企业自主创新奠定坚实基础；其次，通过税收优化、资金补助等方式鼓励有条件的企业进行自主创新，并开展一系列与人工智能技术有关的活动，不断提升科技研发水平；最后，支持企业主动参与与人工智能有关的国际研发分工，并设立人工智能海外研发中心，促进产业结构升级。

(3) 制定差异化的区域智能化战略，促进产业结构升级。

各地区智能化程度不同，产业结构高度化和合理化程度也不同，政府应结合各地区自身特点，提出差异化的区域智能化政策，推动产业结构升级。一方面，东部地区在拥有良好的智能化基础设施、人力资本的基础上，应借助高校、科研院所积极研发人工智能，为智能设备的产生与运用提供技术支持，鼓励三次产业使用智能化设备，提高三次产业智能化水平；另一方面，应借助完备的产业基础，积极建立智能产业园区、人工智能创新发展试验区，加速智能产业集聚，率先实现产业智能转型，促进产业结构升级。中西部地区要进一步完善智能化发展的基础设施，为发展智能化产业奠定基础；优化智能化发展的政策环境并加大资金扶持力度，对智能化企业进行财政补贴，促进产业结构升级。

参考文献:

- [1]. Acemoglu, D., and P. Restrepo. Automation and New Tasks: How Technology Displaces and Reinstates Labor. *Journal of Economic Perspectives*, 2019, 33(2): 3-30.
- [2]. Brynjolfsson, E., T. Mitchell, and D. Rock. What Can Machines Learn and What Does It Mean for Occupations and the Economy. *AEA Papers and Proceedings*, 2018, 108: 43-47.
- [3]. Kim, M. S., and Y. Park. The Changing Pattern of Industrial Technology Linkage Structure of Korea: Did the ICT Industry Play a Role in the 1980s and 1990s? *Technological Forecasting and Social Change*, 2009, 76(5): 688-699.
- [4]. Liu, Jun, Huihong Chang, Jeffrey Yi-Lin Forrest, and Baohua Yang. Influence of Artificial Intelligence on Technological Innovation: Evidence from the Panel Data of China's Manufacturing Sectors. *Technological Forecasting and Social Change*, 2020, 158(9): 1-11.

[5]. Stock, J. H., and M. Yogo. Identification and Inference for Econometric Models: Essays in Honor of Thomas Rothenberg. Cambridge: Cambridge University Press, 2006.

[6]. 曹芳芳、程杰等：《劳动力流动推进了中国产业升级吗？——来自地级市的经验证据》，《产业经济研究》2020年第1期。

[7]. 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》，《经济研究》2011年第5期。

[8]. 郭凯明：《人工智能发展、产业结构转型升级与劳动收入份额变动》，《管理世界》2019年第7期。

[9]. 韩先锋、惠宁、宋文飞：《信息化能提高中国工业部门技术创新效率吗》，《中国工业经济》2014年第12期。

[10]. 韩永辉、黄亮雄、王贤彬：《产业政策推动地方产业结构升级了吗？——基于发展型地方政府的理论解释与实证检验》，《经济研究》2017年第8期。

[11]. 胡俊、杜传忠：《人工智能推动产业转型升级的机制、路径及对策》，《经济纵横》2020年第3期。

[12]. 焦勇、杨惠馨：《技术创新对中国制造业全球价值链攀升的非线性传导》，《现代经济探讨》2020年第7期。

[13]. 李廉水、石喜爱、刘军：《中国制造业40年：智能化进程与展望》，《中国软科学》2019年第1期。

[14]. 梁树广：《产业结构升级影响因素作用机理研究》，《商业研究》2014年第7期。

[15]. 林伯强、谭睿鹏：《中国经济集聚与绿色经济效率》，《经济研究》2019年第2期。

[16]. 林毅夫著：《新结构经济学：反思经济发展与政策的理论框架》，北京大学出版社2012年版。

[17]. 刘斌、潘彤：《人工智能对制造业价值链分工的影响效应研究》，《数量经济技术经济研究》2020年第10期。

[18]. 刘军、常慧红、张三峰：《智能化对中国制造业结构优化的影响》，《河海大学学报(哲学社会科学版)》2019年第4期。

[19]. 刘军、徐康宁：《产业聚集、经济增长与地区差距——基于中国省级面板数据的实证研究》，《中国软科学》2010年第7期。

[20]. 刘克逸：《产业信息化对我国产业结构升级的作用及政策取向》，《软科学》2003年第1期。

[21]. 盛杨烽：《外国直接投资与我国产业结构调整的实证研究——基于资本供给和知识溢出的视角》，《国际贸易问题》2009年第1期。

[22]. 孙早、侯玉琳：《工业智能化如何重塑劳动力就业结构》，《中国工业经济》2019年第5期。

[23]. 谢康、肖静华等：《中国工业化与信息化融合质量：理论与实证》，《经济研究》2012年第1期。

[24]. 于斌斌：《金融集聚促进了产业结构升级吗：空间溢出的视角——基于中国城市动态空间面板模型的分析》，《国际金

融研究》2017 年第 2 期。

[25]. 于骥：《产业结构变迁影响我国城镇化实证分析》，《上海经济研究》2017 年第 4 期。

[26]. 袁航、朱承亮：《国家高新区推动了中国产业结构转型升级吗》，《中国工业经济》2018 年第 8 期。

[27]. 张辽、王俊杰：《“两化融合”理论述评及对中国制造业转型升级的启示》，《经济体制改革》2017 年第 3 期。

[28]. 赵玉林、谷军健：《技术与制度协同创新机制及对产业升级的协同效应》，《中国科技论坛》2018 年第 3 期。

[29]. 周振华：《情感计算：人工智能产业的经济新实践——兼论对山西智慧转型发展的启示》，《经济问题》2016 年第 6 期。

注释：

1 机器学习是通过使用算法对数据进行解析,从中发现规律并进行归纳与学习,然后对真实世界中的事件作出分析、决策和预测。

2 计算机视觉是通过算法对图像或视频中的目标进行识别和检测,实现对目标的跟踪和测量,是机器学习在视觉领域的应用。

3 深度学习是一种特殊的机器学习,通过建立、模拟人脑进行分析学习的神经网络对数据进行处理。深度学习的方法突破了传统机器学习的瓶颈,取得了传统机器学习算法所无法取得的成就。