

ICT资源投入与ICT使用对学生学业成绩的影响

——来自PISA2018评估项目的证据

罗晓晨, 张御龙, 雷佳瑜

西南大学教育学部, 重庆

收稿日期: 2024年4月26日; 录用日期: 2024年5月24日; 发布日期: 2024年5月31日

摘要

信息时代, 信息和通信技术(Information and Communications Technology, ICT)的作用日益凸显, ICT已被视为提高教育质量的关键因素。本研究基于国际学生评估项目(PISA) 2018年调查数据, 利用教育生产函数模型和分位数回归技术探究了ICT资源投入与ICT使用情况对学生阅读、数学和科学成绩的影响。研究表明: 第一, 学校生均计算机数对学生三科成绩具有显著负向的影响, 而联网计算机比例对三科成绩具有显著正向的影响; 第二, 学生在校使用计算机以及在校外出于娱乐目的使用计算机会对学生的成绩产生显著负向的影响, 而在校外出于学习目的使用计算机则对学生成绩产生显著正向的影响; 第三, 学生感知的ICT兴趣和自主性对三科成绩具有显著正向的提升效应, 而学生的ICT能力和ICT社交则对三科成绩具有显著负向的影响。因此, 在未来的教育实践中, 不仅需要保障ICT资源的可得性, 还要引导学生形成合理对待和使用ICT的习惯及态度, 以促进ICT效能最大化。

关键词

PISA, 信息和通信技术, 学业成绩, 教育生产函数, 分位数回归

The Impact of ICT Resources Input and ICT Use on Students' Academic Achievement

—Evidence from PISA2018 Assessment Projects

Xiaochen Luo, Yulong Zhang, Jiayu Lei

Faculty of Education, Southwest University, Chongqing

Received: Apr. 26th, 2024; accepted: May 24th, 2024; published: May 31st, 2024

Abstract

In the information age, the role of information and communication technology is increasingly prominent, and ICT has been regarded as a key factor to improve the quality of education. Based on the survey data of programme for international student assessment in 2018, this study uses educational production function model and quantile regression technology to explore the influence of ICT resource input and ICT use on students' reading, mathematics and science achievements. The research shows that: firstly, the average number of computers in school has a significant negative impact on students' performance in three subjects, while the proportion of networked computers has a significant positive impact on students' performance in three subjects; Secondly, students' use of computers at school and for entertainment outside school will have a significant negative impact on their grades, while using computers outside school for learning purposes will have a significant positive impact on their grades; Thirdly, students' perceived interest and autonomy in ICT have a significant positive effect on the scores of the three subjects, while students' ICT ability and ICT socialization have a significant negative effect on the scores of the three subjects. Therefore, in the future educational practice, it is necessary not only to ensure the availability of ICT resources, but also to guide students to form the habit and attitude of treating and using ICT reasonably, so as to maximize the effectiveness of ICT.

Keywords

PISA, Information and Communication Technology, Student Achievement, Educational Production Function, Quantile Regression

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

信息时代,信息和通信技术(Information and Communications Technology, ICT)的作用日益凸显,ICT已被视为提高教育质量的关键因素[1][2][3]。现有研究表明,ICT在教育中的应用有助于增加学习机会,缩小社会经济因素和教育系统成果之间的差距[4]。因此,许多国家逐渐注意到学校ICT资源投入与教育产出之间的关系,致力于加大ICT资源投入力度,并颁布了关于将ICT融入教育的政策,努力为学生搭建更加有利的学习环境[5][6]。在信息技术日益发展的形势下,人们普遍认为,教育信息化有助于促进教育均衡化发展,进而缩小数字鸿沟。

然而,受制于区域经济发展水平、个体信息素养和受教育水平等因素,信息技术在教育领域的广泛应用不仅没有缩小数字鸿沟,反而有愈来愈扩大之势。在教育领域,数字鸿沟的存在直接关乎教育资源的配置、教育公平、人才培养等现实问题,传统的研究倾向于将“鸿沟”看成ICT资源接入上的不平等,进而分析造成这种不平等的原因[7][8]。随着互联网在社会生活的不断扩散,研究者对数字鸿沟的定义和内涵进行了重新思考。人们发现,数字鸿沟已经从“有无”信息技术,转变为技术与使用差异性所出现的鸿沟[9],这也被称作第二道数字鸿沟[10]。据2016年教育部印发的《教育信息化“十三五”规划》的通知显示,“十二五”以来我国教育信息化建设取得了非常显著的成果,包括学校网络教学环境大幅改善、优质数字教育资源日益丰富等。在我国学校信息化建设取得多样化成就的背景下,对于教育信息化

水平带来的教育产出的关注点也应该相应地有所变化,即不能只关注 ICT 接入层面的差异,还应该将视角转向更为多维鸿沟带来的教育产出差异,如 ICT 的使用差异、ICT 态度差异、ICT 参与差异等。

在国家大力推进教育信息化建设的背景下,ICT 资源的投入和使用关乎教育质量的提升、教育公平的促成、学习型社会的构建。在教育信息化基础设施建设逐步到位后,我国正在进入以信息技术应用驱动教育信息化建设为主导的时期。在不断加大教育信息化投入的同时,我们不能忽视随之而来的隐形问题,如学校 ICT 资源是否得到公平而有效地配置,如何高效配置 ICT 资源才能够提升学生的学业成绩?本研究探讨的问题是学校 ICT 资源投入能否有效提升学生的学业成绩?学生对 ICT 的使用情况以及使用 ICT 的态度是否能够有效预测学生的学业成绩?在此基础上,探讨 ICT 相关的因素对学生学业成绩的影响是否存在异质性。

如今,我们正在迈向高质量教育体系建设的关键时期,如何进一步探究教育资源投入与教育产出之间的关系及其异质性应当受到极大的关注。因此,本研究通过经合组织开展的国际学生评价项目(Programme for International Student Assessment, PISA) 2018 年数据,利用中国香港、日本和韩国的学生数据,基于教育生产函数模型,利用分位数回归技术实证检验了在数字鸿沟转向背景下与 ICT 有关的因素对学生学业成绩的边际影响及其异质性,以期为我国教育信息化和教育均衡化的发展以及为数据驱动背景下的教育质量与评价改革提供实证研究依据。

2. 文献综述

2.1. ICT 投入与学生学业成绩的关系

ICT 被誉为是 21 世纪社会和经济发展的驱动力[11]。在过去很长一段时间里,ICT 在教育实践中的应用发展迅速,推动了学校教学方法等诸多方面的变革,并产生了一系列新的技术资源[12]。目前,已有大量的实证研究探讨了 ICT 资源投入与学生学业成就之间的关系,但总体而言这些研究的结论出现分歧:ICT 既有利于学生的学习,也可能分散学生的学习注意力。因此,在家中和在学校增加使用 ICT 的机会是否能够助力或阻碍学生学业成绩的提升,还有待进一步研究。现有研究表明在教育中使用 ICT 可以提高学生的学习积极性,学校 ICT 资源投入越丰富,学生的学习成绩往往表现更突出[13] [14]。基于 ICT 的学习机会不仅会直接影响学生的成绩,还通过社会期望间接影响学生的成绩。Skryabin 等(2015)通过研究国家 ICT 发展水平与学生数学、阅读和科学成绩之间的关系发现,国家 ICT 发展水平对学生的阅读、数学和科学成绩有积极影响[5]。Carrasco 和 Torrelcilla (2012)的研究表明,在 16 个拉丁美洲国家,拥有 10 台以上计算机的学校的学生的学业成绩比拥有不到 10 台计算机的学校的学生的成绩更好。然而,来自澳大利亚和加拿大的实证研究证据表明学校计算机的互联网连接对加拿大 PISA2006 参与者的科学素养没有显著影响,但与澳大利亚参与者的科学素养有负面关系[15]。

2.2. 学生 ICT 使用和 ICT 态度与学业成绩的关系

目前,已有大量关于个人层面 ICT 因素与学生学业成绩之间关系的研究[16] [17]。具体来说,个人层面与 ICT 相关的因素可以分为三类:ICT 可用性、ICT 使用、ICT 态度,由于 ICT 可用性已经通过学校层面进行探究,因此这里将不再过多阐述。

现有研究普遍认为学生的 ICT 使用对于其学业成绩的影响主要受到以下几个因素的制约:一是学生所在年级和学习的科目[18]。一项来自英国的研究表明:ICT 使用与五年级、八年级和十年级学生的科学成绩呈正相关。然而,在对阅读成绩的影响上仅对五年级学生有显著性影响,对于八年级和十年级学生没有显著性影响[19]。另一个影响因素是 ICT 的使用地点,即在学校还是在家里。Petko 等(2017)的研究表明,在学校使用 ICT 对学生在数学、阅读和科学方面的成绩有显著的负面影响,但在家中使用时 ICT 的

影响则呈现出不同的结果[20]。第三个影响因素是 ICT 使用目的,包括用于学术以及用于休闲娱乐两类。赵宁宁等(2018)的研究表明青少年使用信息技术开展学习活动的的时间越多,其学业成绩越好;青少年将信息技术用于休闲和社交的时间越多,其学业成绩越差[11]。陈纯瑾等(2017)利用 PISA2015 的中国四省市数据对信息技术与学生素养的关系展开了实证研究,结果表明学生在常规教学工作日上网时间越长,学生成绩就越低[21]。然而,Gumus 等(2011)发现,出于教育目的使用电脑对土耳其学生的阅读能力有负面影响,而出于娱乐目的使用电脑则有正面影响[22]。

目前的文献表明,学生对 ICT 的态度因素对学习成绩有重大影响。然而,学生的 ICT 态度因素是复杂的,由许多结构组成[23]。根据经合组织(2016)的定义,ICT 的态度由以下四个部分构成:学生对 ICT 的兴趣、感知的 ICT 能力、感知的使用 ICT 的自主性以及享受围绕 ICT 的社会互动,各个维度的含义及意义详见表 1 [24]。

Table 1. Dimensions of ICT attitudes and their significance

表 1. ICT 态度各维度含义及意义

维度	含义	意义
1. ICT 兴趣	描述个体执行 ICT 相关任务或活动的内在动机	这种动机是引发 ICT 相关行为并产生积极的情绪、学习和绩效成果
2. ICT 能力	反映个体对自己 ICT 相关知识和技能所具有的信念	这种信念被认为能够维持 ICT 相关活动并培养 ICT 技能
3. ICT 自主	反映个体在开展 ICT 相关活动时感知到的控制性和独立性	有助于培养积极的自我概念,并增加未来表现出自我调节的 ICT 相关行为的可能性
4. ICT 社交	反映个体在多大程度上将 ICT 作为人际交流和互动的主题	代表个体在处理 ICT 时与他人之间的联系或归属感

注:上表根据 OECD 相关报告及部分研究整理[25]。

综上所述,现有研究中围绕针对 ICT 投入、ICT 使用情况以及 ICT 使用态度的研究已经有了较为丰富的成果。现有研究表明不论是在发达国家还是发展中国家,ICT 对于学生学业成绩既有积极影响,也有消极影响。无法准确把握 ICT 对于教育的影响,这将对教育政策的制定和教育质量评估提出挑战。进入教育高质量发展时期,通过对具有相似文化背景的中国香港、日本、韩国学生数据展开实证研究,验证 ICT 对于学生学业成绩的影响并尽可能揭示这种影响的异质性,将为中国教育信息化和教育均衡化提供借鉴和启示。

3. 数据来源和计量模型

3.1. 数据来源

本研究的数据来自经济合作与发展组织(Organization for Economic Co-Operation and Development, OECD) 2018 年在全球 79 个经济体对逾 60 万名 15 岁在校学生(加权后代表 2816.6 万名学生)进行的“国际学生评估项目”测试(Programme for International Student Assessment, PISA)。OECD 最早于 2000 年开始第一轮 PISA 测试,此后每三年进行一轮测试,2018 年进入第 7 轮测试。目前 PISA 已成为全球规模最大、影响力最广泛的国际性学生综合素养评估项目。PISA 测试对象为 15 岁的中学生,测试内容涵盖从小学到高中阶段的知识和技能,以了解学生在完成或即将完成义务教育时掌握适应未来经济社会发展所需知识和技能的程度。PISA 测试聚焦数学、阅读及科学素养,测试结果能够综合反映学生在这三个领域的学习素养及能力。与传统的学业测评不同,PISA 测试并不重复考察学生在课堂上所学到的静态知识,而是评估学生通过跨越不同的学科进行思考,并创造性地将所学的知识运用到新的情境之中的能力。PISA

项目分两阶段, 按规模大小成比例(Probability Proportionate to Size, 简称 PPS)概率抽样, 以保证每个抽样单元(学校)按其规模大小都有均等地被随机抽选的概率。具体而言, 该项目首先依照学校属性选定外显分层变量(如学校地理位置、学校类型、学段等), 将学校划分为不同组群, 并以学校规模为内隐分层变量, 接着采用分层随机抽样方法选取样本学校作为抽样单元, 然后运用 KeyQuest 软件在被抽中的学校随机抽取特定比例和数量的学生样本[24]。

本研究选取 PISA 数据库内中国香港、韩国、日本的学生与学校测试数据作为分析资料。之所以选取这三个国家或地区作为样本, 一是由于这几个国家或地区在 PISA2018 测试中, 数学、阅读和科学成绩排名靠前, 揭示其背后的影响因素将具有重要的现实意义; 二是中国香港、韩国、日本有相近的东亚文化, 使得分析结果能为我国基础教育研究与实践提供有益的启示和借鉴。

在剔除掉有缺失值的样本后, 共保留 15,537 名学生作为样本。表 2 为样本的国别与性别分布情况, 其中, 中国香港样本学生数为 3822 名(女生 1973 名, 男生 1849 名); 日本样本学生数为 5813 名(女生 2981 名, 男生 2832 名); 韩国样本学生数为 5902 名(女生 2907 名, 男生 2995 名)。总体的女生样本数为 7861 名, 占样本总数的 50.6%, 男生样本数为 7676, 占样本总数的 49.4%。

Table 2. The sample of PISA2018 in Hong Kong (China), Japan and South Korea
表 2. 中国香港、日本、韩国 PISA2018 测试学生样本数

	样本学生数(人)			
	中国香港	日本	韩国	合计
女生	1973	2981	2907	7861
男生	1849	2832	2995	7676
合计	3822	5813	5902	15,537

3.2. 变量选取

将学生与学校数据库进行匹配后, 筛选出本研究所需要的变量。其中因变量为学生的数学、阅读和科学成绩; 自变量为 ICT 相关变量, 包括三个层面: 一是学校 ICT 资源投入; 二是 ICT 使用情况; 三是 ICT 使用态度。根据已有研究[5] [11] [26] [27], 将性别、家庭社会经济文化地位、学校位置和性质作为控制变量。具体见表 3。

Table 3. Variable specific description
表 3. 变量具体描述

	变量名称	具体说明	来源题项
因变量	学生学业成绩	学生的阅读成绩	根据 PV 值合成 ^a
		学生的数学成绩	
		学生的科学兴趣	
自变量	个体层面		
	ICT 兴趣	个体对 ICT 的兴趣	INTICT
	ICT 能力	个体感知到的与 ICT 有关的能力	COMPICT
	ICT 自主	个体使用 ICT 时的自主性	AUTICT
	ICT 社交	个体享受使用 ICT 的社会互动	SOIAICT

续表

	校外 ICT 使用情况(休闲娱乐)	将 ICT 用于校外休闲娱乐的使用情况	ENTUSE
	校外 ICT 使用情况(学习)	将 ICT 用于校外学习的使用情况	HOMESCH
	校内 ICT 使用情况	一般在学校使用 ICT	USESCH
	学校层面		
	生均计算机数	学生用计算机台数占学生总人数的比值	RATCMP1
	生机联网比	学校拥有计算机数量连接到互联网的比例	RATCMP2
	个体层面		
	性别	学生的性别: 1 = 女; 2 = 男	ST004D01T
协变量	家庭经济社会文化地位	父母最高职业、最高教育水平及家庭财产合并而成	ECSC ^b
	学校层面		
	学校位置	学校位于所在国家的位置(以人口为度量标准)	SC001Q01TA
	学校性质	学校是公立性质还是私立性质: 1 = 私立; 2 = 公立	SC013Q01TA

^aPISA 是以 IRT 为理论基础的通过似真值(PV)来实现分数的量表化, 估计学生表现。这样使得多题本设计下的测验更合理, 并且能够对完成不同题本的群体或个人之间进行比较。似真值是基于学生的作答反应和背景变量获得学生能力的后验分布, 然后从中抽取的随机数; 它与被测量的潜在变量(一般是学生能力)有着大致相同的分布, 通过计算可以获得总体参数的一致性估计。^b家庭 ESCS 指数: 即经济社会文化地位(Economic, Social and Cultural Status)。ESCS 指数是由父母教育(PARED)、最高父母职业(HESEI)和家庭拥有(HOMEPS)构成, 通过主成分分析(PCA)得到的综合得分。经合组织的平均值为零, 标准差为 1。

3.3. 研究方法

3.3.1. 计量模型

在计量模型的选择上, 本研究以汉纳谢克(Hanushek, 1986)提出的经典教育生产函数模型为基础分析框架。其函数表达式为:

$$Q_{ijr} = f(F_{ijr}, S_{ijr}, P_{ijr}, \varepsilon_{ijr})$$

其中, i 表示学生个体, j 表示学校, Q_{ijr} 表示学生成绩; F_{ijr} 代表家庭对学生成绩影响的因素, 选取家庭 ESCS 指数; S_{ijr} 代表学校对学生成绩影响的因素, 如生均计算机数、计算机联网比等; P_{ijr} 代表学生个人对自身成绩的影响因素, 主要包括 ICT 相关因素, 如 ICT 态度、ICT 使用情况; ε_{ijr} 为随机误差项。

3.3.2. 统计方法

表 4 为因变量的分位数描述统计情况, 从低分位数到高分位数的成绩分布看, 三个国家或地区的学生阅读成绩 10 分位数为 390.1 分, 90 分位数为 634.4 分, 两者比率为 1.63; 数学成绩 90 分位数与 10 分位数之比为 1.53, 科学成绩 90 分位数与 10 分位数之比为 1.55。说明三项成绩的顶端与末端差距较大。由于分位数回归相比普通最小二乘回归只能描述自变量对于因变量局部变化的影响而言, 更能精确地描述自变量对于因变量的变化范围以及条件分布形状的影响¹。

基于教育生产函数的分析框架, 本研究引入分位数回归(Quantile Regression), 以学生的数学、阅读和科学成绩为因变量, 在控制了学生个体特征、家庭背景以及学校背景的情况下, 分析信息技术的投入与使用对于学生学业成绩的影响。

¹注: 分位数回归能够捕捉分布的尾部特征, 当自变量对不同部分的因变量的分布产生不同的影响时, 例如出现左偏或右偏的情况时, 它能更加全面的刻画分布的特征, 从而得到全面的分析, 而且分位数回归系数估计比 OLS 回归系数估计更稳健。

Table 4. Quantile description statistics for dependent variables
表 4. 因变量的分位数描述统计

主要变量	分位数				
	10 th	25 th	50 th	75 th	90 th
阅读成绩	390.1	456.9	525.3	585.3	634.4
数学成绩	420.8	478.4	540.9	597.9	644.4
科学成绩	408.5	468.1	531.6	588.1	633.6

4. 研究结果与分析

研究主要分为三部分，第一部分是对本研究所涉及的主要变量进行描述性统计分析；第二部分是三个国家或地区学生的数学、阅读和科学成绩在主要变量上的差异分析；第三部分是考察主要自变量对于学生数学、阅读和科学成绩的影响，主要通过分位数回归来实现。

4.1. 主要变量的描述性统计分析

从主要变量描述统计来看，三个国家或地区的学生在数学学科上的学业表现最好，其次是科学，最弱的是阅读，且表 5 中三类学科成绩的均值数据也证实了东亚地区学生的数学成绩普遍偏高的事实，说明本研究的样本能够代表东亚学生的实际情况，此后的结论将有助于给具备相似教育情境的中国提供一定的经验借鉴。

Table 5. The main variable description statistics
表 5. 主要变量描述统计

主要变量	样本数	均值	标准差
阅读成绩	15,537	517.60	94.12
数学成绩	15,537	536.50	86.14
科学成绩	15,537	526.00	86.10
ICT 兴趣	15,537	-0.14	1.00
ICT 能力	15,537	-0.45	0.99
ICT 自主	15,537	-0.07	1.01
ICT 社交	15,537	-0.21	1.04
校外 ICT 使用情况(用于休闲娱乐)	15,537	-0.09	0.88
校外 ICT 使用情况(用于学习)	15,537	-0.39	1.06
校内 ICT 使用情况	15,537	-0.71	1.02
生均计算机数	15,537	0.64	0.61
联网比	15,537	0.96	0.15

4.2. 学生数学、阅读和科学成绩在主要变量上的差异分析

表 6 为数学、阅读和科学成绩在主要变量上的差异分析结果，通过差异分析可知，学生的数学、阅读和科学成绩在主要变量上存在显著性差异($p < 0.1$)。具体而言，在学校生机比方面，生机比低的学校的学生们的三科成绩均显著高于生机比高的学校的学生；在 ICT 使用方面，校外 ICT 使用(用于学习)指数高

的学生的三科成绩高于校外 ICT 使用指数低的学生,而校外 ICT 使用(用于休闲娱乐)指数得出相反结论;在学生 ICT 态度方面,对 ICT 兴趣较高的学生的三科成绩显著高于对 ICT 兴趣低的学生;在 ICT 能力方面,自我感知的 ICT 能力高的学生,其数学和阅读成绩显著高于自我感知的 ICT 能力低的学生,但在科学成绩方面相反;在 ICT 自主性方面,自主性高的学生的三科成绩显著高于自主性低的学生。

Table 6. Analysis of differences in math, reading, and science scores on major variables
表 6. 数学、阅读和科学成绩在主要变量上的差异分析

量检验	数学成绩		阅读成绩		科学成绩	
	T	两两比较	T	两两比较	T	两两比较
生均计算机数	7.925***	低分组 > 高分组	8.640***	低分组 > 高分组	14.382***	低分组 > 高分组
生机联网比	0.248	-	-0.842	-	1.187	-
校外 ICT 使用(学业)	-5.956***	高分组 > 低分组	-4.210***	高分组 > 低分组	4.869***	低分组 > 高分组
校外 ICT 使用(娱乐)	4.095***	低分组 > 高分组	2.462**	低分组 > 高分组	6.413***	低分组 > 高分组
校内 ICT 使用	-4.175***	高分组 > 低分组	-2.783***	高分组 > 低分组	1.946	-
ICT 兴趣	-5.956***	高分组 > 低分组	-7.732***	高分组 > 低分组	-4.117***	高分组 > 低分组
ICT 能力	-1.817*	高分组 > 低分组	-0.871***	高分组 > 低分组	4.609***	低分组 > 高分组
ICT 自主	-10.926***	高分组 > 低分组	-7.691***	高分组 > 低分组	-6.682***	高分组 > 低分组
ICT 社交	4.761***	低分组 > 高分组	9.956***	低分组 > 高分组	7.964***	低分组 > 高分组

注: *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$ 。

4.3. ICT 对于三个国家或地区的学生学业成绩的边际影响

为了探究 ICT 对于中国香港、日本和韩国学生成绩的影响,进行了回归分析。传统的 OLS 回归虽然能够描述三科成绩的条件分布受到 ICT 各因素的影响过程,但是并不能描述 ICT 各因素对于三科成绩的变化范围以及条件分布形状的影响。为定量考察在中国香港、日本和韩国三个国家或地区,ICT 是否有助于提升学生的数学、阅读和科学成绩,基于教育生产函数的分析框架,本研究引入分位数回归。

4.3.1. ICT 对学生数学成绩的影响

表 7 为 ICT 对学生数学成绩的影响情况,结果显示,ICT 对学生数学成绩的影响在不同分位点上呈现出差异。生机比对学生数学成绩的影响显著为负($p < 0.01$),随着学生成绩的提高,生均计算机数的边际影响整体呈下降趋势,其边际效应值基本在 4.764~14.57 分之间上下波动。联网计算机比率对学生数学成绩影响在 50、75、90 分位数上显著,并且联网计算机比率的边际效应值分别为 20.03 分、20.99 分和 21.35 分,说明联网计算机比率对 90 分位数的学生数学成绩的边际影响更大。校外使用计算机(用于娱乐)对于学生数学成绩有极其显著的负向影响,并且对 90 分位数的学生数学成绩的边际影响最大。校外使用计算机(用于学业)对于学生数学成绩有极其显著的正向影响,在学生数学成绩的不同分位点上,校外使用计算机(用于学业)对于数学成绩的边际影响总体呈现逐渐上升趋势,对 90 分位数的学生数学成绩的边际影响最大。校内使用 ICT 对学生的数学成绩有显著的负向影响,但是对于 90 分位数的学生没有显著性的影响。感知的 ICT 兴趣对于学生数学成绩具有显著的正向影响,在学生数学成绩的不同分位点上,感知的 ICT 兴趣的边际影响整体呈倒“U”型波动,其边际效应值基本在 7.389~10.62 分之间上下波动。感知的 ICT 能力对于学生数学成绩具有显著的负向影响,对于 10 分位数上的学生成绩边际影响最大,对 90 分位数上的学生成绩边际影响最小。学生感知的 ICT 自主意识对学生数学成绩具有极其显著的正向影响,

ICT 社交对学生数学成绩具有极其显著的负向影响,但是二者在不同分位点上均呈现倒“U”型波动,即对于成绩处于中间的学生来说 ICT 自主意识和 ICT 社交的边际影响最大。

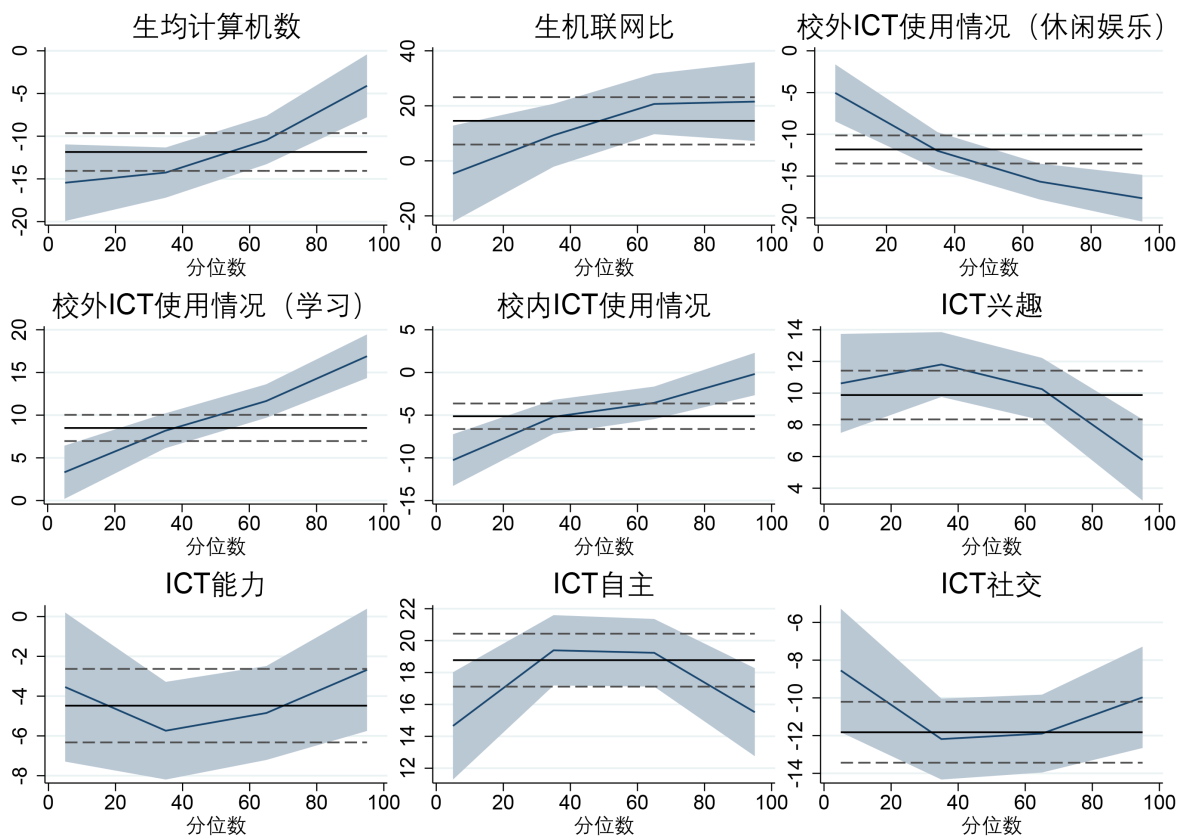
Table 7. The effect of ICT on student achievement in mathematics

表 7. ICT 对学生数学成绩的影响

变量	学生数学成绩的分位数估计					
	OLS	10 分位数	25 分位数	50 分位数	75 分位数	90 分位数
生均计算机数	-11.85*** (1.128)	-14.57*** (2.180)	-14.20*** (1.716)	-13.67*** (1.475)	-9.467*** (1.466)	-4.761*** (1.616)
联网计算机比率	14.54*** (4.388)	2.838 (8.477)	8.895 (6.673)	20.03*** (5.735)	20.99*** (5.700)	21.35*** (6.286)
校外使用计算机(娱乐)	-11.81*** (0.858)	-6.193*** (1.657)	-11.71*** (1.304)	-14.44*** (1.121)	-16.85*** (1.114)	-19.60*** (1.229)
校外使用计算机(学业)	8.502*** (0.783)	3.550** (1.513)	6.577*** (1.191)	11.03*** (1.024)	12.70*** (1.017)	14.69*** (1.122)
在校使用计算机	-5.127*** (0.761)	-7.833*** (1.471)	-5.904*** (1.158)	-5.040*** (0.995)	-2.525** (0.989)	-0.709 (1.091)
ICT 兴趣	9.882*** (0.785)	10.62*** (1.517)	12.03*** (1.194)	10.88*** (1.026)	9.416*** (1.020)	7.389*** (1.125)
ICT 能力	-4.478*** (0.942)	-5.206*** (1.821)	-5.805*** (1.433)	-5.616*** (1.232)	-3.980*** (1.224)	-2.779** (1.350)
ICT 自主	18.78*** (0.846)	17.95*** (1.635)	19.49*** (1.287)	20.51*** (1.106)	17.68*** (1.099)	17.16*** (1.212)
ICT 社交	-11.82*** (0.824)	-10.62*** (1.591)	-13.67*** (1.253)	-12.42*** (1.077)	-11.26*** (1.070)	-10.65*** (1.180)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
常数项	549.4*** (9.366)	479.0*** (18.10)	504.3*** (14.24)	559.3*** (12.24)	594.2*** (12.17)	621.7*** (13.42)
Pseudo R ²	0.148	0.074	0.082	0.083	0.085	0.088
观测值	15,537	15,537	15,537	15,537	15,537	15,537

注: 1. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$ 。2. 控制变量包括学生性别、家庭经济地位(ESCS)指数、学校位置、学校性质。

图 1 详细呈现了学校 ICT 资源投入、学生 ICT 使用情况、学生对 ICT 的态度对学生数学成绩在 10% 到 90% 不同分位数水平上的边际影响。从边际影响的大小来看,学生 ICT 自主意识对学生数学成绩平均的边际影响最大,ICT 感知能力对学生数学成绩平均的边际影响最小。从边际影响的方向来看,联网计算机比率、校外使用计算机(用于学业)、ICT 兴趣、ICT 自主对于数学成绩的影响是正向的,其余因素的影响则是负向的。



注：1. 上图估计值控制了学生性别、家庭经济社会文化地位(ESCS)指数、学校位置、学校性质。2. 横轴表示学生数学成绩的分位数，纵轴表示解释变量(学校 ICT 资源投入、学生 ICT 使用情况、学生对 ICT 的态度)对学生数学成绩边际影响估计系数；图中蓝色实线表示解释变量对不同分位数上的学生数学成绩的影响系数，灰色阴影部分表示分位数回归模型估计值 95%置信区间；黑色虚线表示 OLS 模型估计值，两条虚线中间区域表示 OLS 模型估计值 95%置信区间。

Figure 1. The effect of ICT on students' mathematics achievement: quantile estimates

图 1. ICT 对学生数学成绩的影响：分位数估计

4.3.2. ICT 对学生阅读成绩的影响

表 8 为 ICT 对学生阅读成绩的影响的分位数回归结果，结果显示，ICT 对学生阅读成绩的影响在不同分位点上呈现出差异。生均计算机数对学生阅读成绩具有显著的负向影响，对于 50 分位数上(成绩中等)的学生成绩边际影响最大。联网计算机比率对于 90 分位数上的学生成绩边际影响最大，边际效应值达到 30 分。校外使用计算机(娱乐/学业)对于学生阅读成绩的边际影响在 90 以及 10 分位上呈现两极分化的特点。随着学生阅读成绩分位数不断提高，在校使用计算机的边际影响逐渐降低，从 10 分位的 14.44 分下降到 75 分位的 2.744 分，而在 90 分位点上边际影响并不显著。ICT 自主、ICT 社交在学生阅读成绩的不同分位点上，边际影响呈倒“U”型波动，其边际效应值分别在 16.70~21.06 分之间、13.18 分~17 分之间上下波动，由此可见，ICT 自主和 ICT 社交对于成绩中等的学生的边际影响更大，而对成绩靠后和成绩靠前的学生的边际影响更小。

图 2 详细呈现了学校 ICT 资源投入、学生 ICT 使用情况、学生对 ICT 的态度对学生阅读成绩在 10%到 90%不同分位数水平上的边际影响。从边际影响的大小来看，学生 ICT 自主意识对学生阅读成绩平均的边际影响最大，ICT 感知能力对学生阅读成绩平均的边际影响最小。从边际影响的方向来看，联网计算机比率、校外使用计算机(用于学业)、ICT 兴趣、ICT 自主对于阅读成绩的影响是正向的，其余因素的影响则是负向的。

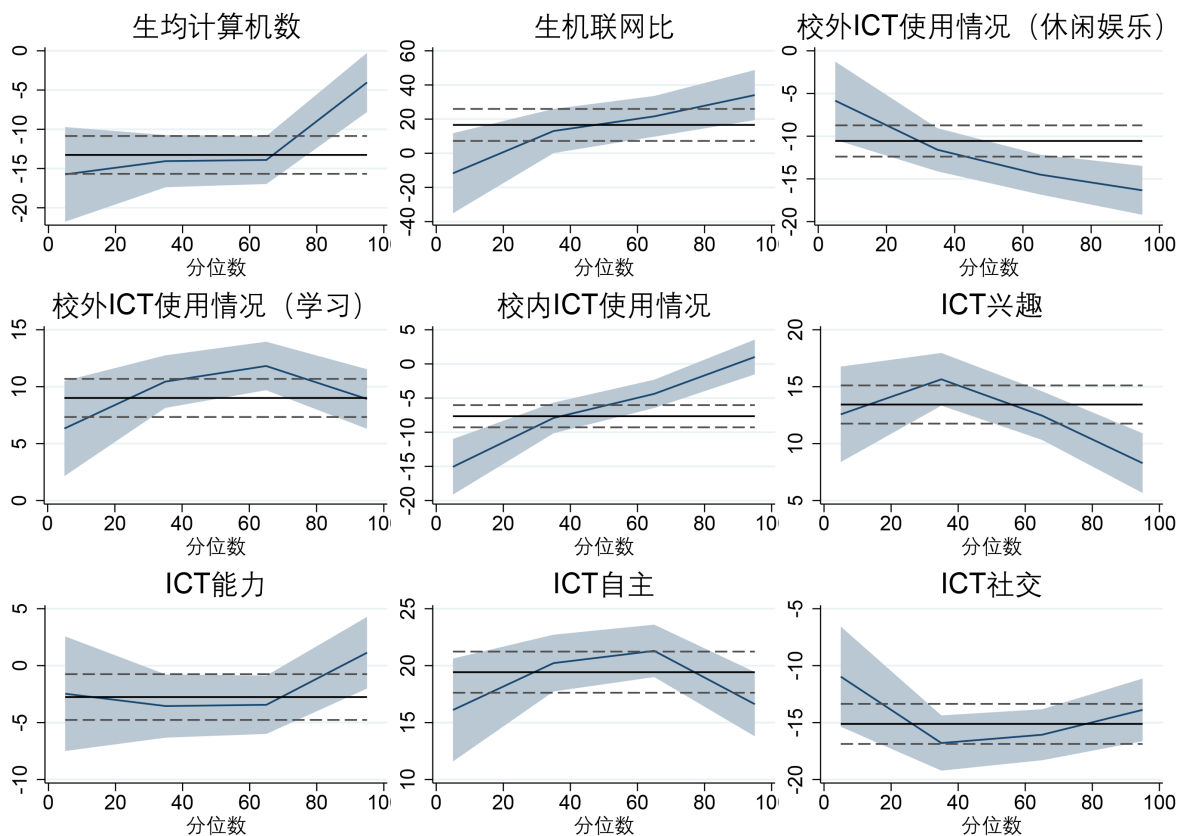
Table 8. The effect of ICT on students' reading achievement
表 8. ICT 对学生阅读成绩的影响

变量	学生阅读成绩的分位数估计					
	OLS	10 分位数	25 分位数	50 分位数	75 分位数	90 分位数
生均计算机数	-13.26*** (1.229)	-15.27*** (2.335)	-15.95*** (1.898)	-13.31*** (1.598)	-13.17*** (1.489)	-8.127*** (1.757)
联网计算机比率	16.61*** (4.780)	0.837 (9.079)	8.214 (7.382)	20.17*** (6.215)	22.69*** (5.791)	30.60*** (6.833)
校外使用计算机(娱乐)	-10.56*** (0.934)	-7.157*** (1.775)	-8.886*** (1.443)	-13.73*** (1.215)	-13.92*** (1.132)	-14.92*** (1.335)
校外使用计算机(学业)	9.013*** (0.853)	7.439*** (1.620)	9.095*** (1.318)	11.62*** (1.109)	10.14*** (1.034)	9.609*** (1.220)
在校使用计算机	-7.650*** (0.829)	-14.44*** (1.575)	-9.526*** (1.281)	-6.162*** (1.078)	-2.744*** (1.005)	-1.184 (1.186)
ICT 兴趣	13.43*** (0.855)	15.16*** (1.625)	15.61*** (1.321)	14.24*** (1.112)	11.01*** (1.036)	9.437*** (1.223)
ICT 能力	-2.756*** (1.027)	-4.259** (1.950)	-3.795** (1.586)	-3.503*** (1.335)	-3.595*** (1.244)	0.389 (1.468)
ICT 自主	19.43*** (0.922)	18.58*** (1.751)	19.51*** (1.424)	21.06*** (1.199)	20.36*** (1.117)	16.70*** (1.318)
ICT 社交	-15.12*** (0.821)	-13.45*** (1.641)	-15.26*** (1.353)	-17.00*** (1.051)	-15.40*** (1.034)	-13.18*** (1.162)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
常数项	548.5*** (10.20)	478.2*** (19.38)	509.4*** (15.76)	544.7*** (13.27)	588.2*** (12.36)	632.7*** (14.59)
Pseudo R ²	0.153	0.093	0.087	0.086	0.080	0.078
观测值	15,537	15,537	15,537	15,537	15,537	15,537

注: 1. ***p < 0.01, **p < 0.05, *p < 0.1。2. 控制变量包括学生性别、家庭经济社会文化地位(ESCS)指数、学校位置、学校性质。

4.3.3. ICT 对学生科学成绩的影响

表 9 是 ICT 对学生科学成绩的影响的分位数回归结果, 总体而言, ICT 对于学生科学成绩在不同分位点上的边际影响的波动相较于数学成绩和阅读成绩的波动更大。这种波动尤其呈现在生均计算机数、校外使用计算机(学业)、ICT 能力、ICT 自主和 ICT 社交方面, 说明尤其需要关注这些因素对于不同成绩的学生的影响。联网计算机比率在 75 分位数上的边际效应值为 21.68 分, 表明对于 75 分位数上的学生科学成绩的影响最大。校外使用计算机(用于娱乐)对于学生科学成绩的边际影响呈逐渐加大的趋势, 边际效应值在 5.277 分~14.75 分之间上下波动。而学生感知的 ICT 兴趣对于学生科学成绩的边际影响呈逐渐减小的趋势, 边际效应值在 8.1 分~12.55 分之间上下波动, 说明对于 10 分位数上的学生影响最大, 对 90 分位数上的学生影响最小。



注：1. 上图估计值控制了学生性别、家庭经济社会文化地位(ESCS)指数、学校位置、学校性质。2. 横轴表示学生数学成绩的分位数，纵轴表示解释变量(学校 ICT 资源投入、学生 ICT 使用情况、学生对 ICT 的态度)对学生数学成绩边际影响估计系数；图中蓝色实线表示解释变量对不同分位数上的学生数学成绩的影响系数，灰色阴影部分表示分位数回归模型估计值 95%置信区间；黑色虚线表示 OLS 模型估计值，两条虚线中间区域表示 OLS 模型估计值 95%置信区间。

Figure 2. The effect of ICT on students' reading achievement: quantile estimates

图 2. ICT 对学生阅读成绩的影响：分位数估计

Table 9. The impact of ICT on student achievement in science

表 9. ICT 对学生科学成绩的影响

变量	学生科学成绩的分位数估计					
	OLS	10 分位数	25 分位数	50 分位数	75 分位数	90 分位数
生均计算机数	-15.34*** (1.124)	-15.77*** (2.248)	-15.56*** (1.854)	-16.84*** (1.440)	-14.33*** (1.416)	-12.48*** (1.592)
联网计算机比率	12.53*** (4.371)	0.185 (8.741)	5.368 (7.208)	18.48*** (5.599)	21.68*** (5.507)	18.54*** (6.190)
校外使用计算机(娱乐)	-9.840*** (0.854)	-5.277*** (1.708)	-8.783*** (1.409)	-12.48*** (1.094)	-13.85*** (1.076)	-14.75*** (1.210)
校外使用计算机(学业)	4.054*** (0.780)	3.101** (1.560)	5.700*** (1.287)	4.972*** (0.999)	2.878*** (0.983)	2.392** (1.105)
在校使用计算机	-6.780*** (0.758)	-11.40*** (1.517)	-9.136*** (1.251)	-6.618*** (0.971)	-2.696*** (0.956)	0.0699 (1.074)

续表

ICT 兴趣	11.41 ^{***} (0.782)	12.55 ^{***} (1.564)	13.09 ^{***} (1.290)	11.96 ^{***} (1.002)	9.467 ^{***} (0.985)	8.100 ^{***} (1.108)
ICT 能力	-7.286 ^{***} (0.939)	-7.788 ^{***} (1.878)	-7.052 ^{***} (1.548)	-8.169 ^{***} (1.203)	-6.596 ^{***} (1.183)	-4.839 ^{***} (1.330)
ICT 自主	19.11 ^{***} (0.843)	18.27 ^{***} (1.686)	20.60 ^{***} (1.390)	20.97 ^{***} (1.080)	18.76 ^{***} (1.062)	17.45 ^{***} (1.194)
ICT 社交	-10.81 ^{***} (0.821)	-8.671 ^{***} (1.641)	-12.60 ^{***} (1.353)	-11.74 ^{***} (1.051)	-10.01 ^{***} (1.034)	-11.65 ^{***} (1.162)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
常数项	546.4 ^{***} (9.331)	473.7 ^{***} (18.66)	498.9 ^{***} (15.39)	537.2 ^{***} (11.95)	591.2 ^{***} (11.76)	634.1 ^{***} (13.21)
Pseudo R ²	0.154	0.079	0.082	0.087	0.089	0.086
观测值	15,537	15,537	15,537	15,537	15,537	15,537

注: 1. ^{***} $p < 0.01$, ^{**} $p < 0.05$, ^{*} $p < 0.1$ 。2. 控制变量包括学生性别、家庭经济社会文化地位(ESCS)指数、学校位置、学校性质。

图 3 详细呈现了学校 ICT 资源投入、学生 ICT 使用情况、学生对 ICT 的态度对学生科学成绩在 10% 到 90% 不同分位数水平上的边际影响。从边际影响的大小来看, 学生 ICT 自主意识对学生科学成绩平均的边际影响最大, 校外使用计算机(学业)对学生科学成绩平均的边际影响最小。从边际影响的方向来看, 联网计算机比率、校外使用计算机(用于学业)、ICT 兴趣、ICT 自主对于科学成绩的影响是正向的, 其余因素的影响则是负向的。

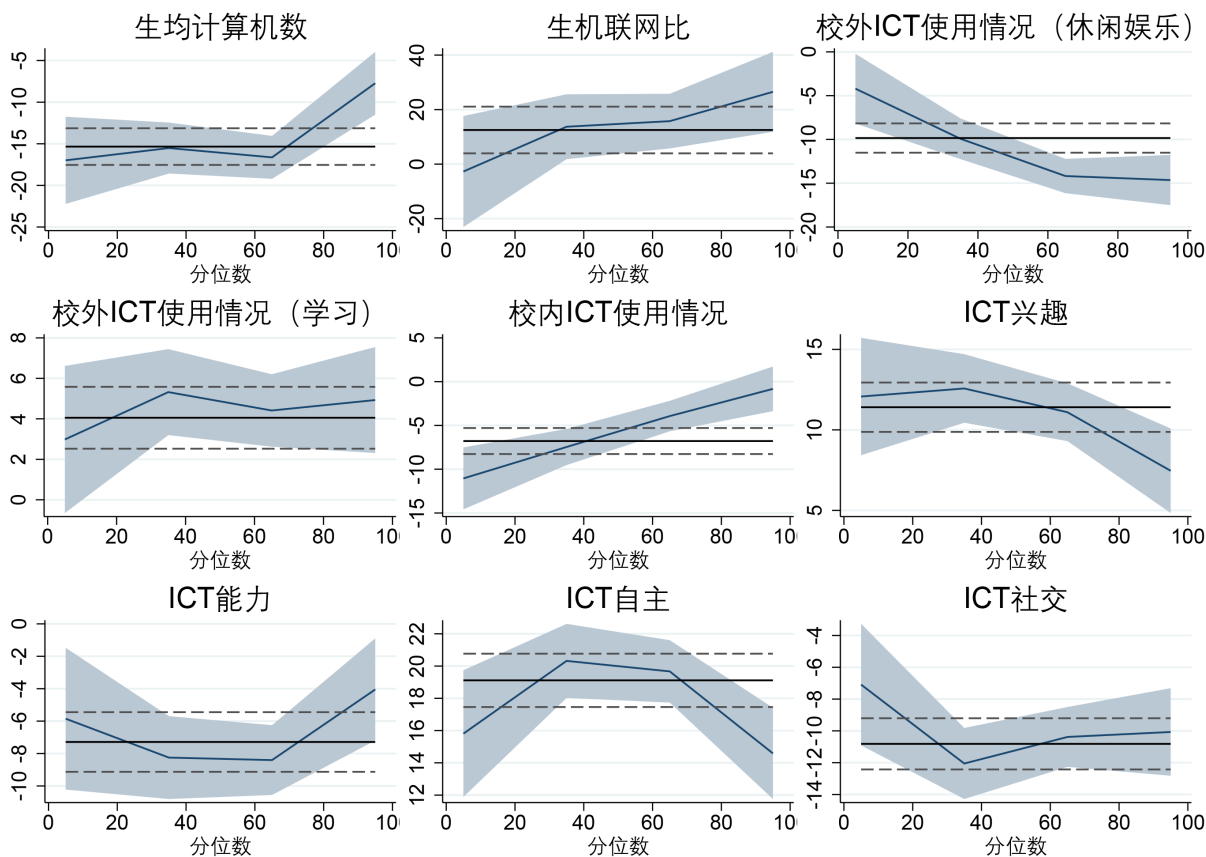
5. 研究结论与建议

5.1. 研究结论

5.1.1. 学校 ICT 资源投入对学生成绩的影响

实证研究结果显示, 生均计算机数对学生的数学、阅读、科学成绩均存在显著的负向影响。生均计算机数量衡量的是每个学生拥有的计算机情况, 然而并不是数量越多越好。对于学生而言, 当数量能够支持自己的学习需要就已经足够了, 数量过多反而容易造成资源过剩、计算机使用效率不高等现象。从分位数回归结果来看, 在数学成绩上, 生均计算机数对 10 分位数上的学生成绩边际影响最大; 在阅读成绩上, 生均计算机数对 25 分位数上的学生成绩边际影响最大; 在科学成绩上, 生均计算机数对 50 分位数上的学生成绩边际影响最大。由此可见, 生均计算机数对不同群体的学生的影响是不同的, 但是总体上对那些学业成绩本来就差的学生负向影响更大。可能的原因是这部分学生更容易沉溺于多媒体的使用, 用于学业的时间和精力就相对较弱。

联网计算机比例在 OLS 回归中对学生的数学、阅读、科学成绩均存在显著的正向影响, 在分位数回归中对学生的数学、阅读、科学成绩均存在正向影响但不完全显著。具体而言, 联网计算机比例在 10 和 25 分位数上对学生数学、阅读和科学成绩均无显著影响。在数学成绩和阅读成绩上, 联网计算机比例对 50、75 和 90 分位数上的学生成绩具有显著影响, 其中对 90 分位数上的学生成绩边际影响最大; 在科学成绩上, 联网计算机比例对 50、75 和 90 分位数上的学生成绩具有显著影响, 其中对 75 分位数上的学生



注：1. 上图估计值控制了学生性别、家庭经济社会文化地位(ESCS)指数、学校位置、学校性质。2. 横轴表示学生数学成绩的分位数，纵轴表示解释变量(学校 ICT 资源投入、学生 ICT 使用情况、学生对 ICT 的态度)对学生数学成绩边际影响估计系数；图中蓝色实线表示解释变量对不同分位数上的学生数学成绩的影响系数，灰色阴影部分表示分位数回归模型估计值 95%置信区间；黑色虚线表示 OLS 模型估计值，两条虚线中间区域表示 OLS 模型估计值 95%置信区间。

Figure 3. The effect of ICT on students' science achievement: quantile estimates

图 3. ICT 对学生科学成绩的影响：分位数估计

成绩边际影响最大。从整体上来看，学校提供更多联网计算机能够为学生带来更多的学习便利，帮助学生获得更多的学习资源。但是联网计算机的正向影响对于成绩中等偏上的学生影响更大，说明学校层面应该在提供电子学习资源的同时，引导这部分学生合理使用联网计算机，以最大化发挥多媒体的效能。

5.1.2. 学生 ICT 使用情况对成绩的影响

实证研究结果显示，在校内使用计算机会对学生的数学、阅读和科学成绩产生显著的负向影响。现代信息技术所创设的虚拟化环境要求学习者具备相比以往更强的自我认知和控制能力，但在学业压力和学校严格内部管理的双重作用之下，学生在校内使用计算机通常是为了学习之余的娱乐和放松，并非真正为了学习和自我提升。

此外实证研究结果还显示，在校外使用计算机的目的不同会对学生的学业成绩产生完全相反的影响。说明脱离了学校管理，如果学生仍能够为了学习而使用计算机，那么学业成绩也会随之得到显著提升，且这种提升效果在学业成绩分布靠前的学生中更加明显。但若将心思过多地放在娱乐休闲上，甚至出现沉迷网络的情况，那么不仅会对学生的身体和心理健康产生负向影响，还会挤压学生正常的学习和运动的时间，必然会造成学业成绩不理想的情况。

5.1.3. 学生 ICT 使用态度对成绩的影响

整体来看,学生的 ICT 使用态度会对学业成绩产生显著影响,其中 ICT 兴趣和 ICT 自主产生的是正向影响,ICT 能力和 ICT 社交产生的是负向影响。一方面,如果学生对 ICT 产生浓厚的兴趣,学生可能会积极使用 ICT,借助 ICT 海量获取资源的功能提升自己的学习成绩。此外,在使用 ICT 的过程中需要把握好“度”,个人的自控能力就显得尤为重要。实证研究的结果也显示,ICT 自主性会对学生的学业成绩产生正向显著的影响。另一方面,如果学生认为自己拥有较高的 ICT 能力,那么他们很可能会将更多的时间和精力用在对 ICT 的探索上,用于学业的时间和精力自然也就不足,这会造成他们学习成绩的下降。同时,学生面向社交的 ICT 使用频率越高,数学、阅读和科学成绩就越差,该结果在三科成绩上均有相对一致性。

5.2. 政策建议

5.2.1. 保障 ICT 资源可得性,促进教育公平

实证研究发现,生均计算机对学生成绩并没有显著的正向影响,而联网计算机比例却对学生成绩有显著的正向影响。这也说明了,在 ICT 资源投入方面,需要把控 ICT 资源投入的科学性,保障计算机联网能力的重要性远远高于保障计算机数量,应避免出现前期一次性投入大、后期资金不足、设备不能及时维修和更新等情况。因此,政府部门需要建立长期、持续、稳定、有效的教育信息化经费投入制度,并适当向西部地区和偏远贫困地区实行政策倾斜;其次,政府部门应该积极拓宽资金来源渠道,增加教育信息化的投入总额,以保障薄弱地区学校 ICT 资源的可得性和教育信息化发展的可持续性。本研究还发现在一些学生学业成绩表现较好的国家或地区,丰富的信息技术资源尚未转化为真正的信息教育资源,这可能造成 ICT 资源的利用效率低下的问题。基于此,学校层面还应该通过加强 ICT 使用层面的培训,增强教师使用 ICT 的能力,改善数字化教学环境,以提高 ICT 的使用效能。

5.2.2. 提倡 ICT 使用的科学性,推动教育信息化

本研究发现,在校内使用计算机以及在校外使用计算机对学生的数学、阅读和科学成绩产生的影响是不同的。有研究将原因归结于校内使用 ICT (例如,常见校内 ICT 使用就是教师应用 PPT 教学)容易导致教师教学方式固化,无法提升教育质量,并且在学校制度的要求下,学生很难真正参与到 ICT 的使用中去。因此,如何科学地将既有 ICT 资源恰当而充分地应用于教育教学过程,不断提高学校信息技术设备的使用和管理规范已成为学校 ICT 资源治理的当务之急。为此,学校要制定相应的校本政策,鼓励计算机的合理使用,并充分考虑教师日常教学中的计算机使用需求;在教学过程中,教师要不断提高对 ICT 的理解和管理能力,建立基于师生合作的 ICT 使用模式,逐步提高课堂的创新性和包容性;学校、教师及家长需要合理规划学生 ICT 的使用,给予学生一定的 ICT 使用自由,同时引导学生合理利用 ICT 来学习。

5.2.3. 增强 ICT 使用的自主性、培养兴趣

学习的过程和效果在一定程度上受到学生学习态度的影响。学习者对学习材料是否有兴趣、对教学活动的组织形式是否有兴趣、是否能主动学习,这些都会影响学习者的情绪和学习效果。实证结果也表明,学生的 ICT 使用兴趣和自主性均能显著提升学业成绩。在 ICT 教学环境下,教师要主动引导学生科学适度使用 ICT 的兴趣,使学生有利用 ICT 学习的意愿和动力。首先,课堂教学中要适当增加一些来源于网络的丰富有趣的学习资源;其次,要增加课堂中 ICT 设备的使用频率,以此丰富课堂组织和活动形式,提高学习效率;最后,教师要鼓励学生在 ICT 环境下自主学习,可以向学生推荐学习软件、网站和资源,如英语网、给力英语、中学生学习网、各种 MOOC (大规模在线开放课程)等。通过这些手段让学

生意识到信息技术给学习带来的便利条件, 激起中学生在学习利用 ICT 的求知欲和好奇心。同时, 基于技术使用上的两面性, 学校要定期开展教育活动, 并形成良性引导机制, 以应对学生使用 ICT 学习过程中面临的负面影响。

参考文献

- [1] Brecko, B., Kamylyis, P., Punie, Y. (2014) Mainstreaming ICT Enabled Innovation in Education and Training in Europe-Policy Actions for Sustainability, Scalability and Impact at System Level. Joint Research Centre (Seville Site).
- [2] Pérez-Sanagustín, M., Nussbaum, M., Hilliger, I., et al. (2017) Research on ICT in K-12 Schools a Review of Experimental and Survey-Based Studies in Computers & Education 2011 to 2015. *Computers & Education*, **104**, A1-A15. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.09.006>
- [3] Blackwell, C.K., Lauricella, A.R. and Wartella, E. (2014) Factors Influencing Digital Technology Use in Early Childhood Education. *Computers & Education*, **77**, 82-90. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.04.013>
- [4] Shank, D.B. and Cotten, S.R. (2014) Does Technology Empower Urban Youth? The Relationship of Technology Use to Self-Efficacy. *Computers & Education*, **70**, 184-193. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.08.018>
- [5] Skryabin, M., Zhang, J.J., Liu, L., et al. (2015) How the ICT Development Level and Usage Influence Student Achievement in Reading, Mathematics, and Science. *Computers & Education*, **85**, 49-58. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.02.004>
- [6] De Witte, K. and Rogge, N. (2014) Does ICT Matter for Effectiveness and Efficiency in Mathematics Education? *Computers & Education*, **75**, 173-184. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.02.012>
- [7] Erumban, A.A. and De Jong, S.B. (2006) Cross-Country Differences in ICT Adoption: A Consequence of Culture? *Journal of World Business*, **41**, 302-314. <https://doi.org/10.1016/j.jwb.2006.08.005>
- [8] Hargittai, E. (2003) The Digital Divide and What to Do about It. In: Jones, D.C., Ed., *New Economy Handbook*, Academic Press, San Diego, 822-841.
- [9] Ono, H. and Zavodny, M. (2007) Digital Inequality: A Five Country Comparison Using Microdata. *Social Science Research*, **36**, 1135-1155. <https://doi.org/10.1016/j.ssresearch.2006.09.001>
- [10] 朱莎, 杨浩, 冯琳. 国际“数字鸿沟”研究的现状、热点及前沿分析——兼论对教育信息化及教育均衡发展的启示[J]. 远程教育杂志, 2017, 35(1): 82-93.
- [11] 赵宁宁, 王易, 陈小涵, 温红博. 信息技术对学生学业成绩的影响——基于 PISA2018 数据[J]. 中国考试, 2020(11): 67-73.
- [12] Benini, S. (2014) Is ICT Really Essential for Learning? Perceptions and Uses of ICTs for Language Acquisition in Secondary Level Environments. In: Jager, S., Bradley, L., Meima, E.J. and Thoušny, S., Eds., *CALL Design: Principles and Practice, Proceedings of the 2014 EUROCALL Conference*, Groningen, 23-28. <https://doi.org/10.14705/rpnet.2014.000189>
- [13] Lau, B.T. and Sim, C.H. (2008) Exploring the Extent of ICT Adoption among Secondary School Teachers in Malaysia. *International Journal of Computing and ICT Research*, **2**, 19-36.
- [14] 马红梅, 陈钰, 肖雨桐. 全球视域下学校信息化“数字鸿沟”及其对学生成绩的影响[J]. 现代远程教育研究, 2020, 32(5): 86-94.
- [15] Luu, K. and Freeman, J.G. (2011) An Analysis of the Relationship Between Information and Communication Technology (ICT) and Scientific Literacy in Canada and Australia. *Computers & Education*, **56**, 1072-1082. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.11.008>
- [16] Eng, T.S. (2005) The Impact of ICT on Learning: A Review of Research. *International Education Journal*, **6**, 635-650.
- [17] 陈纯槿, 郅庭瑾. 信息技术应用对数字化阅读成绩的影响——基于国际学生评估项目的实证研究[J]. 开放教育研究, 2016, 22(4): 57-70.
- [18] Harrison, C., Comber, C., Fisher, T., et al. (2002) ImpaCT2: The Impact of Information and Communication Technologies on Pupil Learning and Attainment. British Educational Communications and Technology Agency (BECTA), Coventry.
- [19] Bayraktar, S. (2001) A Meta-Analysis of the Effectiveness of Computer-Assisted Instruction in Science Education. *Journal of Research on Technology in Education*, **34**, 173-188. <https://doi.org/10.1080/15391523.2001.10782344>
- [20] Petko, D., Cantieni, A. and Prasse, D. (2017) Perceived Quality of Educational Technology Matters: A Secondary Analysis of Students' ICT Use, ICT-Related Attitudes, and PISA 2012 Test Scores. *Journal of Educational Computing*

-
- Research*, **54**, 1070-1091. <https://doi.org/10.1177/0735633116649373>
- [21] 陈纯槿, 顾小清. 信息技术提升了学生素养吗?——基于 PISA2015 数据的实证分析[J]. 开放教育研究, 2017, 23(3): 37-49.
- [22] Gumus, S. and Atalmis, E.H. (2011) Exploring the Relationship between Purpose of Computer Usage and Reading Skills of Turkish Students: Evidence From PISA 2006. *Turkish Online Journal of Educational Technology-TOJET*, **10**, 129-140.
- [23] Tsai, C.C., Lin, S.S.J. and Tsai, M.J. (2001) Developing an Internet Attitude Scale for High School Students. *Computers & Education*, **37**, 41-51. [https://doi.org/10.1016/S0360-1315\(01\)00033-1](https://doi.org/10.1016/S0360-1315(01)00033-1)
- [24] OECD (2016) PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic and Financial Literacy. OECD Publishing, Berlin.
- [25] Goldhammer, F., Gniewosz, G. and Zylka, J. (2016) ICT Engagement in Learning Environments. In: Kuger, S., Klieme, E., Jude, N. and Kaplan, D., Eds., *Assessing Contexts of Learning*, Springer, Cham, 331-351. https://doi.org/10.1007/978-3-319-45357-6_13
- [26] Lee, Y.H. and Wu, J.Y. (2012) The Effect of Individual Differences in the Inner and Outer States of ICT on Engagement in Online Reading Activities and PISA 2009 Reading Literacy: Exploring the Relationship between the Old and New Reading Literacy. *Learning and Individual Differences*, **22**, 336-342. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2012.01.007>
- [27] Blackmore, J., Hardcastle, L., Bamblett, E., *et al.* (2003) Effective Use of Information and Communication Technology (ICT) to Enhance Learning for Disadvantaged School Students. Deakin Centre for Education and Change, Institute of Disability Studies, Deakin University and Institute of Koorie Education, Deakin University, Australia.