



Современные подходы к анализу экономических эффектов от роботизации

Неумывакин Роман

Актуальность



- Интерес со стороны участников рынка к автоматизации;
- Малое количество исследований по влиянию роботизации на производительность на уровне фирм;
- Недостаток комплексных исследований по эффектам от автоматизации в России, как на рыночном уровне, так и на уровне фирм.

Направления исследований (HfS Research Founder, 2018; Deloitte, 2020; María Teresa Ballestar et al., 2020; Geng Huang et al., 2022; M Koch, 2021) :

- сокращение издержек в результате автоматизации;
 - изменение паттерна мотивации сотрудников;
 - оптимизация производственных процессов.
-

Knowledge, robots and productivity in SMEs: Explaining the second digital wave

María Teresa Ballestar, Ángel Díaz-Chao, Jorge Sainz, Joan Torrent-Sellens



Цели

Анализ взаимосвязи между продуктивностью и внедрением промышленных роботов на базе испанских малых и средних предприятий. Выборка 1515 компаний в 2008 и 1380 компаний в 2015 году.

Результаты

Прирост производительности от роботов составил около 5% в период с 2008 по 2015 год. Эффекты от роботизации выше в компаниях с высоким уровнем обмена знаниями ("knowledge flows").

Преимущества исследования

- Многофакторный анализ влияния роботов на продуктивность;
- Данные предоставлены государственными статистическими органами;
- Срез рынка от малых до крупных предприятий;
- Учет всех установленных роботов;
- Количественная оценка продуктивности через прибыль фирмы (схожая методология).

Недостатки исследования

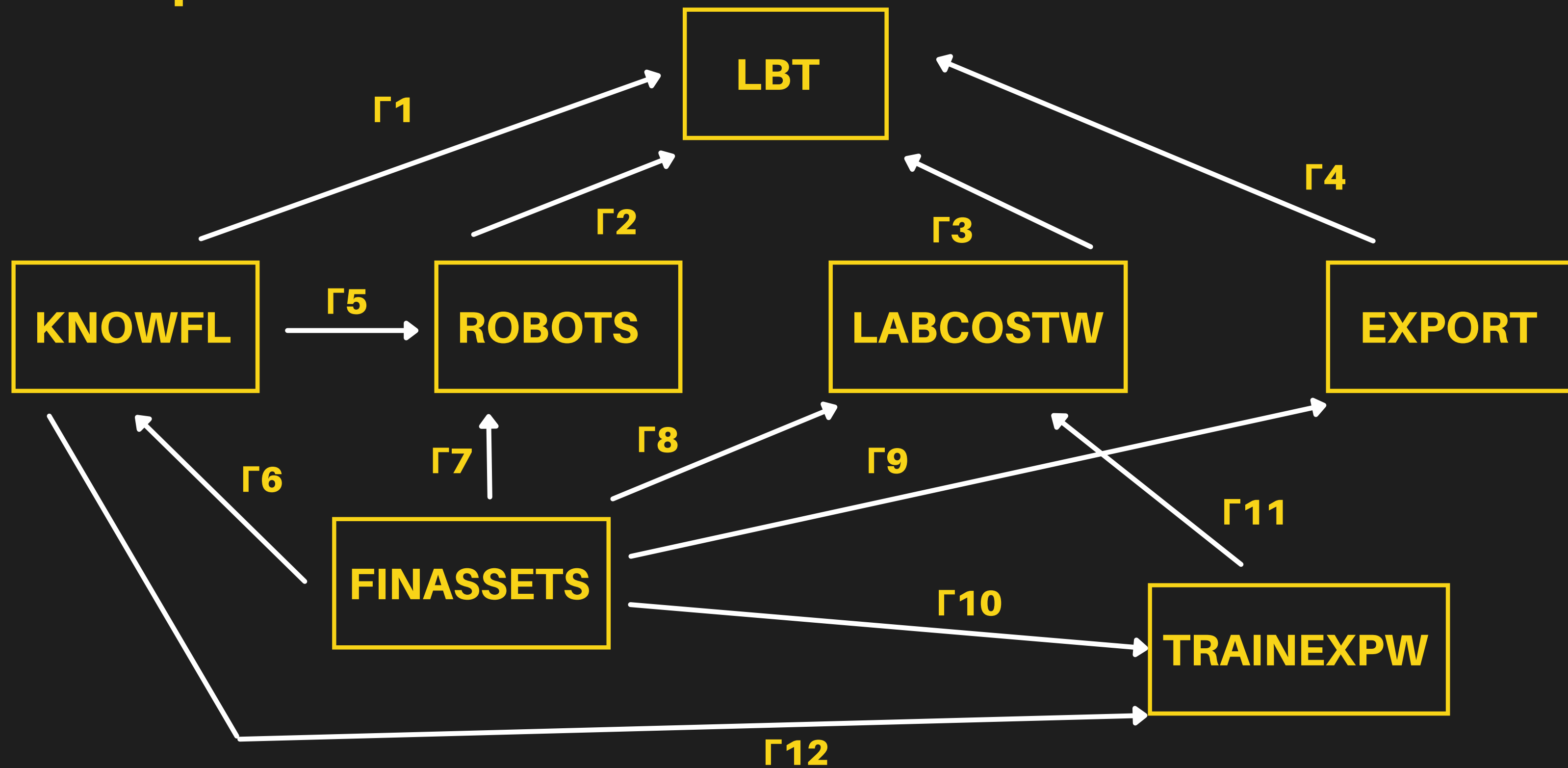
- Зависимость от регулярных статистических данных (невозможно воспроизвести метод в другой стране без регулярных наблюдений);
 - Не взятые в расчёт модели рыночные факторы имеют большее влияние, чем рассмотренные в исследовании - по мнению авторов.
-



Методология Построение гипотез

- Г1. Чем выше обмен знаниями, тем выше продуктивность
- **Г2. Чем выше использование промышленных роботов, тем выше продуктивность**
- Г3. Чем выше стоимость труда на работника, тем выше продуктивность
- Г4. Чем выше продажи на международном рынке, тем выше продуктивность
- **Г5. Чем выше обмен знаниями, тем больше использование промышленных роботов**
- Г6. Чем больше капитала у фирмы, тем выше обмен знаниями
- **Г7. Чем больше капитала у фирмы, тем больше использование промышленных роботов**
- Г8. Чем больше капитала у фирмы, тем выше стоимость труда на работника
- Г9. Чем больше капитала у фирмы, тем больше продажи на международном рынке
- Г10. Чем больше капитала у фирмы, тем больше затраты на обучение работника
- Г11. Чем выше затраты на обучение работника, тем выше стоимость труда на работника
- Г12. Чем выше обмен знаниями, тем больше затраты на обучение

Методология Модель и переменные



Descriptive statistics for manufacturing SMEs in Spain, based on robotics use.

Variable/indicator	2008			2015		
	Non-robotics	Robotics	All	Non-robotics	Robotics	All
<i>Firm performance</i>						
Sales (thousands of euros)	12,527	24,083	15,498***	10,117	21,238	13,115***
Added value	3,245	6,151	3,992***	2,433	5,143	3,163***
Exports (thousands of euros)	3,214	8,051	4,458***	3,553	8,066	4,768***
Financial assets (thousands of euros)	11,383	22,238	14,182***	9450	19,839	12,291***
<i>Productivity and labour</i>						
Productivity (thousands of euros per worker)	48.0	65.4	52.5***	46.9	60.5	50.5***
Productivity (euros per hour worked)	26.5	35.3	28.8***	26.9	34.4	28.9***
Employees (number)	57.0	94.2	66.6***	44.2	79.3	53.7***
Labour cost per worker (euros)	36,448	38,835	37,318***	36,000	38,995	37,191***
Expenditure in training per worker (euros)	68.1	100.0	76.3*	65.7	98.2	74.4**
<i>Value process (% firms)</i>						
<i>Innovation (INNOV)</i>						
Product innovation (%)	11.0	4.9	15.8	8.3	3.9	12.2*
Process innovation (%)	21.4	10.8	32.2***	21.3	12.4	33.7***
Innovation in organization (%)	13.0	6.5	19.5**	12.2	6.5	18.7***
Innovation in marketing or sales (%)	13.4	4.9	18.3	10.4	4.7	15.1*
<i>New forms of work organization (NFWO)</i>						
Innovation in work organization (%)	12.7	6.4	19.1**	10.8	6.1	16.9***
Innovation in external relations (%)	4.7	2.4	7.2	5.6	3.5	9.1**
Process innovation by new techniques (%)	9.2	6.5	15.7***	8.8	5.7	14.6***
<i>Internet uses (USWEB)</i>						
Electronic commerce with consumers (%)	3.2	1.4	4.6	6.7	2.1	8.8
Electronic commerce with firms (%)	3.8	2.2	6.0	4.4	3.0	7.5***
Positive effect of Internet sales (%)	26.1	10.6	36.7*	29.7	13.0	42.7**
<i>Internet Technologies (TECWEB)</i>						
Internet purchasing from suppliers (%)	20.4	8.7	29.1*	27.4	13.3	40.7***
Corporate website in own servers (%)	18.8	7.6	26.4	21.0	10.0	31.1***
Internet own domain (%)	56.8	21.2	78.1*	58.8	24.5	83.3***
<i>R&D Activity (R&DA)</i>						
Performing R&D	14.5	8.9	23.4***	12.5	9.1	21.5***
Contracting R&D	12.6	6.6	19.2***	8.6	6.7	15.3***
<i>R&D Technologies (R&DTEC)</i>						
Technology committee or department (%)	10.3	5.4	15.7**	8.3	6.2	14.4***
Technological change assessment (%)	13.4	7.0	20.4**	9.4	6.7	16.1***
External consultants on technology (%)	10.6	4.9	15.4*	7.8	5.4	13.2***
<i>R&D Resources (R&DRES)</i>						
Recruitment of personnel in R&D	1.6	1.2	2.8*	1.7	1.1	2.8*
Technology cooperation agreements (%)	0.5	0.7	1.2*	0.1	0.5	0.7**
Tax incentives for R&D (%)	7.2	3.2	10.4	7.0	5.7	12.8***
N (observations)	1124	391	1515	1008	372	1380

Hypothesis/variables (explanatory → explained)	2008			2015		
	SMEs	Large	All	SMEs	Large	All
H1. KNOWFL → LPT	−0.018 (0.009)	0.119** (0.014)	0.066*** (0.006)	0.059** (0.007)	−0.026 (0.010)	0.034* (0.006)
H2. ROBOTS → LPT	0.023 (0.040)	0.025 (0.071)	0.004 (0.028)	0.053* (0.031)	−0.059 (0.055)	0.032* (0.027)
H3. LABCOSTW → LPT	0.586*** (0.049)	0.482*** (0.109)	0.476*** (0.032)	0.554*** (0.038)	0.567*** (0.081)	0.565*** (0.035)
H4. EXPORT → LPT	0.209*** (0.008)	−0.038 (0.020)	0.168*** (0.005)	0.187*** (0.006)	0.141** (0.014)	0.194*** (0.005)
H5. KNOWFL → ROBOTS	0.059 (0.008)	0.114** (0.012)	0.122*** (0.005)	0.105*** (0.006)	0.159* (0.011)	0.122*** (0.005)
H6. FINASSETS → KNOWFL	0.405*** (0.047)	0.283*** (0.122)	0.542*** (0.022)	0.408*** (0.032)	0.348*** (0.118)	0.523*** (0.025)
H7. FINASSETS → ROBOTS	0.205*** (0.011)	0.005 (0.025)	0.298*** (0.005)	0.279*** (0.008)	0.017 (0.024)	0.336*** (0.006)
H8. FINASSETS → LABCOSTW	0.518*** (0.008)	0.465*** (0.014)	0.524*** (0.004)	0.500*** (0.006)	0.430*** (0.013)	0.531*** (0.004)
H9. FINASSETS → EXPORT	0.720*** (0.057)	0.51*** (0.084)	0.805*** (0.024)	0.722*** (0.040)	0.575*** (0.080)	0.729*** (0.027)
H10. FINASSETS → TRAINEXPW	0.087 (0.049)	0.226*** (0.054)	0.176*** (0.022)	0.087** (0.027)	0.112* (0.051)	0.167*** (0.019)
H11. TRAINEXPW → LABCOSTW	0.225*** (0.014)	0.256*** (0.017)	0.221*** (0.009)	0.281*** (0.011)	0.346*** (0.018)	0.278*** (0.010)
H12. KNOWFL → TRAINEXPW	0.144** (0.036)	0.264*** (0.026)	0.158*** (0.019)	0.137*** (0.027)	0.170** (0.024)	0.150*** (0.016)
Goodness-of-fit-indices (value)						
NFI	0.954	0.943	0.974	0.975	0.941	0.984
RFI	0.957	0.936	0.949	0.952	0.932	0.950
IFI	0.961	0.946	0.976	0.979	0.950	0.986
TLI	0.938	0.944	0.945	0.953	0.938	0.957
CFI	0.961	0.953	0.976	0.978	0.958	0.986
RMSEA	0.076	0.080	0.044	0.064	0.080	0.033

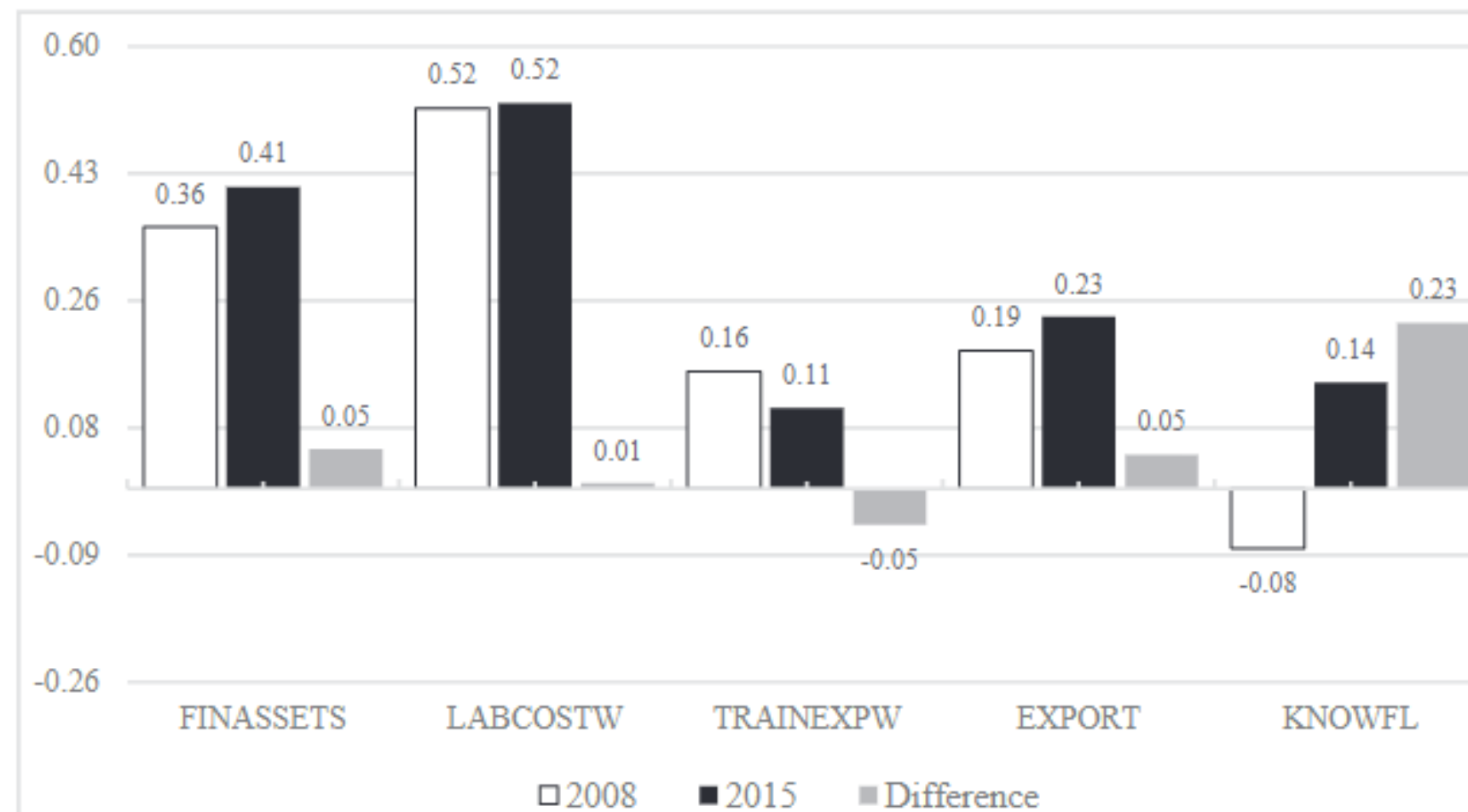
Методология

Регрессионный анализ: моделирование структурных уравнений

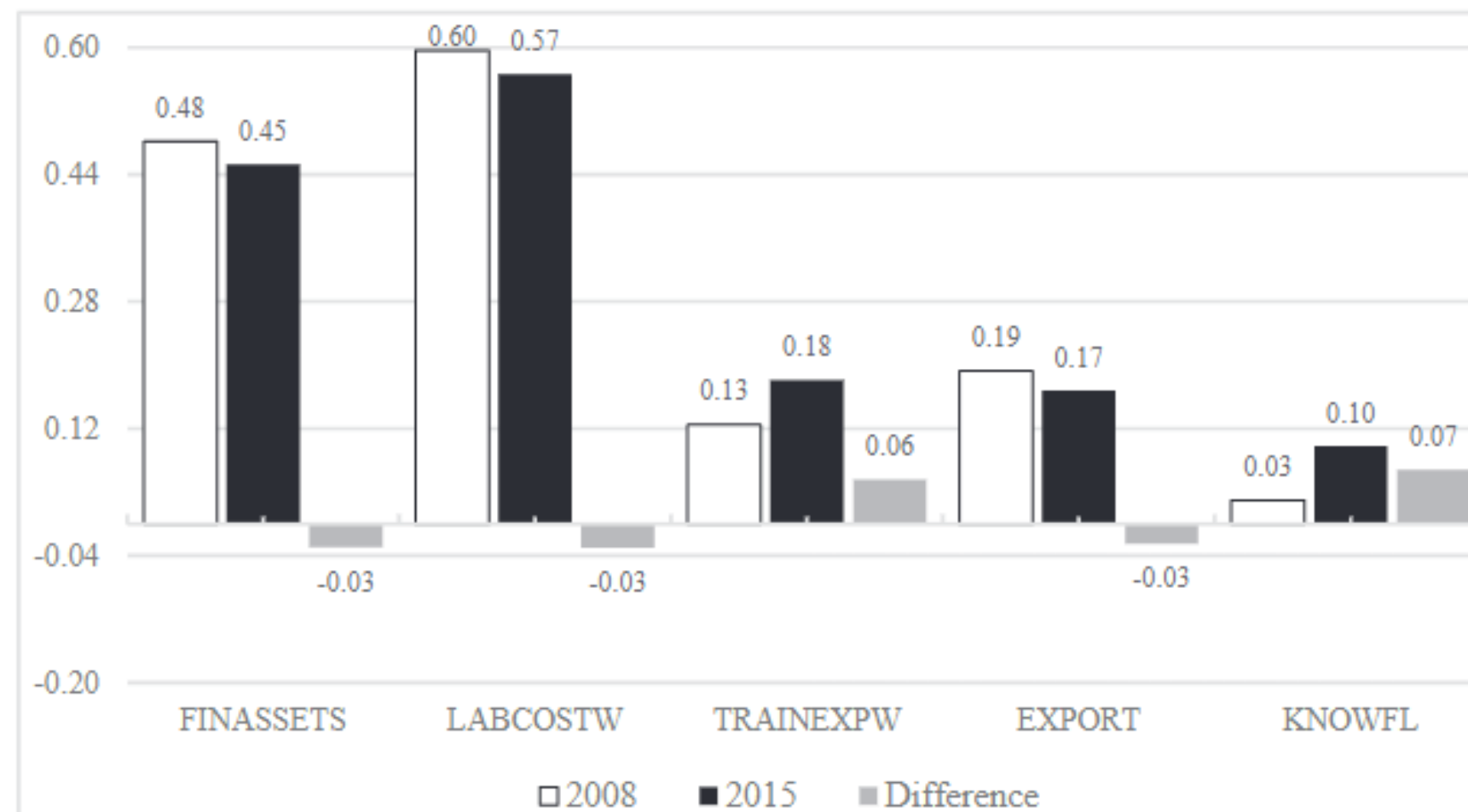
Результаты

Влияние роботов на производительность заметно выросло к 2015 году (Г2).

Robotics SMEs



Non-robotics SMEs



Заключение

+ Методология

Модели регрессии при правильном подборе переменных дают достоверные, наглядные результаты исследуемого явления.

+ -Данные

Использование данных государственной статистики по автоматизации и доходам фирмам - дает достоверные результаты, но нерелевантно для исследований по России.

+ Модели

Включение большего числа переменных и построение нескольких моделей позволяет оценить косвенные эффекты от автоматизации.

-Переменные

Несмотря на обширную базу данных, многие переменные являются качественными, что по мнению самих авторов сложно оценивается и не дает явных результатов. Необходимо использовать количественные переменные, характеризующие рыночные показатели компаний.

-Поправка на отрасль

Автоматизация оказывает положительное влияние на продуктивность на рыночном уровне, однако на уровне отдельно взятых компаний необходимо оценивать компании смежного масштаба и отрасли.

Robot adoption and energy performance: Evidence from Chinese industrial firms

Geng Huang, Ling-Yun He, Xi Lin



Цель

Оценить корреляцию между внедрением роботов и повышением энергоэффективности на примере китайских предприятий в период с 2001 по 2012 год.

Результаты

Использование роботов повышает энергоэффективность и энергоинтенсивность, также как и продуктивность предприятия.

Преимущества исследования

- Схожая методология по сбору данных (импортная статистика);
- Трехфакторная модель производства для расчета продуктивности;
- Построение рыночной модели;
- Учет особенностей индивидуальной фирмы при автоматизации.

Недостатки исследования

- Данные по автоматизации не являются полными;
 - Исследование за нерелевантный период.
-

Методология

"Псевдорандомизация-разность разностей" (PSM - DID)

Mechanism test (changes of productivity).

	Productivity		
	(1)	(2)	(3)
ATT	0.1178** (0.0516)	0.1120** (0.0498)	0.1125** (0.0487)
Control Variables	YES	YES	YES
Year FE	YES	YES	YES
Sector FE	YES	YES	YES
Province FE	YES	YES	YES
Control Group	83,337	83,337	83,337
Treatment Group	146	146	146
Observations	83,483	83,483	83,483

Заключение

+ -Методология

PSM - DID метод не является общепринятым для расчета продуктивности.

+ Модели

Упрощенная модель с использованием рыночных показателей позволяет непосредственно оценить влияние роботов на продуктивность.

- Поправка на государственную политику

Существенные изменения в государственной политике в период выборки данных могут изменить поведение фирм по части автоматизации.

+ -Данные

Использование данных импортной статистики не отражает полную ситуацию по отрасли, однако позволяет собрать достоверные данные в отсутствие официальной статистики.

Научная новизна

- Исследование на уровне российских фирм;
- Внутриотраслевой анализ;
- Анализ по масштабу фирм;
- Исследование развивающегося рынка;

Гипотезы

- При наиболее высоком современном уровне применения робототехники в высокотехнологичных секторах наибольшим потенциалом повышения эффективности и производительности в результате роботизации характеризуются трудозатратные отрасли - низкотехнологичные отрасли промышленности и сельское хозяйство;
- Ограничивающие конкуренцию меры государственной политики в сфере роботизации (тарифы и т.п.) могут быть эффективны в краткосрочном горизонте – например, для создания национальных производств роботов, однако в средне- и долгосрочной перспективе влечет за собой риск низкой конкурентоспособности не только самой робототехнической отрасли, но и отраслей – потребителей.

Методология

Стратегия по сбору данных: данные импортной статистики, RUSLANA, данные НИУ ВШЭ

Метод: оценка влияния роботизации на продуктивность через регрессионный анализ и DID. Потенциально
- эмпирическая оценка влияния государственной политики на процессы автоматизации.