



Санкт-Петербургская школа экономики и менеджмента

Научно-учебная группа
«Экономика роботизации
отраслей и фирм»

Санкт-Петербург
2023

Влияние роботизации на внедрение цифровых технологий в ковидный и постковидный период

Зырянова Д.А.



Результаты промышленных революций

1.0

- Ткацкий станок и прядильная машина
- Каменноугольный кокс вместо древесного угля
- Паровая машина

2 половина **XVIII**
в.

2.0

- Электрификация производства
- Двигатель внутреннего сгорания
- Ресурсная база – нефть и газ
- Конвейер

2 половина **XIX** в.

3.0

- Развитие ИТ
- Промышленные роботы
- Персональные компьютеры
- Распространение сети Интернет
- Развитие связи

2 половина **XX** в.

4.0

- Киберфизические системы

1 половина **XXI** в.

Индустрия 4.0

Индустрия 4.0 - новая промышленная революция или продолжение Индустрии 3.0?
(Тебекин А.В. и др., 2021).

Индустрия 4.0 подразумевает не создание абсолютно новой технологии, а **интеграцию** уже существующих.
(Шваб, 2016)

Ядро концепции - **киберфизические системы**, т.е. комплекс взаимосвязанных между собой инженерных физических, вычислительных и сетевых систем и систем данных.
(Ватаманюк и Яковлев, 2019)



Этапы перехода к «Индустрии 4.0»:
(Schuh G. et all, 2017)

I. Computerization

Изолированное использование ИТ

II. Connectivity

Интеграция информационных и организационных технологий

III. Visibility

Цифровые «двойники»/модели

IV. Transparency

Технологии сбора данных и **Big Data**

V. Predictive capacity

Методы и алгоритмы прогнозирования

VI. Adaptability

Искусственный интеллект



Цифровые технологии

Тип	Преимущества применения в бизнесе
Робототехника	Сокращение переменных издержек, рост скорости работы, повышение безопасности, снижение вероятности допущения брака.
Интернет вещей, в т.ч. промышленный	Своевременный и автономный контроль за бизнес-процессами и состоянием физических объектов в режиме реального времени.
Аддитивные технологии	Экономия материалов, сокращение количества необходимых комплектующих для создания детали; штучное изготовление продукта любой формы, рост скорости изготовления детали.
Виртуальная и дополненная реальность	Обучение и тестирование персонала, создание виртуальных макетов изделия, модели технологии производства, его эксплуатации и ремонта и пр.
Облачные технологии	Сокращение капитальных затрат, быстрое обновление данных, возможность быстрого «масштабирования».
Анализ больших данных	Описательная: выявление причин и закономерностей успехов или неудач. Предиктивная: прогнозирования наиболее вероятного исхода событий на основе полученных ранее данных. Предписательная: поиск проблемных точек и расчёт сценария, при котором их можно избежать.



Исследовательский вопрос

Влияет ли роботизация фирм на внедрение цифровых технологий?

H1: Роботы способствуют внедрению IoT.	Интеграция IoT в роботизированную цепочку производства снижает издержки по контролю состояния промышленных роботов (Мелешенко, 2017).
H2: Роботы способствуют внедрению VR.	VR-технологии могут применяться в промышленности для обучения работе с роботами и управления ими (Иванищев, Островская, 2020).
H3: Роботы способствуют внедрению облачных технологий и Big Data.	Отмечается тесная связь Big Data и облачных технологий (Шалыгина, 2017), которые активно используются в IoT-системах (Khare, Totaro, 2019) => косвенная связь с роботами.
H4: Роботы способствуют внедрению аддитивных технологий.	Роботизированная 3D-печать (Богачёва, Кукушкин, 2020). Совместное использование для сокращения объёмов сборочных работ и видов механообработки (Строганова, Ефимов, 2017).



Описание данных

Источник данных

«Конкурентоспособность российской промышленности», **2022**г.

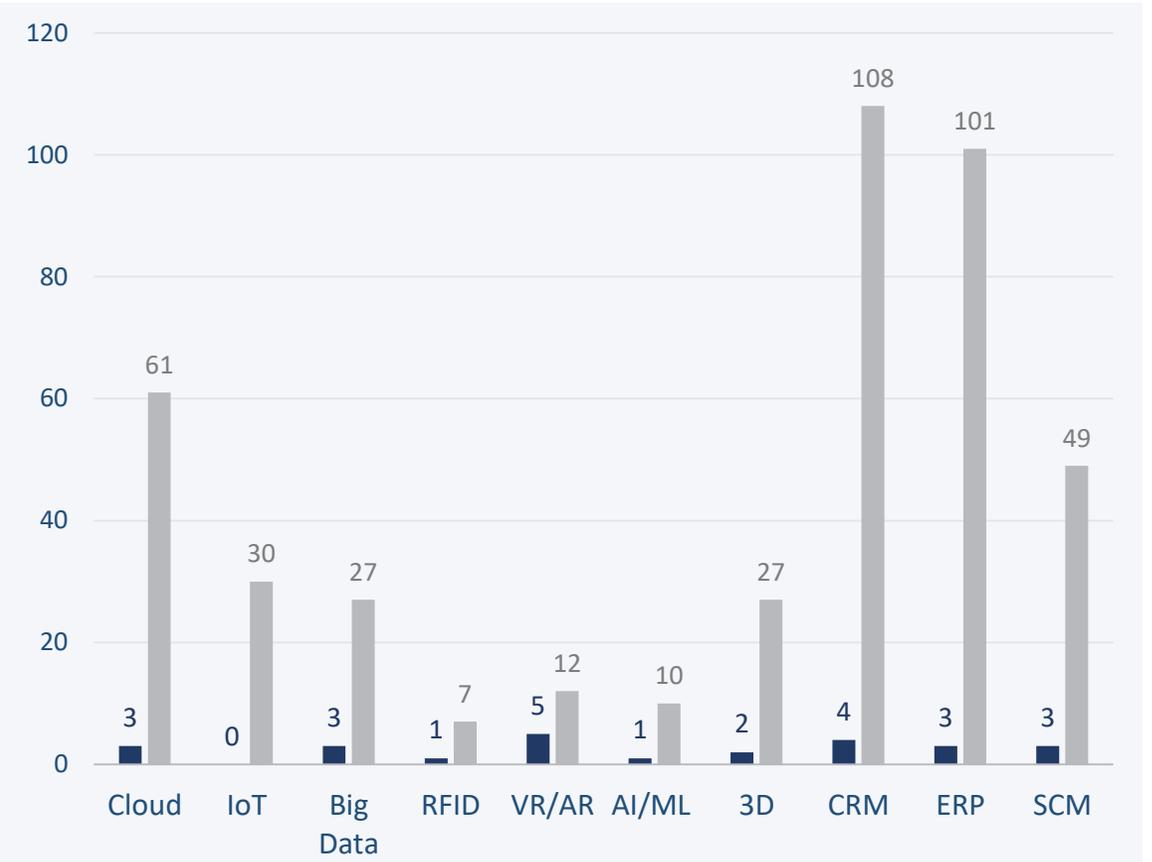
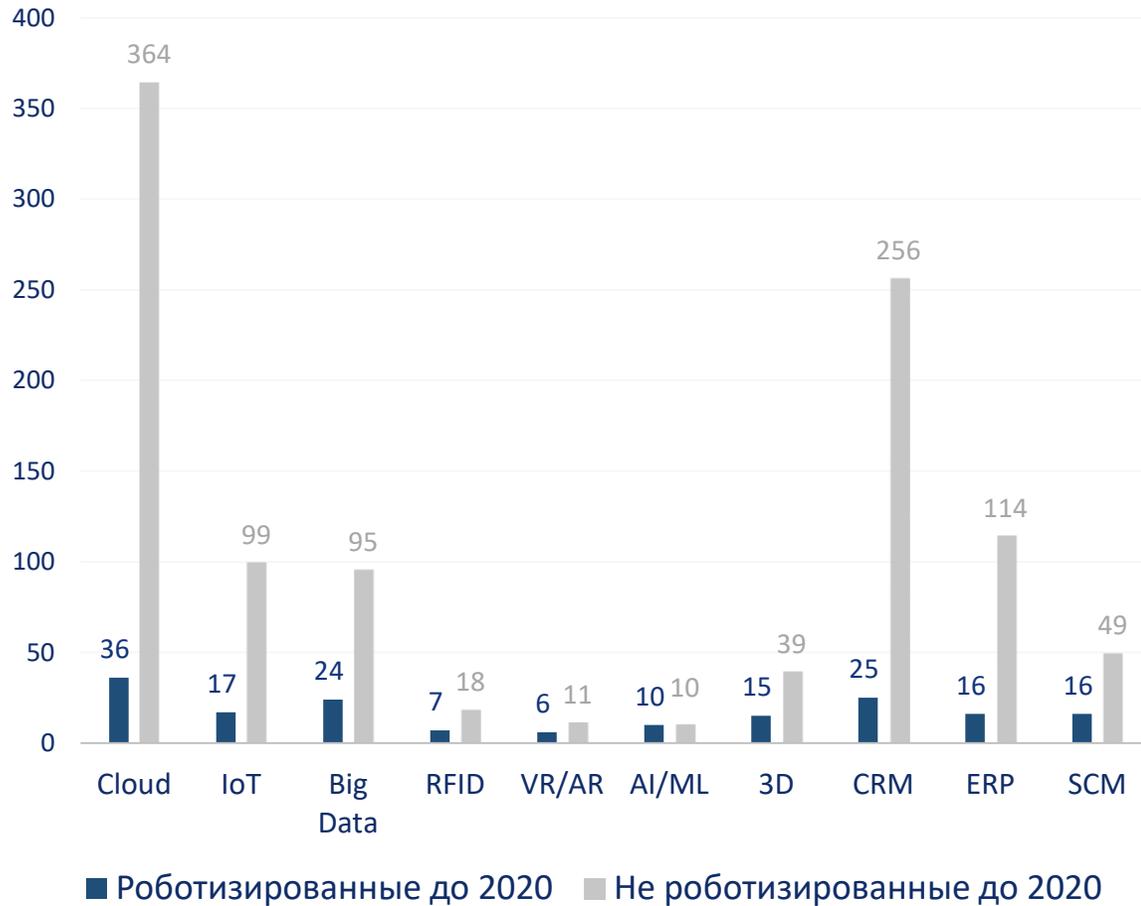
Описание выборки

- Перекрёстные данные.
- Данные по ЦТ до **2019**г. и после.
- **1879** случайно отобранных российских предприятий промышленного сектора.
- **1238** предприятий для исследования.

	Использование ЦТ за все периоды			
	N	%	N	%
Всего	1879	100,0%	1238	100,0%
Robotics	72	3,8%	38	3,1%
Cloud	464	24,7%	277	22,4%
IoT	146	7,8%	95	7,7%
Big Data	149	7,9%	87	7,0%
RFID	33	1,8%	18	1,5%
VR & AR	34	1,8%	17	1,4%
AI & ML	31	1,6%	15	1,2%
3D	83	4,4%	48	3,9%
CRM	393	20,9%	229	18,5%
ERP	234	12,5%	123	9,9%
SCM	117	6,2%	57	4,6%
No	1055	56,1%	724	58,5%



Внедрение ЦТ до 2020 и после





Методология

Псевдорандомизация (**Propensity Score Matching**)

- Выходная переменная – ЦТ
- Индекс соответствия – вероятность использования роботов
- Модель для расчёта индекса соответствия – логистическая регрессия
- Используем фирмы, которые не использовали данные ЦТ до **2020**

Контрольные переменные для логит-модели:

*Общие
характерис-
тики фирм*

1. Возраст
2. Отрасль
3. Размер
4. Собственник: иностранный, государственный

*Koch,
Manuylov,
Smolka
(2019)*

5. Производительность труда
6. Экспорт
7. Импорт
8. Доля высококвалифицированных работников
9. Доля затрат НИОКР в выручке

*Дополни-
тельные
переменные
контроля*

10. Использование финансовой государственной помощи
11. Основной потребитель: население, бизнес, государство



Результаты исследования

Роботизированные предприятия реже внедряют технологии **IoT** и **Big Data**, а также **ERP** и **SCM** => отвергаются гипотезы **H1, H3**.

Роботизированные предприятия чаще внедряют технологии **VR/AR** => принимается гипотеза **H2**.

На внедрение облачных технологий, **3D**-печати и **CRM**-систем не оказывает влияние роботизация фирм => отвергаются гипотезы **H3** и **H4**.

ЦТ	Роботизированные (Да vs Нет)	N
Cloud	0.568 (1.34)	638
Big Data	-0.013 *** (-2.62)	1138
IoT	-0.018 *** (-4.33)	1130
VR/AR	0.026 *** (5.10)	1230
3D	0.625 (1.50)	1130
CRM	0.715 (1.36)	942
ERP	-0.037 ** (-2.57)	1010
SCM	-0.018 *** (-3.89)	1048



Заключение

- Массовый переход предприятий РФ к идее создания «умных» предприятий в ближайшее время невозможен из-за низкого уровня цифровизации.
- Высокая стоимость роботизации затрудняет дальнейшее внедрение дорогих технологий, в частности **IoT** и технологии **Big Data** => возможно компаниям следует изначально расширять свой бюджет на комплексное внедрение ЦТ, т.к. дальнейшая цифровизация предприятия может не наступить или наступить через длительное время.
- Технологии виртуальной/дополненной реальности чаще используются в роботизированных компаниях, что, вероятно вызвано сложностью использования робототехники для сотрудников.
- Для глубокой роботизации, и цифровизации в целом, и, соответственно, перехода России к концепции Индустрии **4.0**, предприятиям необходима государственная поддержка.



Список литературы

1. Богачёва С.Ю., Кукушкин В.В. Робототехника в аддитивном производстве // Материалы докладов 53-й международной научно-технической конференции преподавателей и студентов. Том 2. УО «ВГТУ». 2020. С.324-325.
2. Ватаманюк И.В., Яковлев Р.Н. Обобщенные теоретические модели киберфизических систем // Известия Юго-Западного государственного университета. 23(6). 2019. С. 161-175.
3. Вигер И.Н. Виртуальная реальность в промышленности // **Control Engineering Russia**. 5 (65). 2016. С.68-71.
4. Волгин А.В., Гусев И.В., Куликов С.В., Манцеров С.А., Панов А.Ю. Создание единого информационного пространства машиностроительного предприятия на основе «облачных» технологий // Вестник Воронежского государственного технического университета. 8 (6). 2012. С.44-47.
5. Гохберг Л.М., Абдрахманова Г. И., Быховский К. Б., Веселитская Н. Н., Вишневский К. О. и др., рук. авт. кол. Рудник П. Б.; науч. ред. Гохберг Л. М., Рудник П. Б., Вишневский К. О., Зинина Т. С. (2021). Цифровая трансформация отраслей: стартовые условия и приоритеты // докл. к XXII Апр. междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества. Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». — М.: Изд. дом Высшей школы экономики. Москва. С. 11-16.
6. Зражевский А.В. Применение аддитивных технологий в промышленности // Наукосфера. 8 (1). 2021. С.9-12.
7. Куприяновский В.П., Намиот Д.Е., Дрожжинов В.И., Куприяновская Ю.В., Иванов М.О. Интернет Вещей на промышленных предприятиях // **International Journal of Open Information Technologies**. vol. 4, no. 12. 2016. С. 69-71.
8. Мелешко, Ю.В. Промышленный интернет вещей как услуга промышленного характера // Инновации: от теории к практике. VI Международная научно-практическая конференция (г. Брест, 5– 7 октября 2017 года): сборник научных статей; редкол. : А. М. Омелянюк [и др.]. – Брест: Альтернатива. 2017. С.221-223.
9. Нехорошева Л.Н. Изменение инновационного ландшафта в контексте формирования Индустрии 4.0.: новые угрозы и первоочередные задачи // Цифровая трансформация экономики и промышленности: проблемы и перспективы. Изд. ФГАОУ ВО «СПбПУ». 2017. С.29-49.
10. Спартак А.Н. Экономические, внешнеторговые и глобализационные аспекты четвертой промышленной революции // Российский внешнеэкономический вестник. №6. 2018. С.7-23.
11. Строганова С.М., Ефимов А.С. Перспективы развития робототехники в России // Сборник трудов по материалам 11-й межвузовской научно-технической конференции с международным участием. Изд. «Научный консультант». 2017. С. 72-77.
12. Тебекин А.В., Тебекин П.А., Егорова А.А. Является ли инициатива «Индустрия 4.0» промышленной революцией? // Теоретическая экономика. №7 (79). 2021 С. 59-73.
13. Фомина А.В., Мухин К.Ю. Индустрия 4.0. Основные понятия, преимущества и проблемы // Экономический вектор. №3(14). 2018. С. 33-38.
14. Хасбулатов Р.И. Цифровизация, роботы, искусственный интеллект (ИИ) и современность: теоретико - методологический аспект // Цифровая экономика. 3(11). 2020. С.5-14.
15. Шальгина А.В. Перспективы развития облачных технологий // Актуальные вопросы эксплуатации систем охраны и защищенных телекоммуникационных систем. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. Изд.: ВИ МВД России. 2017. С. 25-26.
16. Шваб К. Четвертая промышленная революция // «Эксмо». 2016. С.11-12.
17. Юдина М.А. Индустрия 4.0: перспективы и вызовы для общества // Государственное управление. Электронный вестник. № 60. 2017. С. 197-215.
18. Ялунина Е.Н., Новожилов П.А. Индустрия 4.0: этапы развития и Интернет вещей // Материалы межд. научно-практической конференции «Развитие системы непрерывного образования в условиях Индустрии 4.0». 2019. С.261-264.
19. Acemoglu D., Restrepo P., LeLarge C. Competing with robots: Firm-level evidence from France // **National Bureau of Economic Research** № 26738. 2020. pp. 383-88. DOI: 10.1257/pandp.20201003
20. Bonfiglioli A., Crinò R., Fadinger H., Gancia G. (2020). Robot Imports and Firm-Level Outcomes // **CESifo Working Paper**, №8741
21. Koch M., Manalo I., Smolka M. (2019). Robots and firms // **CESifo Working Paper No. 7608**. pp.119-131
22. Khare S., Totaro M. Big Data in IoT, 10th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT). 2019. pp. 1-7, doi: 10.1109/ICCCNT45670.2019.8944495.
23. Schuh G., Anderl R., Gausemeier J., Ten Hompel M., Wahlster W. Industrie 4.0 Maturity index. Managing the digital transformation of companies (acatech STUDY), Munich: Herbert Utz Verlag. 2017. p. 60.



Санкт-Петербургская школа экономики и менеджмента

Научно-учебная группа
«Экономика роботизации
отраслей и фирм»

Санкт-Петербург
2023

Влияние роботизации на внедрение цифровых технологий в ковидный и постковидный период

Зырянова Д.А.



Приложение 1. Детерминанты роботизации фирм

Logit(P(Робототехника = 1))	Logistic regression										
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
Производительность труда, ln	0.336 (1.42)	0.247 (1.03)	0.229 (0.92)	0.186 (0.74)	0.185 (0.74)	0.155 (0.61)	0.161 (0.63)	0.099 (0.38)	-	0.200 (0.74)	-
Экспорт (1-если экспортёр)	-	0.921** (2.14)	0.635 (1.41)	0.609 (1.35)	0.608 (1.34)	0.590 (1.29)	0.579 (1.27)	0.574 (1.22)	-	0.606 (1.25)	-
Импорт (1-если импортёр)	-	-	1.062** (2.24)	1.182** (2.49)	1.182** (2.49)	1.188** (2.50)	1.193** (2.51)	1.006** (2.09)	1.184** (2.55)	1.118** (2.26)	1.280*** (2.72)
Доля высококвалифицированных раб., %	-	-	-	0.022** (2.31)	0.022** (2.29)	0.022** (2.30)	0.022** (2.24)	0.025** (2.49)	0.026*** (2.67)	0.026*** (2.60)	0.027*** (2.78)
Доля затрат НИОКР в выручке, %	-	-	-	-	0.000 (0.02)	0.001 (0.08)	0.002 (0.10)	0.004 (0.22)	-	0.010 (0.58)	-
Наличие иностранных собственников (1-если да)	-	-	-	-	-	0.746 (0.85)	0.757 (0.86)	0.526 (0.57)	-	0.750 (0.77)	-
Наличие государственных собственников (1-если да)	-	-	-	-	-	-	1.381 (1.16)	1.490 (1.26)	-	1.423 (1.20)	-
Использование фин. гос. помощи (1-если да)	-	-	-	-	-	-	-	1.429*** (3.09)	1.456*** (3.22)	1.515*** (3.16)	1.518*** (3.30)
Основной потребитель гос-во	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.282 (0.57)	-
Основной потребитель население	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.614*** (3.04)	1.397*** (2.75)
Основной потребитель рос. Бизнес	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.403 (0.47)	-
Микро	база	база	база	база	база	база	база	база	база	база	база
Малые	-0.281 (-0.41)	-0.314 (-0.46)	-0.296 (-0.43)	-0.273 (-0.40)	-0.273 (-0.39)	-0.285 (-0.41)	-0.261 (-0.38)	-0.284 (-0.40)	-0.291 (-0.42)	-0.250 (-0.35)	-0.273 (-0.39)
Средние	0.682 (1.06)	0.534 (0.83)	0.642 (0.99)	0.729 (1.11)	0.728 (1.10)	0.689 (1.04)	0.698 (1.05)	0.682 (1.01)	0.891 (1.34)	0.734 (1.06)	0.989 (1.48)
Крупные	1.658*** (2.58)	1.446** (2.22)	1.559** (2.36)	1.725** (2.56)	1.725** (2.56)	1.704** (2.51)	1.711** (2.51)	1.633** (2.58)	1.827*** (2.70)	1.835*** (2.58)	2.037*** (2.95)
Возраст, ln	22.54 (0.95)	25.24 (1.06)	24.93 (1.05)	28.86 (1.16)	28.94 (1.15)	29.40 (1.16)	31.05 (1.21)	33.50 (1.33)	31.48 (1.30)	36.22 (1.38)	32.88 (1.32)
Отрасль (набор дамми, база - оквэд 10)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Константа	-181.2 (-1.01)	-200.6 (-1.11)	-198.6 (-1.10)	-229.2 (-1.21)	-229.8 (-1.20)	-232.9 (-1.21)	-245.5 (-1.21)	-263.9 (-1.38)	-247.1 (-1.34)	-287.7 (-1.44)	-258.8 (-1.36)
Кол-во наблюдений	1238	1238	1238	1238	1238	1238	1238	1238	1238	1238	1238
Log likelihood	-119.495	-117.145	-114.322	-111.395	-111.394	-111.077	-110.556	-106.194	-108.034	-101.567	-104.407
Pseudo-R ²	0.1070	0.1246	0.1457	0.1676	0.1676	0.1700	0.1738	0.2064	0.1927	0.2410	0.2198



Приложение 2. Описание данных

Переменные	N	Min	Mean	Std. dev.	Max
Возраст, ln	1238	7,45	7,60	0,01	7,61
Микро	1238	0	0,22	0,41	1
Малые	1238	0	0,41	0,49	1
Средние	1238	0	0,23	0,42	1
Крупные	1238	0	0,15	0,35	1
Производительность труда, ln	1238	7,67	14,71	0,98	19,78
Экспорт	1238	0	0,31	0,46	1
Импорт	1238	0	0,50	0,50	1
Доля высококвалифицированных работников	1238	0	0,56	0,25	1
Доля затрат на НИОКР в выручке	1238	0	0,02	0,08	1
Иностраный собственник	1238	0	0,02	0,14	1
Государственный собственник	1238	0	0,01	0,11	1
Использование фин. помощи от гос-ва	1238	0	0,13	0,34	1
Основной потребитель - население	1238	0	0,23	0,42	1
Основной потребитель - бизнес	1238	0	0,91	0,29	1
Основной потребитель - государство	1238	0	0,28	0,45	1



Приложение 3. Корреляционный анализ

	Cloud	IoT	Big Data	RFID	VR/AR	AI/ML	Robotics	3D	CRM	ERP	SCM
Cloud	1,00										
IoT	0,29	1,00									
Big Data	0,43	0,35	1,00								
RFID	0,20	0,27	0,21	1,00							
VR/AR	0,22	0,16	0,30	0,40	1,00						
AI/ML	0,19	0,24	0,18	0,25	0,29	1,00					
Robotics	0,24	0,20	0,28	0,18	0,26	0,28	1,00				
3D	0,26	0,15	0,22	0,16	0,26	0,19	0,26	1,00			
CRM	0,29	0,18	0,27	0,09	0,15	0,19	0,18	0,13	1,00		
ERP	0,20	0,14	0,22	0,11	0,04	0,14	0,11	0,13	0,37	1,00	
SCM	0,18	0,16	0,19	0,12	0,07	0,15	0,19	0,09	0,32	0,37	1,00

Наиболее сильная корреляция роботов с **Big Data** и ИИ, а слабая – с **ERP**.

Мультиколлинеарность контрольных переменных также отсутствует.

Исключение - категориальные переменные. Их корреляционная связь выше, однако не является критичной (не более **|0.6|**).