Результат интеллектуальной деятельности, реализованный

в виде секрета производства (ноу –хау)

**Имитационная модель, позволяющая проводить анализ взаимосвязи между готовностью российских промышленных компаний к внедрению технологий Индустрии 4.0, результативности инновационной деятельности и повышением производительности**

разработан в рамках научно – исследовательской работы по теме:

«ИНДУСТРИЯ 4.0: ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗВИТИЯ ПЕРЕДОВЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ РОССИЙСКИХ ПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПАНИЙ»

выполненной по государственному заданию на 2018 год

**Сведения об авторах:**

|  |  |
| --- | --- |
| **Изображение выглядит как человек, внутренний, стол, шкафчик  Автоматически созданное описание** | **Трачук Аркадий Владимирович,****Д.э.н., профессор, руководитель Департамента менеджмента****Контакты: atrachuk@fa.ru** |
| **Изображение выглядит как человек, стена, женщина, внутренний  Автоматически созданное описание** | **Линдер Наталия Вячеславовна****К.э.н., профессор, первый заместитель руководителя Департамента менеджмента****Контакты: nvlinder@fa.ru** |

**РЕКЛАМНО – ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ**

РИД относится к количественной оценке анализа взаимосвязи между готовностью российских промышленных компаний к внедрению технологий Индустрии 4.0, результативности инновационной деятельности и повышением производительности.

 Для оценки разработана имитационная модель на основе взаимосвязанных уравнений, в которой качестве независимых переменных выбраны:

- наличие патентов в компании;

- размер компании;

- производительность компании в прошлом году. Этот показатель отражает влияние динамики показателя производительности на результативность инновационной деятельности;

- наличие экспортной выручки, т.к. компании – экспортеры более склонны к инновациям;

- размер вложений компании в текущую деятельность, этот показатель связан с финансовыми возможностями компании, что также влияет на инновационную деятельность компании;

- интенсивность вложений в инновации;

- прибыль;

- метка сектора отрасли, позволяющая анализировать специфические свойства в высоко-, средне- и низкотехнологичном секторе.

Предложенная модель позволяет оценить результативность внедрения технологий Индустрии 4.0., выраженную показателями: прибыль от реализации новой продукции и прибыль от сервисных инноваций, связанных с предоставлением цифровых услуг.

Оба уравнения результативности зависят от латентной переменной - величины вложений в технологии Индустрии 4.0. Это позволяет включить в анализ те компании, которые формально не инвестировали в технологии Индустрии 4.0.

Предложенная модель использована для анализа влияния новых технологий на производительность российских промышленных компаний трех секторов промышленности: высоко-, средне- и низкотехнологичной.

Полученные результаты можно учитывать при разработке инновационной стратегии компаниями обрабатывающей промышленности. В частности, представляется важным полученный вывод о нелинейных эффектах вложений в инновации и эффективностью деятельности компаний.

Понимание нелинейных эффектов позволит использовать различные инструменты для достижения целей у компаний с высокими объемами вложений в новые технологии и компаний с низкими объемами, а также учитывать характеристики отрасли, в которой работает компания.

В период экономических кризисов и необходимости поддержки промышленных компаний, учитывая, что зависимость между расходами на инновации и производительностью более сильна в высокотехнологичных секторах, альтернативным способом повысить производительность могла бы стать промышленная политика, основанная на стимулировании расширения высокотехнологичных секторов.

**Имитационная модель, позволяющая проводить анализ взаимосвязи между готовностью российских промышленных компаний к внедрению технологий Индустрии 4.0, результативности инновационной деятельности и повышением производительности**

Существует множество исследований подтверждающих связь между вложениями в инновации и производительностью. При этом в одних эмпирических работах подтверждается взаимосвязь вложений в исследования и разработки и эффективностью, в других – результатов инновационной деятельности, выраженных в количестве патентов, выручке от продажи новых продуктов или создании инноваций и эффективностью. Несмотря на различие анализируемых переменных, все исследования подтверждают положительную связь между инновациями и эффективностью компании.

 Кроме того, часть исследователей сосредоточили свои усилия на изучении секторальных различий, в частности в работе показано, что связь между инновациями и эффективностью сильнее в компаниях высокотехнологичных отраслей (эластичность производительности в высокотехнологичных отраслях – 0,20 и в прочих – 0,10). Этот эффект подтвержден исследованиями панельных данных различных стран: Германии (1977-1989), Японии (1995-1998), Тайваня (1994 – 2000) и др.

 Вместе с тем, в указанных работах имеется ряд ограничений, связанных с эндогенностью проводимого анализа. Первое ограничение связано с тем, что расходы компании на исследования и разработки не постоянны и существенно зависят от прогнозируемого компанией объема чистого денежного потока. Вторым ограничением является сложность измерения накопленных компанией знаний и эффективности их передачи внутри компании, способствующей созданию инноваций. Для преодоления выявленных ограничений был выработан соответствующий подход CDM, основанный на объединении решения компании об инвестициях в исследования и разработки, результатов инновационной деятельности и эффективности деятельности компании.

 Оригинальная модель включает четыре уравнения. Первое уравнение (1) бинарного выбора прогнозирует вероятность инвестиций компании в исследования и разработки. Если латентная переменная (gi) превышает некоторый порог ($τ$), который может интерпретироваться как критерий выбора, компания принимает положительное решение об инвестициях в исследования и разработки:

gi = $\left\{\begin{array}{c}1 если g\_{ι}^{\*}=х\_{1ι}b\_{i}+u\_{1ι}>τ\\0 если g\_{ι}^{\*}=х\_{1ι}b\_{i}+u\_{1ι}\leq τ\end{array}\right.$ (1),

где gi - наблюдаемая бинарная переменная, которая равняется единице если компании принимают решение инвестировать в инновации и нулю для остальной части компаний.

g\*i – латентная (ненаблюдаемая) эндогенная переменная, прогнозирующая решение компании об инвестициях в ИиР;

x1i - независимые переменные, объясняющие вероятность решения компании об инвестициях в инновации;

$b\_{ι}$- параметры модели,

$u$i – случайные слагаемые.

Случайные ошибки модели предполагаются нормально распределенными.

Второе уравнение (2) описывает латентную переменную объемов вложений в исследования и разработки, которую авторы [93] предложили рассчитывать как логарифм вложений в исследования и разработки в расчете на одного сотрудника, занятого в инновационной деятельности:

$w\_{ι}=\left\{\begin{array}{c}w\_{ι}^{\*}=x\_{2ι }b\_{2}+u\_{2ι}, если g\_{ι}=1\\0, если g\_{ι}=0\end{array}\right.$ (2)

где $w\_{ι}^{\*}$- ненаблюдаемая переменная, оценивающая размеры инвестиций в обучение сотрудников,

$x\_{2ι }$- факторы, объясняющие зависимость интенсивности вложений в НИОКР, которые будут отобраны далее.

$b\_{2}$- параметры модели;

$u\_{2ι}$- случайные слагаемые.

Если в первом уравнении был выбран вариант «не инвестировать», $w\_{ι}^{\*}$ принимается равной нулю.

 Третье уравнение (3) показывает зависимость результатов инновационной деятельности компании и инновационных входов. В качестве результатов инновационной деятельности Crépon и др. используют два показателя: количество патентов и продажи инновационной продукции (логарифм объема продаж новых продуктов на одного сотрудника.

$k\_{i}^{\*}=\overline{w\*\_{i}}α\_{t}+x\_{3i}b\_{3}+u\_{3i}$ (3)

где k\*i – результаты инновационной деятельности,

$\overline{w\*\_{i}}$ – средние расходы на ИиР в расчете на одного сотрудника, полученные в первой модели выбора «инвестировать\не инвестировать»,

$x\_{3i}$ - независимые переменные, влияющие на уровень затрат на инновационную деятельность, отбор которых будет показан нами далее;

$α\_{t}$ и $b\_{3}$ - векторы параметров,

и $u\_{3i}$- остаточный член.

Уравнение (4) показывает зависимость производительности компании (выраженной как логарифм выручки от реализации в расчете на 1 сотрудника) от результатов инновационной деятельности. Уравнение (4) получено из производственной функции Кобба - Дугласа:

$q\_{ι}=a\_{k} k\_{i}^{\*}x\_{4i}b\_{4}+u\_{4ι}$ (4)

где $q\_{ι}$ – производительность компании,

$x\_{4i}$ – вектор экзогенных переменных;

$a\_{k}$ и $b\_{4}$ – параметры модели,

и $u\_{4ι}$ – случайные слагаемые.

 В рамках сформулированного исследователями подхода CDM возможен анализ взаимосвязи инноваций и производительности, позволяющий объединить в одну модель несколько разных исследований инновационной деятельности компании, разработка структурной эконометрической модели для анализа инноваций и производительности, использование для анализа цензурированной регрессии Хекмана, позволяющей не только оценить вероятность решения компаний об инвестировании в инновации, определить объемы этих вложений, но и анализировать компании, которые формально не производили вложений в инновации.

Дальнейшие эмпирические исследования касались изучения влияния различных факторов на инновационную активность: размера компании, создание компаниями инновационных сетей и платформ, объема капиталовложений, направляемого на исследования и разработки, наличия экспортной деятельности, межфирменной кооперации, прямых иностранных инвестиций [например, исследования свидетельствуют, что компании принадлежащие иностранному владельцу и экспортеры более инновационно активны].

Следует отметить, что ряд последующих исследований изменили и саму структуру модели. Например, в качестве результатов инновационной деятельности использовали количество выведенных новых продуктов и результаты процессных инноваций. Также в исследованиях используется различная мера эффективности деятельности компаний: прибыль, выручка от продаж, динамика роста производительности, измеренная как выручка от реализации на 1 сотрудника.

Таким образом, все исследования подтверждают устойчивую взаимосвязь между расходами на исследования и разработки, результативностью инновационной деятельности и эффективностью работы компаний. Кроме того, исследования разных отраслей и стран дают сопоставимые результаты наиболее значимых факторов модели CDM: размера компании, наличия экспортной деятельности, межфирменного сотрудничества, вложений в технологические инновации.

В этой связи для анализа взаимосвязи между вложениями компании в цифровую трансформацию и повышением производительности мы также используем модифицированную модель CDM.

Наша модификация модели будет следующей. Мы использовали CDM модель, состоящую из пяти уравнений (5 – 9):

Уравнение (5) оценивает вероятность вложения компаний во внедрение технологий Индустрии 4.0:

*RD\_doing*it = $\left\{\begin{array}{c}1 если RD\\_doing\_{ιt}^{\*}=х\_{1ιt}b\_{it}+u\_{1ιt}>τ\\0 если RD\\_doing\_{ιt}^{\*}=х\_{1ιt}b\_{it}+u\_{1ιt}\leq τ\end{array}\right.$ (5),

Объясняемая переменная *RD\_doing* примет значение 1, если *i* – тая компания в момент времени t примет решение об инвестировании в технологии Индустрии 4.0 и 0 – в остальных случаях.

Уравнение (6) оценивает объемы вложений технологии Индустрии 4.0 в расчете на одного сотрудника:

$RD\_{ιt}=\left\{\begin{array}{c}RD\_{ιt}^{\*}=x\_{2ιt }b\_{2t}+u\_{2ιt}, если RD\\_doing\_{ιt}=1\\0, если RD\\_doing\_{ιt}=0\end{array}\right.$ (6)

В качестве независимых переменных оценивались:

- наличие патентов в компании (фиктивная переменная, равная 1 если компания имеет патенты и 0 – если нет);

- размер компании (измеренный как логарифм численности сотрудников);

- производительность компании в прошлом году (измеренная как логарифм выручки от реализации в расчете на 1 сотрудника). Этот показатель отражает влияние динамики показателя производительности на результативность инновационной деятельности;

- наличие экспортной выручки (фиктивная переменная, равная 1 если компания работает только на внутреннем рынке и 0 – если компания – экспортер), т.к. мы полагаем, что компании – экспортеры более склонны к инновациям;

- размер вложений компании в текущую деятельность (измеренный как логарифм итога второго раздела баланса за минусом отложенных налоговых активов), этот показатель связан с финансовыми возможностями компании, что также влияет на инновационную деятельность компании;

- интенсивность вложений в инновации (рассчитанная как удельный вес затрат на технологические, организационные и маркетинговые инновации в общем объеме выручки от реализации);

- прибыль (фиктивная переменная, равная 1 если компания имеет положительную прибыль и 0 – если нет);

- метка сектора отрасли, позволяющая анализировать специфические свойства в высоко-, средне- и низкотехнологичном секторе.

Уравнения (7) и (8) отражают результативность внедрения технологий Индустрии 4.0. Исходя из результатов проведенного опроса, в качестве результативности нами были использованы показатели: прибыль от реализации новой продукции и прибыль от сервисных инноваций, связвнных с предоставлением цифровых услуг:

$P\_{new}pr\_{it}=RD\_{1ιt}α\_{r1t}+x\_{3it}b\_{3t}+u\_{3it}$ (7)

$Pdigital services\_{it}=RD\_{2it}α\_{r2t}+x\_{4it}b\_{4t}+u\_{4it}$ (8)

Оба уравнения результативности зависят от латентной переменной - величины вложений в технологии Индустрии 4.0. Это позволяет включить в анализ те компании, которые формально не инвестировали в технологии Индустрии 4.0.

Зависимая переменная в (7) показывает получила ли компания прибыль от продаж новых продуктов в течение трех лет (2015-2017). Для анализа в уравнении (7) использован метод пробит – модели. Зависимая переменная в (8) представляет собой прибыль, полученную от предоставления сервисных услуг, связанных с цифровой трансформацией, полученных компанией в течение тех же самых трех лет (2015-2017). Факторы, которые оценены в модели (7) и (8):

* спрогнозированный объем вложений в технологии Индустрии 4.0, выраженный как логарифм объема вложений в расчете на одного сотрудника;
* размер компании (измеренный как логарифм численности сотрудников);
* размер вложений компании в текущую деятельность (измеренный как логарифм объема текущих вложений), этот показатель связан с финансовыми возможностями компании, что также влияет на возможности внедрения компанией новых технологий;
* наличие экспортной выручки (фиктивная переменная, равная 1 если компания работает только на внутреннем рынке и 0 – если компания – экспортер);
* наличие сотрудничества с другими предприятиями внутри своей группы компании, если компания интегрирована (фиктивная переменная, равная 1 если компания взаимодействует с партнерами внутри компании и 0 – если нет);
* интенсивность вложений в технологии Индустрии 4.0 (рассчитанная как удельный вес затрат на технологии Индустрии 4.0 в общем объеме выручки от реализации);
* наличие внешнего межфирменного взаимодействия (фиктивная переменная, равная 1 если компания является частью межфирменной сети и и 0 – если нет), при этом мы выделяем и анализируем виды сотрудничества:
* с потребителями;
* с поставщиками;
* с конкурентами;
* с консалтинговыми информационными компаниями;
* с университетами и др. высшими учебными заведениями;
* с научными организациями;

- наличие собственных подразделений, выполняющих исследования и разработки (фиктивная переменная, равная 1 если компания имеет собственные подразделения и 0 – если нет);

- затраты на обучение сотрудников, занятых в инновационной деятельности (измеренная как логарифм затрат на обучение в расчете на 1 сотрудника, занятого в инновационной деятельности);

- затраты на приобретение нового оборудования (измеренная как логарифм суммы затрат на приобретение нового оборудования).

Все переменные в уравнениях (7) и (8) взяты в качестве среднего числа в течение трех лет (2015-2017). Усреднение показателей связано с наличием пропусков в базе данных и возможных ошибок измерения, а также существующим временным лагом между вложениями компании в ИиР и результатами инновационной деятельности.

Уравнение (9) показывает зависимость производительности (выраженной как логарифм отношения выручки от реализации к численности сотрудников) от латентных переменных: прибыли от продаж инновационной продукции $P\_{new}pr\_{it} $и прибыли, полученной от сервисных инноваций, связанных с предоставлением цифровых услуг $Pdigital services\_{it}. $

Поскольку производительность зависит не только от вложения компаний в новые технологии, но и от вложений в текущую деятельность, трудовых ресурсов, используемых компанией и проч., мы добавляем переменные, показывающие влияние других факторов:

$Q\_{ι}=a\_{NPt} P\_{new}pr\_{it}+a\_{P}t Patents\_{it}+a\_{R3t}RD\_{ιt}+x\_{5it}b\_{5t}+u\_{5tι}$ (9)

В качестве факторов проанализированы показатели:

* размер компании (измеренный как логарифм численности сотрудников);
* размер вложений компании в текущую деятельность (измеренная как логарифм итога второго раздела баланса за минусом отложенных налоговых активов), этот показатель связан с финансовыми возможностями компании, что также влияет на возможности компании инвестировать в новые технологии;
* логарифм спрогнозированной величины вложений в технологии Индустрии 4.0 на одного сотрудника;
* логарифм спрогнозированной суммы прибыли от продажи новых продуктов;
* логарифм спрогнозированной прибыли от предоставления цифровых сервисов и услуг клиентам компании;
* логарифм числа сотрудников;
* интенсивность вложений в новые технологии (логарифм удельного веса затрат технологии Индустрии 4.0 в общем объеме выручки от реализации).

Для анализа влияния новых технологий на производительность промышленных компаний мы рассчитываем модели (5)-(9) для компаний трех секторов промышленности: высоко-, средне- и низкотехнологичной.