

УДК 65.011.56

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ФИРМ

Тесленко М.А., Скрипкин К.Г.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, e-mail: mat_44@mail.ru

Настоящая статья посвящена исследованию влияния внедрения информационных технологий на изменение производительности труда в рамках функционирования производственного предприятия. В работе рассмотрены теоретические подходы к объяснению наблюдаемой отрицательной корреляции между производительностью и затратами на информационные технологии, а именно: парадокс производительности, теория технологии общего назначения, теория комплементарных активов и институциональный подход. В статье рассмотрены математические подходы, используемые для выявления связи и направления зависимости между вложениями в информационные технологии и производительностью. Рассмотренные подходы основаны на теории комплементарных взаимосвязей между определенными группами активов на производстве, учитывают организационные практики и бизнес-процессы компаний в качестве фиктивных кластерных переменных, что позволяет обрабатывать с помощью рассмотренных моделей качественные данные. Предложены авторские методы оценки отдачи от внедрения информационных технологий в России, базирующиеся на симуляционном моделировании и модели анализа стохастической границы, позволяющие учитывать особенности обрабатываемых статистических данных.

Ключевые слова: информационные технологии, производительность, эффективность внедрения информационных технологий, оценка эффективности бизнес-проекта, комплементарные активы

MODELLING THE IMPACT OF INFORMATION SYSTEMS ON BUSINESS PRODUCTIVITY

Teslenko M.A., Skripin K.G.

Lomonosov Moscow State University, Moscow, e-mail: mat_44@mail.ru

This article is dedicated to the influence of information technologies on the productivity of labor in the framework of the industrial enterprise. The paper deals with theoretical approaches about explanation of the observed negative correlation between productivity and the cost of information technology, for example: productivity paradox, the theory of general purpose technology, the theory of complementary assets and institutional approach. In the article the mathematical approaches used to identify areas of correlation between investments in information technology and performance. The above approaches are based on the theory of complementary relationships between certain groups of assets in manufacturing, organizational practices and take into account the business processes of companies in the cluster as a dummy variable, which allows you to handle with the help of high-quality data models considered. The author's methods for assessing the impact of the introduction of information technologies in Russia, based on simulation modeling and analysis of stochastic frontier model, to take into account features of the processed statistics.

Keywords: information technology, productivity, efficiency of information technologies, evaluation of business projects, complementary assets

Внедрение информационных технологий (далее – ИТ) в бизнес-процессы различных компаний является одним из приоритетных направлений развития любого бизнеса. Иметь информационную систему для эффективной работы или рационального управления считается современным, модным, удобным и действительно приносит реальные выгоды, измеряемые рублём. Однако далеко не все проекты по внедрению современных ИТ заканчиваются повышением прибылей или выручки компаний. Понимание причинно-следственных связей таких процессов обеспечит построение теоретических закономерностей и формулировку практических рекомендаций по внедрению ИТ.

Обозначенная проблема не является новой. Стремительное развитие вычислительной техники началось в 40-х годах XX века. В результате точечного использования новейшей технологии в обществе укоренилось

мнение, что использование информационных технологий может идти только на пользу предприятию, способствовать развитию и, конечно же, повышать его производительность. Однако к концу XX века вложения в ИТ превысили совокупную прибыль 13 тысяч крупнейших мировых компаний (это около триллиона долларов на момент 1995 года) [2]. При таких затратах эффект от использования ИТ должен проявляться и на уровне ВВП [9], чего не наблюдалось.

В 70-х годах XX века в США происходили кризисные явления, в эти же годы происходило разрастание сектора услуг, на который приходилось более 80% используемых ИТ [9]. Доля занятых в секторе услуг постоянно росла, а производительность бизнеса – нет. Такие результаты были списаны на отрицательную зависимость затрат на внедрение ИТ от производительности труда.

Парадокс производительности ИТ

«Парадокс производительности» в начале 2000-х годов был полностью объяснен в США. Объяснения сводились к следующим особенностям при оценке результативности внедрения ИТ: потери при измерении затраченных ресурсов и полученного результата; наличие временных лагов между действием по внедрению ИТ и результатом внедрения; рассеивание прибыли от внедрения ИТ; нерациональное управление. В результате изучения парадокса производительности при внедрении ИТ были сформулированы несколько теоретических подходов: подход технологии общего назначения; выявление и анализ активов, комплементарных ИТ; анализ транзакционных издержек фирмы и влияния ИТ на эти издержки; анализ изменения содержания труда в результате внедрения ИТ.

Математические методы при анализе эффектов от внедрения ИТ

Развитие теории комплементарности активов и дальнейшее моделирование таких особенностей функционирования предприятия развивалось около 20 лет. В 2013 году Фэрлэд Зэнд и Ван Бирс опубликовали комплексное исследование влияния ИТ на функционирование фирмы на основе массива данных по Нидерландам. Авторы использовали три различных подхода к моделированию комплементарных взаимосвязей.

Первый подход основан на использовании расширенной производственной функции. Следуя общим трендам в литературе, авторы исходят из того, что фирма i в момент времени t функционирует в соответствии с трехфакторной функцией Кобба – Дугласа:

$$Y_{i,t} = A_{i,t} \cdot L_{i,t}^\alpha \cdot K_{i,t}^\beta \cdot IT_{i,t}^\delta. \quad (1)$$

Выпуск фирмы $Y_{i,t}$ – это функция от труда $L_{i,t}^\alpha$, неИТ-капитала $K_{i,t}^\beta$ и общего фактора производительности (TFP – Total factor productivity) $A_{i,t}$. Этот фактор объединяет все переменные, которые влияют на выпуск фирмы за исключением трех вышечисленных факторов. С целью изучения взаимодействия между организационными изменениями и ИТ-активами фирмы, равенство (1) было расширено авторами. Была построена мультипликативная форма уравнения [10] и введены дополнительные условия, отражающие прямой вклад организационных изменений и TFR, а также взаимодействия между организационными изменениями ИТ-капиталом и неИТ-капиталом фирмы.

Второй подход к моделированию был назван системным: производительность фирмы моделируется как функция от труда, неИТ-капитала, ИТ-капитала и организационных изменений. Однако совместное влияние организационных изменений и ИТ описывается с помощью 16 уникальных систем или кластеров (новая переменная S_{abcd} : $a, b, c, d \in \{0, 1\}$):

$$\begin{aligned} lp_{i,t} = & a_{i,t} + \alpha \cdot l_{i,t} + \beta \cdot k_{i,t} + \delta \cdot it_{i,t} \\ & + \sum_{a=0}^1 \sum_{b=0}^1 \sum_{c=0}^1 \sum_{d=0}^1 \gamma_{abcd} \cdot S_{i,t,abcd} + \quad (2) \\ & + \sum \varphi_m s d_m + \sum \theta_n t d_n + \varepsilon_{i,t}. \end{aligned}$$

Переменная $S_{i,t,abcd}$ означает состояние фирмы i в год t в зависимости от четырех дихотомически измеренных практики: a – процессные организационные изменения; b – структурные организационные изменения; c – организационные изменения, связанные с границами, и d – высокая интенсивность ИТ. Именно в этой модели используется теория супермодулярности для определения комплементарных взаимосвязей.

Последний, третий подход, объединяет в себе идеи расширения производственных функций, а кроме этого, решает проблему эндогенности переменных (в частности, Эрал и Вэйль [8] нашли доказательства одновременной взаимосвязи: фирмы с высоким уровнем ИТ имеют тенденцию к проведению организационных изменений более интенсивно, и в то же время фирмы с сильными возможностями организационных изменений стремятся к высокому уровню ИТ).

Производительность как показатель для качественных процессов

Значительное развитие математического аппарата не отменяет важность анализа качественных проблем при анализе эффективности внедрения ИТ. Техно-пессимисты считают, что не стоит ожидать какого-либо производительного роста в результате инвестиций в ИТ. Сейчас появляются новые формы результативности, многие продукты становятся бесплатными, общедоступными, что вносит свою лепту в результаты стандартных количественных оценок. Такой подход к проблеме дает понять, что производительность не является универсальной мерой результативности и эффективности вложений в ИТ.

Рассматривая производительность на предприятии в целом, мы анализируем некоторую среднюю температуру по больнице:

производительность могла изменяться не только за счет внедрения и использования ИТ, но и за счет изменения соотношения цен на используемые материалы и конечную выпускаемую продукцию. Все факторы, повлиявшие на производительность, выделить достаточно проблематично, так как они могли быть внешними и не иметь отношения к внутренним процессам фирмы. Поэтому было бы правильным оценивать вклад в производительность, который обеспечивается именно работой ИТ. Анализ работ К. Шеннона [7] и А.Н. Колмогорова [3] приводит к оценке производительности ИС через её энтропию [1]. Иными словами, для производственного процесса важен объем производства (это одна из главенствующих целей производства), а для информационной системы важна её пропускная способность: сколько информации наша система может обработать и упорядочить. Итоговый показатель рассчитывается как $\Delta H/\Delta C$, где ΔH – прирост пропускной способности, а ΔC – издержки, которые потребовались для обеспечения прироста ΔH .

К.Г. Скрипкин [4] рассматривает два различных подхода к процессу внедрения ИТ в предприятие: стратегию результативности и стратегию экономичности. Стратегия экономичности подразумевает серьезный анализ затрат и выгод, предполагает сокращение ИТ-бюджета в случае отсутствия видимых результатов, что приводит к еще большему ухудшению результатов, а значит – к дальнейшему сокращению финансирования ИТ-проектов. Цель такой стратегии – минимизация затрат, в частности, на внедрение ИТ. Стратегия результативности же предполагает, что часть средств действительно не принесут осязаемых (денежных) результатов, цель затрат – получить намеченный результат, максимизировать отдачу от сделанных вложений. При этом стратегия результативности не отвергает контроля расходов. Скорее, такой подход допускает большую степень принятия риска, нежели стратегия экономичности. В рамках отдельного предприятия внедрение ИТ является в какой-то степени инновационной деятельностью, поэтому сопряжено с риском. А как следствие – в определенных условиях риск и излишние затраты являются неотъемлемой частью инновационного процесса.

Проблемы анализа эффектов от внедрения ИТ в России

Российская практика исследований проблематики внедрения ИТ отстает от западной примерно на 10 лет. Самой большой проблемой остается отсутствие статистических данных для комплексного временного

анализа. В 2008 году группой исследователей в следующем составе: К. Скрипкин (доцент, к.э.н., экономический факультет МГУ им М.В. Ломоносова), В. Ананьин (Школа ИТ менеджмента АНХ), П. Алферов (член оргкомитета «Сочи–2014») и К. Зимин (главный редактор журнала Information Management) – был начат проект IT-Value, который во многом повторял подходы Милгроста и Робертса, тем не менее, к оценке основных показателей пришлось подойти нестандартно. В проекте были использованы сведения об ИТ-бюджетах российских компаний, полученные в ходе ежегодных исследований «Практика использования ИТ», проводимых Союзом директоров ИТ России (СОДИТ), а также данные бухгалтерской отчетности российских компаний [5, 6].

Однако при построении итоговой выборки и работе с ней возникали различные проблемы. Во-первых, при оценке показателя SG&A (коммерческие, общехозяйственные и административные расходы) использовалась сумма коммерческих и управленческих расходов, однако согласно РСБУ такие расходы могут отражаться также в строке «Себестоимость проданных товаров, продукции, работ, услуг», что приводит к обнулению оцениваемой суммы и искажению зависимости инвестиций в ИТ и SG&A. Во-вторых, данные могут быть получены лишь по крупным компаниям, акции которых продаются на международных рынках (именно эти компании предоставляют свои отчетности в соответствии со стандартами МСФО). В-третьих, следует как-то иначе подойти к оценке накопленного компьютерного капитала, так как напрямую подобные данные собрать невозможно из-за отсутствия статистики. Авторский коллектив подошел к решению проблемы следующим образом: в качестве оценки накопленного компьютерного капитала использовался пятикратный размер годовых эксплуатационных расходов (коэффициент «пять» получен эмпирическим путем, а также в целом для корреляции не имеет значения, так как определяет лишь порядок количественной величины).

При таком изобретательном подходе возникали и другие проблемы. Во-первых, оценка ИТ-капитала была интервальной. Авторы при построении детерминированных моделей использовали середину интервала для каждого наблюдения. Как было показано одним из авторов статьи (М.А. Тесленко) в магистерской диссертации 2016 года, такая оценка завышает производительность предприятия на 15–20% при учете ИТ (результаты были получены путем симуляционного моделирования той

же расширенной функции Кобба-Дугласа). Во-вторых, ежегодный массив собираемых данных проекта очень невелик, поэтому требуется интеграция исследований за несколько лет в единую панель с корректировкой финансовых показателей на уровень инфляции, что снижает точность с трудом собранных данных.

Как уже отмечалось выше, важной проблемой является отсутствие достоверных данных по большому количеству изучаемых объектов, поэтому автором был проведен поиск подходящего массива данных. Выбор был остановлен на банковской сфере России. Так, за период с 2008 по 2013 год в России функционировало более 700 банков, что позволяет сформировать панельные данные с суммарным количеством наблюдений более 4000, так как коммерческие банки по закону обязаны сдавать отчетность. Панель была собрана, проведен ее первоначальный анализ методами, используемыми для изучения панельных данных. Отметим, что для моделирования процессов коммерческих банков часто используются модели SFA, которые в связи со спецификой построения идеально могут описать ИТ как фактор эффективности функционирования банка. Рассмотрение таких моделей с учетом ИТ является актуальным направлением дальнейших научных работ.

Выводы

Итак, всеобщие ожидания от новейшей технологии ИТ не оправдались, был сформулирован парадокс производительности, однако к началу XXI века в развитых странах парадокс был решен, а в развивающихся странах принят как объективная реальность (парадокс существует, но объясняется). Основной подход к объяснению парадокса производительности – существование тесных комплементарных взаимосвязей между ИТ, организационными изменениями и человеческим капиталом. Инертность двух последних категорий чаще всего является причиной низкой отдачи от вложений в информационные системы и технологии. Современные экономико-математические методы учета комплементарных взаимосвязей при моделировании выручки (или производительности, или дохода) предприятия позволяют учесть такие комплементарные взаимосвязи. Кроме этого, показатель производительности чаще всего не отражает реальных успехов или неудач предприятия, и это неудивительно: про-

изводительность идеально описывает эффективность конвейерного производства, однако не учитывает различные особенности современных бизнес-процессов.

Единственное массовое исследование проблематики в России проводилось 5 лет назад и носило качественный характер и лишь косвенно позволило дать экономико-математические количественные оценки моделей. В связи с ограниченным запасом статистических данных в России проведение любых исследований связано с серьезными издержками сбора информации для дальнейшей обработки, поэтому при построении моделей чаще всего приходится пользоваться данными с пропусками, зачастую округленными и приближительными. С учетом этой проблемы основным методом для изучения влияния ИТ на эффективность функционирования фирмы является построение и дальнейшая оценка расширенной производственной функции, в которой в качестве дополнительного фактора производства к труду и капиталу добавлен ИТ-капитал.

Для дальнейшего анализа проблемы и теоретического развития, несомненно, необходим запуск масштабного комплексного исследования влияния ИТ на эффективность функционирования фирмы со сбором как качественных, так и количественных данных в какой-либо однородной сфере производства в России, будь то банковский сектор или другой однородный сегмент.

Список литературы

1. Дзюба С.А. Производительность и издержки информационной системы: теоретический подход и практические выводы // Менеджмент в России и за рубежом. – 2011. – № 2.
2. Зимин К. Эффективность инвестиций в ИТ. Альманах лучших работ. – М.: СоДИТ, 2013. – С. 11.
3. Колмогоров А.Н. ϵ -энтропия и ϵ -ёмкость множеств в функциональных пространствах // Теория информации и теория алгоритмов. – М.: Наука, 1987. – С. 119–198 (1959).
4. Скрипкин К.Г. Экономика информационных систем: от снижения затрат к повышению отдачи // Директор информационной службы. – 2003. – № 06.
5. Скрипкин К., Ананьин В., Зимин К., Алферов П. Экономические оценки влияния ИТ на результаты компании // IT-MANAGER. – Май 2011. – С. 88–91.
6. Скрипкин К.Г., Тесленко М.А. Парадокс производительности и человеческий капитал // Региональное развитие: стратегии и человеческий капитал: материалы Международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 10–11 апреля 2014 г.: в 2-х т. Т. 1. – Екатеринбург: Изд-во Урал, ун-та, 2014. – С. 241–251.
7. Шеннон К. Математическая теория связи // Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике. – М: Изд-во иностранной литературы, 1963. – С. 243–332. (A Mathematical Theory of Communications. Bell System Techn. Journal. 1948, 27 № 3, № 4).

8. Aral S., Weill P. IT assets, organizational capabilities, and firm performance: How resource allocations and organizational differences explain performance variation // *Organization Science*. – 2007. – № 18(5). – P. 763–780.

9. Brynjolfsson E. The Productivity Paradox of Information Technology: Review and Assessment, 1994 // Center for Coordination Science, MIT Sloan School of Management, Cambridge, Massachusetts.

10. Lee J.J.-Y. Complementary Effects of Information Technology Investment on Firm Profitability: The Functional Forms of the Complementarities // *Information Systems Management*. – 2008. – № 25. – P. 364–371.

11. Milgrom P., Roberts J. The Economics of Modern Manufacturing: Technology, Strategy, and Organization // *The American Economic Review*. – 1990.

References

1. Dzyuba S.A. Proizvoditelnost i izderzhki informatsionnoy sistemy: teoreticheskiy podkhod i prakticheskie vyvody // *Menedzhment v Rossii i za rubezhom*. 2011. no. 2.

2. Zimin K. Effektivnost investitsiy v IT. Almanakh luchshikh rabot. M., 2013. pp. 11.

3. Kolmogorov A.N. ϵ -entropiya i ϵ -emkost mnozhestv v funktsionalnykh prostranstvakh // *Teoriya informatsii i teoriya algoritmov*. M.: Nauka. 1987. pp. 119–198 (1959).

4. Skripkin K.G. Ekonomika informatsionnykh system: ot snizheniya zatrat k povisheniyu otдачи // *Direktor informatsionnoi sluzhbi*. no. 6. 2003.

5. Skripkin K.G., Ananiin V., Zimin K., Alferov P. Ekonomicheskie otsenki vliyaniya IT na rezultati kompanii // *IT-MANAGER*, may, 2011, pp. 88–91.

6. Skripkin K.G., Teslenko M.A. Paradoks proizvoditelnosti i chelovecheskiy capital // *Regionalnoe razvitie: strategii i chelovecheskiy capital: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*, Yekaterinburg, 10–11 april 2014, v 2-sh t. T.I. Yekaterinburg: Izdatelstvo Uralskogo universiteta, 2014. pp. 241–251.

7. Shannon K. Matematicheskaya teoriya sbyazi // *Shennon K. Raboti po teorii informatsii i kibernetike*. M.: Izdatelstvo inostrannoy literatury, 1963, pp. 243–332. (A Mathematical Theory of Communications. *BellSystemTechn.Journal*. 1948, 27 no. 3, no. 4).

8. Aral S., Weill P. IT assets, organizational capabilities, and firm performance: How resource allocations and organizational differences explain performance variation // *Organization Science* no. 18(5). pp. 763–780. 2007.

9. Brynjolfsson E. The Productivity Paradox of Information Technology: Review and Assessment, 1994 // Center for Coordination Science, MIT Sloan School of Management, Cambridge, Massachusetts.

10. Lee J.J.-Y. Complementary Effects of Information Technology Investment on Firm Profitability: The Functional Forms of the Complementarities // *Information Systems Management* no. 25, 2008. pp. 364–371.

11. Milgrom P., Roberts J. The Economics of Modern Manufacturing: Technology, Strategy, and Organization // *The American Economic Review*, 1990.