

УДК 330.322.011

КОНЦЕПЦИЯ НЕМОНЕТАРНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ НА ОСНОВЕ ПРАГМАТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СИСТЕМ

Гейда А.С.

*Санкт-Петербургский федеральный исследовательский центр Российской академии наук,
Санкт-Петербург, e-mail: geida@iias.spb.su*

Предложено исследовать результаты инвестиционных проектов на основе прагматических свойств систем, в частности введенного свойства потенциала систем. Описаны методологические основания оценивания потенциала систем в инвестиционных проектах. Такое оценивание и последующее исследование прагматических свойств соответствует наметившимся как в РФ, так и за рубежом тенденциям к оцениванию немонетарных свойств при совершенствовании систем, к обеспечению устойчивого развития при реализации инвестиций. Для оценивания эффектов возможных функционирований систем, целенаправленно изменяющихся в условиях изменяющейся среды, разработаны концепция и методология (модели, методы и методики) исследования систем, совершенствуемых при функционировании в условиях изменяющейся среды. Предложенные аналитические модели и методы позволяют исследовать прагматические свойства систем, такие как потенциал системы, динамические возможности, информационный потенциал, аналитически, а затем построить предиктивные, а затем и прескриптивные модели совершенствования систем. Это дает возможность перейти к разработке математических моделей, методов и методик немонетарного исследования инвестиционных проектов, повысить обоснованность принимаемых решений, особенно в проектах, связанных с реализацией проектов и программ развития, с цифровизацией предприятий, экономики и общества.

Ключевые слова: математические модели, инвестиционные проекты, прескриптивная аналитика, предиктивная аналитика, потенциал, динамические возможности

THE CONCEPT OF NON-MONETARY RESEARCH OF INVESTMENT PROJECTS BASED ON THE PRAGMATIC PROPERTIES OF SYSTEMS

Geyda A.S.

*Saint-Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences,
St. Petersburg, e-mail: geida@iias.spb.su*

The study of the results of investment projects on the pragmatic properties of systems proposed. In particular, such a task is performed based on the property of the potential of systems. The methodological basis for evaluating the potential of systems in investment projects is suggested. This assessment and subsequent research of pragmatic properties correspond to the emerging trends both in the Russian Federation and abroad to evaluate non-monetary properties in improving systems and ensure sustainable development in implementing investments. To assess the effects of the possible functioning of systems that change purposefully in a changing environment, we have developed a concept and methodology (models, methods, and techniques) for studying systems that improve when operating in a changing environment. The proposed analytical models and procedures allow us to analyze systems' pragmatic properties, such as system potential, dynamic capabilities, and information potential, analytically and then build predictive and then prescriptive models for improving systems. As a result, it is possible to develop mathematical models, methods, and techniques for non-monetary research of investment projects. Further, it allows increasing the validity of decisions, especially in public projects, in implementing projects, with development programs, with enterprises, the economy, and society digitalization.

Keywords: mathematical models, investment projects, prescriptive analytics, predictive analytics, potential, dynamic capabilities

При реализации многих современных инвестиционных проектов, особенно тех из них, что связаны со стратегическим развитием, с реализацией бюджетных проектов и программ, с экономикой знаний и современными цифровыми технологиями [1–3] возникают систематические сложности с оцениванием монетарных результатов проектов. Это связано с неочевидностью механизмов получения монетарных результатов таких проектов, со сложностью описания возможных процессов денежного обмена результатами проектов, плохой предсказуемостью получаемых результатов в условиях изменяю-

щихся воздействий среды. Так, например, сложно предсказать монетарные результаты ряда государственных проектов и программ, в частности в области охраны здоровья, безопасности, обороны, освоения космоса. Сложно описать, каким образом могут монетизироваться результаты инвестиций в человеческий капитал, благополучие и развитие общества, в улучшение экологической ситуации. Хорошо известна сложность проблемы оценивания результатов инвестиций в инновационную экономику, экономику знаний, цифровую экономику, в информационные и другие технологии, развитием которых и опреде-

ляется развитие и перспективы современной экономики.

Так, например, долгое время изучаются парадоксы результативности информационных технологий (ИТ) – например, парадокс Р. Солоу («мы видим компьютерный век везде, кроме статистики производительности...»). Оказалось, что описать монетарные и даже производственные результаты использования ИТ во многих случаях сложно. Более того, информация в большинстве стран до сих пор не рассматривается как актив, право собственности на информацию в большинстве стран не регистрируется, а технологии и алгоритмы функционирования копируются. В таких и подобных условиях естественным образом возникают сложности оценивания результатов инвестиций в современные ИТ. Если информация не актив и на нее нет права собственности, то ее монетизация нетривиальна.

Цель исследования: предложить новые модели и методы, позволяющие аналитически прогнозировать результаты инвестиционных проектов не только по их монетарным результатам, но и по прогнозируемым немонетарным эффектам, характеризующим результаты совершенствования, внедрения новаций в изменяющейся среде, результаты использования ИТ и меру соответствия получаемых от таких инвестиций эффектов требованиям к ним.

Материалы и методы исследования

Сложилось представление, что результаты инвестиций, например, в случае ИТ – это не информация сама по себе, не только средства, полученные от ее монетизации, а приобретаемая в результате внедрения новых ИТ способность систем лучше (быстрее, корректнее, активнее, дешевле) оценивать ситуацию, приспосабливаться, меняться, развиваться, реагировать на изменяющиеся воздействия среды, менять свое поведение, состав и функции в зависимости от меняющихся целей и задач деятельности и в быстро меняющихся условиях среды [4]. Однако методы, модели и методики оценивания того, как системы, особенно организационные и социальные, меняются и как должны меняться в зависимости от среды и ее воздействий, каким образом эти изменения ведут к новым результатам деятельности (и каким), пока еще разработаны недостаточно полно для широкого использования.

Тем более сложно разработать такие модели и методы, которые позволили бы сделать еще один, следующий шаг – дальше от описания возможных целенаправленных изменений и позволили бы описать, как та-

кие изменения систем в меняющейся среде монетизируются. Тем самым такой шаг позволил бы ответить на вопрос, каким же образом указанные выше изменения ведут к изменениям обмена результатов функционирования систем на финансовые ценности. Научно обоснованно ответить на вопрос, сколько денег дадут изменения, новизна, инновации, адаптация, модернизация, не ответив на вопросы о том, а как и какие изменения могут реализоваться в разных условиях в результате указанных процессов совершенствования и к каким результатам эти процессы могут привести, не представляется возможным. Указанные сложности существенно усиливаются в нестационарных условиях среды, наблюдаемых в наше время. Например, в условиях кризисов и санкций сложно, если не невозможно, ответить на вопрос о том, каким образом может измениться капитализация российской фирмы в результате внедрения новых ИТ. В условиях агрессивной среды, например в условиях распространения коронавирусной инфекции, монетарные результаты инвестиций в технологии оценить также сложно. В ряде же случаев (например, при разработке новой вакцины) такая цель не стоит, а стоит другая – спасти как можно больше людей.

При этом такие турбулентные изменения среды, как кризисы, экономические войны, пандемии, революции и санкции, усиливают необходимость целенаправленных, результативных, быстрых и недорогих изменений. Указанные турбулентности ведут к необходимости оценивания того, как же и на основе какого теоретического аппарата нужно исследовать целенаправленные изменения систем в результате изменяющихся воздействий среды и как, на основе оценивания какого свойства совершенствовать системы. Результатом исследования этого свойства должно стать то, что системы смогут меняться и совершенствоваться лучше, чем до исследования. Свойство соответствия изменяющейся системы среде достигается в том числе за счет внедрения современных ИТ и других технологий. Это свойство и эффекты, полученные на его основе, и обмениваются затем на деньги и другие ценности. В связи с этим оценивание такого свойства и эффектов на основе аналитических математических моделей, методов и методик актуально, особенно в складывающихся социально-политических, экономических, военных, эпидемиологических и других изменяющихся условиях.

Такое оценивание соответствует наметившейся как в РФ, так и за рубежом тенденции к оцениванию немонетарных

характеристик и свойств при совершенствовании систем, обеспечении устойчивого развития, при реализации инвестиций. Например, за рубежом, при исследовании стратегии развития бизнеса широко используется свойство динамических возможностей (dynamic capability, в противовес ресурсным, стоимостным характеристикам развития). На основе этого свойства оценивается потенциал ИТ (IT capability). Введено свойство организационных возможностей (organizational capability). Министерство обороны США использует свойство оборонного потенциала (defense capability) для стратегического планирования закупок вооружений и совершенствования вооруженных сил США. Человеческий потенциал оценивается с использованием human capability approach нобелевского лауреата в области экономики благосостояния А. Сена. В рамках последнего подхода экономические показатели (например, ВВП) не являются основными [5].

Заметим, что современный этап цифровизации функционирования предприятий, экономики и общества характеризуется все более масштабной цифровизацией, которая проявляется во внедрении частных технологий – таких, как использование накопленных на предприятиях данных (Больших Данных, Big Data), использования Интернета вещей и комплексных проявлений цифровизации – таких, как переход к парадигме «Industry 4.0». При этом целью цифровизации является совершенствование результатов функционирования предприятий. Выполненный анализ современного состояния цифровизации организаций [6–8] позволил определить некоторые особенности и проблемы современного состояния цифровизации:

В последнее время проявляется не только масштабность собираемых данных, но и во многих случаях – изменение того, о чем собираются данные. Так, собираются данные о событиях и вызвавших их действиях при функционировании систем (Event logs). Однако средства технологии майнинга процессных данных (Process Mining), соответствующий методологический аппарат Process Science пока что не в полной мере соответствуют требованиям практики. Так, возникают сложности с описанием сетей технологических операций, стохастических сетей в изменяющихся условиях.

Проявляется переход к расширению использования предиктивной (predictive analytics) и затем прескриптивной аналитики (prescriptive analytics). Однако при реализации предиктивной и затем пре-

скриптивной аналитики возникают методологические и инструментальные сложности с оценением.

Широко используются новые виды прагматических [9,10] свойств, описывающих результаты использования и поведения систем, изменяемых (альтернируемых) при функционировании в изменяющейся среде, при возможных изменениях целей, изменениях воздействий среды (в «изменяющихся условиях»). К ним относятся потенциал системы, динамические возможности (Dynamic Capability), организационные возможности (Organizational Capability), информационный потенциал (IT Capability). При этом традиционное свойство эффективности функционирования понимается как свойство системы, характеризующее приспособленность системы к достижению заданной цели, в заданных условиях среды. Потенциал (называемый также динамическая возможность, динамическая способность – Dynamic Capability) системы – приспособленность системы достигать изменяющихся (как действительных, так и возможных) целей в изменяющихся условиях среды. Для функционирования исследуемых систем требуется, чтобы система должным образом реагировала на изменения в среде и на изменение целей. Для функционирования таких систем необходимы информационные операции. Тем самым становится возможным исследовать и информационный потенциал системы (IT Capability). К сожалению, в имеющейся литературе недостаточно хорошо раскрыты аналитические, предиктивные и прескриптивные методы и модели, позволяющие исследовать системы и их функционирование по показателям прагматических свойств систем, в том числе и по показателям, характеризующим использование информационных технологий, проявляющихся при функционировании систем в изменяющихся условиях.

Для оценивания эффектов возможных функционирований систем, целенаправленно изменяющихся в условиях изменяющейся среды, разработаны концепция и методология (модели, методы и методики) исследования систем, совершенствуемых при функционировании в условиях изменяющейся среды. С их использованием становится возможным пользоваться предложенными концептуальными моделями функционирования изменяющихся систем (например, записанными на основе языка представления знаний) для порождения сначала теоретико-графовых, а затем – функциональных и программных моделей функционирования совершенствуемых систем в изменяющихся

условиях. Это целесообразно в связи с тем, что моделирование возможных функционирований в разных условиях должно описать весь спектр процессов функционирования и возможных переходов между функционированиями, а не один процесс предполагаемого функционирования в усредненных условиях, как это принято сейчас. Такие модели позволяют описать в том числе использование информационных технологий для измерения, выработки и реализации реакций на воздействия среды. Полученные теоретико-графовые модели служат основой для автоматизированной разработки функциональных моделей. Затем они используются для порождения моделей, описывающих результаты функционирований совершенствуемых систем путем выполнения программного кода расчёта функциональных моделей [10].

Результаты исследования и их обсуждение

Модели для оценки потенциала системы строятся как концептуальные, а затем алгебраические теоретико-графовые а затем функциональные и программные модели семейств возможных функционирований в различных изменяющихся условиях, то есть «в функциональной сфере» [11, 12]. Мы предлагаем оценивать свойства СТС с использованием «функциональной сферы» как комплексные многомерные случайные меры соответствия эффектов каждого возможного функционирования в соответствии с изменяющимися требованиями в изменяющихся условиях. Случайные меры принимают значения от 0 до 1 и описывают элементарные и сложные события достижения цели в изменяющихся условиях окружающей среды. Функциональная сфера состоит из последовательностей «неприводимых функциональных элементов» [13], или способов функционирования в различных условиях внешней среды, с использованием различных информационных технологий для реагирования на изменяющиеся условия (далее – в изменяющихся условиях). Последовательности функциональных элементов бывают различного типа, например, для достижения требуемых целей, реконфигурации или адаптации. Последние могут выполняться системой в связи с необходимостью реагировать на изменяющиеся условия. Оценивается каждый возможный результат реализации функционирования в каждой возможной последовательности возможных условий функционирования. Оценивание реализуется по случайной мере соответствия случайных значений эффектов (например, времени, средств, про-

изведенных изделий, затраченных ресурсов времени персонала) с требованиями к этим эффектам в возможных изменяющихся условиях. В заданных возможных условиях возможные реализации функционирования среды тоже заданы. Затем мы оцениваем комплексную меру соответствия для всей функциональной сферы функционирования системы при реализации возможных функционирований среды. Среда системы также моделируется в ее «функциональной сфере», возможно рассмотреть несколько различных типов сред. Использование моделей функционирования среды основывается на специальных функциональных элементах, информационных операциях, которые выполняются для реагирования на изменение среды. Эта идея основана на известной идее нобелевского лауреата по экономике Герберта Саймона (H.A. Simon): «компьютер – это организация элементарных функциональных компонентов, в которой, с хорошим приближением, только функция, выполняемая этими компонентами, имеет отношение к поведению системы». В результате такого функционального подхода мы не моделируем некоторые специфические свойства системы, поскольку рассматриваем систему в том виде, в каком она используется в различных условиях, и это позволяет оценить одно свойство системы – ее способность давать требуемые результаты в возможных условиях – за счет моделирования «сферы функционирования системы» в возможных условиях среды, заданных «сферой функционирования среды». При этом «неприводимые функциональные элементы» задаются через известную технологию функционирования системы в различных условиях и технологию функционирования среды. Мы полагаем, что на основе этого подхода можно оценить различные прагматические свойства систем в изменяющейся среде. Характеристики системы известны через «неприводимый функциональный элемент», который включает описание способа реализации операции на рабочих местах.

Модели, необходимые для аналитической оценки потенциала системы с использованием функционального подхода, предложено строить на основе теоретико-графовых вероятностных моделей. Они отличаются от традиционных сетевых моделей, например моделей PERT/CPM [14], вложенностью теоретико-графовых моделей разных видов (сети, деревья, сечения сетей) для описания последовательностей альтернативных моделей функционирования системы и ее среды. Эти модели используются для определения комплексных теоретико-графовых

моделей, рекуррентных параметрических, функциональных моделей, а затем определяют программные модели функционирования системы в изменяющейся среде. Предложенные новые альтернативные сетевые модели отличаются от известных [15] тем, что они описывают возможные альтернативы функционирования в различных возможных условиях, то есть всю функциональную сферу системы и ее среды. Такие модели созданы для описания множества возможных реализаций функционирования в изменяющихся условиях.

Для решения практических задач совершенствования систем, функционирующих в изменяющейся среде, задач совершенствования использования цифровых технологий Process Mining и Process Science была выполнена математическая постановка задач исследования функционирования систем на основе семейств альтернативных стохастических сетей операций [9]. Теоретико-графовые и функциональные теоретико-вероятностные модели семейств альтернативных стохастических сетей операций описаны в работах [6, 10].

В результате выполненных исследований становится возможным решать многие задачи, в том числе задачи планирования инвестиций, инноваций, модернизаций, как математические задачи (например, задачи исследования операций и математического программирования).

Разработаны прототипы программных средств оценивания операционных свойств систем, совершенствуемых в изменяющихся условиях среды. Эти программные средства позволяют решать задачи исследования таких свойств, как потенциал систем, динамические возможности систем, организационные возможности систем, человеческий потенциал, оборонный потенциал, позволяют автоматизировать построение моделей функционирования в изменяющихся условиях среды. Разрабатываются прототипы программных средств, позволяющих строить указанные модели на основе обработки больших процессных данных (process mining).

Представляется, что дальнейшее использование полученных результатов возможно для многих инвестиционных проектов. Прежде всего, использование полученных результатов целесообразно для тех инвестиционных проектов, которые реализуются на значительном горизонте планирования, связаны с неопределенностью будущих рынков, направлены не только на извлечение прибыли, но и на долгосрочное развитие, улучшение человеческого потенциала, направленных на получение других

немонетарных результатов. При этом использование разработанного теоретического аппарата не отрицает использования финансовых показателей и экономических моделей для оценивания, например, эффективности инвестиций. Эти показатели могут оцениваться после построения моделей функционирования совершенствуемых систем в изменяющихся условиях, за счет описания моделей обмена получаемых результатов изменяющегося функционирования на финансовые результаты. Тем самым, на основе полученных результатов может быть достигнута лучшая обоснованность и осуществлено лучшее прогнозирование результатов инвестиционных проектов.

Заключение

Выполненные исследования позволяют перейти к разработке методологии немонетарного исследования инвестиционных проектов на основе аналитических, предиктивных, а затем и прескриптивных моделей и методов. Это должно существенно повысить обоснованность принимаемых решений, особенно в проектах, связанных с реализацией проектов и программ развития, с цифровизацией предприятий, экономики и общества.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта 20-18-00042 и 19-08-00989.

Список литературы

1. Bruskin S., Brezhneva A., Dyakonova L. Business performance management models based on the digital corporation's paradigm. *European Research Studies Journal*. 2017. T. 20. P. 264–274.
2. Kotarba M. Digital Transformation of Business Models. *Foundations of Management*. 2018. Vol. 10:1. P. 123–142.
3. Kochs H.-D. *System Dependability Evaluation Including S-dependency and Uncertainty*. Cham: Springer International Publishing. 2018. 374 p.
4. Patrick Mikalef and Adamantia Pateli. Information technology-enabled dynamic capabilities and their indirect effect on competitive performance: Findings from PLS-SEM and FSQCA. *Journal of Business Research*. 2017. Vol. 70. P. 1–16.
5. Kuklys W. Amartya Sen's capability approach: Theoretical insights and empirical applications. *Studies in choice and welfare*. Springer. Berlin. 2010. P. 116.
6. Geyda A. and Lysenko I. The Complex of Models for System Capability Estimation with Regard to Information Technology Use. *AMCIS 2020 Proceedings. Strategic and Competitive IT use*. Num. 6. 4 p.
7. Geyda A.S. Sustainable development problem-solving as mathematical problems of innovation, digitalization, and organization. *ACM EC-2020 conference, Association for Computer Machinery, USA*. 2020.
8. Geyda A.S. Information technology capability analytical research example. *Digitalized Economy, Society and Information Management – 28th Interdisciplinary Information Management Talks*. 2020. P. 67–74.
9. Geyda A. Analytical Research on System Capability and Information Technology Use Capability: Problem Statement

Examples. 26th Conference of Open Innovations Association. FRUCT. 2020. P. 1–9.

10. Geyda A.S., Lysenko I.V. System Potential Estimation with Regard to Digitalization: Main Ideas and Estimation Example. *Information*. 2020. Т. 11. № 3. P. 164–177.

11. Erik W. Aslaksen. *Designing complex systems: Foundations of design in the functional domain. Complex and enterprise systems engineering*. CRC Press, Boca Raton. 2009. 176 p.

12. Erik W. Aslaksen. *The System Concept and Its Application to Engineering*. Springer. Berlin. 2013. 263 p.

13. Jason P. Davis, Kathleen M. Eisenhardt, and Christopher B. Bingham. Optimal Structure, Market Dynamism, and the Strategy of Simple Rules. *Administrative Science Quarterly*. 2009. Vol. 54 (3). P. 413–452.

14. Rina Dechter. *Reasoning with probabilistic and deterministic graphical models: Exact algorithms*. Morgan & Claypool Publishers, San Rafael. California. 2019. 199 p.

15. Golenko-Ginzburg D., Gonik A. *Project Planning and Control by Stochastic Network Models. Managing and Modeling Complex Projects*. Springer, Netherlands. 1997. P. 21–45.