

М. В. БАКИН, С. А. ДЕРЖАВИН, А. С. ГЕЙДА, И. П. КОЛОСОВ

Северо-западный институт управления - Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ; Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук, Санкт-Петербург

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОЦЕНИВАНИЯ УСПЕШНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Актуальность цифровизации экономики и общества вызывает много задач, решаемых практикам и теоретикам при проектировании и использовании информационных технологий. Многие из этих задач требуют исследования информационных технологий на математических моделях. Однако, прогнозные математические модели, связывающие показатели успешности использования информационных технологий с характеристиками этих технологий и характеристиками функционирования систем пока еще развиты не в должной мере. Недостаточно описаны концептуальные и методологические основы такого моделирования. Представленный материал должен преодолеть это несоответствие.

Введение. Для проектирования и совершенствования использования современных (цифровых) информационных технологий (ИТ) важно наличие научно обоснованных математических моделей, связывающих характеристики информационных технологий и систем, в которых они используются, с показателями, характеризующими разнообразные стороны успешности использования ИТ. Для того, чтобы такие математические модели обладали достаточной предсказательной способностью, они должны основываться на законах, закономерностях, устойчивых причинно-следственных связях в природе и обществе. На практике оказалось [1–3], что исследование результатов использования информационных технологий привело, к выявлению ряда парадоксов использования информационных технологий, к проблеме «IT Value» в экономике и к проблеме придания гибкости процессно-ориентированным информационным системам [4]. Разрешение указанных проблем тесно связано с созданием концепции и методологии прогнозного оценивания успешности использования ИТ при функционировании систем. Такие концепция и методология должны описывать формирование результатов использования ИТ при альтернировании функционирования систем [5] на основе математических моделей и методов.

Выполненный ранее систематический обзор концептуальных и математических моделей, методов и технологий исследования цифровой трансформации экономических и социальных систем [6, 7] показал, что аналитическое прогнозное исследование прагматических аспектов успешной деятельности, прагматических аспектов использования ИТ должно позволить решить комплекс актуальных задач исследования использования информационных технологий для функционирования систем разных видов на основе математических моделей, описывающих использование ИТ для функционирования систем. Предложена «деятельностная парадигма» исследования использования информационных технологий. Она должна позволить описать функционирование систем (деятельность в системах) и использование для такого функционирования ИТ, как возможные последовательности причинно-следственных связей между состояниями среды и системы, информационными действиями и результатами предметно-преобразующих действий. Было показано, что результат такого описания должен позволить строить математические модели разнообразных аспектов деятельности в системах разного вида, аналогично тому, как за счет дифференциального и интегрального исчисления описывают математические модели разнообразных аспектов природных явлений.

Использование теории потенциала систем для оценивания успешности использования ИТ. Для оценивания успешности использования ИТ при функционировании систем исследователь должен оценить все возможные последовательности возможных изменений среды и затем, зависящих от них изменений действий системы, как реакций на изменения среды. Для этого используются результаты моделирования в соответствии с предложенными нами концептуальными схемами использования ИТ при функционировании систем. Эти концептуальные схемы позволяют описать теоретико-графовые модели функционирования систем и использования ИТ

при функционировании в виде деревьев последовательностей состояний и вложенных в такие деревья действий разного вида при функционировании [8]. Такого рода модели получили название семейств альтернативных стохастических сетей операций. С помощью этих моделей задаются [8] характеристики последовательностей C_n возможных изменений благодаря информационным действиям, выполняемым разными способами и связанными с ними причинно-следственными отношениями действиями для получения материальных эффектов, выполняемые разными способами в зависимости от результатов информационных действий. Последовательности возможных изменений соответствуют комплексу: последовательностей изменений в среде, вызванных ими изменениями в результатах информационных действий и вызванных затем результатами информационных действий последующих изменений способов реализации действий, что и ведет к проявлению различных материальных эффектов и затем, к различным соответствиям эффектов изменяющимся требованиям. Такие последовательности возможных изменений описывают применение информации для деятельности в системах. Их получают на основе предложенных схем, характеристик способов действий, на основе документации на систему и сведений от экспертов, лицами, осуществляющими моделирование.

Для того, чтобы оценить каждую последовательность описанных возможных действий и состояний $C_n(E, It, S)$ системы и ее среды предложена вероятностная мера $\omega(C_n, E, It, S)$, соответствующая последовательности изменяющихся условий E среды и реакций системы на изменяющиеся условия при используемых характеристиках ИТ It и характеристиках системы S . Например, каждая из таких последовательностей возможных действий и состояний системы и среды, в условиях среды E при использовании ИТ It и при характеристиках системы S может быть измерена мерой

$$\omega(C_n, E, It, S) = \langle P(C_n, E, It, S), \mu(Y(C_n), Y^T(C_n), E, It, S) \rangle, n \in N,$$

где $P(C_n, E, It, S)$ – вероятность актуализации последовательности $C_n(E, It, S)$ из действий и состояний в условиях использования ИТ It и при характеристиках системы S ;

$\mu(Y(C_n), Y^T(C_n), E, It, S)$ – мера соответствия результатов реализации информационной и последующих за ней операций $Y(C_n)$ в последовательности C_n требованиям $Y^T(C_n)$ при характеристиках среды E . Она может быть определена, как вероятностная мера соответствия случайных величин возможных результатов требованиям (т. е. не больше требований, больше) при реализации действий для каждой из возможных последовательностей C_n :

$$\mu(Y(C_n), Y^T(C_n), E, It, S) = P(Y(C_n) \leq Y^T(C_n) | E, It, S)$$

Затем, для всех возможных была порождена многомерная мера $\Omega(E, S, It)$, в которой It – информационная технология, используемая для реализации системой с характеристиками S возможных изменений в различных условиях.

Характеристики многомерной меры $\Omega(E, S, It)$ (например, все распределение, поскольку оно дискретно и задано на множестве N) могут служить в качестве векторного показателя потенциала системы $\Psi(S, It)$. В качестве скалярного $\psi(S, It)$ показателя возможно использовать квантили, моменты и другие характеристики многомерной случайной величины. Если в качестве характеристики случайной величины $\Omega(E, S, It)$ использовать матожидание, то:

$$\psi(E, S, It) = \sum_{n=1}^N P(C_n, E, S, It) \cdot \mu(Y(C_n), Y^T(C_n), E, It, S).$$

Исследователь может использовать предложенные меры для оценивания показателей, характеризующих различные аспекты качества использования систем в условиях реагирования на изменения и использования соответствующих ИТ, поскольку предложенная многомерная мера зависит от характеристик используемых информационных действий, реализуемых по той или иной ИТ. Это, в частности, позволяет оценить показатели успешности использования ИТ для функционирования систем. Так, простейшим индикатором успешности использования ИТ может быть использована разность между значениями показателей потенциала системы при использовании новой (цифровой) ИТ и при использовании базовой ИТ. В общем случае использования в качестве показателя успешности ИТ разности значений случайной величины

многомерной меры $\Omega(\mathbf{E}, \mathbf{S}, \mathbf{It})$ соответствия эффектов требованиям для разных ИТ такую разность следует вычислять с использованием функции свертки случайных величин – мер соответствия эффектов требованиям для разных используемых ИТ.

В простейшем случае возможно обойтись разностью значений скалярных показателей: математических ожиданий ψ_1 или медиан ψ_2 . Тогда, разность $\Phi(\mathbf{It}_a, \mathbf{It}_0)$ скалярных значений показателей потенциала системы для новой ИТ \mathbf{It}_a и для базовой ИТ \mathbf{It}_0 может служить в качестве показателя результативности новой ИТ (по отношению к старой):

$$\Phi_1(\mathbf{It}_a, \mathbf{It}_0) = \psi_1(\mathbf{It}_a) - \psi_1(\mathbf{It}_0), \text{ или } \Phi_2(\mathbf{It}_a, \mathbf{It}_0) = \psi_2(\mathbf{It}_a) - \psi_2(\mathbf{It}_0).$$

Заключение. Предложены элементы концепции использования информации для функционирования систем. Они позволяют формализовать использование информации для функционирования систем, что не было в полной мере реализовано ранее. Такая формализация основывается на математическом описании последовательностей действий разных видов для получения материальных эффектов, и возможных изменений таких последовательностей. Такие изменения реализуются за счет использования информационных технологий. Последовательности моделируются, как цепочки информационных действий (вызываемых возможными изменениями системы и среды) и связанных с ними причинно-следственными связями последующих действий по реализации материальных эффектов. Полученные результаты использованы для оценивания показателей потенциала систем с учетом использования информации для функционирования систем. С их помощью предложено оценивать показатели успешности использования информационных технологий.

Работа проводилась при поддержке бюджетной НИР FFZF-2022–0003

ЛИТЕРАТУРА

1. Юсупов Р.М., Мусаев А.А. Проблема оценивания эффективности информационных технологий. Материалы конференции «Информационные технологии в управлении (ИТУ-2018)». Электроприбор. 2018.
2. Юсупов Р.М., Мусаев А.А. Особенности оценивания эффективности информационных систем и технологий. Труды СПИИРАН. 51 (2017), с. 5–34.
3. Юсупов Р.М., Мусаев А.А. К оцениванию эффективности информационных систем. Методологические аспекты. Информационные технологии. 2017. Том 23. №5. С. 323–332.
4. M. Reichert, B. Weber. Enabling Flexibility in Process-Aware Information Systems, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2012. 511 p.
5. Ашимов А.А., Гейда А.С., Лысенко И.В., & Юсупов Р.М. Эффективность функционирования и другие операционные свойства систем: задачи и метод оценивания. Труды СПИИРАН, 5(60), 2018. с. 241–270.
6. Гейда А.С., Гурьева Т.Н., Наумов В.Н. Концептуальные и математические модели, методы и технологии исследования цифровой трансформации экономических и социальных систем: обзор предметного поля (часть I) // Управленческое консультирование. 2021. No 11. С. 95–108.
7. Гейда А.С., Гурьева Т.Н., Наумов В.Н. Концептуальные и математические модели, методы и технологии исследования цифровой трансформации экономических и социальных систем: обзор предметного поля (часть II) // Управленческое консультирование. 2021. № 12. С. 111–125.
8. Гейда А.С. Основы теории потенциала сложных технических систем: монография. М.: РАН, 2021. 408 с.

M.V.Bakin, S.A.Derzhavin, A.S.Geyda, I.P.Kolesov (The North-West Institute of management – branch of the Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, St. Petersburg)

Conceptual and methodological foundations for evaluating the success of information technology use

The urgency of the digitalization of the economy and society causes a significant number of problems to be solved by practitioners and theorists alike in the design and use of information technology. Many of these tasks require investigation of the results of information technologies on mathematical models. However, predictive mathematical models which links the indicators of success in using information technologies with the characteristics of these technologies and the characteristics of system functioning have not yet been sufficiently developed. The conceptual and methodological foundations of such modeling are insufficiently described. The material presented is intended to overcome this gap.

Авторы готовы представить текст на английском языке для сборника материалов мультиконференции, который будет подан для индексирования в Scopus.