

КОМБИНИРОВАННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОРПОРАТИВНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ОЦЕНИВАНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЕЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ*

Е. Г. Цивирко (Санкт-Петербург)

Современная ИТ-индустрия вступила в эпоху предоставления своих ресурсов по требованию (On Demand). Бизнес готов оплачивать равно столько ресурсов, сколько ему необходимо. Лишние ресурсы – это замороженные инвестиции и ресурсы (более того, потерянные ресурсы, учитывая быстрое моральное старение оборудования). Недостаточные ресурсы – это упущенная выгода. Данная концепция использования ИТ-ресурсов позволяет по-новому подойти к решению классических проблем рынка компьютерных услуг, к которым относятся проблемы улучшения показателя возврата инвестиций (return on investment, ROI), уменьшения общей стоимости владения (total cost of ownership, TCO), улучшение качества обслуживания (quality of service, QoS). Таким образом, современный рынок настоятельно требует уменьшения расходов на ИТ, упрощение управления конфигурациями, более быстрого возврата инвестиций, высокой готовности и производительности. Разрабатываемые в настоящее время концепции адаптивных и самоорганизующихся ИС не только отвечают всем этим задачам, но и определяют пути создания новых ИТ и эволюционной смены существующей парадигмы управления и построения ИТ-конфигураций [1, 2].

Однако, несмотря на указанные перспективы, на практике при решении задач создания и внедрения корпоративных информационных систем (КИС) в большинстве случаев продолжают использовать экстенсивный подход, при котором не учитывают затраты на информатизацию на всем жизненном цикле указанных систем. При этом главная трудность и особенность решения задач комплексного моделирования создания и развития КИС региональной и городской администрации субъекта РФ состоит в том, что отсутствует необходимый методический и методологический аппарат, позволяющий оценить эффективность различных сценариев жизненного цикла данных систем. Указанное обстоятельство определило актуальность предлагаемого доклада.

Содержание предлагаемого подхода

Анализ многочисленных публикаций по теории эффективности систем [1, 3–8] показывает, что обобщенная постановка задач исследования эффективности КИС, задаваемая на теоретико-множественном уровне описания, близка по своей структуре и содержанию к общей постановке задач оценивания и выбора (принятия решений) в условиях неопределенности и многокритериальности, о которых речь шла в работах [2–5].

Проиллюстрируем это, взяв за основу подход, предложенный в работе [8]. В указанной работе при описании общей постановки задач исследования эффективности сложных технических систем (СТС) была введена модель проблемной ситуации, которая имеет следующий вид (с учетом обозначений, принятых в источнике [8]):

$$\left\langle \Delta_{s\beta}, \Omega, \tilde{\Phi}_{ob}, G, X, \Psi, W, K, P, \Theta \right\rangle, \quad (1)$$

где $\Delta_{s\beta}$ – множество стратегий (допустимых альтернатив, способов применения, управляющих воздействий и т.п.), выбираемых лицом, принимающим решения (ЛПР), Ω – множество неопределенных факторов; G – множество исходов операции; X – множество характеристик (признаков) исхода операции (по-другому – числовое выражение результа-

* Исследования, проводимые по данной тематике, были поддержаны РФФИ (гранты №10–07–00311, 10–08–01071) и ОНИТ (проект №2.3)

та операции); $\tilde{\Phi}_{\text{об}}$ – обобщенная модель (отображение), ставящая в соответствие множествам $\Delta_{s\beta}$ и Ω множество результатов $X(G)$; W – показатель эффективности; Ψ – оператор соответствия "результат-показатель"; K – критерий эффективности; P – модель предпочтений ЛПР на элементах множества $\langle \Delta_{s\beta}, \Omega, G, X, \Psi, W, K \rangle$, Θ – информация ЛПР об элементах проблемной ситуации. Центральную роль в модели (1) играют два ее основных элемента P , Θ , так как они, по сути, представляют собой знания ЛПР о предметной области, в рамках которой осуществляется исследование эффективности систем. Используя указанную информацию, ЛПР последовательно формирует множества $\Delta_{s\beta}, \Omega, X, \Psi, W, K$ и соответствующие отображения $\tilde{\Phi}_{\text{об}}, \Delta_{s\beta}$.

В этом случае два основных класса задач исследования эффективности с учетом приведенной модели проблемной ситуации (1) могут быть представлены в следующем виде [8–10]:

– задачи анализа эффективности КИС

$$\Psi : \{X \mid \tilde{\Phi} : \Delta_{s\beta} \times \Omega \xrightarrow{\theta} X(G)\} \xrightarrow{\theta} W; \quad (2)$$

– задача выбора рациональной (оптимальной) КИС

$$P \xrightarrow{\theta} K : \Delta_{s\beta} \xrightarrow{W} \Delta_{s\beta}^*. \quad (3)$$

В выражении (2) задается не одно, а множество отображений, так как при исследовании эффективности, как правило, необходимо использовать не один, а несколько классов моделей (принцип полимодельности в системных исследованиях). Реализация принципа внешнего дополнения в моделях (2)–(3) находит свое отражение в задании множества исходной информации Θ об элементах предметной области.

Результаты сравнения соотношений (1)–(3) с выражениями, приведенными в [7–8], показывают, что задачи исследования эффективности КИС являются важнейшим подклассом задач подготовки и принятия решений в сложных организационно-технических системах (СОТС) для тех ситуаций, когда максимальный уровень детализации описания процессов функционирования вышеперечисленных систем ограничивается уровнем описания комплексов операций, выполняемых данными системами. При этом основным объектом исследования в указанном подклассе задач являются закономерности, определяющие взаимное влияние субъективных и объективных условий выполнения операций, а также их влияние на результаты применения рассматриваемых систем непосредственно по целевому назначению.

Таким образом, центральными проблемами при постановке и решении различных задач исследования эффективности, также как и в целом для задач выбора, являются проблемы полимодельности и многокритериальности при описании каждой конкретной предметной области. При этом среди возможных постановок задач полимодельного многокритериального исследования эффективности систем можно выделить три, которые являются в настоящее время наиболее перспективными [2–8].

Вариант I. Постановка и решение задачи однокритериальной оптимизации показателя эффективности (ПЭ) на аналитической модели большой размерности как задачи выбора, осуществляемого путем формальной декомпозиции и проведения оптимизации на частных моделях по частным ПЭ с использованием того или иного правила согласования, обеспечивающего сходимость процесса оптимизации к решению исходной задачи. В работах [1–2, 7–10] описаны методы и алгоритмы решения указанного класса задач.

Вариант II. Постановка задачи однокритериальной оптимизации ПЭ на имитационной модели большой размерности как задачи выбора, осуществляемого путем неформальной декомпозиции задачи, построения совокупности аналитических моделей, отражающих различные стороны функционирования системы и имеющих приемлемую размерность, согласования аналитических моделей по принципу Парето и проведения имитационных экспериментов с паретовскими альтернативами с целью поиска точки, доставляющей экстремум исходному показателю эффективности системы.

Таким образом, в основу данной постановки задачи положена гипотеза о том, что экстремум по исходному (глобальному внешнему) показателю эффективности достигается в одной из точек множества Парето, определяемых при оптимизации по частным ПЭ, выявленных в результате неформальной декомпозиции. В частности, данная гипотеза выполняется во всех случаях, когда имеет место такая монотонная зависимость, при которой значения внешнего ПЭ не убывают, если не убывают значения частных ПЭ. Свойство монотонности в случае задания всех функций в аналитическом виде может быть установлено в результате соответствующего аналитического исследования. Однако, во многих случаях практики внешний ПЭ не может быть представлен через частные ПЭ в аналитическом виде и его значения могут быть определены лишь посредством имитационных экспериментов. В этих случаях монотонность может быть установлена на основе определенных "физических свойств" моделируемой системы [2, 4, 8].

Вариант III. Постановка задачи многокритериальной оптимизации на комплексе моделей как задачи выбора со многими отношениями предпочтения, осуществляемого путем задания множества Парето с помощью основополагающей многокритериальной модели, сужения этого множества на основе машинного анализа его свойств и введения соответствующей информации в ходе интерактивной процедуры, выполняемой ЛПР, лицом, обосновывающим решения (ЛОР) с ЭВМ, а также на основе привлечения дополнительных математических моделей, обеспечивающих последующее уточнение и сужение множества Парето вплоть до принятия единственного решения.

Паретовский принцип согласования при условии дополнения его положениями о сужении множества Парето создает наиболее благоприятные возможности для принятия всесторонне обоснованных решений, основывающихся на анализе поведения различных показателей эффективности внутри этого множества. При этом важное значение имеет правильная разработка стратегии сужения с привлечением компетентных специалистов и математических моделей: аналитических и имитационных.

Рассмотрим, как перечисленные теоретические подходы к формализации и решению задач многокритериального оценивания и выбора эффективных решений могут быть реализованы на практике. Проведенный анализ применительно к сфере автоматизации управления органами государственной власти показал, что при оценивании эффективности информационных технологий, обеспечивающих поддержку принятия решений, целесообразно ориентироваться на концепцию построения и использования имитационных систем (ИМС) – рис. 1.

В зависимости от состава, структуры ИМС и поддерживаемых ею функций той предметной области, для которой она создавалась, целесообразно различать широкоспециализированные (проблемно-ориентированные) и узкоспециализированные (частные) ИМС.

Создание ИМС так же, как и имитационных моделей (моделей имитационного уровня), представляет сложный многоэтапный итерационный процесс, основная особенность которого (по сравнению с «чисто» имитационным моделированием) состоит в необходимости на каждом из этапов исследования проводить согласование (на концеп-

туальном, алгоритмическом, информационном и программном уровне) разнородных моделей, описывающих различные стороны функционирования объекта.

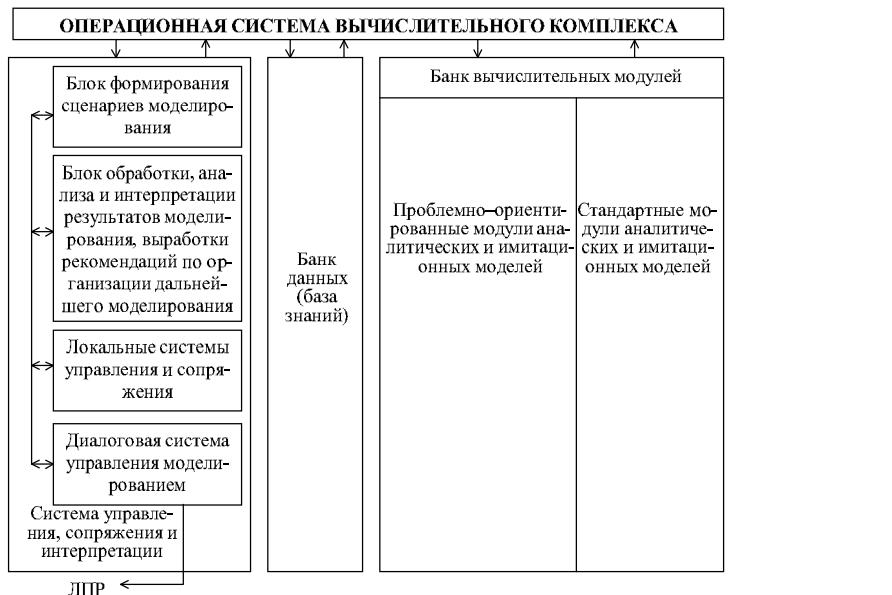


Рис. 1. Типовая структура имитационной системы

В современных ИМС выбор допустимых альтернатив основывается на сужении (сжатии) множества рассматриваемых вариантов экзогенных переменных путем отбрасывки доминируемых по заданным отношениям предпочтения альтернатив. Указанные процедуры по своему содержанию близки к идеям, реализованным в многочисленных модификациях метода «ветвей и границ». При отбрасывании доминируемых экзогенных переменных в зависимости от этапа решения задачи выбора, обеспеченности исходными данными ЛПР пользуется каждый раз такими моделями и методами получения релаксированных решений исходной задачи, чтобы оценки затрат на реализацию полученных решений (затрат на расход используемого ресурса) не убывали и становились все более и более точными по мере сужения множества допустимых альтернатив.

К настоящему времени разработаны многочисленные подходы, способы, методы, алгоритмы и методики координационного выбора на комплексах разнородных моделей, входящих в состав ИМС и описывающих различные предметные области [8–10], которые отличаются друг от друга способами генерации допустимых альтернативных решений в задачах анализа и выбора эффективных КИС; правилами проверки алгоритмически и аналитически заданных ограничений; способами перехода от одного шага интерактивного сужения множества допустимых альтернатив к другому шагу.

В докладе приводятся результаты оценивания эффективности использования информационных технологий в исполнительных органах государственной власти применительно к Санкт-Петербургу. При расчете ряда показателей эффективности использовался разработанный под руководством автора программный комплекс, в основу которого были положены рассмотренные в докладе методологические и методические основы комплексного моделирования КИС на различных этапах ее жизненного цикла. На рис. 2 представлены результаты аналитико-имитационного моделирования функционирования КИС на этапе применения. На аналитических моделях, базирующихся на подходах, используемых в управляемой структурной динамике, проводился расчет перечисленных на рис. 2 показателей. На имитационных стохастических моделях, реализованных в среде GPSS, осуществлялась проверка робастности полученных решений относительно принятых исходных данных.



Рис. 2. Показатели эффективности информатизации органов исполнительной власти Санкт-Петербурга

Кроме того, для верификации и валидации разработанных моделей в конце года проводилось сравнение результатов моделирования с реальными данными, полученными на практике.

Литература

1. **Юсупов Р. М., Заболотский В. П.** Концептуальные и научно-методологические основы информатизации. СПб.: Наука, 2009. 543с.
2. **Калинин В. Н., Резников Б. А.** Теория систем и управления (структурно-математический подход). Л.: ВИКИ. 417 с.
3. **Кини Р. Л., Райфа Х.** Принятие решений при многих критериях. М.: Радио и связь, 1981. 560 с.
4. **Краснощеков П. С., Морозов В. В., Федоров В. В.** Декомпозиция в задачах проектирования// Изв. АН СССР. Техн. кибернетика, 1979. 6N02. С. 7–8.
5. Математическое обеспечение управления подвижными объектами: Учебн. пос. / Б.А. Резников, И.И.Делий, Б.В. Москвин и др. МО СССР, 1986. 149 с.
6. **Месарович М., Мако Д., Такахара Я.** Теория иерархических многоуровневых систем / Пер. с англ. М.: Мир, 1978. 312 с.
7. Методологические вопросы построения имитационных систем: Обзор /С.В. Емельянов, В.В. Калашников, В.И. Лутков и др. / Под научн. ред. Д.М. Гвишиани, С.В. Емельянова. М.: МЦНТИ, 1973. 87 с.
8. Надежность и эффективность в технике: Справочник в 10 т. /Ред. совет: Б. С. Авдуевский (пред) и др. Машиностроение, 1988, т. 3. Эффективность технических систем / Под общ. ред А. Ф. Уткина, Ю. Б. Крючкова. 328 с.
9. **Цвиркун А. Д., Акиндиеv В. К.** Структура многоуровневых и крупно-масштабных систем (синтез и планирование развития).М.: Наука, 1993. 160 с.
10. **Охтилев М. Ю., Соколов Б. В. Юсупов Р. М.** Интеллектуальные технологии мониторинга и управления структурной динамикой сложных технических объектов. М.: Наука, 2006. 410 с.