

УДК 113+53.023

DOI 10.17726/phillIT.2020.1.7

Роль физических характеристик при анализе сложных компьютерных систем

Ткаченко Кирилл Станиславович,

инженер 1-й категории,

*Севастопольский государственный университет,
Севастополь, Россия*

KSTkachenko@sevsu.ru

Аннотация. Описание сложных современных компьютерных систем достаточно часто может являться необъективным. Это затрудняет управление компьютерными системами и входящими в их состав компьютерными узлами, их динамическую структурную и параметрическую коррекцию. Поэтому в настоящей работе рассматривается подход на основе методов физической информатики. Этот подход позволяет получить конечные точечные характеристики сложной компьютерной системы после ее реконфигурации. Такие оценки позволяют оценить целесообразность производимых изменений и управления.

Ключевые слова: физическая информатика, компьютерные системы.

The role of physical characteristics in the analysis of complex computer systems

Tkachenko Kirill S.,

Engineer 1st cat.,

*Sevastopol State University,
Sevastopol, Russia*

KSTkachenko@sevsu.ru

Abstract. The description of complex modern computer systems can often be biased. This complicates the management of computer systems and their constituent computer nodes, their dynamic structural and parametric correction. Therefore, in this paper we consider an approach based on the methods of physical Informatics. This approach allows us to obtain finite point characteris-

tics of a complex computer system after its reconfiguration. Such assessments will help to assess the feasibility of changes and management.

Keywords: physical Informatics, computer systems.

Современное информационное общество возникло и развивается благодаря «буму» компьютерных технологий [1]. Использование средств компьютерной техники сделало возможным появление новых отраслей в науке, изменило подходы к обучению и решению задач, обусловило некоторые преобразования в общественной жизни и в экономике. В настоящее время развитие социума, разнообразные преобразовательные процессы в нем не обходятся без участия компьютерных средств, которые увеличили размах управления и проектирования. Дальнейшие преобразования осуществимы только при нахождении новых качественных способов преобразования информации, поскольку появился новый тип ресурсов — информационный. Переход от автоматизированных средств обработки информации к обособленному рассмотрению информации как таковой становится в настоящее время основой для построения и оценки сложных технических систем, для которых требуется точная оценка количественных мер информации. Подход к оценке информации как некоторых передаваемых сообщений в полной мере не охватывает содержание информации и не может выступать адекватной количественной мерой. Информация является, по большей части, содержанием объектов реального мира, а не только их состоянием. Помимо прочего, некоторые сложные компьютерные и технические системы могут функционировать в автоматическом режиме, без участия человека, в противовес автоматизированному, с его участием, поэтому оценки могут проводиться в режимах реального времени.

Информатика становится фундаментом современного знания и бытия [2]. Предметная область информатики значительно расширяется по сравнению с начальным этапом ее развития как науки. А это означает, что помимо, например, физических и биологических взаимодействий, следует в обязательном порядке рассматривать и информационные. При этом сама по себе информация распределена в сложных системах неравномерно и асимметрично. Эта неравномерность связана с процессами, которые могут протекать в сложных системах. Но сами по себе информационные

процессы являются общими для систем различного характера и природы. В том числе благодаря информационной революции, глобальные социальные системы также могут быть описаны методами информации и кодирования. Построение компьютерных систем и сетей, их совершенствование станут возможными при учете новых технологий манипулирования техническими системами в микромире. Системные оценки результатов революционных изменений необходимы для существования имитационных моделей, описания экспериментальных наблюдений и прогнозирования развития компьютерных и коммуникационных средств. Эти модели являются достаточно сложными, и для прозрачного их описания требуется простое описание протекающих в них информационных процессов. Механизмы, благодаря которым происходят изменения в таких системах, могут быть постигнуты обобщением подходов к передаче информации.

Материальные носители информации отделены от собственно самой информации [3]. Расширение существующих информационных понятий привело к тому, что человеческие знания стали высшей формой информации. Информационные технологии становятся отражением современного этапа развития других технических, социальных и экономических наук. Технологическая зависимость документальных носителей от компьютерных систем является основой для организации коммуникаций. Алгоритмы в информатике могут быть независимы от форм представления информации и применяемых информационных структур. Но организация информационного взаимодействия без учета функциональных и атрибутивных особенностей ключевых объектов естественных наук возможна путем употребления строго математического аппарата. Абстрактные упрощения существующих объектов повышают точность отражения информационных взаимодействий. Благодаря этим упрощениям становится возможным продемонстрировать различные связи между объектами и коммуникации в качестве контекстно независимых модельных оценок. Получаемые информационные модели содержат в себе необходимые отношения в объектных данных. Извлечение новой информации из существующих данных для описания протекающих процессов меняет процессы решения прикладных задач. Использование понятий теории информации делает неразличимыми конкретные атрибуты объектов. Это позволяет производить накопление знаний без приложе-

ния в явном виде практики. Интерпретация эмпирических оценок с применением традиционных технологий увеличивает приоритет при использовании программного обеспечения на этапе проектирования сложных систем.

Между отдельными элементами сложных физических систем наблюдаются взаимодействия, которые можно отнести к информационному обмену [4]. Объективное существование информации и информационного обмена делает возможной реализацию вложенного в нее потенциала. Поскольку информация становится атрибутом материи, атрибутом объектов живой и неживой природы, то информатика как наука может стать фундаментом для развития других дисциплин. Информация не всегда является передаваемым и принимаемым сигналом. В некоторых случаях передача и прием являются долговременно отложенными, сохраненными для дальнейшего эффективного использования в удобной форме представления. Само по себе взаимодействие проявляется после того, как информация приводит в действие реально существующие физические системы. Материальный характер изменений и взаимодействий влияет на состояние вещества и энергии. Информационное отражение неоднородности этих состояний в количественных мерах является мерой изменений процессов.

Структура реальности на современном этапе развития науки может быть описана философией информации [5]. Отображение структуры реальности позволяет уточнять структуру материи и взаимодействий, проводить междисциплинарные исследования. Такие исследования ложатся в основу формирования нового типа глобального общества, для которого продуктом деятельности является информация за счет лежащих в его основе информационных технологий. Расширяются возможности человека с одновременным повышением качества жизни, хотя при этом сохраняются как неравенство, так и расслоение общества. Многоплановый характер информации позволяет учитывать ее в различных сферах окружающего материального мира и физических взаимодействий. Изменения в структуре материи и реальности меняют и саму информацию. Оценка отношений между составными элементами материи и взаимодействий с позиций информатики является фундаментальным свойством и качеством. Поэтому оценка и позволяет производить исследования на стыке нескольких различных наук и формировать принципиально новые научные дисциплины.

Между тем остро возрастает роль информационной безопасности при росте возможностей систем искусственного интеллекта и виртуальной реальности [6]. Повышение значимости информационных процессов в существовании отдельных людей и социума меняет этические, социальные и культурные нормы. Обработка чистой информации является главным аспектом существования, фундаментом сферы информационных технологий. Обладание информацией, ее искажение может как повышать, так и снижать ценность отдельных видов информации. Огромные материальные потери в финансовой области, жизнедеятельности человека недопустимы. Поэтому обеспечение информационной безопасности необходимо при решении любых задач сферы информационных и компьютерных технологий. Информация должна существовать и обрабатываться достоверно и качественно. Необходима активная адаптация существующих социальных институтов к новым вызовам и угрозам, возникающим вместе с информационным ростом.

Современные сложные системы, в том числе и компьютерные, могут быть описаны, изучены и исследованы различными способами. Особняком стоит использование положений так называемой физической информатики [7–11]. Физическая информатика заключается в применении методов классической информации и информационных методов для исследования физических и иных систем. Исходным положением физической информатики является то, что математика и информатика находятся в центре системы знаний, являются ее завершенной, неизменной во времени основой.

Применительно к физическим системам существует специализированное программное обеспечение, предназначенное для расчетов в физической информатике, в том числе, например, для некоторых объектов физических систем [12–13]. В настоящей работе рассматривается использование подходов физической информатики для оценки информационных характеристик компьютерных систем.

Для организации управления отдельными компьютерными узлами и основанными на них системами и сетями можно использовать алгоритмы стохастической аппроксимации [14]. Для корректного функционирования этих алгоритмов, основанных на рекуррентных соотношениях, необходимы оценочные функции, или функции потерь [15]. Функции потерь по диапазону значений результата можно подразделить на бинарные и небинарные; небинарные

нарные, в свою очередь, — на ограниченные и неограниченные. Поскольку в некоторых случаях управление отдельным компьютерным узлом либо системами, в которые этот узел входит, связано с параметрической и структурной коррекцией (изменением числа каналов и емкостей очередей), то функцию потерь можно сопоставить с текущим состоянием структуры компьютерной системы.

Применение физической информатики к анализу сложных компьютерных систем служит удовлетворению ряда потребностей.

Во-первых, современные компьютерные системы отличаются чрезвычайно высокой сложностью аппаратного и программного обеспечения. Интегральные аналитические оценки для них получить в общем виде затруднительно. Некоторые синтетические тесты производительности, диагностические схемы не позволяют формировать цельную картину. В свою очередь, использование методов физической информатики приносит «увеличение количества близких к оптимальному вариантов построения сложной системы при росте ее сложности» [7].

Во-вторых, информационная неоднородность в различных объектах является следствием наличия у них различных механизмов формирования композиционных и структурных вариантов, определяемых физическими законами. Адекватные им математические модели не могут существовать, поскольку при росте сложности объектов и количества их вариантов происходит экспоненциальное усложнение моделей. Ограничение на математические модели, сдерживание их сложности приводит к появлению неадекватных моделей.

Наконец, априорная неопределенность входных данных и входных структур не позволяет в полной мере построить описание сложной системы, делает невозможным применение точных оптимизационных алгоритмов [15]. Чтобы сделать допустимым их функционирование, требуются какие-либо оценки. Если эти оценки состояния сложной системы будут неадекватны, либо приближены, либо грубы и неточны, то оптимизационные процедуры с последующим выбором вариантов не смогут корректно определить нужный вариант управления. А оценки физической информатики при допущениях на возможность построения описательного графа сложной системы будут точны всегда.

Для описания структуры компьютерной системы подходят методы физической информатики, которые применяются для графов,

описывающих структуру сложных систем [11]. Пусть в структуре компьютерной системы имеется N классов топологически эквивалентных вершин графа. Тогда объем информации в компьютерной структуре I_{KS} (бит), по аналогии с оценками структур Гуревича, есть:

$$I_{KS} = \sum_{j=1}^N n_j \log_2 m_j. \quad (1)$$

В формуле (1) n_j — это количество вершин графа компьютерной структуры, степень которых составляет m_j .

В работе [14] были рассмотрены три различные компьютерные структуры распределенной вычислительной среды. Анонимно, упрощенно и схематично их можно изобразить на рис. 1 (тип «А»), 2 (тип «Б»), 3 (тип «В»).

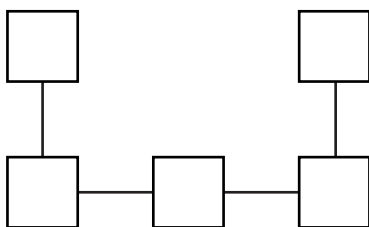


Рис. 1. Структура типа «А»

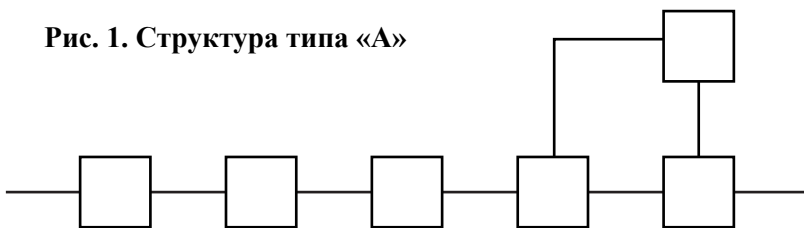


Рис. 2. Структура типа «Б», повторяющийся фрагмент

На рис. 1 изображается структура типа «А», у которой $N=2$ класса вершин: степень $m_1=1$ — количество 2, степень $m_2=2$ — количество $n_2=3$. Информационная оценка структуры типа «А» по формуле (1) составляет:

$$I_{KS}^A = 2 \log_2 1 + 3 \log_2 2 = 3,0000. \quad (2)$$

На рис. 2 изображается повторяющийся фрагмент структуры типа «Б», у которой $N=2$ класса вершин: степень $m_1=2$ — коли-

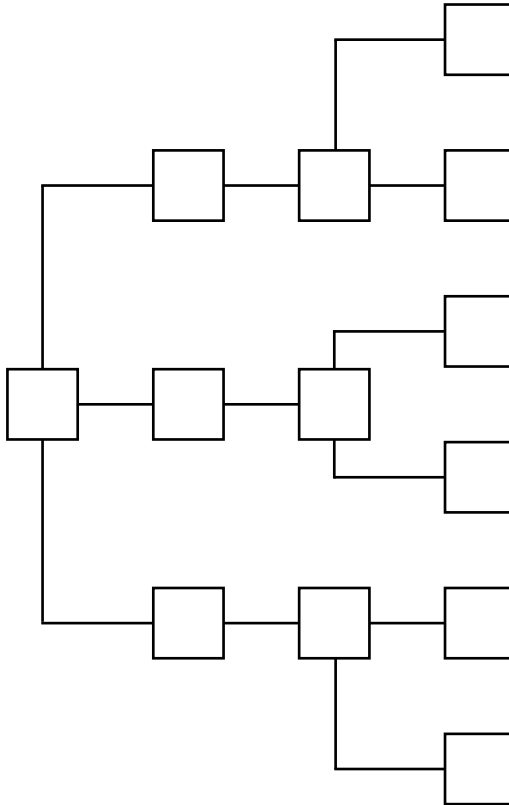


Рис. 3. Структура типа «В»

чество $n_1=4$, степень $m_2=3$ — количество $n_2=2$. Информационная оценка структуры типа «В» по формуле (1) составляет:

$$I_{KS}^B = 4\log_2 2 + 2\log_2 3 \approx 7,1699. \quad (3)$$

На рис. 2 изображается структура типа «В», у которой $N=3$ класса вершин: степень $m_1=1$ — количество $n_1=6$, степень $m_2=2$ — количество $n_2=3$, степень $m_3=3$ — количество $n_3=4$. Информационная оценка структуры типа «В» по формуле (1) составляет:

$$I_{KS}^B = 6\log_2 1 + 3\log_2 2 + 4\log_2 3 \approx 9,3399. \quad (4)$$

Результаты расчетов (2)-(4) для структур на рисунках 1–3 представляются в виде таблицы 1.

Таблица 1

Информационные оценки структур типа «А», «Б», «В»

№	Тип структуры	Количество вершин n_j степени m_j			Информационная оценка I_{KS} (бит)
		$m_j=1$	$m_j=2$	$m_j=3$	
1.	«А»	2	3	0	3,0000
2.	«Б»	0	4	2	7,1699
3.	«В»	6	3	4	9,3399

Таблица 1 может быть использована, например, для сравнительного анализа различных конфигураций сложных компьютерных систем.

Помимо информационных оценок структуры сложных компьютерных систем, можно рассчитать их избыточность по сравнению с минимальной массой для хранения единственного бита информации. Минимальная масса (кг) на один бит для идеального случая определяется как [2]:

$$M^{min} = \frac{kT}{c^2}. \quad (5)$$

В формуле (5) $k=1,380649 \cdot 10^{-23}$ Дж/К ($\text{кг м}^2 \text{ с}^{-2} \text{ К}^{-1}$) — постоянная Больцмана, $c \approx 3 \cdot 10^8$ м/с — скорость света в вакууме, T — температура системы для идеального случая. Если у накопителя известна масса M (кг) и объем информации I (бит), то можно оценить его информационную избыточность K^I по отношению к идеальному случаю, а именно:

$$K^I = \frac{M}{I} \div M^{min} = \frac{c^2 M}{kTI}. \quad (6)$$

Результаты расчетов по формуле (6) для различных типов накопителей (для идеальной системы при $T=298,15$ К) приводятся в таблице 2.

Таблица 2

**Оценки избыточности массы
по отношению к минимальной массе**

№	Наименование типа устройства	Масса устройства (кг), М	Объем памяти (бит), I	Информационная избыточность, K ¹
1.	Накопитель на жестких магнитных дисках	0,2	8,79609E+12	4,97124E+23
2.	Твердотельный накопитель	0,1	4,12317E+12	5,30265E+23
3.	Дисковый массив	22,3	6,15727E+14	7,91847E+23

Таблица 2 может быть использована, например, для выбора наименее избыточного накопителя для формируемой инфраструктуры.

Расчет по формулам (1) и (6) позволяет произвести информационные оценки сложных компьютерных систем и их узлов. В отличие от существующих синтетических тестов, они объективно характеризуют системы независимо от режимов их функционирования.

Полученный результат позволяет выполнять построение оценок сложных компьютерных систем. Эти оценки инвариантны от условий и режимов функционирования компьютерных систем и эксплуатируемого программного обеспечения. Численные величины ограничены, благодаря чему становится возможным их применение в алгоритмах стохастической аппроксимации, использующих оператор проецирования. Результаты динамической реструктуризации конфигураций компьютерных систем могут быть по этим характеристикам оценены точно и объективно.

Литература

1. Цвык И. В. Философские проблемы информатики // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Философия. 2009. № 4. С. 76–85.
2. Луков В. А. Информатика и новая информационная реальность: философский взгляд / В. А. Луков, Э. К. Погорский // Знание. Понимание. Умение. 2011. № 2. С. 289–293.
3. Седякин В. П. Философские проблемы информатики и информационных технологий // Идеи и идеалы. 2014. Т. 2, № 2 (20). С. 34–41.

4. Черный Ю. Ю. Интегральная информатика: атрибутивный подход // Теория и практика общественно-научной информации. 2011. № 20. С. 214–225.
5. Колин К. К. Философия информации и современное научное мировоззрение // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2014. № 10. С. 13–20.
6. Власов Д. В. Современные проблемы информатики: философский анализ // Статистика и экономика. 2011. № 2. С. 233–239.
7. Гуревич И. М. Законы информатики — основа строения и познания сложных систем. 2-е изд., уточн. и дополн. М.: ТОРУС ПРЕСС, 2007. 400 с., ил. (Gurevich I. M. Laws of Informatics — the basis of the structure and knowledge of complex systems. 2-e izd., utochn. i dopoln. M.: TORUS PRESS, 2007. 400 s., il.)
8. Гуревич И. М. Информационные характеристики физических систем. Изд. 2-е, уточн. и доп. М., 2010. 260 с. (Gurevich I. M. Information characteristics of physical systems. Izdanie vtoroe utochnennoe i dopolnennoe. M., 2010. 260 s.)
9. Гуревич И. М. Законы информатики — основа строения и познания сложных систем. М., 2003. 176 с. (Gurevich I. M. Laws of Informatics — the basis of the structure and knowledge of complex systems. M., 2003. 176 s.)
10. Гуревич И. М. Физические законы и свойства природы как следствие законов информатики // Современные проблемы прикладной математики, информатики, автоматизации, управления. Материалы международного семинара. Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2012. 137 с. С. 36–52. (Gurevich I. M. Physical laws and properties of nature as a consequence of the laws of Informatics // Sovremennye problemy prikladnoi matematiki, informatiki, avtomatizatsii, upravleniia. Materialy mezhdunarodnogo seminara. Sevastopol: Izd-vo SevNTU, 2012. 137 s. S. 36–52.)
11. Гуревич И. М. Информационные характеристики органического вещества / И. М. Гуревич, М. П. Евстигнеев. М., Севастополь: Кипарис, 2013. 196 с. (Gurevich I. M. Information characteristics of organic matter / I. M. Gurevich, M. P. Evstigneev. M., Sevastopol: Kiparis, 2013. 196 s.)
12. Программа расчета информационных характеристик физических систем / И. М. Гуревич, К. С. Ткаченко // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2012615074. Заявка № 2012612934. Дата поступления 17 апреля 2012 г. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 7 июня 2012 г. (Program of calculation of information characteristics of physical systems / I. M. Gurevich, K. S. Tkachenko // Svidetelstvo o gosudarstvennoi registratsii programmy dlia EVM № 2012615074. Zaiavka № 2012612934. Data postupleniia 17 apreliia 2012 g. Zaregistrirvano v Reestre programm dlia EVM 7 iunია 2012 g.)
13. Гуревич И. М. Организация дистанционного автоматизированного рабочего места для расчета информационных характеристик фи-

- зических систем / И.М. Гуревич, К.С. Ткаченко // Современные проблемы прикладной математики, информатики, автоматизации и управления. Труды 5-го юбилейного международного научно-технического семинара; под ред. И.А. Соколова, В.И. Кошкина. М., 2015. С. 240–256. (Gurevich I.M. Organization of remote automated workplace for calculation of information characteristics of physical systems / I.M. Gurevich, K.S. Tkachenko // *Sovremennye problemy prikladnoi matematiki, informatiki, avtomatizatsii i upravleniia*. Trudy 5-go iubileinogo mezhdunarodnogo nauchno-tekhnicheskogo seminar; pod red. I.A. Sokolova, V.I. Koshkina. M., 2015. S. 240–256.)
14. Ткаченко К.С. Управление распределенными вычислительными средами с использованием проекционных и беспроекционных алгоритмов // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2018. Т. 8. № 1. С. 30–37. (Tkachenko K.S. Management of distributed computing environments using projection and projection algorithms // *Sovremennye problemy transportnogo kompleksa Rossii*. 2018. T. 8. № 1. S. 30–37.)
15. Назин А.В. Адаптивный выбор вариантов: Рекуррентные алгоритмы / А.В. Назин, А.С. Позняк. М.: Наука, 1986. 288 с. (Nazin A.V. Adaptive choice of variants: Recursive algorithms / A.V. Nazin, A.S. Pozniak. M.: Nauka, 1986. 288 s.)