



Design Problems and Knowledge Management

Electronic Journal

Volume 2, Issue 2

March - April 2024

In this issue:

<i>Editorial</i>	New publication on complexity	2
<i>Hébert-Dufresne L. et al.</i>	The path of complexity	3

Editor and publisher: Dr. Yuri Spirochkin, Saint Petersburg, Russia
yu.spirochkin@gmail.com

Date of publication: April 26, 2024

Recommended citation format (Harvard style):

Author (2024) *Article title*. Design Problems and Knowledge Management, 2(2): *pages*.
<https://spirochkin.wixsite.com/info/journal>. Accessed *date*

New publication on complexity

The international publishing company *Nature Portfolio*, a subsidiary of *Springer Nature*, has started publishing a new online journal: *npj Complexity*. It is expected that it will become a platform for dialogue between representatives of different sciences on the topic of complexity, which has an interdisciplinary character. This topic requires complex thinking and coordinated interaction of various disciplines.

In this issue, the editorial article from the first release of *npj Complexity* is reproduced, which was published on April 17, 2024:

Hébert-Dufresne L., Allard A., Garland J., Hobson E.A. and Zaman L. The path of complexity. *npj Complex* 1, 4 (2024). <https://doi.org/10.1038/s44260-024-00004-0>.

This article is an Open Access publication and “is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made” (<https://www.nature.com/articles/s44260-024-00004-0#rightslink>). On the RightsLink page of the *Springer Nature* site, additional information is provided about the license: CC BY, “which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited”.

When considering complexity, the article touches on systems consisting of many elements and the phenomenon of emerging properties in a system that elements do not possess. In the context of the history of complexity and existing approaches to it, the authors refer to many sources of information. This article is of undoubted interest in the perspective of design and knowledge management – areas of activity characterized by the high complexity of the problems being solved.

The epigraph to the article is a statement by Stephen Hawking: “*I think the [21st] century will be the century of complexity*”.

The reproduction of the article in English (in the left column of each page) is accompanied by a translation into Russian (in the right column, in blue font). The translation and its adaptation to the rules of the Russian language were carried out by the editor of the journal.

Yuri Spirochkin

Keywords: complexity, systems, emergent phenomena, science, philosophy

The path of complexity

Hébert-Dufresne L., Allard A., Garland J., Hobson E.A. and Zaman L.

Source: *npj Complexity* 1, 4 (2024). <https://doi.org/10.1038/s44260-024-00004-0>

Complexity science studies systems where large numbers of components or subsystems, at times of a different nature, combine to produce surprising emergent phenomena apparent at multiple scales. It is these phenomena, hidden behind the often deceptively simple rules that govern individual components, that best define complex systems. Since these behaviors of interest arise from interactions between parts, complex systems are not counterparts to simple systems but rather to separable ones. Their study therefore often requires a collaborative approach to science, studying a problem across scales and disciplinary domains. However, this approach introduces challenges into the ways collaborations function across traditionally-siloed disciplines, and in the publication of complexity science, which often does not fall cleanly into disciplinary journals. In this editorial, we provide our view of the current state of complex systems research and explain how this new journal will fill an important niche for researchers working on these ideas.

A brief history of complexity

The idea of complexity as a transdisciplinary look at systems is itself an emergent phenomenon as it cannot be traced back to a single individual, study, or event, but instead emerged slowly across fields. In its broadest definition, complexity is a perspective that embraces uncertainty and the need for multi-

Наука о сложности изучает системы, в которых большое количество компонентов или подсистем, иногда различной природы, объединяются, производя неожиданные возникающие явления, наблюдаемые в различных масштабах. Именно эти явления, скрытые за часто обманчиво простыми правилами, управляющими отдельными компонентами, наилучшим образом определяют сложные системы. Поскольку такое поведение, представляющее интерес, возникает в результате взаимодействия между частями, сложные системы являются не простым подобием составляющих их компонентов, а скорее составляют отдельную категорию. Их изучение часто требует комплексного научного подхода, изучения проблемы в разных масштабах и дисциплинарных областях. Однако этот подход создает проблемы взаимодействия традиционно разрозненных дисциплин, а также усложняет публикацию научных исследований о сложности в дисциплинарно-ориентированных журналах. В этой редакционной статье мы представляем наш взгляд на текущее состояние исследований сложных систем и объясняем, как этот новый журнал заполнит важную нишу для исследователей, работающих над этими идеями.

Краткая история сложности

Идею сложности как трансдисциплинарный взгляд на системы саму можно рассматривать как возникающее явление, поскольку ее нельзя проследить до отдельного человека, исследования или события — она, напротив, постепенно проявлялась в разных областях. В самом

disciplinarity in the face of large interconnected systems. This idea has a long history throughout the world, from classical Eastern philosophy to pivotal figures in western science. In the final work of René Descartes, “The Passions of the Soul” from 1649, human life itself is described as many parts of a different nature interacting creating networks with emergent properties where local effects can have surprising global consequences. These concepts were not formalized then, but were used as a framework to try and wrestle complex ideas that defy reductionist descriptions.

The formalization of complexity occurred across fields in the last century. In 1962, Herbert Simon laid a road map for the study of complex systems in “The architecture of complexity” [1]. Herbert Simon himself was a political scientist who eventually turned to organization and artificial intelligence research. A decade later, the physicist Philip W. Anderson addressed how this philosophy clashes with the standard reductionist hypothesis in 1972 in “More Is Different: Broken symmetry and the nature of the hierarchical structure of science” [2]. In this essay, Anderson argues the need for multiple perspectives since “the ability to reduce everything to simple fundamental laws does not imply the ability to start from those laws and reconstruct the universe.” The deeper we go in fundamentals, the less relevant they appear to be to global human-scale problems. Similar ideas also emerged in philosophy with the transdisciplinary work of Edgar Morin and his critiques of reductionist or system theory

широком смысле сложность – это воззрение, которое охватывает неопределенность и необходимость междисциплинарности при изучении больших взаимосвязанных систем. Эта идея имеет долгую мировую историю, от классической восточной философии до ключевых фигур западной науки. В последнем труде Рене Декарта «Страсти души», опубликованном в 1649 году, сама человеческая жизнь описывается как множество частей различной природы, взаимодействующих друг с другом, создавая сети с новыми свойствами, где локальные эффекты могут иметь неожиданные глобальные последствия. Тогда эти концепции не были формализованы, но использовались в качестве основы для обращения со сложными идеями, которые не поддаются редукционистским описаниям.

Формализация сложности произошла в разных областях в прошлом столетии. В 1962 году Герберт Саймон в своей книге «Архитектура сложности» [1] изложил основные направления изучения сложных систем. Сам Г. Саймон был политологом, который в конечном итоге занялся исследованиями в области организации и искусственного интеллекта. Десять лет спустя, в 1972 году, физик Филип В. Андерсон рассмотрел проблему противоречия этой философии стандартной редукционистской гипотезе в книге «Больше значит по-другому: нарушенная симметрия и природа иерархической структуры науки» [2]. В своем исследовании Андерсон доказывает необходимость использования различных точек зрения, поскольку «способность свести все к простым фундаментальным законам не подразумевает возможности оттолкнуться от этих законов и реконструировать Вселенную». Чем глубже

[3]. Morin's formal work on the topic arguably starts in 1978 with "Human Unity" and culminates in 1990 with "Introduction à la pensée complexe." In his foreword to the latter [4], Alfonso Montuori summarizes the paradigm of complexity as "a way of thinking that does not mutilate life... not disembodied and abstract, but rich in feeling, intuition and connection to the larger social and historical context."

Curiosity about the remarkable complexity of living systems inspired critical developments spread across several disciplines. Having made fundamental insights in the field of quantum mechanics, Erwin Schrödinger turned to developing theory on self-replication and heritable information. In doing so, he remarked that fully understanding living systems will likely require new laws of physics [5]. At the same time, John von Neumann and Stanisław Ulam were developing theoretical machines (which became foundational to the future field of computer science) that could build functional copies of themselves with hopes they would eventually evolve ever-increasing levels of biological complexity [6, 7]. Attempting to explain the origin of biological complexity, Per Bak and Stuart Kauffman both arrived at structuralist arguments centering on self-organization, but each followed a distinct intellectual path; Kauffman analyzed coarse-grained models of genetic regulatory networks [8], while Bak developed the iconic sandpile model that exhibits self-organized criticality

мы погружаемся в фундаментальные принципы, тем менее релевантными они выглядят для решения глобальных проблем человеческого масштаба. Подобные идеи также возникли в философии благодаря трансдисциплинарной работе Эдгара Морины и его критике редукционистской или системной теории [3]. Формально работа Морина на эту тему началась, возможно, в 1978 году с «Человеческого единства» и завершилась в 1990 году «Введением в сложное мышление». Альфонсо Монтуори в своем предисловии к последнему труду [4] резюмирует парадигму сложности как «образ мышления, который не искажает жизнь... не является бестелесным и абстрактным, но богат чувствами, интуицией и связью с более широким социальным и историческим контекстом».

Интерес к поразительной сложности живых систем вдохновил исследователей на важные разработки в нескольких дисциплинах. Сделав фундаментальные открытия в области квантовой механики, Эрвин Шредингер обратился к разработке теории самовоспроизведения и наследственной информации. При этом он отметил, что для полного понимания живых систем, вероятно, потребуются новые законы физики [5]. В то же время Джон фон Нейман и Станислав Улам разрабатывали теоретические машины (которые стали основой будущей области компьютерных наук), способные создавать функциональные копии самих себя в надежде, что в конечном итоге они достигнут постоянно возрастающего уровня биологической сложности [6, 7]. Пытаясь объяснить происхождение биологической сложности, Пер Бак и Стюарт Кауфман пришли к структуралистским аргументам, основанным на самоорганизации, но каждый из них пошел своим собственным

[9]. The success of this community reminds us that life, like any other complex system, is best studied wholly and from many perspectives. This process of intellectual progress through dialogues between fields was repeated in other disciplines. Networks of all kinds are now analyzed using theories from social sciences as well as models from physics and mathematics [10]. As we explore in our inaugural collection, the study of epidemics and misinformation are increasingly turning to a unified toolbox for contagions of a biological or social nature. This dialogue across disciplines and this search for unified models and theories became the ethos of complexity science over the next few decades.

интеллектуальным путем. Кауфман проанализировал крупнозернистые модели генетических регуляторных сетей [8], в то время как Бак разработал культовую модель sandpile, которая демонстрирует самоорганизующуюся критичность [9]. Успех этой совокупности подходов напоминает нам о том, что жизнь, как и любую другую сложную систему, лучше всего изучать целиком и с разных точек зрения. Этот процесс интеллектуального прогресса посредством диалога между областями знаний был повторен и в других дисциплинах. В настоящее время сети всех видов анализируются с использованием теорий, относящихся к социальным наукам, а также моделей из областей физики и математики [10]. Как мы видим в нашей первой подборке, изучение эпидемий и дезинформации все чаще превращается в единый инструментарий для борьбы с инфекциями биологического или социального характера. Этот диалог между дисциплинами и поиск единых моделей и теорий стали основой науки о сложности в течение следующих нескольких десятилетий.

Complexity as a community

Complexity might not be a science per se, arguably having no specific set of shared systems of interests or methodological tools, but it certainly is a community with a shared approach to science. With members from many disciplines, complexity is a community driven by intellectual curiosity and an openness to engage with new problems and disciplines.

In fact, over the last decade, complexity science has grown in waves, always reaching new disciplines. With roots in philosophy,

Сложность как совокупность подходов

Сложность может и не быть наукой как таковой, возможно, у нее нет определенного набора общепринятых системных интересов или методологических инструментов, но это, безусловно, совокупность разделяемых исследователями научных подходов. Сложность – это совокупность разделов многих дисциплин, развивающаяся благодаря интеллектуальному любопытству и открытости для вовлечения новых проблем и дисциплин.

Фактически, за последнее десятилетие наука о сложности развивалась волнообразно, постоянно охватывая новые

economics and physics, complexity was originally a community based on abstract thought experiments and models [11]. Computer scientists and statisticians joined to help with computational modeling and processing of big data. Ecologists, anthropologists, or political scientists also joined with the complex systems they had been studying for decades; food web data, social support networks, governance systems, or even communication networks of trees! Neuroscientists and biomedical scientists came in and proposed that complexity science could help us better understand ourselves through complex models of our brain, microbiome, and immune systems, among others.

One driver of this growth is that the core message that “more is different” resonates with many scientists [12]. Across disciplines, moving from one ideal system studied in isolation to an interacting open population is extremely hard. That is how many academic fields are born after all: population biology, ecology, statistical physics. Complexity science grows by recognizing that there are lessons to be learned from all of these efforts. That message was echoed over the last decades to form the complexity community of today. Especially in recent years, as we celebrated the Nobel prize of Giorgio Parisi which highlighted the importance of letting curiosity and real-world serendipity guide even theoretical and fundamental scientific inquiry [13].

дисциплины. Изначально эта наука, уходящая корнями в философию, экономику и физику, была сочетанием подходов, использующих абстрактные мысленные эксперименты и модели [11]. Специалисты в области информатики и статистики объединились, чтобы помочь с компьютерным моделированием и обработкой больших объемов данных. Экологи, антропологи и политологи также подключились к работе над сложными системами, которые они изучали десятилетиями и которые охватывают веб-данные о продуктах питания, сети социальной поддержки, системы управления или даже коммуникационными сети деревьев! Пришли нейробиологи и биомедицинские специалисты и предположили, что наука о сложности поможет лучше понять нас самих с помощью, среди прочего, сложных моделей нашего мозга, микробиома и иммунной системы.

Одним из факторов такого развития является то, что основная идея «больше значит по-другому» находит отклик у многих ученых [12]. В разных дисциплинах переход от одной идеальной системы, изучаемой изолированно, к взаимодействующей открытой совокупности чрезвычайно сложен. В конце концов, именно так зарождаются многие научные области: популяционная биология, экология, статистическая физика. Наука о сложности развивается благодаря осознанию того, что из всех таких усилий можно извлечь уроки. Этот тезис повторялся на протяжении последних десятилетий, формируя нынешнюю совокупность подходов к сложности. Присуждение Нобелевской премии Джорджо Паризи подчеркнуло важность того, что любопытство и случайность, присутствующая в реальном мире, могут

направлять даже теоретические и фундаментальные научные исследования [13].

Interdisciplinary, not any-disciplinary

Research that transcends disciplinary borders faces unique challenges in the traditional publishing system, which is built on disciplinary foundations. The goal of *npj Complexity* is therefore to publish work contributing to dialogues occurring at the edges of disciplines. Our editorial team is well aware of the traditional challenges in this space and aims to embrace new, weird, and creative perspectives. This will hopefully result in a curated venue where members of our community, regardless of fields, can listen to emerging voices or discover new ideas and fields of study.

Currently, research in complexity often has to choose between two imperfect options. Studies can be published in disciplinary venues, from physical, biological, or social sciences, which requires tailoring the project and the text to a specific disciplinary audience at the risk of losing part of the identity of the research. Alternatively, studies can aim for multidisciplinary journals, which more often than not are large journals that publish from any disciplines, rather than journals focused specifically on interdisciplinary work. Offering a home for research that transcends disciplines or build bridges across them is at the core of the mission of *npj Complexity*. It is not designed to be the journal of the future. It is after all founded in partnership with a traditional publisher and relies on the current open-access standards. Yet, the journal aims to help fill a longstanding and important gap in the publishing venues for interdisciplinary

Междисциплинарный характер

Исследования, выходящие за рамки какой-либо одной дисциплины, сталкиваются с особыми проблемами при взаимодействии с традиционной издательской системой, которая построена на дисциплинарном фундаменте. Цель же *npj Complexity* – публиковать работы, вносящие вклад в диалоги на стыках дисциплин. Наша редакционная команда хорошо осведомлена о традиционных проблемах в этой области и стремится использовать новые, необычные и творческие перспективы. Мы надеемся, что в результате мы создадим площадку, на которой члены нашего сообщества, независимо от сферы деятельности, смогут услышать новые голоса или открыть для себя новые идеи и области исследований.

В настоящее время при исследовании сложности часто приходится выбирать между двумя несовершенными опциями. Работы могут публиковаться в дисциплинарных изданиях, занимающихся физическими, биологическими или социальными науками, что требует адаптации научного проекта и текста к конкретной дисциплинарной аудитории с риском потери части самобытности исследования. В качестве альтернативы исследования могут быть нацелены на междисциплинарные журналы, которые чаще всего представляют собой крупные периодические издания, публикующие материалы по любым дисциплинам и не ориентированные специально на междисциплинарные работы. Миссия *npj Complexity* по сути состоит в предоставлении возможностей для исследований, выходящих за рамки

work.

As a community, including the newcomers interested enough to read this, we aim to push knowledge in new directions at the edge and intersections of many disciplines. This goal means that we at times solve big problems with a unique perspective, and at times reinvent the wheel in a new setting. To distinguish the two, it is critical for complexity scientists to surround themselves with a diversity of experts and listen to knowledge from new disciplines. Failing to do so, complexity science risks becoming yet another discipline with a funny name, with its own jargon and problems. It is thus a core requirement of *npj Complexity* that manuscripts published by the journal be readable to its broad target audience in order for pre- and post-publication peer review to transcend disciplinary boundary.

To quote the great Murray Gell-Mann, physicist turned complexity scientist [14], at his 1969 Nobel Prize speech: We are driven by the usual insatiable curiosity of the scientist, and our work is a delightful game. At *npj Complexity*, research needs to engage with scientists from any discipline by appealing to the inherent curiosity of complexity scientists. It is a difficult and subjective goal, but one that

различных дисциплин, или в наведении мостов между ними. Наш журнал не задумывался как журнал будущего. В конце концов, он основан в партнерстве с традиционным издательством и опирается на современные стандарты открытого доступа. Тем не менее, журнал направлен на помощь в заполнении давнего и существенного пробела, имеющегося на издательских площадках в отношении междисциплинарных работ.

Как сообщество, включающее новичков, заинтересованных в том, чтобы прочитать это, мы стремимся продвигать знания в новых областях на стыке и пересечениях многих дисциплин. Эта цель означает, что иногда мы решаем большие проблемы с уникальной точки зрения, а иногда «изобретаем колесо» в новой постановке. Чтобы различать эти два направления, ученым, изучающим сложность, важно быть в окружении разных экспертов и прислушиваться к знаниям, поступающим из новых дисциплин. В противном случае наука о сложности рискует превратиться в еще одну дисциплину со смешным названием, со своим собственным жаргоном и проблемами. Таким образом, основным требованием *npj Complexity* является, чтобы рукописи, публикуемые журналом, были удобочитаемы для широкой целевой аудитории, чтобы рецензирование до и после публикации выходило за рамки дисциплинарных ограничений.

Вот что сказал великий Мюррей Гелл-Манн, физик, ставший исследователем сложности [14], в своей нобелевской речи в 1969 году: «Нами движет обычное для ученых ненасытное любопытство, и наша работа — это восхитительная игра». С позиции *npj Complexity* для исследований необходимо привлекать ученых из любой дисциплины, вызывая к присущему

is at the heart of complexity science.

The path of complexity

Complexity science is at times described as weird and unique, but it has many cousins, such as systems theory, cybernetics, ecology, political science, and any other fields interested in systems composed of many parts interacting at multiple scales or through diverse mechanisms. The value of using the term “complexity” is in part to embrace the openness of the community through the vagueness of the term. It is therefore hard to formulate a concrete mission statement for the journal. Yet there is a dire need for a holistic approach to complexity research: From theory, to experiments, to applications, including the philosophy and ethics thereof.

And *npj Complexity* aims to be such a home for complex systems, including but not limited to:

- network science,
- artificial life,
- computational social science,
- systems biology,
- data science,
- ecology & evolution,
- dynamical systems,
- economics & finance,
- and social complexity.

Spanning across these domains and more, we find that the most pressing problems facing humanity are cross-disciplinary in nature: emerging pandemics, misinformation, climate change, rising global inequality, human right movements, adaptations to new technologies and the nonlinear interactions that arise among

исследователям сложности любопытству. Это сложная и субъективная цель, но она лежит в основе науки о сложности.

Путь сложности

Науку о сложности иногда называют странной и уникальной, но у нее есть много «родственников» – таких как теория систем, кибернетика, экология, политология и любые другие области, занимающиеся системами, состоящими из множества частей, взаимодействующих в разных масштабах или посредством различных механизмов. Значение термина «сложность» заключается отчасти в том, что он отражает открытость совокупности используемых подходов, несмотря на расплывчатость этого термина. Поэтому трудно сформулировать конкретную миссию журнала. Тем не менее, существует острая потребность в целостном подходе к исследованию сложных систем: от теории до экспериментов и приложений, включая их философию и этику.

И *npj Complexity* стремится стать местом формирования такого подхода, включая, но не ограничиваясь следующими областями:

- наука о сетях,
- искусственная жизнь,
- вычислительная социология,
- системная биология,
- наука о данных,
- экология и эволюция,
- динамические системы,
- экономика и финансы,
- социальная сложность.

Рассматривая эти и другие области, мы обнаруживаем, что наиболее насущные проблемы, стоящие перед человечеством, носят междисциплинарный характер: возникающие пандемии, дезинформация, изменение климата, растущее глобальное неравенство, движения за права человека,

all of these challenges. None of these problems can be tackled in isolation, they require complex thinking and disciplines working in unison. Research along this path can be challenging for standard peer review practices as it involve dialogues across fields and expertise, or new language and perspectives. Efforts to rise to these global challenges while embracing their complexity deserve their own venues.

адаптация к новым технологиям и нелинейные взаимодействия, возникающие между всеми этими вызовами. Ни одна из таких проблем не может быть решена изолированно, они требуют комплексного мышления и слаженной работы дисциплин. Исследования на этом пути могут стать вызовом для стандартных практик экспертной оценки, поскольку они предполагают диалог между различными областями и специалистами, а также новые формулировки и воззрения. Усилия по отражению указанных глобальных вызовов вместе с осознанием их сложности, заслуживают своей собственной площадки.

References

- [1] Simon, H. A. The architecture of complexity. *Proc. Am. Philos. Soc.* **106**, 467–482 (1962).
- [2] Anderson, P. W. More is different: broken symmetry and the nature of the hierarchical structure of science. *Science* **177**, 393–396 (1972).
- [3] Morin, E. From the concept of system to the paradigm of complexity. *J. Soc. Evol. Syst.* **15**, 371–385 (1992).
- [4] Montuori, A. *Edgar Morin's Path of Complexity* (Hampton Press, 2008).
- [5] Schrödinger, E. *What is Life?: The Physical Aspect of the Living Cell* (Cambridge University Press, 1946).
- [6] Ulam, S. et al. Random processes and transformations. In *Proc. International Congress on Mathematics* 264–275 (Citeseer, 1952).
- [7] von Neumann, J. & Burks, A. W. *Theory of Self-Reproducing Automata* (University of Illinois Press, 1966).
- [8] Kauffman, S. A. *The Origins of Order: Self-organization and Selection in Evolution* (Oxford University Press, 1993).
- [9] Bak, P. *How Nature Works: The Science of Self-organized Criticality* (Copernicus New York, 1996).
- [10] Newman, M. *Networks* (Oxford University Press, 2018).
- [11] Miller, J. H. *A Crude Look at the Whole: The Science of Complex Systems in Business, Life, and Society* (Basic Books, 2016).
- [12] Mitchell, M. *Complexity: A Guided Tour* (Oxford University Press, 2009).
- [13] Parisi, G. *In a Flight of Starlings: The Wonders of Complex Systems* (Penguin Press, 2023).
- [14] Gell-Mann, M. *The Quark and the Jaguar: Adventures in the Simple and the Complex* (Macmillan, 1995).