

Хаотичный порядок, упорядоченный хаос: Субъективные заметки

Андрей Корчевский, д.б.н., к.ф.м.н.,
сертифицированный промышленный гигиенист (CIH),
дипломант Американского Совета Токсикологии (DABT),
председатель консультативной панели стандартов
Американской Ассоциации Промышленных Гигиенистов
(AIIHA)

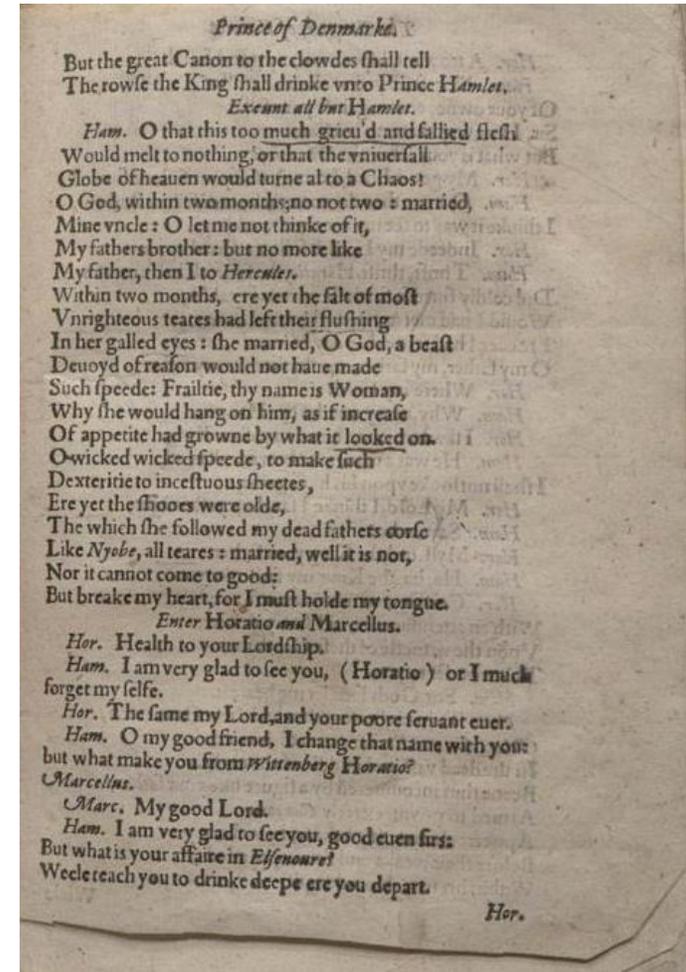
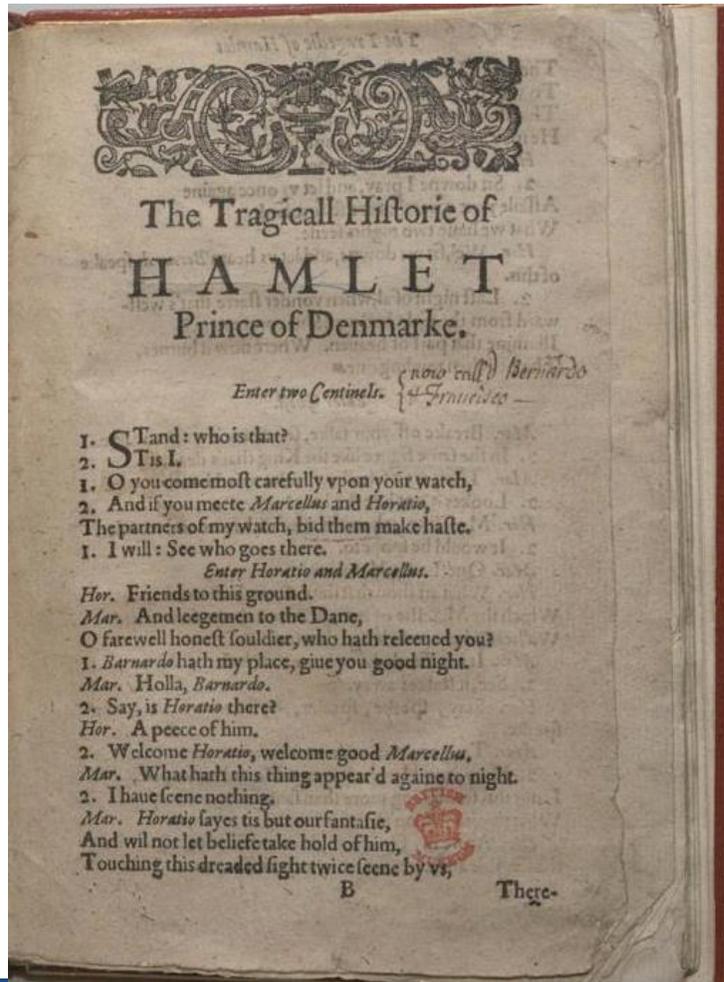


«Гамлет: Первое кварто» в театре «Вера», Нижний Новгород (перевод А.Корчевского)



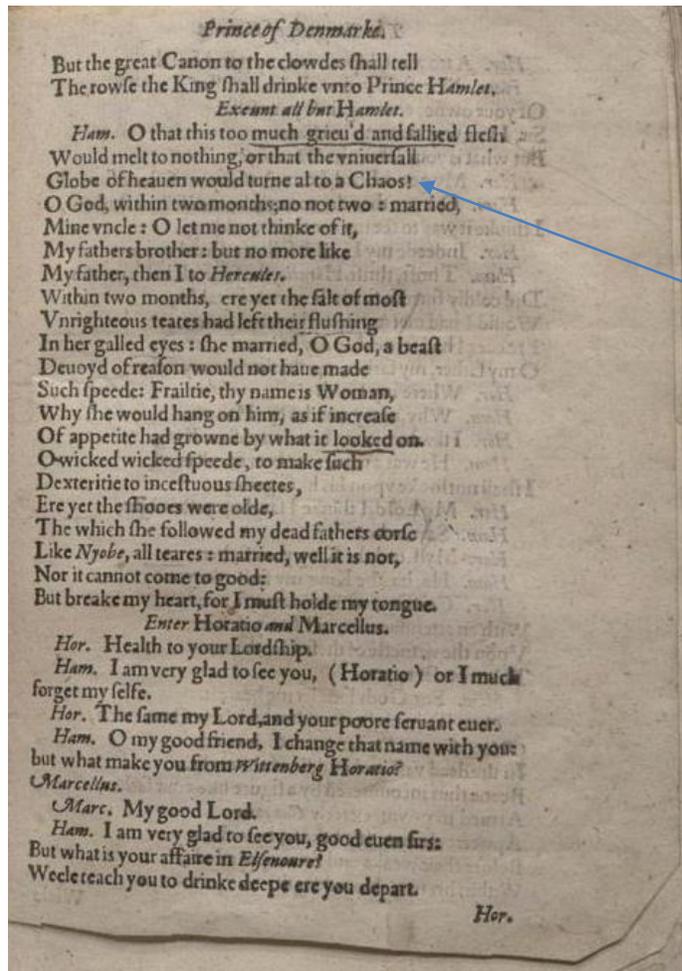
Шекспир. Гамлет

Версия Первого кварто (1603)



Шекспир. Гамлет

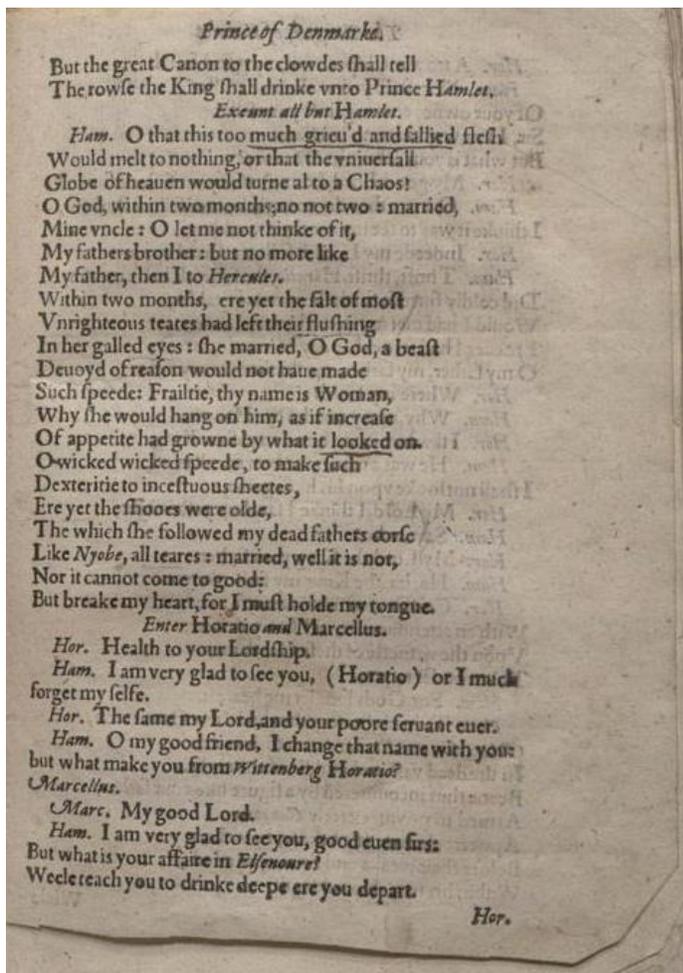
Версия Первого кварто (1603) (продолжение)



Chaos

Шекспир. Гамлет

Версия Первого кварто (1603) (продолжение)



Hamlet.

O that this too much grieved and sallied flesh
Would melt to nothing, or that the universal
Globe of heaven would turn all to a **Chaos**!

Гамлет.

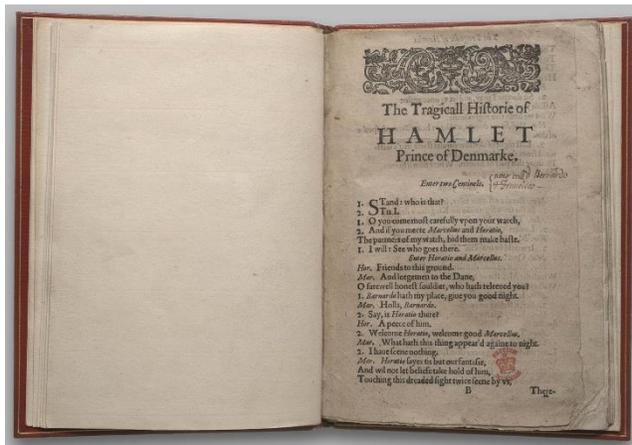
О, если б горестная плоть могла
В ничто расстаять, если бы вселенский
Небесный шар все растопил бы в **хаос**!

(Перевод А. Корчевского)

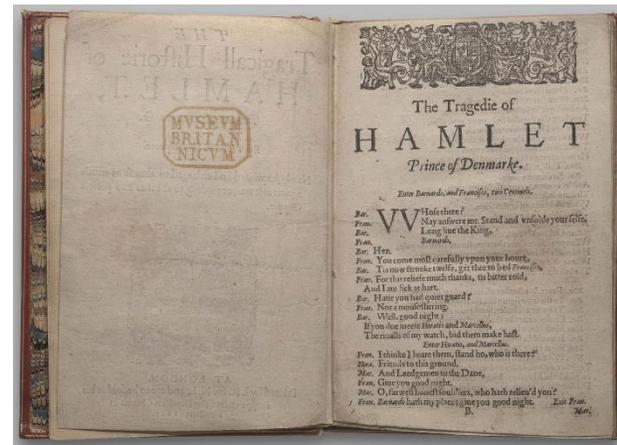
Хронология «Гамлета»



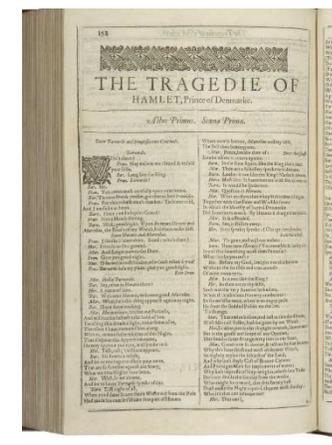
Прото-Гамлет (???)



Первое кварто
(1603)



Второе кварто
(1605)



Первое фолио
(1623)

Термин «Хаоса» в дискурсе Гамлета – встречается ТОЛЬКО в Первом кварто (ни во Втором, ни в Фолио не присутствует).



“Alas, poor Yorick! I knew him—yet somehow I did not realize that he was a cow.”

Kanin

Хаос у Шекспира: Например, в Отелло...

Othello. Excellent wretch! Perdition catch my soul,
But I do love thee! And when I love thee not,
Chaos is come again.

Отелло.

Ну что за прелесть. Пусть я буду проклят,
Люблю тебя! А если разлюблю,
Вернется хаос.

(Перевод М. Лозинского)

Отелло.

Чудесное создание! Да погибнет
Моя душа, когда любовь моя
Не вся в тебе – и быть опять хаосу,
Когда тебя любить я перестану.

(Перевод Б. Пастернака)

Отелло.

Бедняжка чудная! Свидетель ад,
Что я люблю тебя! А разлюблю –
И хаос тут как тут.

(Перевод А. Корчевского)

Хаос в греческой философии: Творческая бездна

FACTA UNIVERSITATIS

Series: Philosophy, Sociology, Psychology and History Vol. 11, №2, 2012, pp. 211 - 221

THE NOTION OF CHAOS: FROM THE COSMOGONICAL CHAOS OF ANCIENT GREEK PHILOSOPHICAL THOUGHT TO THE CHAOS THEORY OF MODERN PHYSICS

UDC 113+124.1

Efstratios Theodossiou¹, Konstantinos Kalachanis¹,
Bassilios N. Manimanis¹, Milan S. Dimitrijević²

¹Department of Astrophysics-Astronomy and Mechanics, School of Physics,
University of Athens, Panepistimioupolis, Athens, Greece

E-mail: etheodos@phys.uoa.gr

²Astronomical Observatory, Belgrade, Serbia

Abstract. *Due to the importance of modern science, the appearance of the notion of Chaos in ancient Greek cosmologies and philosophical thought and the evolution of its meaning has been studied in this paper. In addition, a comparison has been made with the meaning of this important notion in modern Theory of Chaos.*

Key words: *Orpheus, Phanes, Cosmogony, chaos, Chaos Theory, fractals.*

1. INTRODUCTION-COSMOLOGICAL VIEWS

In the ancient Greek civilization where the first philosophers attempted to explain the creation of the Universe, the hymns of mysticist Orpheus proved to be of significant importance, by introducing the term 'Chaos'. According to Orpheus, Chaos condenses into the giant Cosmic Egg, whose rupture resulted in the creation of Phanes and Ouranos and of all the gods who symbolize the creation the Universe.

Later, Greek philosophers supported the view that chaos describes the unformed and infinite void, from which the Universe is created. So, this void in ancient Greek thought is not just an abstract term, but a kind of empty space with cosmogonical characteristics.

In modern physics, the term 'chaotic' describes systems whose parameters consist of many hidden laws, which are difficult to describe and can be changed any time. Due to the importance of the notion of *Chaos* in modern science, it is of interest to consider its appearance in ancient Greece and the evolution of its meaning, which is the aim of this paper.

Received May 06, 2012

Согласно Орфею, Хаос конденсируется в гигантском Космическом Яйце, которое, будчи проколотым, приводит к созданию Фанета, Урана и всех богов, символизирующих рождение Вселенной...

Теоретически, Хаос это бесконечное пространство, [(бездна)] которое включало, в форме «зерен», все элементы, из которых должна была быть создана Вселенная.

Теодоссиу, Калаханис, Маниманис, Диметриевич,
2012 (Перевод мой)

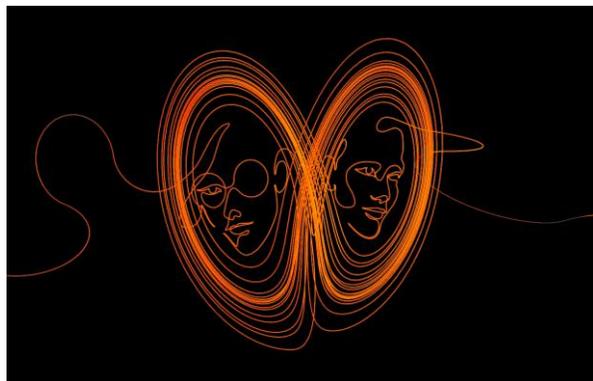
Хаос и беспорядок: Сходства? Различия?

Хаос:

Комплексное начало, соединяющее
многочисленные элементы

Имеет сложную организацию

Является прародителем упорядоченности



Беспорядок:

Существует как альтернатива упорядоченности

Относится к определенным
параметрам/характеристикам

Имеет негативную коннотацию



A photograph of a cluttered teenage bedroom. In the center is a bed with a black and white checkered headboard, covered with a dark grey blanket and several pillows. To the right, a large poster for 'Marvel' is visible, featuring a blue car. The floor is covered with various items, including a white bag, a blue bag, and some papers. A white chair is partially visible in the foreground. The room appears disorganized and messy.

Комната подростка...
Беспорядок или хаос?

Три типа процессов



Три типа процессов (и кое-что о свободе)



Что математика говорит о хаосе?

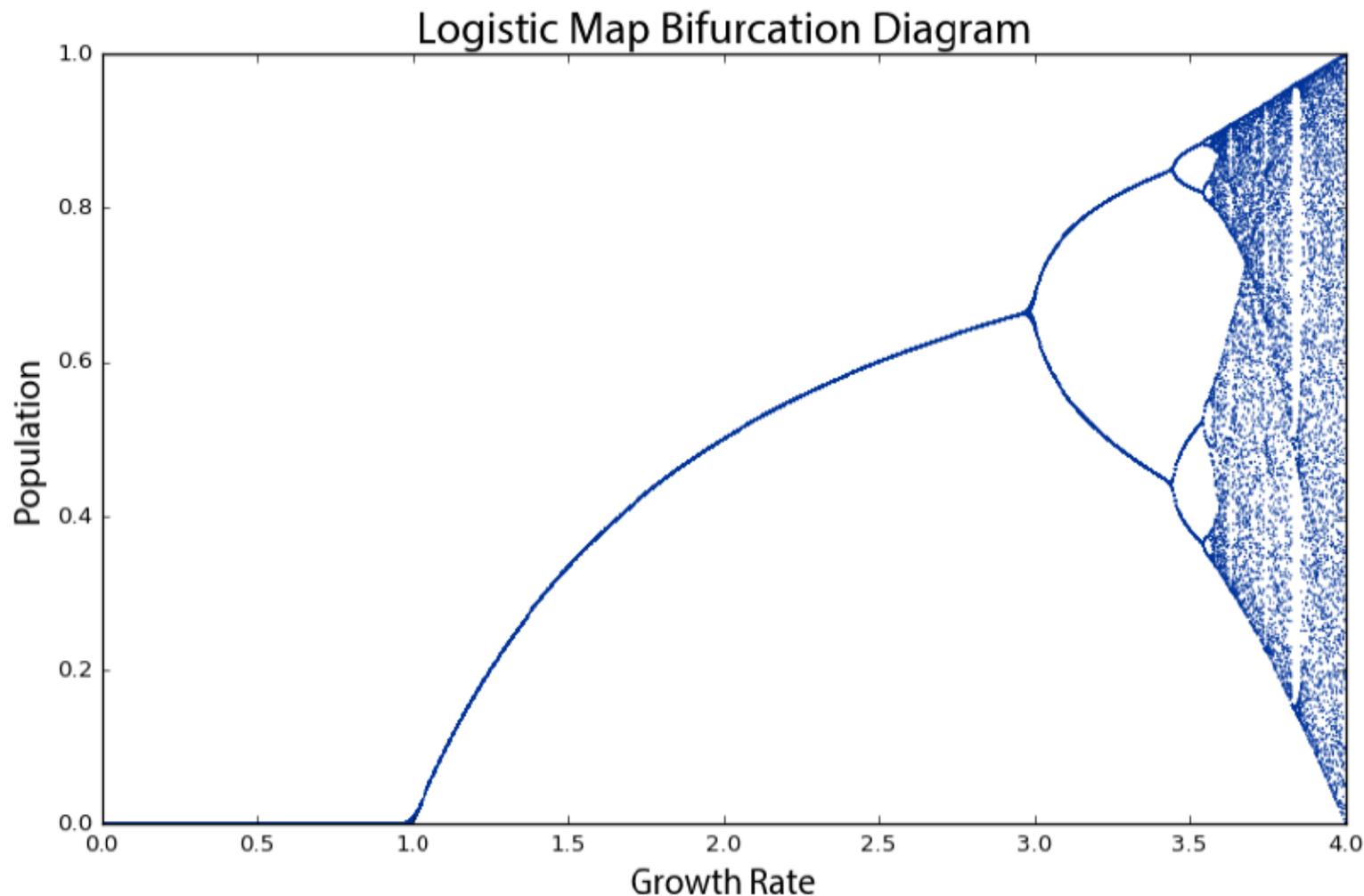
1. Хаотическим называется поведение детерминистской системы, проявляющее свойства случайного.
2. Хаотические системы исключительно чувствительны к начальным параметрам; незначительное изменение параметра ведет к качественному изменению поведения системы.
3. Хаотические системы проявляют свойства организованности (например, это могут быть «аттракторы» - предельные значения или формы, а также «фракталы» - симметричное воспроизведение общей формы системы на уровне ее элементов).

«Логистическая карта»: Простая закономерность, чье поведение чувствительно к входному параметру

$$X_{N+1} = r X_N (1 - X_N),$$

r – growth rate

С изменением r , система переходит от порядка к хаосу, и затем к порядку, и к хаосу снова («Chaos is come again»)



Примеры из прикладных наук: Токсикология

Хаос в токсикологии: Врожденные пороки развития вследствие приема Талидомида



Thalidomide: The Tragedy of Birth Defects and the Effective Treatment of Disease

James H. Kim^{*1} and Anthony R. Scialli[†]

^{*}ILSI Health and Environmental Sciences Institute, Washington, DC 20005; and [†]Tetra Tech Sciences, Arlington, Virginia 22201-3397

¹To whom correspondence should be addressed at ILSI Health and Environmental Sciences Institute, 1156 15th Street, NW, Suite 200, Washington, DC 20005. Fax: (202) 659-3617. E-mail: jkim@hesiglobal.org.

Received January 28, 2011; accepted April 2, 2011

Thalidomide was a widely used drug in the late 1950s and early 1960s for the treatment of nausea in pregnant women. It became apparent in the 1960s that thalidomide treatment resulted in severe birth defects in thousands of children. Though the use of thalidomide was banned in most countries at that time, thalidomide proved to be a useful treatment for leprosy and later, multiple myeloma. In rural areas of the world that lack extensive medical surveillance initiatives, thalidomide treatment of pregnant women with leprosy has continued to cause malformations. Research on thalidomide mechanisms of action is leading to a better understanding of molecular targets. With an improved understanding of these molecular targets, safer drugs may be designed. The thalidomide tragedy marked a turning point in toxicity testing, as it prompted United States and international regulatory agencies to develop systematic toxicity testing protocols; the use of thalidomide as a tool in developmental biology led to important discoveries in the biochemical pathways of limb development. In celebration of the Society of Toxicology's 50th Anniversary, which coincides with the 50th anniversary of the withdrawal of thalidomide from the market, it is appropriate to revisit the lessons learned from the thalidomide tragedy of the 1960s.

Key Words: birth defects; teratogen; multiple myeloma; leprosy; testing.

Thalidomide was first marketed in the late 1950s as a sedative and was used in the treatment of nausea in pregnant women (Fig. 1). Within a few years of the widespread use of thalidomide in Europe, Australia, and Japan, approximately 10,000 children were born with phocomelia, leading to the ban of thalidomide in most countries in 1961. Some countries continued to provide access to thalidomide for a couple of years thereafter (Lenz, 1988). In addition to limb reduction anomalies, other effects later attributed to thalidomide included congenital heart disease, malformations of the inner and outer

ear, and ocular abnormalities (Miller and Strömmland, 1999). The thalidomide tragedy was averted in the United States because of the hold on its approval by Dr Frances Kelsey of the U.S. Food and Drug Administration, who was recognized by President John F. Kennedy as a recipient of the Gold Medal Award for Distinguished Civilian Service. Dr Kelsey's decision to hold the approval of thalidomide was not because of the birth defects, which had not yet been attributed to thalidomide, but because of her concerns about peripheral neuropathy (sometimes irreversible) in the patient and the potential effects a biologically active drug could have after treatment of pregnant women. The thalidomide tragedy also brought into sharp focus the importance of rigorous and relevant testing of pharmaceuticals prior to their introduction into the marketplace (Kelsey, 1988). Dr Kelsey was awarded an honorary membership to the Society of Toxicology in celebration of its 50th Anniversary in 2011.

Josef Warkany, one of the founders of the Teratology Society, doubted in April of 1962 that thalidomide was responsible for the epidemic of limb defects (Warkany, 1988). His reasoning was that rat experiments had not produced comparable malformations and that malformations in humans were inconsistent (i.e., some mothers who were exposed to thalidomide had normal children and some malformations occurred in children whose mothers did not knowingly take thalidomide) (Warkany, 1988). The thalidomide episode led to the adoption of requirements for the systematic testing of pharmaceutical products for developmental toxicity prior to marketing. The adoption of these requirements is sometimes considered a benefit of the thalidomide tragedy. The legacy of thalidomide extends further than the creation of detailed testing protocols. With thalidomide came, the widespread recognition that differences in sensitivity between species required consideration. As a consequence, developmental toxicity testing for pharmaceuticals is conducted in two

Препарат талидомид активно распространялся в 1950-ые годы как успокаивающее средство и рекомендованный от тошноты беременных в Европе, Австралии и Японии;

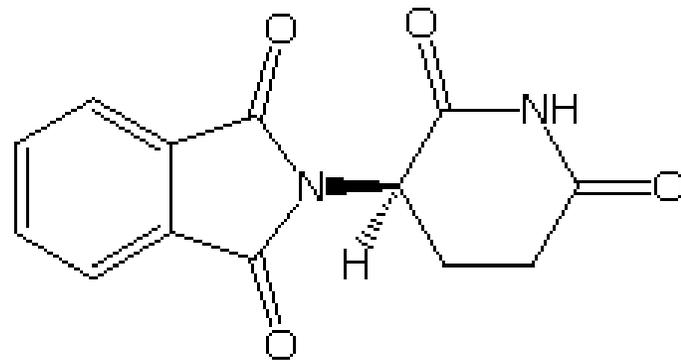
вследствие действия препарата, около 10,000 детей были рождены с укороченными конечностями, что привело к запрету препарата в 1961 году;

препарат никогда не был разрешен для применения в США благодаря персональному решению доктора Келси из FDA, которая действовала из опасений за возможный неврологический эффект препарата (не репродуктивный!) – д-р Келси была награждена Золотой медалью за выдающуюся общественную службу;

талидомид сегодня применяется для лечения ряда состояний (например, лепра), не связанных с беременностью.

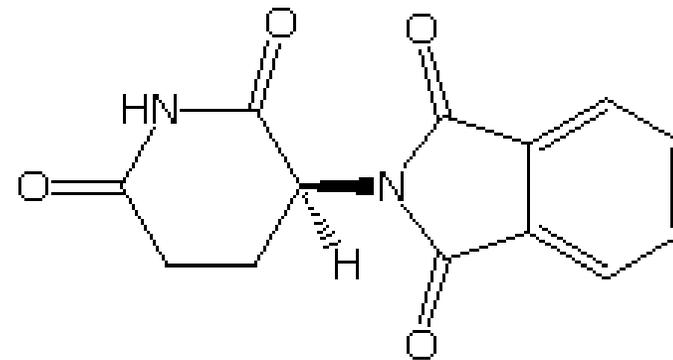
Downloaded from https://academic.oup.com/tox/article-abstract/52/1/1/1672454 by guest on 25 October 2019

Левосторонний и правосторонний талидомид: Минимальное отклонение молекулярной структуры полностью меняет тип эффекта!



(R)-Thalidomide
(sedative)

Успокаивающий
эффект

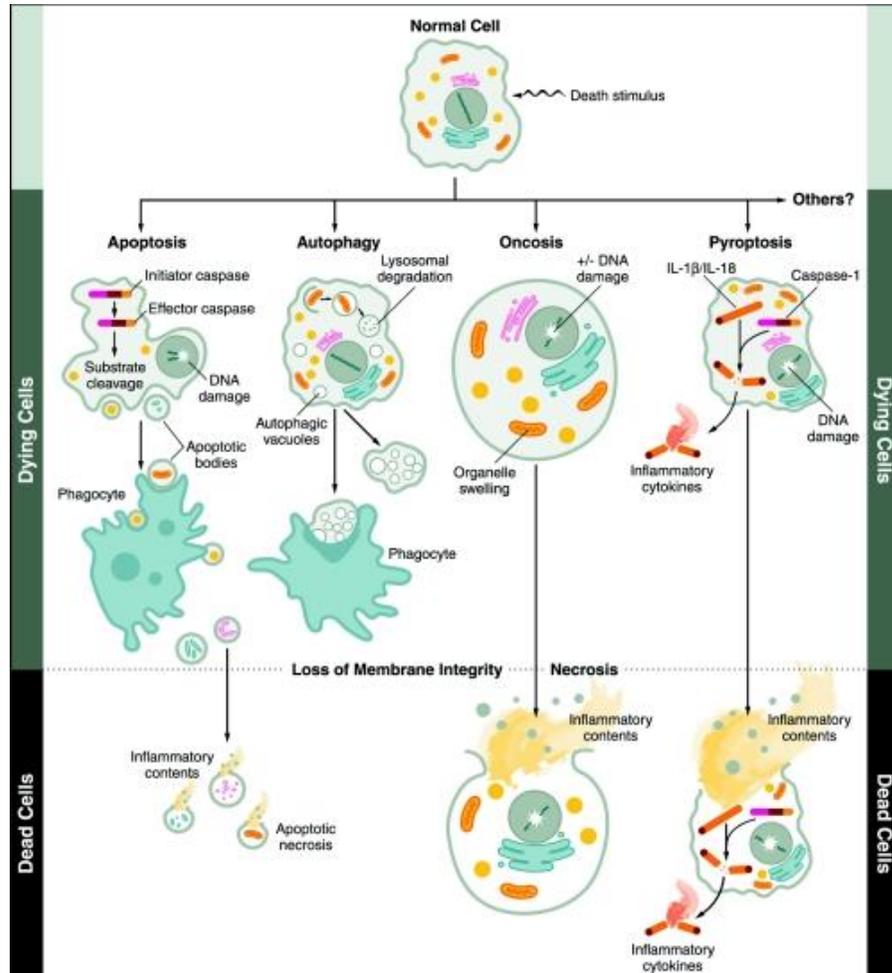


(S)-Thalidomide
(teratogenic)

Тератогенный
эффект

Примеры из прикладных наук: Молекулярная биология

Упорядоченный хаос в клеточной смерти: апоптоз против некроза



Под влиянием индуцирующего смерть сигнала, различные сценарии клеточной смерти возможны.

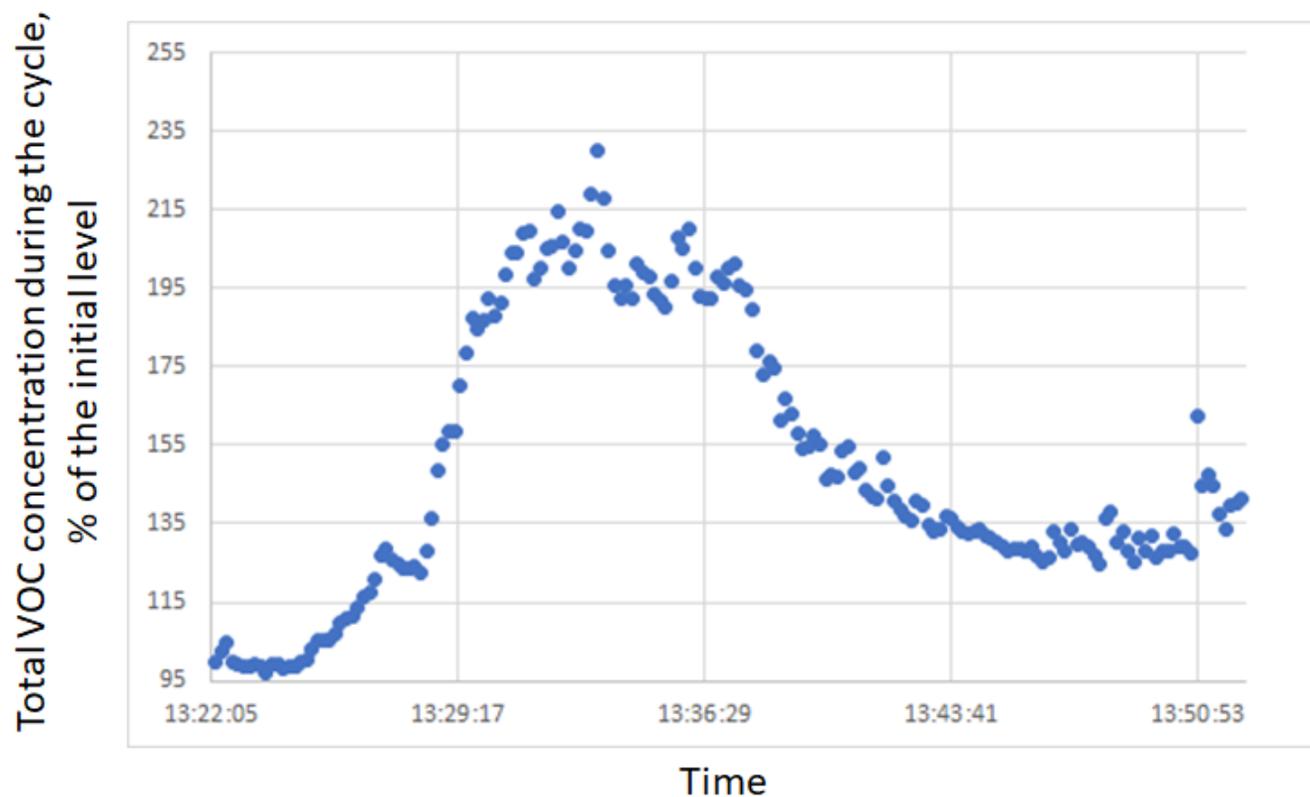
Апоптоз (наряду с автофагией) является процессом упорядоченной гибели, при котором продукты распада клетки уничтожаются фагоцитами.

Напротив, онкоз ведет к хаотическому процессу с непредсказуемым распространением клеточного материала, некрозом и воспалением. Пироптоз также ведет к воспалительному процессу.

(Иллюстрация из Fink SL, Cookson BT. Apoptosis, pyroptosis, and necrosis: mechanistic description of dead and dying eukaryotic cells. *Infect Immun.* 2005;73(4):1907–1916. doi:10.1128/IAI.73.4.1907-1916.2005)

Примеры из прикладных наук: Индустриальная гигиена

Загрязнение воздуха: Сочетание тренда и случайного шума



Загрязнение воздуха летучими органическими соединениями в процессе одного цикла производственного процесса на предприятии по изготовлению пластиковых объектов

Примеры из прикладных наук: Организация здравоохранения

Поведение системы оказания медицинской помощи ветеранам в США может быть описано средствами теории хаоса

Using Complexity Theory to Build Interventions that Improve Health Care Delivery in Primary Care

David Litaker, MD, PhD,^{1,2} Anne Tomolo, MD, MPH,¹ Vincenzo Liberatore, PhD,³
Kurt C. Stange, MD, PhD,^{2,4} David Aron, MD, MS^{1,2}

¹VA HSR&D Center for Quality Improvement Research, Louis Stokes Cleveland Department of Veterans Affairs Medical Center and Department of Medicine, Case Western Reserve University, OH, USA; ²Departments of Epidemiology and Biostatistics, School of Medicine, Case Western Reserve University, OH, USA; ³Division of Computer Sciences, School of Engineering, Case Western Reserve University, OH, USA; ⁴Departments of Family Medicine and Sociology, School of Medicine, Case Comprehensive Cancer Center, Case Western Reserve University, OH, USA.

Previous observational research confirms abundant variation in primary care practice. While variation is sometimes viewed as problematic, its presence may also be highly informative in uncovering ways to enhance health care delivery when it represents unique adaptations to the values and needs of people within the practice and interactions with the local community and health care system. We describe a theoretical perspective for use in developing interventions to improve care that acknowledges the uniqueness of primary care practices and encourages flexibility in the form of intervention implementation, while maintaining fidelity to its essential functions.

KEY WORDS: health care delivery; nonlinear dynamics; quality of health care.

DOI: 10.1111/j.1525-1497.2006.00360.x

J GEN INTERN MED 2006; 21:S30-34.

© 2006 by the Authors. No claim for US Government works.

The Veterans Health Administration (VHA), the largest integrated health care system in the United States, provides care to more than 6 million veterans. Each veteran is assigned a primary care provider who is responsible for coordinating access to services, meeting specific health care needs, and providing services that promote wellness and reduce risk for preventable illness.¹ An analysis of care within VHA, however, demonstrates significant and sometimes undesirable variation at the facility level in many of the processes and intermediate outcomes of both chronic disease management and prevention.²

Past initiatives to enhance care in VHA and elsewhere have been based, to a significant extent, on the continuous quality improvement (CQI) model. This approach has important conceptual and analytical limitations, however. First, the conceptual framework for quality improvement, rooted in an industrial (manufacturing) model, uses a mechanical view of the systems that humans create and focuses on incremental change to

reduce variation. Its application in health care has also tended to be mechanistic, with undesirable variation in health service delivery (e.g., units achieving outcomes below the group mean) often regarded as an alteration in normal functioning.³⁻⁶ However, standardizing care without identifying desirable variation or unique adaptations that take advantage of local opportunities and strengths (sometimes referred to as "positive variation" or "positive deviance"^{7,8}) misses an important opportunity to identify and investigate unanticipated circumstances or locally adapted practice configurations associated with better health care outcomes.⁹ The importance of the context within which a practice is situated is evident when efforts to apply an intervention developed in 1 setting yield unexpected results in another. For this reason, others have emphasized the need to understand the interplay between context, structure, and process as a necessary antecedent to designing and implementing interventions that seek to improve outcomes.^{10,11}

The Plan-Do-Study-Act (PDSA) cycle of CQI is a sequential, iterative learning model representative of the scientific method with some of the characteristics of the mechanistic conceptual model described above. In operationalizing this technique in health care settings, the approach within a single PDSA cycle, however, often assumes the presence of a "simple" cause-effect relationship between "Plan A" and "Effect B," by testing 1 hypothesis at a time. Subsequent changes are typically formulated using a cause and effect diagram with the base assumption that a process can be understood by its causal relationships, which in turn can be traced back or reduced to individual elements.¹² A relatively simplistic interpretation of the analytic approach assumes that the influence of other factors can be reliably held constant through mathematical modeling techniques such as linear regression.¹³ Insights from the social and behavior sciences, however, suggest that the process of implementing change or the diffusion of innovation involve social interactions that are rarely linear and are often unpredictable.^{10,13-15} Developing CQI interventions that are consistently effective across settings may therefore be difficult unless the moderating and complex effects of "real-world" factors are considered in study design and analytical models.

Although previous quality improvement initiatives have contributed valuable insights and useful approaches to improve health care, rethinking its basic assumptions may prove useful in charting a direction for future efforts. In the sections that follow, we outline a framework using "complexity theory"¹⁶⁻¹⁸ that characterizes primary care practices as complex adaptive systems, provides examples of the components of these systems, illustrates the potential utility of complexity theory in developing interventions to improve care, and suggests a different perspective in understanding their implementation.

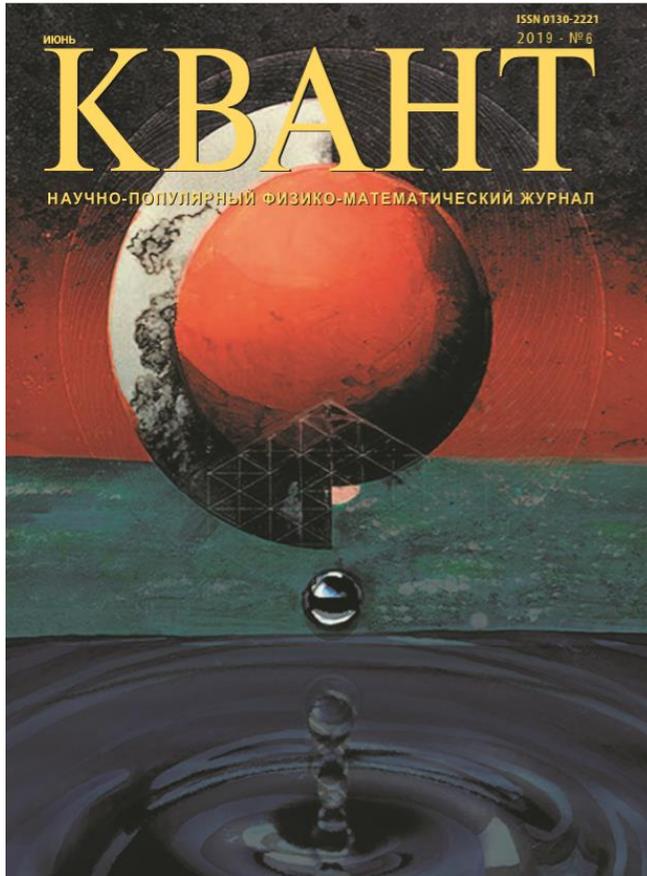
Авторы отмечают несколько характеристик системы оказания медицинской помощи, которые приводят к непредсказуемому поведению тех или иных параметров, хотя и в рамках общих закономерностей... Также отмечается фрактальная структура (например, в рабочей нагрузке врачей в течение дня, и в течение года, и др.).

Litaker, D. et al., "Using complexity theory to build interventions that improve health care delivery in primary care," J Gen Intern Med 21, S30-S34 (2006)

The authors have no conflict of interest to declare for this article. Address correspondence and requests for reprints to Dr. Aron: VA HSR&D Center for Quality Improvement Research, Louis Stokes Cleveland Department of Veterans Affairs Medical Center, Education Office 1400, 10701 East Blvd., Cleveland, OH 44106 (e-mail: david.aron@med.va.gov).

Примеры из прикладных наук: Теория чисел

Хаос в теории чисел



О точных степенях и не только

А. КОРЧЕВСКИЙ

СОКРОВИЩНИЦА ТЕОРИИ ЧИСЕЛ, ИЛИ арифметики, как эту область называли раньше, поистине неисчерпаема. Многие тайны простых чисел сегодня раскрыты. Но перенесем луч света на другие замечательные числовые последовательности – и загадок у них может быть отнюдь не меньше, чем у старых добрых и таких непростых «простых» чисел.

В начале 80-х годов прошлого века, будучи учеником физико-математической школы, автор интересовался различными «расширениями» понятия простых чисел. Простые числа (как наши читатели, безусловно, помнят) – это те самые, которые не делятся ни на одно число, кроме 1 и самого себя. Из простых чисел, как из кирпичиков, складываются все остальные числа, и скрепляющий цемент – операция умножения. Что если мы попробуем «склеивать» ряд натуральных чисел с помощью другого раствора – например, операции возведения в степень? Так автором была придумана «игра в целые степени», которой были посвящены долгие часы досуга. Пользуясь образом простых чисел, можно попытаться построить целый город или даже королевство, где жили бы их родственники – натуральные числа, которые нельзя представить в виде степени a^b , где a и b – натуральные числа, $b > 1$. Приглашаем читателей поучаствовать в этой игре. Возможно, кто-то сможет выдумать и другие игры, похожие на эту. Милости просим, а пока...

Королевство точных степеней

Выпишем несколько первых членов последовательности *точных степеней*:

1, 4, 8, 9, 16, 25, 27, 36, ...

Если же натуральное число не является точной степенью, будем для краткости называть его *НЕ-степенью*. (По-английски точные степени именуются *perfect powers*, а числа, не являющиеся точными степенями, – *not perfect powers* или, более коротко, *non-powers*. Будучи школьником, автор придумал для НЕ-степеней имя *sonor*, или «сонорные числа», так что наше королевство можно называть «королевством сонорных чисел».)
Итак, НЕ-степени – это:

2, 3, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13, ...

Не составляет труда показать, что существует бесконечное количество НЕ-степеней (например, поскольку каждое простое число является НЕ-степенью).

Упражнение 1. а) Докажите, что если для некоторого простого числа p число n делится на p , но не делится на p^2 , то оно не является точной степенью. б) Докажите, что множество составных НЕ-степеней бесконечно.

В каталоге целочисленных последовательностей oeis.org последовательность точных степеней имеет код A001597, а НЕ-степени – код A007916. В этом же каталоге можно найти ссылки на интересные статьи о свойствах последовательностей.

Основная теорема

Основная теорема арифметики говорит о том, что каждое натуральное число $N > 1$ может быть единственным образом (с точностью до порядка сомножителей) представлено в виде $N = p_1^{\alpha_1} p_2^{\alpha_2} \dots p_n^{\alpha_n}$, где p_1, p_2, \dots, p_n являются различными простыми числами, а $\alpha_1, \dots, \alpha_n$ – натуральные числа.

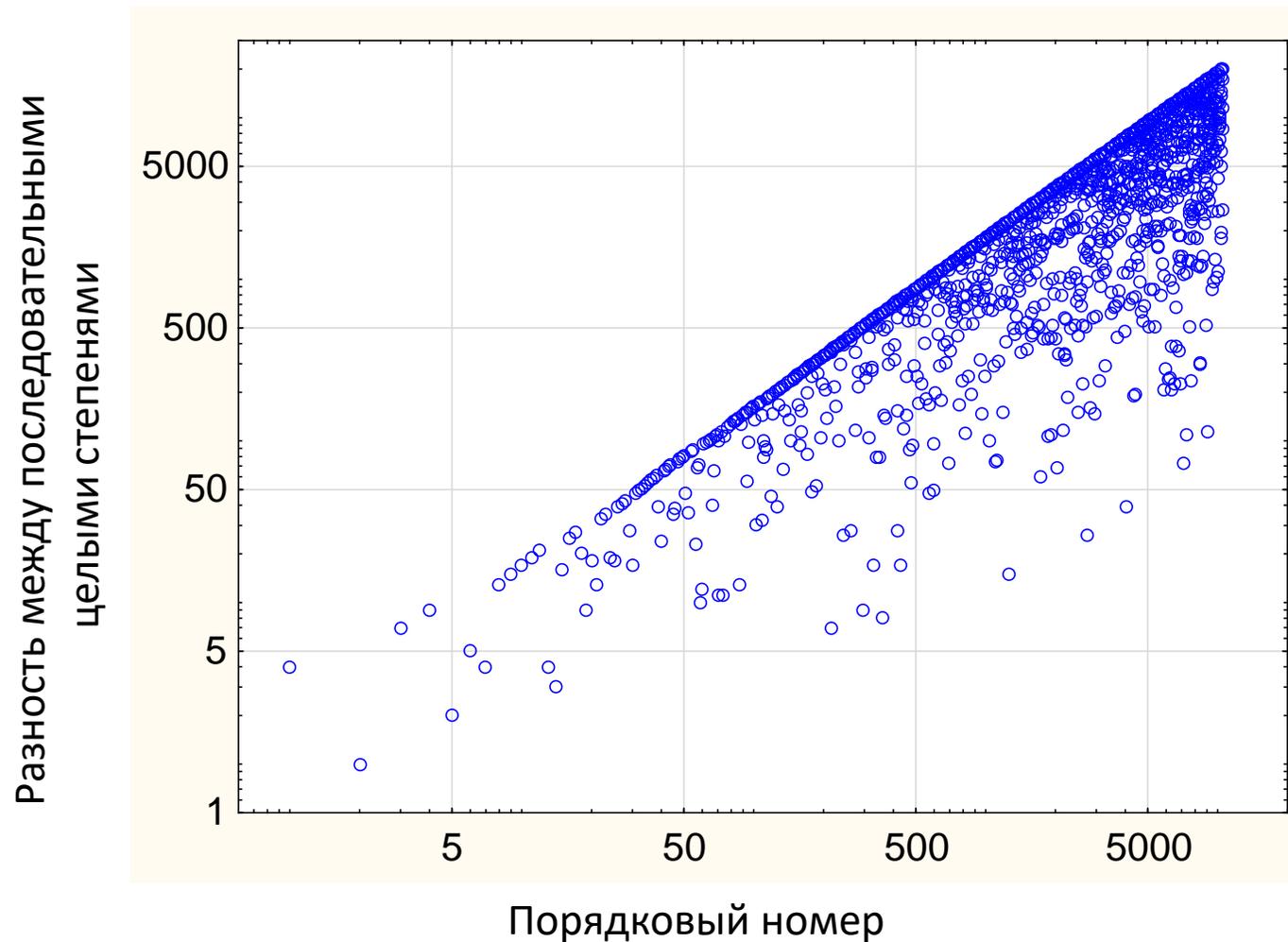
Аналог этой теоремы есть и для НЕ-степеней. Если число $N = p_1^{\alpha_1} p_2^{\alpha_2} \dots p_n^{\alpha_n}$ является точной t -й степенью, то t должно быть делителем каждого из значений $\alpha_1, \dots, \alpha_n$.

Введенные А. Корчевским сонорные числа (или «НЕ-степени») – 2, 3, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13 ... – кажутся распределенными хаотично, но они организуют вокруг себя весь натуральный ряд:

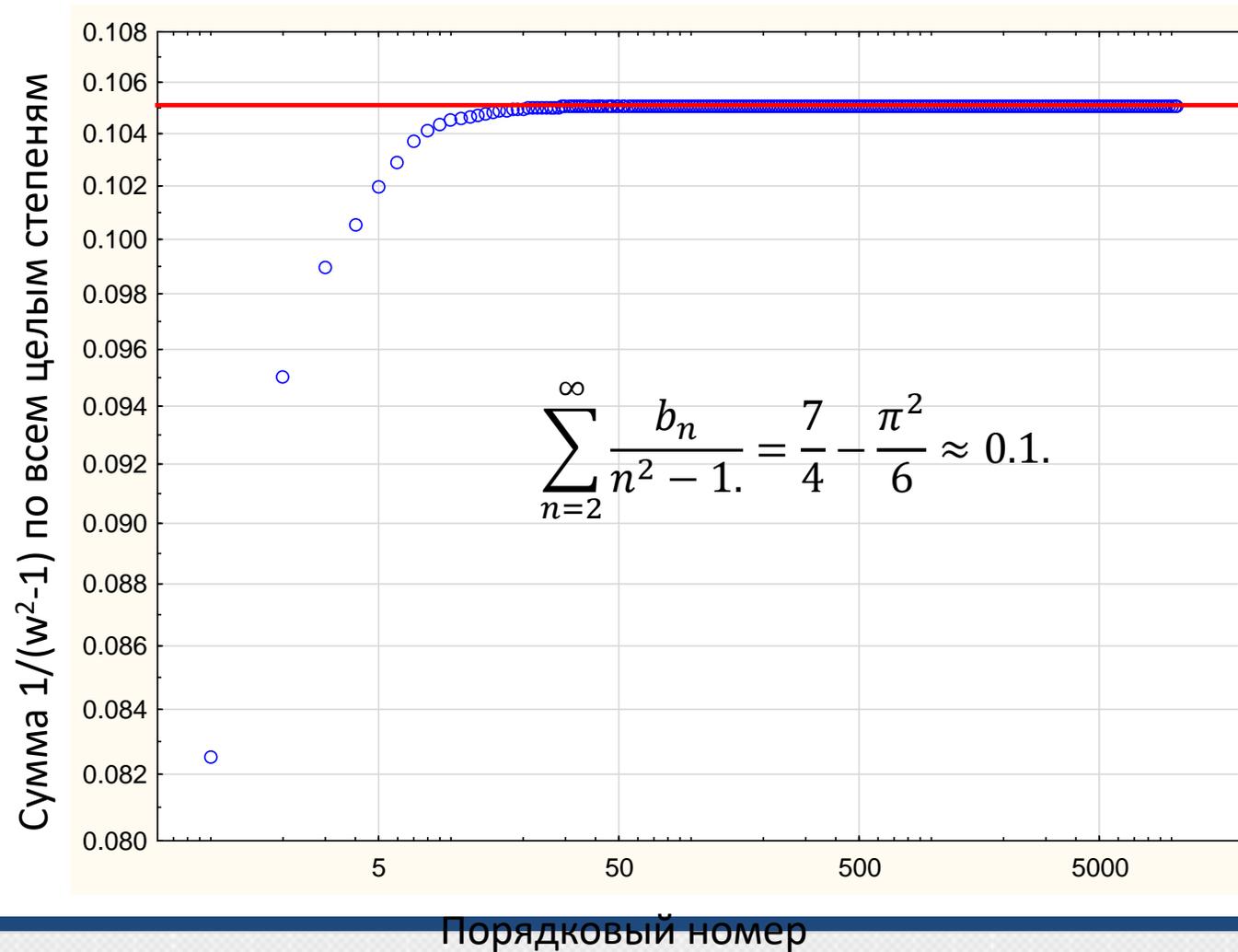
m -НЕ-степень	2	3	5	6	7	10	*	*
m^2	4	9	25	36	49	100	*	*
m^3	8	27	125	216	343	1000	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*	*
m^k	2^k	3^k	5^k	6^k	7^k	10^k	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*	*

Рис. 1. «Степенное решето»

Динамика разностей между последовательными целыми степенями: хаос, но не организующий ли себя в бесконечности?



Сумма величин, обратных квадратам целых степеней минус один



Каких чисел больше: Степеней или НЕ-степеней?

Количество точных степеней, не превышающих x :

x	Доля целых степеней (%)
10	40
100	13
1000	4.1
10000	1.25
100000	0.367
1000000	0.111
.....	
10000000000000000	0.00001005
100000000000000000	0.00000317

Однако, НЕ-степени – только лишь одна строка в следующей таблице:

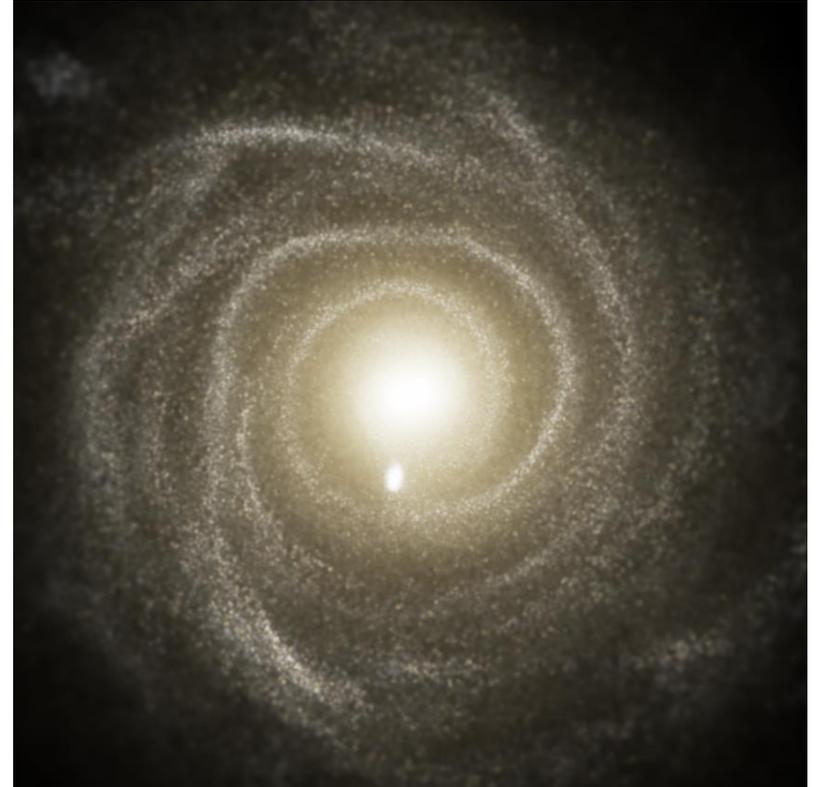
m	2	3	5	6	7	10	*	*
m^2	4	9	25	36	49	100	*	*
m^3	8	27	125	216	343	1000	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*	*
m^k	2^k	3^k	5^k	6^k	7^k	10^k	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*	*

(то есть в бесконечности степени преобладают над НЕ-степенями)

Хаос может быть явлением временным, а порядок вечным (и наоборот?)

Теперь мы видим как бы
сквозь тусклое стекло,
гадательно, тогда же лицом к
лицу; теперь я знаю отчасти, а
тогда познаю, подобно тому,
как я познан.

1 Кор. 13:8



Примеры из прикладных наук: Охрана окружающей среды

W. Brian Arthur: парадокс бара Аль Фарол(1994)

COMPLEXITY IN ECONOMIC THEORY¹

Inductive Reasoning and Bounded Rationality

By W. BRIAN ARTHUR*

The type of rationality assumed in economics—perfect, logical, deductive rationality—is extremely useful in generating solutions to theoretical problems. But it demands much of human behavior, much more in fact than it can usually deliver. If one were to imagine the vast collection of decision problems economic agents might conceivably deal with as a sea or an ocean, with the easier problems on top and more complicated ones at increasing depth, then deductive rationality would describe human behavior accurately only within a few feet of the surface. For example, the game tic-tac-toe is simple, and one can readily find a perfectly rational, minimax solution to it; but rational “solutions” are not found at the depth of checkers; and certainly not at the still modest depths of chess and go.

There are two reasons for perfect or deductive rationality to break down under complication. The obvious one is that beyond a certain level of complexity human logical capacity ceases to cope—human rationality is bounded. The other is that in interactive situations of complication, agents cannot rely upon the other agents they are dealing with to behave under perfect rationality, and so they are forced to guess their behavior. This lands them in a world of

subjective beliefs, and subjective beliefs about subjective beliefs. Objective, well-defined, shared assumptions then cease to apply. In turn, rational, deductive reasoning (deriving a conclusion by perfect logical processes from well-defined premises) itself cannot apply. The problem becomes ill-defined.

Economists, of course, are well aware of this. The question is not whether perfect rationality works, but rather what to put in its place. How does one model bounded rationality in economics? Many ideas have been suggested in the small but growing literature on bounded rationality; but there is not yet much convergence among them. In the behavioral sciences this is not the case. Modern psychologists are in reasonable agreement that in situations that are complicated or ill-defined, humans use characteristic and predictable methods of reasoning. These methods are not deductive, but *inductive*.

I. Thinking Inductively

How *do* humans reason in situations that are complicated or ill-defined? Modern psychology tells us that as humans we are only moderately good at deductive logic, and we make only moderate use of it. But we *are* superb at seeing or recognizing or matching patterns—behaviors that confer obvious evolutionary benefits. In problems of complication then, we look for patterns; and we simplify the problem by using these to construct temporary internal models or hypotheses or *schemata* to work with.¹ We

^{*}Discussions: W. Brian Arthur, Stanford University and Santa Fe Institute; Paul Krugman, Massachusetts Institute of Technology; Michael Kremer, Massachusetts Institute of Technology.

^{*}Santa Fe Institute, 1660 Old Pecos Trail, Santa Fe, NM 87501, and Stanford University. I thank particularly John Holland, whose work inspired many of the ideas here. I also thank Kenneth Arrow, David Lane, David Rumelhart, Roger Shepard, Glen Swindle, Nick Vriend, and colleagues at Santa Fe and Stanford for discussions. A lengthier version is given in Arthur (1992). For parallel work on bounded rationality and induction, but applied to macroeconomics, see Thomas J. Sargent (1994).

¹For accounts in the psychological literature, see R. Schank and R. P. Abelson (1977), David Rumelhart (1980), Gordon H. Bower and Ernest R. Hilgard (1981), and John H. Holland et al. (1986). Of course, not all

Житель города скорее всего посетит популярный бар в Нью Мексико, если он ожидает, что не более 60 человек будут присутствовать там вечером. Каждый использует свою собственную модель, чтобы предсказать количество посетителей на основании опубликованной информации за последние две недели. Хаотическая картина еженедельных посещений проявляется, но приемлемый уровень (60 человек) проявляется в качестве “естественного аттрактора” для поведения системы.

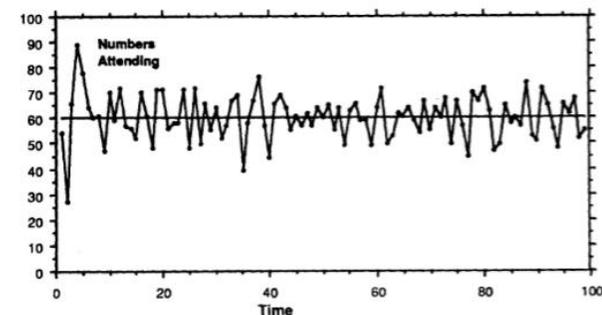


FIGURE 1. BAR ATTENDANCE IN THE FIRST 100 WEEKS

The American Economic Review, Vol. 84, No. 2, Papers and Proceedings of the Hundred and Sixth Annual Meeting of the American Economic Association (May, 1994), 406-411.

Проблема управления качеством среды:
Используя пример ирландского бара...

Город Файбервилль

В городе Файберсвилле 100 автолюбителей.

Тормоза в каждой из машин содержат опасный волокнистый материал «фибретт».

Фоновая концентрация фибретта в воздухе 20 структур/см³.

Когда один автомобиль используется в городе в течение дня, концентрация фибретта возрастает на 3 структуры/см³.

Граждане Файберсвилля считают 150 структур на см³ в качестве уровня озабоченности.



Стратегия сокращения загрязненности воздуха

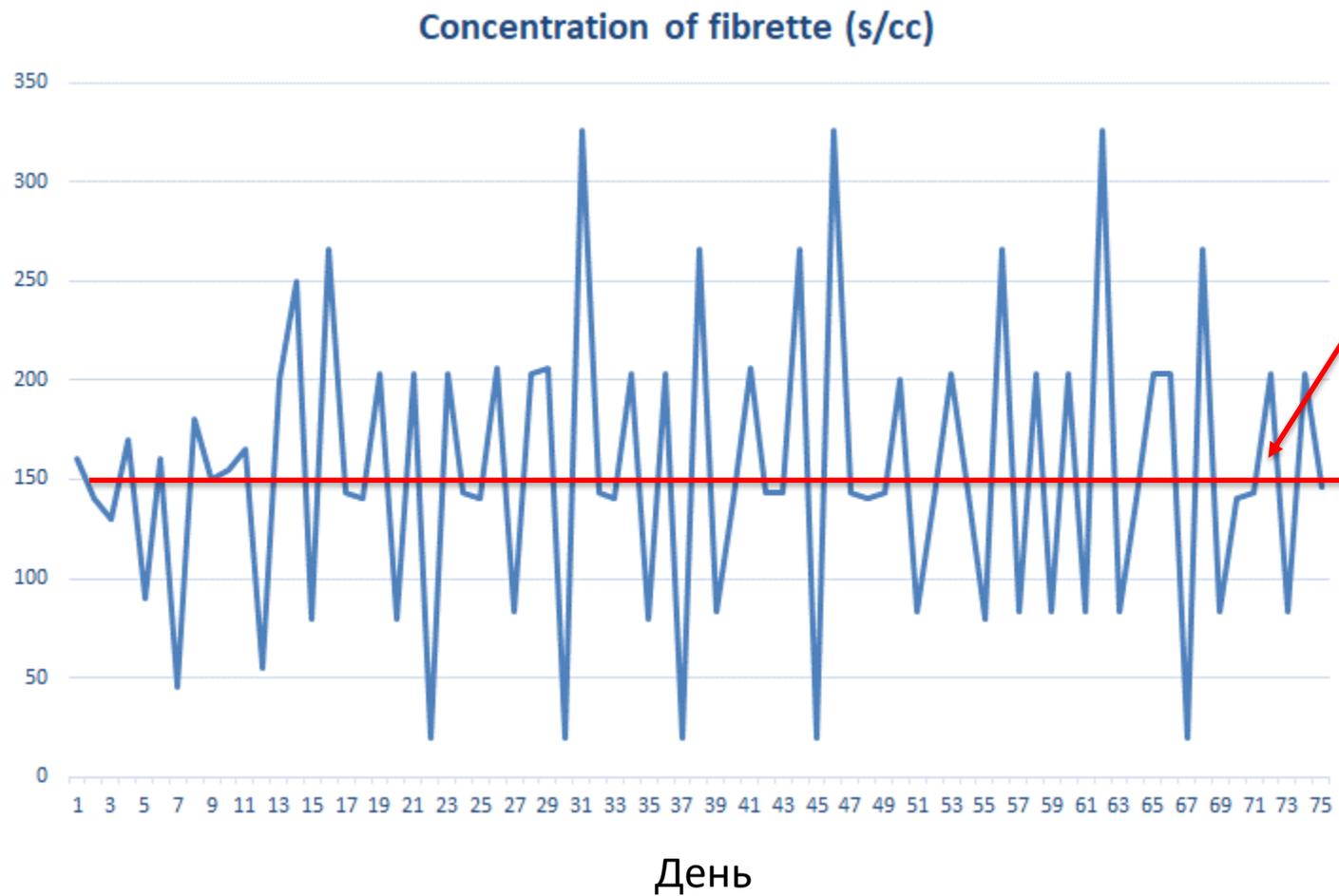
Каждое утро горожане читают «Хроники Файберсвилля», чтобы увидеть тренд среднесуточной экспозиции за последние две недели.

Потом каждый горожанин предсказывает уровень фибретта в воздухе на предстоящий день. Если предсказание больше 150 стр/см^3 , житель остается дома.

Пять стратегий используются различными жителями города:

- 1) Концентрация за вчерашний день.
- 2) Концентрация за две недели до этого.
- 3) Средняя концентрация за последние три дня.
- 4) Средняя концентрация за последние 10 дней.
- 5) Средняя концентрация за последние две недели, исключая последние четыре дня.

Динамика уровня фибретта в воздухе Файберсвилля

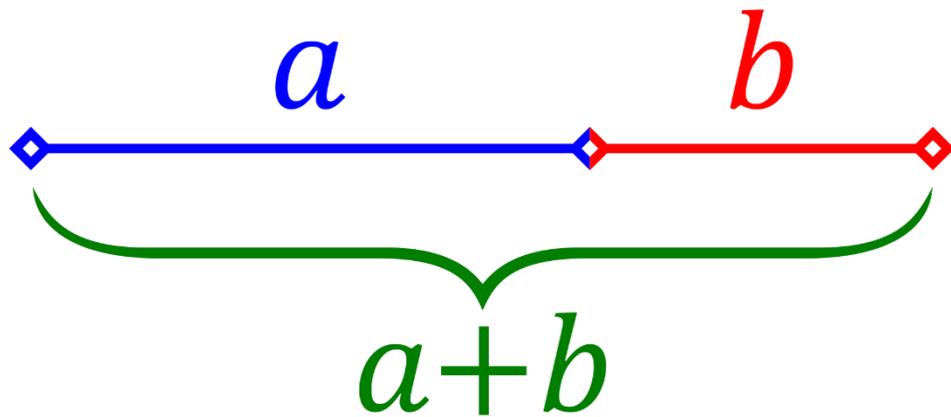


Рекомендации на основе файберсвилльского исследования

1. Стратегия информирования населения о рисках и вовлечения их в принятие решений по риску в целом является позитивной (предотвращая ситуацию, когда экспозиция оставалась бы всегда высокой)
2. Не существует модели, по которому каждый гражданин в отдельности мог бы предсказать экспозицию точно и однозначно.
3. Концентрация волокон в воздухе является детерминистской, но ведет себя как случайная.
4. В целом, средняя концентрация стремится к «уровню озабоченности».

Примеры из прикладных наук: Литературоведение

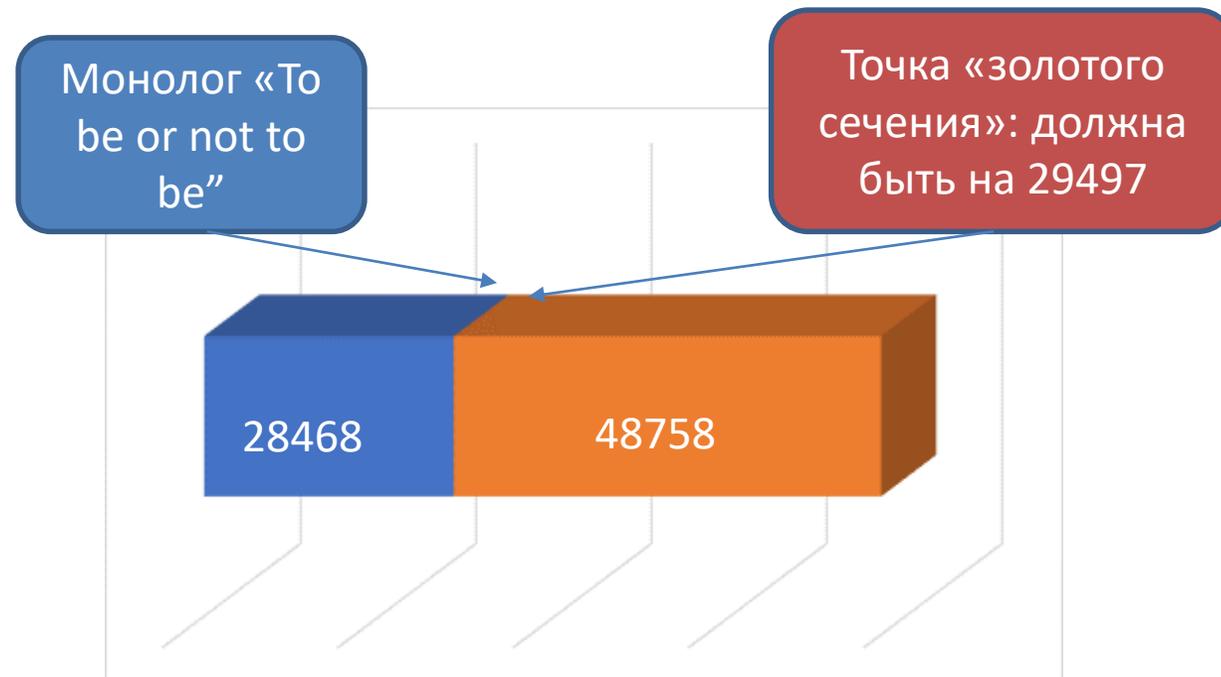
«Золотое сечение»: Вложенная структура повторяет сама себя



$a+b$ is to a as a is to b

$$\frac{a+b}{a} = \frac{a}{b} = 1.6180339887498948482\dots$$

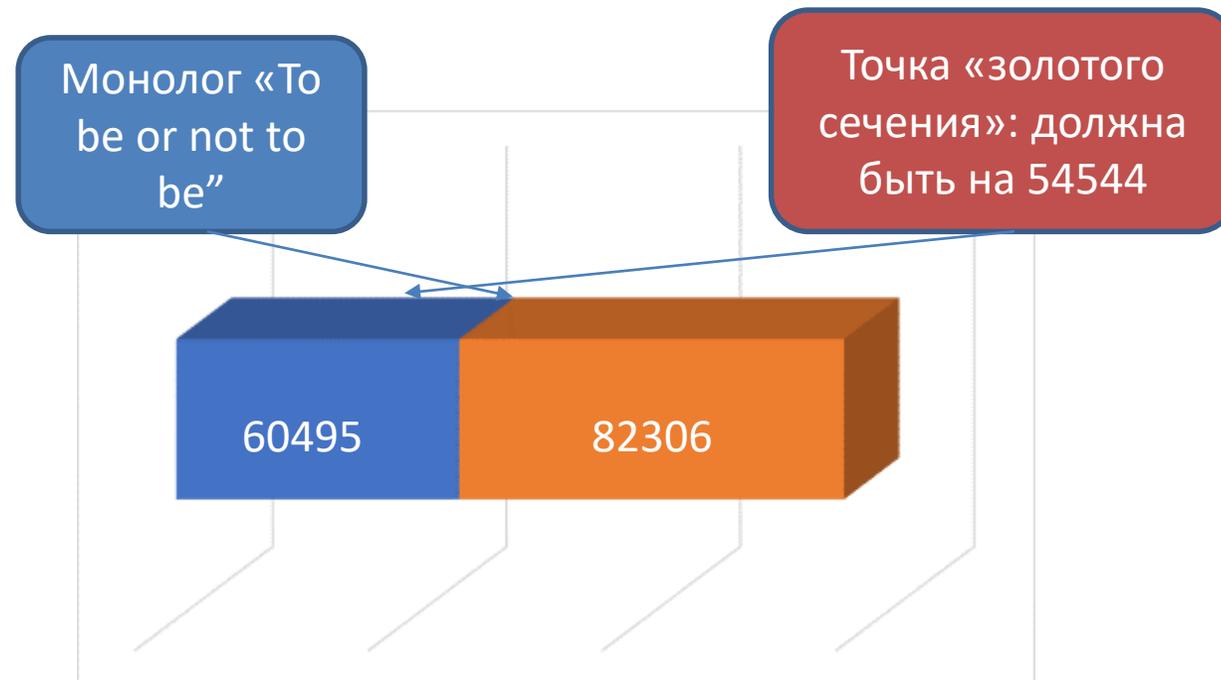
Организация «Первого кварто» «Гамлета» Шекспира: Гармония против случайности?



Количество символов
(без пробелов) в
«Первом Кварто» Гамлета
(всего 77226)

Отклонение от золотой
пропорции 5.6 %

Организация «Гамлета» Шекспира: Гармония против случайности?



Количество символов
(без пробелов) в «Фолио»
Гамлета
(всего 142801)

Отклонение от золотой
пропорции 16 %

Гамлет: детерминистская и хаотическая система

Модель «Детерминистский Гамлет»

1. Король Дании предательски убит братом.
2. Принц Гамлет узнает об убийстве.
3. Принц Гамлет мстит за отца, убивает **дядю (мщение)** и занимает законный трон отца.

Модель «Хаотический Гамлет» (изменение начального параметра)

1. Король Дании предательски убит братом.
2. Принц Гамлет узнает об убийстве **от Призрака**.
3. Принц Гамлет убивает отца возлюбленной, доводит возлюбленную до сумасшествия и самоубийства, чем влечет в конце концов смерть собственной матери, **дяди (изначальная цель мщения)**, брата возлюбленной, и его самого, а также потерю датской государственности.

Выводы

1. Хаос – продуктивная мультидисциплинарная концепция, которая сохраняет актуальность для гуманитарных и точных наук.
2. Полезна математическая модель теории хаоса, интерпретирующая хаос как «детерминизм, проявляющий свойства случайного».
3. Хаос не является беспорядком, но представляет собой предельно сложную упорядоченность.
4. Чувствительность хаотических систем к начальным условиям может быть прослежена на примере «Гамлета» ... добро пожаловать в театр «Вера»!

Вопросы? Дискуссия?

Спасибо за внимание!