

УНИВЕРСАЛЬНОСТЬ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В современном значении термин «Универсальность» был введен Лео Кадановым в 1960-х, но более простой вариант концепции подразумевался в уравнениях Ван дер Ваальса и в ранней теории Ландау фазовых переходов.

ВВЕДЕНИЕ

Универсальность возникает, когда система является очень сложной, состоящий из множества частей, которые интенсивно взаимодействуют друг с другом. Чем сложнее система, тем более интенсивно она себя проявляет. В качестве показателя присутствия Универсальности выступает ее поведение, удостоверяющее, что система коррелирует достаточно, чтобы рассматриваться как случайная матрица [1]. Этот метод позволяет понять строение и эволюцию интернета, кроме того, аналогичная методика может быть использована для улучшения построения моделей изменения климата. Универсальность можно наблюдать также в узорах мокрого снега на стекле, кофейных пятнах в виде колец, характере роста бактериальных колоний.

I. ЯВЛЕНИЕ УНИВЕРСАЛЬНОСТИ

Рассмотрим простой пример того, почему кофейное пятно образует кольцо. По мере того как кофе испаряется, жидкость от центра капли устремляется к краю, захватывая кофейные частицы вместе с собой [2]. В конце концов, остаётся тонкое кольцо. Причина этого заключается в форме кофейной частицы. При внимательном рассмотрении капли кофе под микроскопом, можно найти маленькие, круглые кофейники скользящие друг мимо друга. Если заменить сферические частицы на более удлиненные, как овалы, то получится совершенно другая картина. Эллипсоидальные частицы держатся вместе за счет взаимодействия с поверхностью жидкости вблизи краев капли [3]. Таким образом, они не переносятся вместе с жидкостью к краю кап-

ли. В результате радиус пятна увеличивается, а внутренний край кольца движется по направлению к центру по мере высыхания капли. Это происходит из-за того, что эллипсоидальные частицы гораздо быстрее заполняют пробелы между другими частицами.

Различие данных картин получатся из-за разности скорости протекания процессов. На жаргоне поля, процессы, которые происходят с разной скоростью, принадлежат к различным классам универсальности. Более того, существует богатая математическая теория за классом универсальности, описывающим узоры из сферических частиц, известным как уравнение Кардар-Паризи-Жанга (КПЖ)[4]. Уравнение КПЖ является нелинейным стохастическим уравнением в частных производных. Оно описывает изменение длины во времени и задаётся следующим образом: $\frac{\partial h(\vec{x}, t)}{\partial t} = \nu \nabla^2 h + \frac{\lambda}{2} (\nabla h)^2 + \eta(\vec{x}, t)$.

Кроме того, оказывается, что явление универсальности неразрывно связано с тем фактом, что эти системы само подобны, как фракталы. По мере того как уменьшается масштаб рассмотрения, общая картина выглядит одинаково, то есть само подобие означает, что множество мельчайших деталей не меняют общей картины.

1. Natalie Wolchover, In Mysterious Pattern, Math and Nature Converge, Simons Science News (2013).
2. Effects of Particle Shape on Growth Dynamics at Edges of Evaporating Drops of Colloidal Suspensions. Yunker, Lohr, Still, Borodin, Durian and Yodh, Phys. Rev. Lett. 110, 035501 (2013).
3. Suppression of the coffee-ring effect by shape-dependent capillary interactions. Yunker, Still, Lohr and Yodh, Nature 476, 308–311 (2011).
4. M. Kardar, G. Parisi, and Y.-C. Zhang, Dynamic Scaling of Growing Interfaces, Physical Review Letters, Vol. 56, 889 – 892 (1986). APS.

Насонов Сергей Александрович, студент 4 курса факультета информационных технологий и управления Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, serge.nasonov@gmail.com.

Научный руководитель: Трофимович Алексей Фёдорович, ассистент кафедры информационных технологий автоматизированных систем Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроник, trofimovich_a_f@tut.by.