

SINERGETIC BASE OF DESIGN СИНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОСНОВА ДИЗАЙНА

Dr. Aldonin G. M.

Siberian Federal University - Krasnoyarsk, Russian Federation,

E-mail: G.Aldonin@sfu-kras.ru

Резюме: Принципы и алгоритмы морфогенеза в природе и живых системах – предмет исследования теории самоорганизации и она должна быть естественно-научной основой дизайна технических систем. Понятие гармонии является фундаментальным как для природных, так и для искусственно созданных систем и является критерием их структурной устойчивости.

KEYWORDS: *Гармония, синергетика, нелинейная динамика, модель n-мерного тора, фликкер-шум, Фибоначчи-параметризация, фракталы, самоподобие.*

Введение

Наиболее совершенными структурами являются произведения искусства и шедевры архитектуры, основное назначение которых – выявление и моделирование гармонии мира. В архитектуре, живописи и дизайне при синтезе гармоничной структурной организации пространства и цветовой композиции, часто используется «золотое сечение» (ЗС). Цель работы - естественно-научное обоснование феноменологии ЗС и его роли в дизайне.

2. Предпосылки и средства для решение проблемы

2.1. Теоретическая модель (10 pt)

Многих исследователей в природном структурообразовании. Многих исследователей издавна интересовал вопрос особой роли ЗС в природном структурообразовании и структурной устойчивости. Еще 40 веков назад древнекитайский философ Чжуан-цзы сформулировал вопрос, представляющий сейчас особую актуальность: «Не существует ли тайного механизма, вследствие которого все в мире не может быть ничем иным, кроме того, что оно есть?». Теория самоорганизации и синергетика выявляют эти «тайные механизмы».

Истоки подходов к этому нужно искать в глубокой древности. Эстетико-космологическое учение Пифагора о «гармонии сфер» (VI в. до н. э.) в основе своей содержало синергетическую концепцию [1] и особую роль в этом гармонии. Понятия о ЗС Пифагор позаимствовал у древнеегипетских жрецов. В погребальной камере древнеегипетского зодчего Хесира он изображен с пучком палок различной величины в отношении «золотого сечения» как символ особенной их значимости. Они являлись системой мер, с помощью которых составлялись планы и проектировались храмовые комплексы. Пифагор создал космогоническую теорию, названную им «Музыкой сфер».

По Пифагору связь и между сферами Вселенной как струна, это строго пропорциональное на-

тяжение струн их связывающих и «издаваемые» ими при вращении звуки соответствуют гармоническим музыкальным интервалам. Сам термин *tonos* в греческой философии означал «натянutosть». Пифагор разработал музыкальный строй – основу теории музыкальной гармонии.

Античная эллинская академия Платона и Аристотель (V–IV в. до н. э.), а затем и неоплатонисты (Аврелий Августин, Бозций и др., III–VI в. н. э.) развивали теорию пропорций архаиков-пифагорейцев.

Платон интуитивно или в результате логических построений отношение «золотого» сечения положил в основу структурной организации порядка (*taxis*) в мироздании, что находит подтверждение в современных теориях морфогенеза микро- и макроструктур. Удивительно, например, то, что пропорциональные отношения Платон понимал пространственно и динамически в звуковых отношениях.

И. Кеплеру в 1618 г. в трактате «Гармония мира», удалось увязать параметры солнечной системы с семью основными гармоническими интервалами звукоряда. И. Кеплер назвал данную пропорцию продолжающей саму себя «золотой» и эта пропорция приобретает свойства известного ряда Фибоначчи

В 1978 г. ленинградский астрофизик К.П. Бутусов показал, что отношение периодов обращения соседних планет составляет 1,618 или $1,618^2$. В результате «...спектр гравитационных и акустических возмущений, создаваемых планетами, представляет собой консонансный аккорд, наиболее совершенный с эстетической точки зрения», подтверждая «сакральный» смысл идеи пифагорейцев и Кеплера о «музыке сфер».

Современные физические теории показывают самоорганизацию как самопроизвольное (не требующее внешних организующих воздействий) установление в неравновесных диссипативных средах устойчивых регулярных структур по законам гармонии, самоподобие и симметрию физических законов от макрокосмоса до микромира [2].

Фрактальным строением обладает огромное число объектов и процессов в окружающем нас мире. Они, как правило, имеют гармонический спектр в виде фликкер-шума ($1/f$ -спектр) - признак самоорганизации.

Структурную организацию систем и процессов целесообразно исследовать с помощью ренормгруппового анализа. В нелинейной динамике в качестве решений нелинейных уравнений получают т. н. «странные аттракторы», которые обладают особым свойством: сколь бы малую часть мы не взяли, она обладает той же структурой, что и более крупные фрагменты. Целое оказывается подобным сколь угодно малой своей части [3]. Они являются типичными масштабно-инвариантными самоподобными множествами так называемых *фракталов со скейлингом ЗС*.

В нелинейных системах в результате бифуркационных процессов фазовая траектория системы принимает вид так называемой *стохастической паутины* [4], которая в соответствии с теорией универсальности Фейгенбаума имеет фрактальную структуру, обладающую масштабно-инвариантным самоподобием.

Геометрические свойства структур могут быть изучены методами динамики, а некоторые свойства динамических систем можно определить структурными методами.

Фрактальным строением обладает огромное число объектов и процессов в окружающем нас мире. Они, как правило, имеют гармонический спектр в виде фликкер-шума ($1/f$ -спектр) – признак самоорганизации. В нелинейной динамике они могут быть представлены моделью в виде n -мерного тора как системы связанных нелинейных осцилляторов (ССНО), связи между которыми можно представить моделью «кубической решетки» Ферми – Пасты – Улама (ФПУ) [5].

$$m(d^2y_n/dt^2) = k[(y_{n+1} - 2y_n + y_{n-1}) + \alpha k[(y_{n+1} - y_n)^3 - (y_n - y_{n-1})^3], \quad n=1, \dots, N. \quad (1)$$

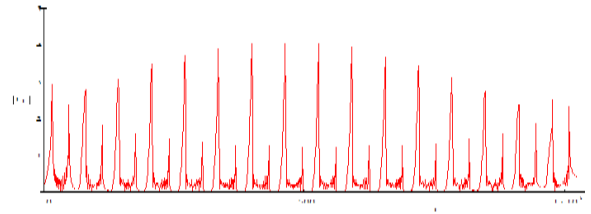
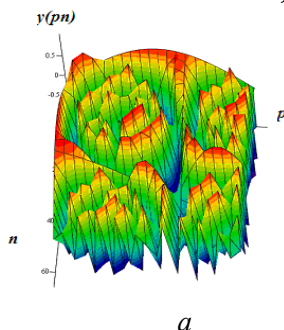


Рис. 1. Модель «возврата» ФПУ – а, её спектр – б

Так называемая модель «возврата» ФПУ показывает, что любые возмущения связанной системы переходят в набор *автомодельных (самоподобных)* «разрешенных» состояний (мод).

Впервые решение вопроса об устойчивости таких систем было дано теорией Колмогорова – Арнольда – Мозера (КАМ-теорема) [6]. КАМ-теорема объясняет механизмы и условия формирования фрактальных структур на основе n -мерного тора по принципу масштабно-инвариантного самоподобия. Наилучшим в этом смысле будет иррациональное отношение частот мод, называемое числом вращения w , генерирующего ряд Фибоначчи в соотношении цепной дроби по ЗС (2):

$$w^* = \frac{1}{1 + \frac{1}{\dots}} \quad \text{или}$$

$$w^* = (\sqrt{5} - 1)/2 = 0.6180339... \quad (2)$$

Ряд Фибоначчи является фундаментальным масштабным законом самоподобия (скейлингом) структурно-устойчивых систем в природе, где правило гармонии является условием самоорганизации, объясняет связь спектров типа $1/f$ с гармонической самоорганизацией.

2.2. Экспериментальная установка.

Согласно модели самоорганизации на основе n -мерного тора и теореме Колмогорова – Арнольда – Мозера определим модель ССНО для открытых систем как траекторию и спектр осцилляторов, отношения частот которых соответствуют ряду Фибоначчи (рис. 3)

$$F = F_0(t) + \sum_{i=0}^n F_i(t), \quad i = 1, \dots, n, \quad (2)$$

где $F_0(t) = Ae^{j(\omega_0 \cdot t + \varphi_0)}$ – начальная функция без возмущений; $F_i(t) = 0,618A_{i+1}e^{j(1,618\omega_{i+1} \cdot t + 0,618\varphi_{i+1})}$ – функция, в которой амплитуда и частота изменяются в иррациональном соотношении «золотого сечения» по отношению к начальной функции.

Формирование спектральной характеристики вида $1/f$ происходит за счет перераспределения энергии в спектре связанных осцилляторов в сторону низкочастотных мод. Это было показано М. Крускалом и Н. Забуским в модели возврата ФПУ, до-

казавшим, что равномерному распределению энергии препятствует солитон (вихрь), переносящий энергию из высокочастотной группы мод в низкочастотную [7].

То же самое обнаруживается при использовании модели самоорганизации на основе n -мерного тора и теореме Колмогорова – Арнольда – Мозера (рис. 3):

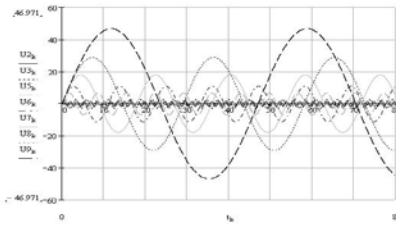


Рис. 3. Модель n -мерного тора ССНО

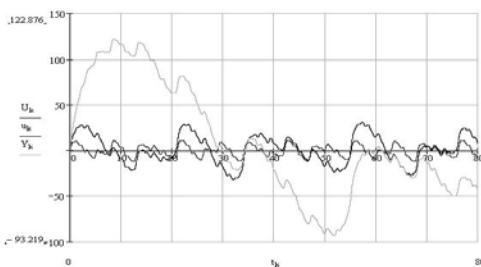


Рис. 4. Формирование солитонов в ССНО

Сумма таких циклическостей образует солитоны, переносящие энергию колебаний в низкочастотную область (рис. 4), формируя по мере возрастания размерности тора спектр вида $1/f$. Взаимодействие осцилляторов показывает формирование одиночных волн (солитонов), которые переносят энергию колебаний в низкочастотную часть спектра, определяя его гармонический характер.

Области решений нелинейных уравнений, образующие причудливые узоры, называются странными аттракторами (притягивающими множествами). Пример фракталов приведены на рис. 5.

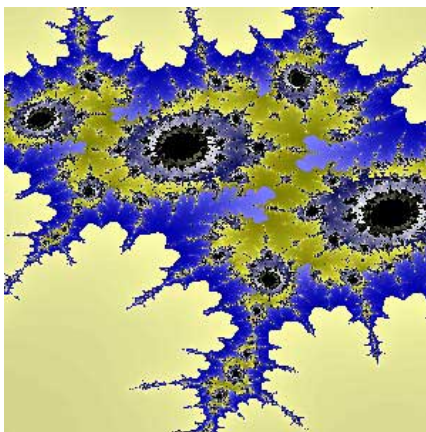


Рис. 5. Решения нелинейных уравнений как фрактальные структуры с самоподобием

В изображенных кривых видна близость таких аттракторов к природным формам.

Дизайн электронных средств, создание эргономического и эстетического качества, т. е. полезности и привлекательности изделий, является завершающим этапом их проектирования. Для такого этапа исторически характерен сугубо субъективный и интуитивно-эвристический подход. Как и любая отрасль человеческих знаний и технологий, он требует глубокого естественно-научного обоснования и четкого осмысления критериев качества такого проектирования.

Цель дизайна – создание максимальной полезности и привлекательности изделия, физиологического и психологического комфорта, проектирование гармоничной по форме и цвету конструкции изделия. Поиск формы и цветофактурных решений конструкций пока остается прерогативой высококвалифицированных художников-дизайнеров. Но искусство как средство отображения природных систем и процессов, так же как и естественная наука, должно подчиняться фундаментальным законам природы.

Очевидно, что синтез гармоничной предметной среды должен вестись в соответствии с природными алгоритмами морфогенеза. В основе этих алгоритмов лежит построение объемно-пространственной структуры изделия, отношения частей которой соответствуют определенному параметрическому ряду Фибоначчи. При этом структура должна образовывать иерархию самоподобных фрагментов – принцип масштабного инвариантного самоподобия (МИС) и тем самым обеспечивать стилевое единство пластических решений конструкций.

Цвето-фактурные решения в дизайне играют особую роль. Свет для художника является сильнейшим средством художественного изображения действительности.

Для выбора цветовых решений необходимо разработать алгоритмы управления такими параметрами, как цветовой тон (численно характеризуемый длиной волны доминирующего излучения), светлота, или степень ахроматичности (количественная характеристика цвета, позволяющая представить его в виде эквивалента некоторого ахроматического серого поля), и насыщенность (степень контрастности цветности по отношению к цветности серого цвета заданной светлоты). Алгоритмы должны обеспечивать гармоничность цветовой композиции изделия в целом в соответствии с синергетическими критериями.

В основе этих алгоритмов лежит метод выбора ограниченного количества цветов из бесконечного континуума значений цветового тона, светлоты и насыщенности по определенным правилам, которые могут быть установлены из прямой аналогии между теорией цвета и теорией музыки.

Примером своеобразных квазикристаллических структур в звуках является музыка. Пифагор отмечал, что две струны звучат благозвучно, если настроены как отношение простых чисел, т. е. соответствуют рядам Фибоначчи. Самоорганизация природных структур основывается на принципах фрактального самоподобия динамических волновых структур квазикристаллического типа, что определяет их эволюционную устойчивость и гармоничность [2].

Синергетическая концепция компьютерных технологий выбора цветофактурных решений строится на соответствии принципам гармонии в природных цветовых отношениях, которые, как и физические свойства света, составляют основу теории цвета в изобразительном искусстве. Те же принципы гармонии существуют и в музыке, т. е. цветовые композиции можно строить на цветовомзыкальной аналогии. Природа цвета и звука едина: цвет и звук являются колебаниями, воздействующими лишь на разные органы чувств.

Многовековая история развития теории музыки в основном заключалась в поисках наиболее естественной (гармоничной) параметризации звукового ряда. Первую экспериментальную основу теории гармонии, описанную в трактате Гауденция «Введение в гармонику», заложил Пифагор.

Исходя из аналогии между музыкальной и цветовой гармонией в композиции сформулируем алгоритм компьютерного выбора цветовых решений (рис. 6). В живописи эта аналогия фактически использовалась давно в виде заимствования музыкальных терминов: гамма, тональность, мажорность или минорность цветовой композиции.

Целесообразно разбить цветовой круг не на шесть, а на двенадцать секторов подобно музыкальной гамме. В художественной практике широко используется цветное тело, в трехмерном пространстве которого представлены все градации цвета по светлоте (вертикальная ось от черного до ослепительно белого и все цветовые тона спектра, насыщенные по периметру и убывающие по насыщенности до серого к центру).

Если следовать цветомузыкальной аналогии, цветное тело должно состоять из пяти октав, в каждой из которых повторяется 12-ступенный цветовой круг Гёте пять степеней светлоты.

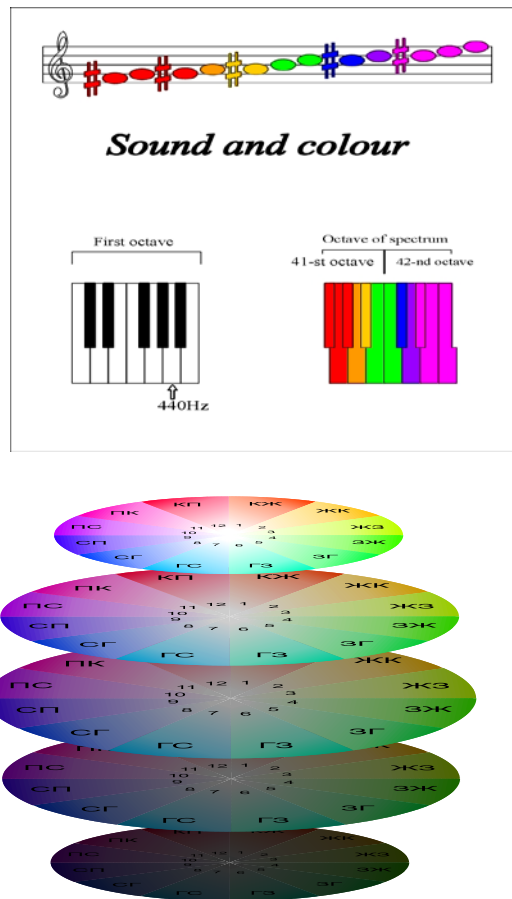


Рис. 6. Цветовое тело по цветомузыкальной аналогии

В цветевом круге выбирается один из секторов, где будет лежать базовый цветовой тон – цвет самого большого по площади элемента композиции.

При выборе цветовой композиции задается интервал гаммы: натуральный, гармонический или мелодический. Затем нужно выбрать гамму: одну из двенадцати мажорных или одну из двенадцати минорных, после чего нам станет известно, какие семь секторов из двенадцати доступных обозначают цветевые тона.

Очевидна аналогия между высотой звука и цветевым тоном, громкостью и светлотой, тембром и насыщенностью и фактурой поверхности. При переводе из тональности в тональность меняется цветевая окраска, так как определенной ноте соответствует определенный цвет. Теперь из сектора с базовым цветевым тоном нужно непосредственно выбрать сам базовый цветевый тон, относительно которого в разрешённых секторах синхронно определяются разрешённые цветевые тона, смесь которых определит колорит композиции.

5. Заключение:

Теория и практика изобразительного искусства накопила огромный опыт аналитического поиска пластических и цветевых образов, который находит

естественно-научное подтверждение в теории самоорганизации. Такой подход позволяет перейти от существующего в настоящее время феноменологического описания спектральной характеристики вида $1/f$, свойственной многим природным явлениям, к физико-математическим моделям при анализе процессов с самоорганизацией.

Самоорганизация должна лежать в основе дизайна и алгоритмизации компьютерных процедур проектирования формообразования и фактурных решений конструкции.

6. Литература

1. Лосев А.Ф. История античной эстетики. М.: Высш. шк., 1963. 503 с.
2. Алдонин Г. М. Структурный анализ самоорганизующихся систем / Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2017.-344 с.
3. Мандельброт Б.Б. Фрактальная геометрия природы. М.: Институт компьютерных исследований, 2002. 660 с.
4. Заславский Г.М., Сагдеев Р.З. Введение в нелинейную физику. М.: Наука, 1991. 281 с.
5. Колмогоров А.Н. О сохранении условно-периодических решений при малом изменении функции Гамильтона // ДАН СССР, 1954, т. 98, № 4, С. 527-530.
6. Арнольд В.И. Математические методы классической механики М.: Наука, 1989. С. 320-335.
7. Zabusky N.J., Kruskal M.D. Phys. Rev. Lett. 15, 1965. С. 240-243.