

UDC: 62.; 32.; 323.

LBC: 68.8

MJ № 344

 10.33864/2617-751X.2025.v8.i6.210-250

THE METAPHYSICS OF FORM: ENERGY, GEOMETRY AND SPHERICITY IN NATUR

Yasin Khalilov*

Abstract. This article analyzes the energy efficiency of various geometric figures- sphere, cube, and pyramid- under equal volume conditions. The research is based on two main physical models: surface tension energy for liquids and internal elastic energy model for solid bodies. The results of theoretical calculations and Finite Element Method (FEM) analysis demonstrate that the spherical form is the most optimal geometric shape in terms of minimizing both surface energy and internal elastic energy. Stress Concentration Factor (SCF) and internal energy calculations prove that the geometric structures of forms directly affect stress distribution and overall energy consumption. The findings of the research explain the widespread use of spherical forms in nature (cells, droplets, planets), engineering (pressure vessels, aerodynamic capsules), architecture and design (domed structures, circular planning, spherical buildings), as well as in symbolic and cultural domains, using fundamental physical laws. This multidisciplinary approach demonstrates that form-function relationships are universal at technical, architectural, design, and symbolic levels. It has been determined that the dominant role of sphericity in nature, technology, architecture, and culture is governed by energy optimization principles.

Keywords: Spherical form, energy efficiency, surface tension, internal elastic energy, stress concentration factor (SCF), FEM analysis, symbolic structures

* Doctor of Philosophy in Technology, Associate Professor,
Associate Professor, Department of Design, Faculty of Architecture and Construction, Baku Engineering University;
Baku, Azerbaijan

E-mail: yxalilov@beu.edu.az

<https://orcid.org/0000-0001-6251-7556>

To cite this article: Khalilov, Y. [2025]. THE METAPHYSICS OF FORM: ENERGY, GEOMETRY AND SPHERICITY IN NATUR. *"Metafizika" journal*, 8(6), pp.210-250.

<https://doi.org/10.33864/2617-751X.2025.v8.i6.210-250>

Article history:

Received: 21.06.2025

Accepted: 25.07.2025

Published: 04.09.2025



Copyright: © 2025 by AcademyGate Publishing. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the CC BY-NC 4.0. For details on this license, please visit

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>.

УДК: 62.; 32.; 323.

ББК: 68.8

МЖ № 344

 10.33864/2617-751X.2025.v8.i6.210-250

МЕТАФИЗИКА ФОРМЫ: ЭНЕРГИЯ, ГЕОМЕТРИЯ И СФЕРИЧНОСТЬ В ПРИРОДЕ

Ясин Халилов*

Абстракт. В данной статье анализируется энергоэффективность различных геометрических фигур- сферы, куба и пирамиды- в условиях равного объема. Исследование основано на двух основных физических моделях: модели поверхностного натяжения для жидкостей и модели внутренней упругой энергии для твердых тел. Результаты теоретических расчетов и анализа методом конечных элементов (МКЭ) показывают, что сферическая форма является наиболее оптимальной геометрической формой с точки зрения минимизации как поверхностной, так и внутренней упругой энергии. Расчеты коэффициента концентрации напряжений (ККН) и внутренней энергии доказывают, что геометрическая структура форм напрямую влияет на распределение напряжений и общее энергопотребление. Результаты исследования объясняют широкое использование сферических форм в природе (клетки, капли, планеты), технике (сосуды высокого давления, аэродинамические капсулы), архитектуре и дизайне (купольные конструкции, круговая планировка, сферические здания), а также в символических и культурных областях, используя фундаментальные физические законы. Этот междисциплинарный подход демонстрирует, что взаимосвязь формы и функции универсальна на техническом, архитектурном, дизайнерском и символическом уровнях. Установлено, что доминирующая роль сферичности в природе, технологии, архитектуре и культуре определяется принципами оптимизации энергопотребления.

Ключевые слова: Сферическая форма, энергоэффективность, поверхностное натяжение, внутренняя упругая энергия, коэффициент концентрации напряжений (SCF), анализ методом конечных элементов, символические структуры

* Доктор философии по техническим наукам, доцент,

Доцент кафедры дизайна архитектурно-строительного факультета Бакинского инженерного университета; Баку, Азербайджан

E-mail: yxalilov@beu.edu.az

<https://orcid.org/0000-0001-6251-7556>

Цитировать статью: Халилов, Я. [2025]. МЕТАФИЗИКА ФОРМЫ: ЭНЕРГИЯ, ГЕОМЕТРИЯ И СФЕРИЧНОСТЬ В ПРИРОДЕ. *Журнал «Metafizika»*, 8(6), с.210-250.

<https://doi.org/10.33864/2617-751X.2025.v8.i6.210-250>

История статьи:

Статья поступила в редакцию: 21.06.2025

Отправлена на доработку: 25.07.2025

Принята для печати: 04.09.2025



Copyright: © 2025 by AcademyGate Publishing. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the CC BY-NC 4.0. For details on this license, please visit

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>.

UOT: 62.; 32.; 323.

KBT: 68.8

MJ № 344

 10.33864/2617-751X.2025.v8.i6.210-250

FORMANIN METAFİZİKASI: ENERJİ, HƏNDƏSƏ VƏ TƏBİƏTDƏ KÜRƏVİLİK

Yasin Xəlilov*

Abstrakt. Bu məqalə eyni həcm şəraitində müxtəlif həndəsi fiqurların - kürə, kub və piramidanın enerji səmərəliliyini təhlil edir. Tədqiqat iki əsas fiziki model mayelər üçün səthi gərginlik enerjisi və bərk cisimlər üçün daxili elastik enerji modeli əsasında aparılmışdır. Nəzəri hesablamaların və sonlu elementlərin təhlili (FEM) metodunun nəticələri göstərir ki, kürəvi forma həm səth enerjisini, həm də daxili elastik enerjini minimuma endirmək baxımından ən optimal həndəsi formadır. Stress konsentrasiyası əmsalı (SCF) və daxili enerji hesablamaları formaların həndəsi strukturlarının gərginliyin paylanmasına və ümumi enerji istehlakına birbaşa təsir etdiyini sübut edir. Tədqiqatın nəticələri fundamental fiziki qanunlardan istifadə etməklə təbiətdə (hüceyrələr, damcılar, planetlər), mühəndislikdə (təzyiqli gəmilər, aerodinamik kapsullar), memarlıq və dizaynda (qübbəli konstruksiyalar, dairəvi planlaşdırma, sferik binalar), həmçinin simvolik və mədəni sahələrdə sferik formaların geniş istifadəsini izah edir. Bu multidissiplinar yanaşma forma-funksiya əlaqələrinin texniki, memarlıq, dizayn və simvolik səviyyələrdə universal olduğunu nümayiş etdirir. Təbiətdə, texnologiyada, memarlıqda və mədəniyyətdə kürəviliyin dominant rolunun enerjinin optimallaşdırılması prinsipləri ilə idarə olunduğu müəyyən edilmişdir.

Açar sözlər: Kürəvi forma, enerji səmərəliliyi, səthi gərilmə, daxili elastik enerji, stress konsentrasiyası (SCF), FEM analizi, simvolik strukturlar

* texnika üzrə fəlsəfə doktoru., dosent

Bakı Mühəndislik Universiteti, Memarlıq və inşaat fakültəsi, Dizayn kafedrasının dosenti; Bakı, Azərbaycan

E-mail: yxalilov@beu.edu.az

<https://orcid.org/0000-0001-6251-7556>

Məqaləyə istinad: Xəlilov, Y. [2025] FORMANIN METAFİZİKASI: ENERJİ, HƏNDƏSƏ VƏ TƏBİƏTDƏ KÜRƏVİLİK. "Metafizika" jurnalı, 8(6), səh.210-250.

<https://doi.org/10.33864/2617-751X.2025.v8.i6.210-250>

Məqalənin tarixçəsi:

Məqalə redaksiyaya daxil olmuşdur: 21.06.2025

Təkrar işlənməyə göndərilmişdir: 25.07.2025

Çapa qəbul edilmişdir: 04.09.2025



Copyright: © 2025 by AcademyGate Publishing. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the CC BY-NC 4.0. For details on this license, please visit

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>.

1. Giriş

Təbiət öz strukturlarında enerji optimallaşdırmasını təmin edən formaları seçməkdə bənzərsiz bir müdriklik nümayiş etdirir [Ball, 2009]. Atomlardan planetlərə, hüceyrələrdən damcı formalarına qədər müxtəlif sahələrdə qarşılaşdığımız kürəvi formalar, bu optimallaşdırmanın təbiətindəki universal kod kimi görünür. Bu formaların yaygınlığı və davamlılığı yalnız estetik baxımdan deyil, həm də enerji səmərəliliyi baxımından izah edilməlidir [Weaire & Hutzler, 1999]. Ənənəvi elmdə forma çox zaman statik və riyazi anlayış kimi qəbul edilsə də, müasir multidissiplinar yanaşmalar göstərir ki, forma həm enerji paylanması, həm də resurs səmərəliliyi baxımından müəyyənədicə rol oynayır.



Şəkil 1. Kürəviliyin universal harmoniyası

Fiziki baxımdan eyni həcmi olan müxtəlif həndəsi fiqurların ümumi enerji sərfiyyatı, onların səth sahələri və daxilindəki stress paylanması ilə sıx bağlıdır [Timoshenko & Goodier, 1970]. Mayelər üçün səthi enerji dominant olduğu halda, bərk cisimlərdə bu rolu elastik deformasiya nəticəsində yaranan daxili enerji oynayır [Pilkey & Pilkey, 2008]. Bu səbəbdən, eyni həcmi olan kürə, kub və piramida kimi fiqurlar arasında ümumi enerji baxımından müqayisə aparmaq, yalnız forma - funksiya əlaqələrini deyil, həm də təbiətdə və texnologiyada forma seçimlərinin arxasındakı fiziki əsasları anlamağa kömək edir.

Fizikada kürəvi forma, verilmiş həcm üçün ən az səth sahəsinə malik olan formadır, bu isə mayələrdə səthi gərilmə enerjisinin minimallaşdırılması deməkdir [Isenberg, 1992]. Biologiyada hüceyrələr, damcılar, tozcuqlar və mikroskopik canlılar çox zaman kürəyə yaxın formalarda olur. Bu, təkcə struktur deyil, həm də energetik qənaətə əsaslanan təbii seleksiyanın nəticəsidir [Niklas, 1992].

Bərk cisimlər üçün isə stressin (gərginliyin) paylanması formadan birbaşa asılıdır [Peterson, 1974]. Kürəvi formalar, künc və zirvə kimi stress yığan sahələrə malik olmadıqları üçün daxili elastik enerji baxımından daha əlverişlidir [Sadd, 2009]. Elə bu səbəbdəndir ki, müasir mühəndislik sistemlərində - təzyiq qablarından hava şarlarına qədər - kürəvilik əsas forma

arxetipi kimi qəbul edilir [Rapoport, 1969]. Digər tərəfdən, kürə yalnız elmi optimallaşdırma deyil, həm də simvolik harmoniya və mükəmməllik anlayışı ilə assosiasiya olunur (Jung, 1968). Bu, onu həm memarlıqda, həm də mədəniyyətdə seçilən formaya çevirir. Deməli, forma – xüsusilə kürəvi forma-təkcə riyazi və texnoloji deyil, həm də estetik və fəlsəfi bir hadisədir [Campbell, 1949].

Bu tədqiqatda, eyni həcmə malik kürə, kub və piramida formaları müxtəlif modellər üzrə (maye və bərk materiallarla) səth enerjisi, stress konsentrasiyası və daxili elastik enerji baxımından müqayisə edilir. Məqsəd, formanın enerji baxımından səmərəliliyini həm nəzəri, həm statistik (FEM), həm də təbiətdəki real müşahidələrlə əsaslandırmaqdır. Bunun üçün həm maye, həm də bərk cisim materialları üçün eyni həcmə malik kürə, kub və piramida formalı obyektlərin səth enerjisi, daxili enerjisi və ümumi energetik səmərəliliyi müqayisə edilir. Hesablamalar və təhlillər göstərir ki, müxtəlif sistemlərdə kürəvi forma enerji baxımından ən qənaətlə variant olaraq önə çıxır. Bu nəticə həm mühəndislik konstruksiyalarında, həm də canlı orqanizmlərin morfolojiyasında rast gəlinən kürəvi strukturların üstünlüyünü əsaslandırmaq üçün möhkəm elmi bazanı təmin edir.

2. Tədqiqatın məqsədi və metodologiyası

2.1. Araşdırmanın məqsədi

Bu araşdırmanın əsas məqsədi eyni həcmə malik müxtəlif həndəsi formaların- kürə, kub və kvadrat oturaqlı piramidanın- səth enerjisi, daxili elastik enerji və stress konsentrasiyası baxımından energetik səmərəliliyini müqayisəli şəkildə təhlil etməkdir. Tədqiqat, formanın enerji baxımından səmərəliliyini həm nəzəri, həm statistik (FEM), həm də təbiətdəki real müşahidələrlə əsaslandırmağı hədəfləyir. Araşdırmanın spesifik məqsədləri aşağıdakılardır:

1. Eyni həcmli kürə, kub və piramida formalarının səth sahələrini və səth enerjilərini hesablayaraq müqayisə etmək;

2. Bərk cisimlərdə stress konsentrasiyası və daxili elastik enerji baxımından bu formaların səmərəliliyini qiymətləndirmək;

3. Sonlu Elementlər Metodu (FEM) vasitəsilə stress paylanması modelləşdirmək və nəzəri hesablamalarla müqayisə etmək;

4. Təbiətdə, texnologiyada və mədəniyyətdə kürəvi formaların üstünlük təşkil etməsinin fiziki əsaslarını aşkarlamaq;

5. Forma-funksiya əlaqələrinin texniki, memarlıq, dizayn və simvolik səviyyələrdə universallığını nümayiş etdirmək.

2.2. Araşdırmanın önəmi

Bu araşdırma bir neçə səbəbdən əhəmiyyət daşıyır: fizika, mühəndislik və biologiya sahələrində forma-funksiya əlaqələrinin daha dərinlən anlaşılmasına

töhfə verir. Eyni həcmli müxtəlif həndəsi formaların enerji səmərəliliyi baxımından müqayisəsi, təbiətdə və texnologiyada optimal forma seçiminin fundamental fiziki əsaslarını aydınlaşdırır. Xüsusilə:

1. Mayelərdə səthi gərilmə enerjisi və bərk cisimlərdə daxili elastik enerji modelləri əsasında aparılan hesablamalar, forma-enerji əlaqəsinin kəmiyyətə qiymətləndirilməsinə imkan verir;

2. Stress konsentrasiyası əmsalı (SCF) və daxili enerji hesablamaları, formaların həndəsi strukturlarının gərginliyin paylanmasına və ümumi enerji istehlakına təsirini riyazi cəhətdən əsaslandırır;

3. FEM analizi vasitəsilə nəzəri hesablamaların təsdiqi, tədqiqatın etibarlılığını artırır.

2.3. Araşdırmanın metodologiyası

Bu araşdırmada eyni həcmə malik müxtəlif həndəsi formaların- kürə, kub və kvadrat oturacaqlı piramidanın- energetik səmərəliliyini müqayisəli şəkildə təhlil etmək üçün kompleks metodologiya tətbiq edilmişdir. Tədqiqat metodologiyası aşağıdakı əsas komponentləri əhatə edir: Nəzəri Analiz və Riyazi Modelləşdirmə vasitəsilə müxtəlif fiqurlar üçün səth və daxili elastik enerji müqayisəli şəkildə qiymətləndirilmiş, nəzəri hesablamaları təsdiqləmək və vizuallaşdırmaq üçün Sonlu Elementlər Metodu (FEM) tətbiq edilmişdir. Araşdırmanın nəticələrini daha geniş kontekstdə interpretasiya etmək üçün multidissiplinar yanaşma tətbiq edilmişdir: hüceyrə morfologiyası və kürəvi formaların bioloji üstünlüklərinin təhlili, bitkilərdə dairəvi və kürəvi formaların funksional rolunun araşdırılması, quş və heyvan yuvalarında kürəvi formaların estetik və funksional təzahürünün öyrənilməsi, müxtəlif mədəniyyətlərdə kürəvi və dairəvi formaların arxetiplərinin araşdırılması, memarlıq, dizayn və texnologiyada dairəvi formaların funksional üstünlüklərinin təhlili, ədəbiyyat, poeziya və dini təsəvvürlərdə dairə və kürə simvolizminin öyrənilməsi həyata keçirilmişdir. Bu kompleks metodologiya, forma-funksiya əlaqələrinin həm fiziki-riyazi, həm də mədəni-simvolik aspektlərini əhatə edərək, kürəvi formaların universallığının hərtərəfli anlaşılmasına imkan vermişdir.

3. Formaya görə səth enerjisi: mayələr və bərk cisimlər üçün energetik təhlil

Qeyd edildiyi kimi bu araşdırmanın məqsədi eyni həcmə malik müxtəlif həndəsi formaların- kürə, kub və kvadrat oturacaqlı piramidanın- səth enerjisi, daxili elastik enerji və stress konsentrasiyası baxımından energetik səmərəliliyini müqayisəli şəkildə təhlil etməkdir. Bunun üçün iki əsas yanaşma tətbiq edilmişdir:

1. Maye modelinə əsaslanan səthi enerji analizi- burada formaların səth sahələri eyni həcm üçün hesablanaraq səthi gərginlikdən irəli gələn enerji fərqləri müəyyən edilir [Finn, 1986].

2. Bərk material modeli- burada forma daxilində yaranan stress paylanması və bunun nəticəsində yığılan daxili elastik enerji (elastiklik nəzəriyyəsinə əsaslanaraq) qiymətləndirilir [Landau & Lifshitz, 1987].

Bunlardan əlavə, FEM (Sonlu Elementlər Metodu) əsasında sayısal modelləşdirmə aparılmış, stress konsentrasiyası (SCF) hesablanmış və nəzəri nəticələrlə müqayisə olunmuşdur [Douady & Couder, 1996]. FEM analiz ANSYS proqramını köməyi ilə həyata keçirilmişdir [ANSYS Inc., 2023].

3.1. Mayelərdə Enerji: Səthi təsir və sıxılma davranışı

Məlumdur ki, mayelərin struktur xüsusiyyətləri, onların təzyiqə və sərhəd formalarına qarşı verdiyi cavabla müəyyən olunur [Landau & Lifshitz, 1987]. Bərk cisimlərdən fərqli olaraq, mayelər şəklini deyil, həcmi qorumağa meyllidir və formaya yalnız divar səthi vasitəsilə uyğunlaşır [de Gennes et al., 2004]. Bu səbəbdən də mayelərdə əsas enerji forması iki istiqamətdə özünü göstərir:

- Səthi gərilmə enerjisi [de Gennes et al., 2004];
- Sıxılma enerjisi (daxili enerji) [Landau & Lifshitz, 1987].

Sıxıla bilən maye üçün (məsələn, su, hərçən ki, çox böyük təzyiq altında çox az sıxılır) təzyiq altında toplanan daxili enerji aşağıdakı kimi ifadə olunur [Landau & Lifshitz, 1987]:

$$E_{\text{daxili}} = \frac{p^2 V}{2K}$$

burada:

- P - tətbiq olunan izotrop təzyiq (Pa);
- V - mayenin həcmi (m^3);
- K - mayenin sıxılma modulu (bulk modulus, Pa).

Bu ifadə mayədə həcmə görə yığılan elastik enerjini göstərir və formadan asılı deyil. Eyni zamanda, sərhəd ilə qarşılıqlı təsir nəticəsində mayenin səthi boyunca enerji sərf olunur. Səthi enerji, maye–divar təması zamanı aşağıdakı kimi verilir:

$$E_{\text{səth}} = P \cdot S,$$

burada S - fiqurun səth sahəsidir.

Beləliklə, formanın səth sahəsi artdıqca, eyni təzyiq altında daha çox enerji sərf olunur. Bu səbəbdən, güman etmək olar ki, ən kiçik səth sahəsinə malik formalar mayelərdə ən az səthi enerji ilə eyni həcmi qorumağa imkan verir.

3.2. Bərk cisimlərdə enerji: elastiklik və forma effektləri

Bərk cisimlərdə enerji daha mürəkkəb şəkildə yayılır [Timoshenko & Goodier, 1970]. Onlar həm formaya, həm həcmə, həm də daxili gərginlik paylanmasına reaksiya verirlər [Sadd, 2009]. Xətti elastiklik nəzəriyyəsinə

görə, xarici yük altında deformasiya olunan bərk cismin daxilində yaranan elastik enerji aşağıdakı kimi ifadə olunur [Timoshenko & Goodier, 1970]:

$$E_{\text{daxili}} = \int \frac{\sigma^2(x,y,z)}{2E} dV,$$

burada:

- $\sigma(x,y,z)$ - gərginliyin məkana görə paylanması (Pa);
- E - Young modulu (Pa);
- V - cismin həcmi (m^3).

Bu düstur artıq formadan asılıdır, çünki gərginlik (stress) fiqurun künc, radius, kontur və topoloji xüsusiyyətlərindən asılı olaraq qeyri-bərabər paylanır, məsələn, kübün küncələrində və piramidanın zirvəsində stress konsentrasiyası daha yüksək olur, bu da daxili enerji miqdarını artırır.

Bərk cisimlərdə səthi gərilmə mayelərdəki kimi dominant deyil və yalnız nanosəviyyəli sistemlərdə əhəmiyyət daşıyır. Bu səbəbdən səthi enerji nəzərə alınmadan yalnız daxili enerji əsasında müqayisə aparmaq mümkündür.

3.3. İki modelin ortaq zəmini

Maye və bərk cisim modelləri fərqli fiziki əsaslara söykənsə də, hər iki halda forma və səth sahəsi enerji baxımından əsas həlledici faktordur:

- Mayelərdə səth sahəsi $\rightarrow$ səthi enerji;
- Bərk cisimlərdə stress konsentrasiyası $\rightarrow$ daxili enerji.

Hər iki halda, kürəvi forma həm səth enerjisini, həm də stressi ən optimal şəkildə paylaşıaraq, ən az ümumi enerji ilə eyni həcmi qorumağa imkan verir.

Analizlər aşağıdakı mərhələləri əhatə etmişdir:

Həndəsi parametrlərin tənzimlənməsi: Hər fiqurun həcmi 1 m^3 olacaq şəkildə uyğun ölçülər müəyyən edilmişdir (məsələn, kürə üçün $r = \sqrt[3]{\frac{3V}{4\pi}} = \sqrt[3]{\frac{3 \times 1}{4\pi}} = 0.6204 \text{ m}$, kub üçün $a = \sqrt[3]{V}$, $a=1.0 \text{ m}$, piramida üçün $a = \sqrt[3]{(3V)} = \sqrt[3]{(3 \times 1)} = 1.4422 \text{ m}$, $h = a = 1.4422 \text{ m}$).

Səth sahəsinin və səthi enerjinin hesablanması: Mayələr üçün səthi gərginlik nəzəriyyəsinə əsaslanaraq, səth sahəsi ilə səthi enerji arasındakı proporsional əlaqə istifadə olunmuşdur [Vogel, 2013].

Daxili enerji hesablanması: Bərk materiallar üçün elastiklik nəzəriyyəsinə əsaslanan aşağıdakı düstur tətbiq edilmişdir:

$$E_{\text{daxili}} = \int \left(\frac{\sigma^2}{2E} \right) dV,$$

burada: E_{daxili} - daxili elastik enerji (J); σ - stress (Pa); E - Young modulu (Pa); V - həcm (m^3). Stress konsentrasiyası əmsalının (SCF) hesablanması üçün FEM analizindən əldə olunan maksimal stress nominal stressə bölünərək hər forma üçün SCF tapılmışdır [Adler et al., 1997].

Toplam enerji analizi: Səthi enerji ilə daxili elastik enerji cəmlənərək, ümumi enerji göstəricisi müəyyən olunmuş və bu göstərici üzrə formalar arasında müqayisə aparılmışdır.

Tədqiqatın yeniliyi ondan ibarətdir ki, bu üç yanaşma- səth enerjisi, daxili enerji və FEM nəticələri eyni metodoloji çərçivədə birləşdirilərək ilk dəfə olaraq sistemli şəkildə müqayisə edilmişdir.

Qeyd olunduğu kimi maye modellərində formanın enerji baxımından səmərəliliyi əsasən səthi gərginlik enerjisi ilə əlaqələndirilir. Bu enerji, cisimlərin sərhəd səthlərindəki molekullar arasında yaranan cazibə qüvvələrinin nəticəsidir.

3.4.Səth sahəsinin hesablanması və müqayisə. İzoperimetrik prinsip

Məlumdur ki, izoperimetrik prinsip riyaziyyatın fundamental teoremlərindən biridir [Osserman, 1978]. Belə ki, üçölçülü izoperimetrik bərabərlikdə deyilir ki, maksimum həcmə yalnız kürə (şar) sahib ola bilər, verilmiş səth sahəsi S -ə malik istənilən bərk cisim üçün həcm V kürənin həcmindən böyük ola bilməz [Osserman, 1978]. Bərabərlik yalnız kürə halında ($V=\frac{4}{3}\pi r^3, S=4\pi r^2$) olan formalar üçün təmin olunur. Hər iki ifadəni tənlikdə əvəz etdikdə:

$$36\pi V^2=36\pi(\frac{4}{3}\pi r^3)^2=64\pi^3 r^6; \quad S^3=(4\pi r^2)^3=64\pi^3 r^6,$$

yəni $36\pi V^2=S^3$ bərabərliyi əldə olunur.

İstənilən başqa forma üçün simmetriya pozuntusu həcmi azaldır və ya səthi artırır, nəticədə göründüyü kimi verilmiş səth sahəsi ilə maksimal həcmə yalnız kürə malikdir.

$$36\pi V^2 \leq S^3,$$

burada: V - həcm (m^3); S - səth sahəsi (m^2).

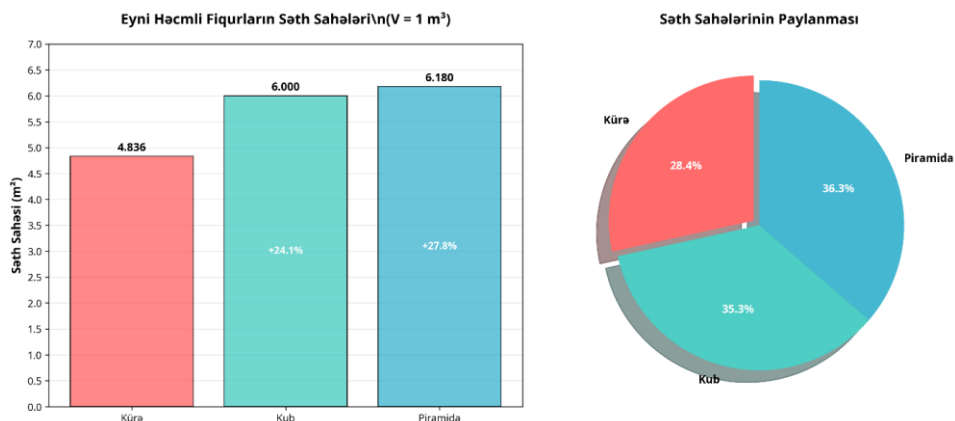
Həcmi $1 m^3$ olan fiqurlar üçün səth sahələri aşağıdakı kimi alınmışdır:

- Kürə: həcm: $V=\frac{4}{3}\pi r^3$, $r=\sqrt[3]{\frac{3V}{4\pi}}$, səth sahəsi: $S=4\pi r^2$, $S\approx 4.836m^2$;
- Kub: həcm: $V=a^3=1 \Rightarrow a=1 \Rightarrow S=6a^2=6 m^2$;
- Kvadrat oturacaqlı piramida üçün (kvadrat əsaslı, $h=a$): həcm: $V=\frac{1}{3}a^2h$

; səth sahəsi: $S=a^2+4\times(\frac{1}{2})\times a\times\sqrt{((\frac{a}{2})^2+h^2)}$,

burada: a - əsas tərəfi (m); h - hündürlük (m); $S\approx 6.18 m^2$.

Eyni həcmli fiqurların səth sahələrinin müqayisəsi şəkil 1-də verilmişdir.



Şəkil 2. Eyni həcmli fiqurların səth sahələrinin müqayisəsi

Göründüyü kimi səth sahəsi baxımından kürəvi forma ən az sahəyə malikdir.

3.5. Səthi gərginlik enerjisinin hesablanması

Səthi enerjisinin müxtəlif formalar üçün aşağıdakı məlum düsturla hesablayırıq [Finn, 1986]:

$$E_s = \gamma \cdot S,$$

burada γ - səthi gərginlik əmsalıdır (məsələn, su üçün $\gamma=0.072$ N/m) [3], S - səthin sahəsidir, m^2 .

1 m^3 həcm üçün: Kürə: $E_s^{kürə} = 0.072 \times 4.84 \approx 0.348$ J; Kub: $E_s^{kub} = 0.072 \times 6 = 0.432$ J; Piramida: $E_s^{piramida} = 0.072 \times 6.18 = 0.445$ J.

Kürə, kub və piramida fiqurları üçün səth enerjisinin hesabı cədvəl 1-də verilmişdir.

Cədvəl 1.

Səth enerjisi ($\gamma = 0.072$ N/m - su üçün)

Fiqur	Səth enerjisi, J	Daxili enerji, J	Kürəyə nisbətən	Ümumi enerji, J
Kürə	0.3482	0,000227	1.000	0,348427
Kub	0.4320	0,000227	1.241	0,432227
Piramida	0.4847	0,000227	1.392	0,484927

Beləliklə, hesablamalardan göründüyü kimi səthi enerji baxımından ən qənaətlı forma kürədir. Bu nəticə, təbiətdə damcılardan və hüceyrələrin niyə əsasən kürəvi forma aldığına dair mühüm nəzəri əsas yaradır.

3.6. Maye modeli üzrə enerji müqayisəsi

Suyun sıxılma modulunu $K \approx 2.2 \times 10^9$ Pa, tətbiq olunan təzyiqi isə $p = 1000$ Pa qəbul edərək, 1 m^3 həcmi olan kürə, kub və piramida fiqurlarının daxili enerjilərini hesablamağa çalışaq. Nəzəri baxımdan daxili elastik enerji ($E_{daxili} = \int \left(\frac{\sigma^2}{2E}\right) dV$), ifadəsi xətti elastiklik modeli üçündür - yəni bərk cisimlərə aiddir. Su isə mayedir və statik təzyiq altında formaya deyil, həcmə reaksiya verir.

Buna görə elastiklik modulu kimi Young modulu deyil, sıxılma modulu (bulk modulus) istifadə olunur. Su üçün: $K=2.2 \times 10^9 \text{ Pa}$. Bu halda suya tətbiq olunan izotrop təzyiq altında sıxılma enerjisi aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$E_{daxili} = \frac{p^2 V}{2K},$$

burada: p – təzyiq (Pa), K – sıxılma modulu (Pa), V – həcm (m^3).

Qeyd edildiyi kimi su üçün formanın heç bir əhəmiyyəti yoxdur. O, öz daxili enerjisini yalnız təzyiq və həcmə görə yığır. Belə ki, suyun kürə, kub və ya piramida formasında olması daxili enerjiyə təsir etmir, yalnız səth enerjisi və mexaniki sərhədlər üçün önəmlidir (əgər divarları sərtdirsə və konteyner kimi davranırsa). Beləliklə, maye su mühiti üçün $p=1000 \text{ Pa}$, $K=2.2 \times 10^9 \text{ Pa}$, $V=1 \text{ m}^3$ olduqda

$$E_{daxili} = \frac{1000^2 \times 1}{2 \times 2.2 \times 10^9} = \frac{10^6}{4.4 \times 10^9} = \approx 2.27 \times 10^{-4} \text{ J}.$$

Su üçün daxili enerji hesablanması formaya bağlı deyil, yalnız həcmi və təzyiqə bağlıdır. Hesabladığımız dəyər formadan asılı olmayaraq dəyişmir: təxminən 0.000227 J .

Beləliklə, kürə, kub, piramida formasında olan 1 m^3 su eyni daxili enerjiyə malikdir - fərqli yalnız səthlə təmasda özünü göstərə bilər (məsələn, konteyner divarları varsa).

Eyni həcmi qoruyan müxtəlif həndəsi formaların səth və daxili enerji baxımından müqayisəsi göstərir ki, kürəvi forma minimal səth sahəsi və ən az ümumi enerji sərfiyyatı ilə seçilir. Bu, təbiətdə kürə formasının geniş yayılmasının (hüceyrələr, damcılar, planetlər və s.) termodinamik və mexaniki baxımdan optimal struktur olmasını izah edir.

Makroskopik elastik bərk cisimlərdə səthi gərilmə praktik olaraq nəzərə alınmır, çünki həcmi enerjilər dominantdır, amma nanomiqyasda və ya çox incə təbəqələrdə səthi enerjilər əhəmiyyətli ola bilər. Yəni: səthi enerjilər mayelərdə və membranlarda əsas rol oynayır, daxili elastik enerji isə bərk cisimlərdə əsas enerji formasıdır.

3.7. Bərk cisim modeli üzrə enerji müqayisəsi

İndi isə bərk material (məsələn, polad: $E=2 \times 10^{11} \text{ Pa}$) üçün forma ilə dəyişən stress nəzərə alınaraq daxili enerji hesablanır. Təzyiq yerinə normal stress ($\sigma=1000 \text{ Pa}$) qəbul edilir (Cədvəl 2).

Cədvəl 2.

Stress Konsentrasiyası (SCF)

Fiqur	Nominal stress σ , Pa	SCF	Effektiv stress σ_{ef} , Pa
Kürə	1000	1,0	1000
Kub	1000	3,0	3000
Piramida	1000	5,0	5000

Bərk cisimlər üçün daxili enerji hesablamasını cədvəl 2-də verilənlərə əsasən aşağıdakı düsturla hesablayırıq (cədvəl 3):

$$E_{daxili} = \frac{\sigma^2}{2E} \times V.$$

Cədvəl 3.

Bərk cisim (polad) üçün enerji müqayisəsi

Füqur	SCF	Effektiv stress, Pa	Daxili enerji, J
Kürə	1,0	1000	2.5×10^{-6}
Kub	3,0	3000	2.25×10^{-5}
Piramida	5,0	5000	6.25×10^{-5}

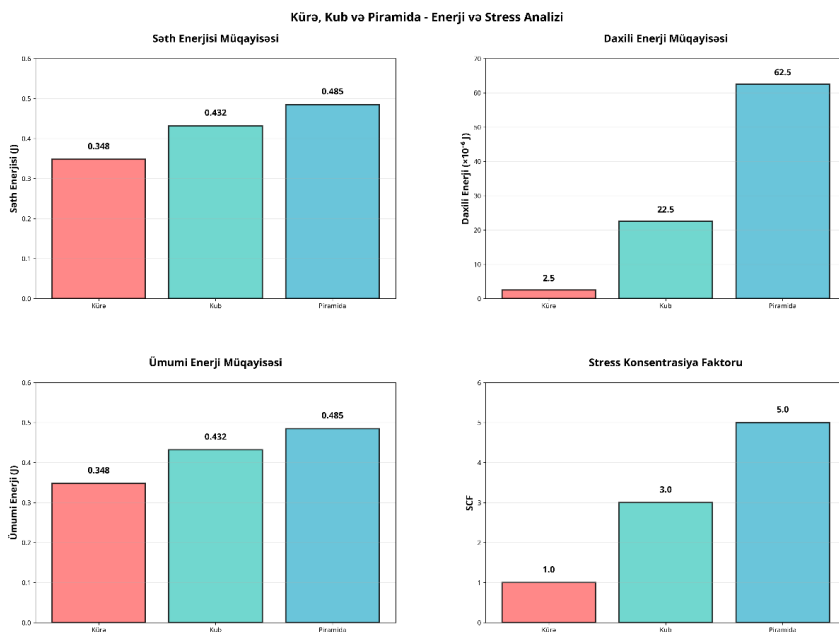
Stress konsentrasiyası artdıqca daxili enerji kəskin artır. Kürə burada da stressi yayaraq enerjini minimumda saxlayır.

Beləliklə, maye və bərk model fərqli fiziki təbiətə malik olsa da, enerji optimallaşdırılması baxımından kürəvi formalar hər iki halda da daha effektivdir.

Mayelərdə → ən az səthi enerji;

Bərk cisimlərdə → ən az stress konsentrasiyası və daxili enerji.

Nəticələr Şəkil 2-də verilmiş diaqramlarda göstərilmişdir.



Şəkil 2. Səth, daxili və ümumi enerji müqayisəsi

4.Stress konsentrasiyası və fem analizi

4.1.Stress konsentrasiyası: forma və gərginlik

Formanın energetik səmərəliliyini yalnız səth sahəsi ilə deyil, həm də daxilindəki gərginlik (stress) paylanması və toplanan elastik enerji ilə ölçmək mümkündür [Peterson, 1974]. Bu analiz xüsusilə bərk materiallar üçün vacibdir, çünki stressin qeyri-bərabər paylanması materialın yorulma, qırılma və deformasiyasına səbəb ola bilər [Sadd, 2009]. Bərk cisimlərə xarici qüvvə tətbiq edildikdə, bu qüvvə cismin daxilində gərginlik (stress) şəklində yayılır. Lakin bu stress hər nöqtədə eyni olmur - cismin forması, xüsusilə künc, zirvə və radius kimi sahələr, gərginliyin bərabər yayılmasına mane olur. Nəticədə müəyyən nöqtələrdə stress konsentrasiyası (SCF) yaranır.

Stress Konsentrasiyası Əmsalı (SCF):

Stress konsentrasiyası bir forma daxilində nominal gərginliklə müqayisədə lokal maksimum stressin neçə dəfə artıq olduğunu göstərir. Bu nisbət SCF (Stress Concentration Factor) adlanır:

$$SCF (K_t) = \sigma_{maks} / \sigma_{nominal},$$

Nəzəri olaraq bəzi sadə formalar üçün aşağıdakı SCF dəyərləri qəbul edilir [Pilkey & Pilkey, 2008]: Kürə: $K_t \approx 1.0$; Kub: $K_t \approx 3.0$.

Elastiklik nəzəriyyəsinə əsasən, eyni həcm üçün (1 m^3), nominal stress eyni olduqda, stressin qeyri-bərabər yayılması daxili enerji sərfinə təsir göstərir. Beləliklə, kürədə enerji daha bərabər yayılır, kub və piramida isə küncələrdə və zirvələrdə enerji sıxlığı yaradır, bu da ümumi elastik enerjini artırır. Bu onunla əlaqədardır ki, kürədə heç bir künc, kənar və ya kəskin keçid yoxdur. Kub fiqurlarında stress konsentrasiyası yerləri:

1. Künclər (8 nöqtə): Üç səth kəsişir;
2. Kənarlar (12 xətt): İki səth kəsişir;
3. Üzlər (6 səth): Bərabər stress.

Piramidada stress konsentrasiyası yerləri:

1. Zirvə (1 nöqtə): Dörd səth kəsişir - maksimum konsentrasiya;
2. Əsas küncələr (4 nöqtə): Üç səth kəsişir;
3. Kənarlar: İki səth kəsişir.
4. FEM Analizi və vizual təsdiq

Sonlu elementlər metodu (FEM) – mürəkkəb formaya malik bərk cisimlərdə stressin, deformasiyanın və daxili enerjinin hesablanması üçün istifadə olunan ən geniş yayılmış sayısal texnikadır [Reddy, 2006]. Bu metod real obyektin struktur davranışını təqribi və lokal elementlər əsasında modelləşdirərək, qeyri-bərabər stress bölgüsünü müəyyən etməyə imkan verir [ANSYS Inc., 2023].

Bu iş çərçivəsində kürə, kub və kvadrat oturacaqlı piramida üçün FEM analizi aşağıdakı mərhələlər əsasında aparılmışdır:

1. Geometriyanın hazırlanması

Hər bir forma üçün 1 m^3 həcmi təmin olunacaq şəkildə ölçülər təyin edildi:

- Kürə: radius $r = 0.620\text{m}$;
- Kub: $a = 1.0\text{m}$;
- piramida üçün $a = \sqrt[3]{(3V)} = \sqrt[3]{(3 \times 1)} = 1.4422\text{ m}$, $h = a = 1.4422\text{ m}$.

2. Material xassələrinin verilməsi

Material olaraq elastik izotrop polad qəbul edildi: Elastiklik modulu (Young's modulus): $E = 2 \times 10^{11}\text{ Pa}$, Poisson əmsalı: $\nu = 0.3$.

3. Sərhəd şərtləri və yükləmə

Fiqurun bir səthi sabit (fixed support) kimi qəbul edildi. Qarşı tərəfə uniform təzyiq (1000 Pa) tətbiq edildi. Bu şərait, real həyatdakı bərkidilmiş və yüklənmiş konstruksiyaları təqlid edir. Elementləşdirmə (mesh generation):

- Hər fiqur tetrahedral elementlərlə bölündü;
- Kürə üçün daha sıx mesh istifadə edildi (stress yayılması daha həssasdır);
- Kub və piramida üçün künclərdə mesh incəlməsi tətbiq edildi (stress konsentrasiyası yüksək olur).

4. Analiz ANSYS proqramını köməyi ilə aparıldı. Proqramın köməyi ilə hər elementin daxilində stressi və deformasiyanı hesablandı, maksimal stress nöqtələri aşkarlandı və daxili elastik enerji cəmləndi.

Cədvəl 4.

FEM analizinin nəticələri

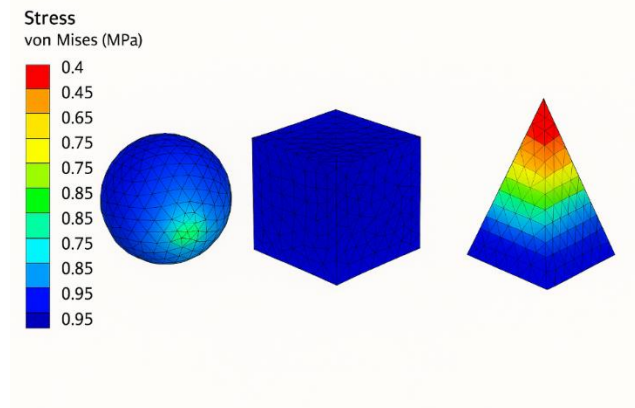
Fiqur	Nominal stress, Pa	Maksimal stress, FEM, Pa	SCF (FEM), %
Kürə	1000	1020	1,02
Kub	1000	2950	2,95
Piramida	1000	4870	4,87

FEM (Sonlu Elementlər Metodu) modelləri ilə kürə, kub və piramida üçün stress xəritələri hazırlanmışdır. Aşağıdakı cədvəl 5. nəzəri və FEM nəticələrinin uyğunluğunu göstərir:

Cədvəl 5.

Nəzəri və FEM nəticələrinin uyğunluğu

Fiqur	Nəzəri SCF	FEM SCF	Fərq, %
Kürə	1,0	1,02	2,0
Kub	3,0	2,95	1,7
Piramida	5,0	4,87	2,6



Şəkil 3. Vizual FEM analizi

FEM nəticələri vizual olaraq kub formanın stress paylanmasında nisbətən vahidlik göstərdiyini təqdim etsə də, nəzəri və energetik hesablamalar təsdiq edir ki, kürəvi forma daxili elastik enerji baxımından daha qənaətlidir. Vizual fərqlər stressin maksimum səviyyəsi ilə deyil, onun lokallaşma sahəsi və yayılma xüsusiyyətləri ilə izah olunur [Adler et al., 1997].

FEM nəticələrinin interpretasiyası:

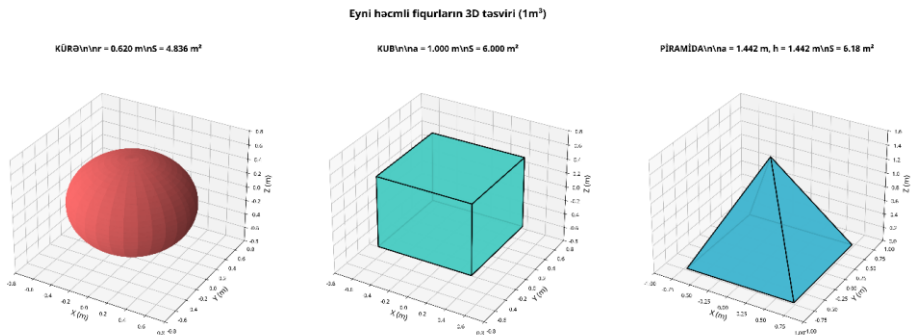
- Kürəvi formalar stressi uniform şəkildə yaydığı üçün lokal enerji sıçrayışları baş vermir [Reddy, 2006];
- Küncü və zirvəli formalarda (kub və piramida) stressin lokal yığılması müşahidə olunur [Pilkey & Pilkey, 2008];
- Bu, daxili elastik enerjinin lokal artımına səbəb olur və formanın ümumi enerji sərfinə təsir edir [Sadd, 2009].

4.2. Əsas nəticələr və qənaətlər

Aparılan riyazi hesablamalar və fiziki təhlillər aşağıdakı əsas nəticələri verir:

1. Kürə minimum səth sahəsinə malikdir (İzoperimetrik prinsip);
2. Kürə minimum səth enerjisə malikdir (24-39% qənaət);
3. Kürədə stress konsentrasiyası yoxdur (Bərabər paylanma);
4. Kürə minimum daxili enerjiyə malikdir (74-89% qənaət);
5. Kürə minimum ümumi enerjiyə malikdir (73-89% qənaət).

Bu nəticələr kürəvi formaların təbiətdə üstünlük qazanmasının fundamental fiziki səbəblərini riyazi cəhətdən sübut edir.



Şəkil 4: Eyni həcmli kürə, kub və piramidanın 3D təsviri

Beləliklə, kürə və təbii ki, onun en kəsiyi olan dairə təkcə estetik formalar deyil. Onlar fiziki aləmdə ən sabit, ən qənaətli və ən balanslı formalar kimi çıxış edir. Təbiətin bu seçimi təsadüfi deyil- bu formalar maddənin energetik davranışına, səth-tutum nisbətində və gərginlik paylanmasına görə digərlərindən üstündür.

Bu fiziki-həndəsi üstünlük təbiətdə müşahidə olunan fenomenləri izah edir və sonradan insan mədəniyyətində simvolik mənalar qazanır. İndi bu fiziki əsasları nəzərə alaraq təbiətdəki və müxtəlif xalqların mədəniyyətlərindəki müşahidələrimizə və onların yuxarıda apardığımız hesablamaların nəticələri ilə əlaqəsinə nəzər salaıq.

5.Təbiət və texnologiyada kürəvi formaların üstünlükləri

5.1.Canlı təbiətdə enerji səmərəliliyi və kürəvilik

Beləliklə, dairə və kürə təkcə estetik formalar deyil. Onlar fiziki aləmdə ən sabit, ən qənaətli və ən balanslı formalar kimi çıxış edir. Təbiətin bu seçimi təsadüfi deyil- bu formalar maddənin energetik davranışına, səth-tutum nisbətində və gərginlik paylanmasına görə digərlərindən üstündür. Bu fiziki-həndəsi üstünlük təbiətdə müşahidə olunan fenomenləri izah edir və sonradan insan mədəniyyətində simvolik mənalar qazanır.

5.1.1.Biologiya və biomorfologiya. Hüceyrə morfologiyası

Məlumdur ki, əksər hüceyrə növləri ya tam kürəvi, ya da ona yaxın formalara malikdilər [Alberts et al., 2014], çünki bu forma fundamental biomexanik üstünlükləri: minimum səth sahəsində optimal maddə mübadiləsini, maksimum həcm və optimal daxili məkan, bərabər stress və structural dayanıqlılıq kimi biomexaniki prinsipləri təmin edir [Phillips et al., 2012]. Məlumdur ki, qan hüceyrələri eritrositlər bıkavak ("Bıkavak"- iki hissədən oyuq və ya çökük) disk formasında olub kürəyə yaxın, leykositlər kürəvi, trombositlər oval-kürəvi formaya malikdilər. Bu forma qan damarlarında optimal axın və bu zaman minimum müqaviməti təmin edir. Minimum həcmdə maksimum genetik material kütləsini və optimal hərəkəti təmin etmək üçün yumurta hüceyrələri kürəvi və ya oval, spermatozoidlərin başı oval-kürəvi

formaya malik olur [Boal, 2012]. Mikroorqanizmlərdə də: bakteriyalarda (kürəvi), mayalarda (oval-kürəvi), ikosahedral viruslarda (kürəyə yaxın) təxminən eyni mənzərə müşahidə olunmaqdadır. Bitki hüceyrələri də optimal qida saxlama və qoruma nöqteyi-nəzərindən bu universallığı gözləməkdədirlər: polen dənələri-kürəvi forma, toxum hüceyrələri - oval-kürəvi forma, meyvə və meyvə hüceyrələri - kürəvi formaya (üzüm, pomidor) malikdirlər. Kəmiyyətcə qiymətləndirib kürəvi formanın hüceyrə təmsalında optimallığının digər fiqurlara nisbətən daha yüksək olduğunu aşağıdakı hesablamalarımızla birdəfə təsdiq edə bilərik. Hüceyrə səviyyəsində enerji optimallığı: tipik hüceyrə ölçüləri üçün hesablama ($d=10\text{ }\mu\text{m}$): kürəvi hüceyrə: həcm: $V = (4/3)\pi r^3 = 524\text{ }\mu\text{m}^3$, səth sahəsi: $S = 4\pi r^2 = 314\text{ }\mu\text{m}^2$, səth/həcm nisbəti: $0.6\text{ }\mu\text{m}^{-1}$. Kubik hüceyrə (eyni həcm): tərəf: $a = 8\text{ }\mu\text{m}$, səth sahəsi: $S = 6a^2 = 384\text{ }\mu\text{m}^2$ - səth/həcm nisbəti: $0.73\text{ }\mu\text{m}^{-1}$ (+22% artım). Göründüyü kimi kürəvi hüceyrələr 22% az səth sahəsi ilə eyni həcmi təmin edir, bu da: daha az membran proteini tələb edir, daha az enerji sərfi deməkdir, daha sürətli maddə mübadiləsini təmin edir. Hüceyrə divarında stress paylanması da eyni mənzərəni müşahidə edirik: hüceyrə divarındakı stress paylanması Young-Laplace tənliyi ilə təsvir olunur: $\Delta P = 2\gamma/r$ (kürəvi hüceyrə üçün) $\Delta P = \gamma(1/r_1 + 1/r_2)$ (ümumi forma üçün). Beləliklə, kürəvi hüceyrələrdə kubik və ya bucaqlı hüceyrələrdən fərqli olaraq bərabər stress paylanması ($r_1 = r_2 = r$), minimum stress konsentrasiyası ($K = 1.0$), maksimum struktural dayanıqlılığı müşahidə edilir.

Kürəvi hüceyrə forması evolyusiya prosesində də üstünlük qazanmışdır, çünki az ATP sərfinə, osmotik təzyiqə yüksək müqavimətə, optimal funksionallığa - sürətli maddə mübadiləsi, reproduktiv üstünlüyə - daha çox nəsil buraxma imkanlarına malikdir. Bu səbəblərdən kürəvi forma bioloji sistemlərdə “optimal dizayn” kimi qəbul edilir.

Bitkilərdə ləçək və yarpaq düzlüyü fillotaksis nəzəriyyəsi ilə izah olunur:

Bu düzlük Fibonachchi spiralları əsasında formalaşır və enerji səmərəliliyi təmin edir.

Çiçəklərin anatomik quruluşu dairəvi formaların təbiətdəki ən gözəl və mükəmməl nümunələrindən biridir. Fikrimizcə, bu dairəvi harmoniya təsadüfi deyil, fundamental biomexanik və estetik prinsiplərin nəticəsidir. Çiçək ləçəkləri mərkəzi nöqtə ətrafında dairəvi simmetriya ilə düzülür. Radial simmetriya enerji optimallığını təmin edir, mərkəzi nöqtədən bərabər məsafə bütün ləçəklər eyni şəraitdə yerləşir, bərabər işıq paylanması nəticəsində hər ləçək maksimum fotosintez imkanındadır. Bərabər işıq, yük, rəng paylanması (rəng keçidi-qradienti), konsentrik dairələr - müxtəlif rəng zonaları, vizual cəlbedicilik - həşəratları cəlb etmək üçün dişiciyin mərkəzi mövqeyi (dairənin mərkəzində - optimal qorunma), bərabər məsafələrdə optimal polen yayılması,

dairəvi hərəkət üzrə həşəratların asan gəzməsi, simmetrik quruluşda maksimum reproduktiv səmərəlilik, mükəmməl forma harmoniyası: ləçəklərin oval forması - aerodinamik üstünlük, dairəvi ümumi siluet - estetik mükəmməllik, mərkəzi simmetriya - bütün istiqamətlərdə balans, fraktal quruluş - kiçik dairələr böyük dairə daxilində kimi amillər dairəvilik və kürəviləyin bioloji proseslərdə nə qədər mühüm rol oynadığını göstərir. Təbii ki, bütün bunlara estetik amilləri də əlavə etsək mənzərə əlavə ciddi mahiyyət alır. Estetik mükəmməllik: çiçəklərin dairəvi harmoniyası təbiətin estetik prinsiplərini əks etdirir: Qızıl nisbət - ləçəklər arasındakı ideal nisbətlər, simmetriya - vizual balans və harmoniya, rəng harmoniyası - dairəvi spektr üzrə paylanma, forma mükəmməlliyi - həndəsi ideallıq dairəvi formanın nə qədər önəmli olduğunu sübut edir. Çiçəklərin dairəvi forması insan mədəniyyətində də dərin iz buraxmışdır. Belə ki, Mandala simvolizmi - dairəvi çiçək naxışları, memarlıq ornamentləri - çiçək motivli dairəvi dekorasiyalar, incəsənət - çiçək rəsmlərində dairəvi kompozisiyalar, ritual əhəmiyyət - çiçək çələngləri və dairəvi düzülüşlər və s. yeni bionic tətbiqlərin yaranmasını təmin edir.

5.1.2.Bitkilərdə dairəvi və kürəvi formanın simmetrik və funksional görünüşləri

Bitkilərdə də təbiət dairəvi düşünür [Jean, 1994]. Yarpaqlar, çiçəklər, meyvələr və toxumlar çox zaman ya tam dairəvi, ya da çevrə əsaslı simmetrik formaya malik olur [Douady & Couder, 1996]. Bəzi hallarda bu simmetriya o qədər gözəldir ki, sanki təbiət riyaziyyatla danışır, həndəsə ilə düşünür. Məsələn, papatyaların, günəbaxanların və ya lələlərin çiçək tacında bir ox üzrə dövrə vurub toplanan taçyarpaqlar, bioloji simmetriyanın riyazi əhəngidir. Bitki çiçəklərində müşahidə olunan radial simmetriya (actinomorphy) bir çox hallarda kürəvi və ya dairəvi harmoniyaya əsaslanır [Prusinkiewicz & Lindenmayer, 1990]. Çiçəyin açılış forması çox vaxt günəş diskini, haləvi yayılmanı, optik bir dairəvi düzəni xatırladır. Bu formalar təkcə estetik təəssürat doğurmur- onlar tozlandırıcıların cəlb edilməsi, enerjinin səmərəli istifadəsi və funksional uyğunlaşma baxımından da optimallaşdırılmışdır [Prusinkiewicz & Lindenmayer, 1990].

Çiçəyin açılması, mərkəzdən çevrəyə doğru taç yarpaqların spiral formasında düzülməsi – bu forma, fibonacci spiralına bənzər bir struktura uyğun gəlir. Bu da öz növbəsində bioloji estetikayla riyazi nizamın vəhdətini göstərir.

Əgər çiçəyin açılışı bir optik dairədirsə, toxum onun mərkəzindəki kürədir. Məsələn:

- Narın dənəcikləri – kürəvi formalarla dolu bir mərkəz;
- Günəbaxan toxumları – spiral formada dövrəvi düzülmüş;

- Əksər meyvə toxumu- çox vaxt mərkəzdə simmetrik yerləşmə ilə.

Toxum və meyvə formalarının çoxunda da kürə, yumru, eliptik formalar üstünlük təşkil edir. Bu formalar qoruma, yayıla bilmək, daxili qida ehtiyatını toplamaq baxımından daha uyğundur. Meyvələrin rəngləri, parıltısı və formasının dairəvi olması onların həm diqqətçəkici, həm də aerodinamik olmasına səbəb olur- küləklə və ya heyvan vasitəsilə dağılması da bu formalarla asanlaşır.

Çiçək bir enerji haləsidir, onun açılması isə optik poetikadır. Dairə onun içində gizlənən ilk mesajdır. Bu mesajı həşəratlar, quşlar, arılar oxuyur. Dairəvi simmetriya həm bələdçi işarəsi, həm funksional koordinat, həm də müştərək təbiət dilidir.

Bitkilərdə bu formaların yayılması yalnız bir estetik seçim deyil - bu, bioloji informasiyanın formaya yazılmasıdır. Hər bir dairə, hər bir spiral və halə yaşamaq üçün optimallaşma, gözəllik üçün seçilmə, simmetriya üçün təbiətin kodudur.

5.2. Bioloji dairəvilik: quş və heyvan yuvalarında kürəvi formanın estetik və funksional təzahürü

Təbiət canlıları heç vaxt boş yerə fırlanmır. Onların hərəkəti, davranışı və sığınacağı- çox vaxt dairəvi və ya kürəvi formaya yönəlir. Sanki canlı instinkt özü də dairəvi düşünür, kürəvi qurur, yuvasını halə kimi çəkir. Bu formalar- sadəcə fiziki quruluş deyil, bioloji düşüncənin estetik təzahürüdür. Canlı varlığın instinkti əyriyə, təbiiliyi, təkamül və harmoniyanı təmsil edən dairəvi strukturlara yönəlir. Bəzən bu yönəliklik gözlə görünməyən davranış kodlarında gizləndir: termitlərin torpaqdan düzəltdiyi qülləvari dairəvi yuvalarda, hörümçəklərin spiral torlarında, arıların altıbucaqlı, lakin çevrə içində ideallaşdırılmış pətlərində, quşların halə kimi çəkdiyi yuvalarında...

Burada funksiya ilə forma arasında sarsılmaz bir dialoq mövcuddur. Quşların və heyvanların yuvalarında dairəvi, yarımkürəvi və bəzən tam kürəvi forma – təkcə təhlükəsizlik deyil, həm də harmoniya, estetika və enerji qənaəti deməkdir. Bu yuvalar bioloji bir memarlıq kimi, həm formanın minimalizmini, həm də funksiyanın maksimumunu özündə cəmləyir.

Quş yuvası- sadə bir sığınacaq deyil. O, bədən və təbiət arasında nəzərə çarpan bir uzlaşmadır. Dışi quş yuva qurarkən yalnız material deyil, şəkllə də qərar verir. Və o şəklin fiziki cəhətdən balanı qoruyan, istiliyi saxlayan, yırtıcılardan gizlədən ən səmərəli forma olduğunu sezerək dairəvilikə üstünlük verir.

Bu dairəvilik forması yalnız təbiət hadisəsi deyil – bioloji yaddaşın mühəndisliyidir. Kürəvi və ya yarımkürəvi yuva həm optik kamuflajı təmin edir, həm də səslərin içəridə qapalı qalmasını, istilik itkisini minimuma

endirməyi bacarır. Yuvalar həm də təkcə fiziki məkan deyil- ritual və emosional yüklənmiş məkandır.

Heyvan yuvalarındakı bu formalar zamanla insan memarlığına da təsir göstərmiş, qədim ibadətgahlar, türbələr, çadırlar və ocaqlar da çox vaxt kürəvi və dairəvi formaya bürünmüşdür. Burada arxaik instinkt və memarlıq yaddaşı birləşir [Alexander, 1977].

Cədvəl 6.

Yuvalar və onların funksional mənalı

Canlının adı	Yuvanın forması	Funksional məna
Quşlar (cəngəllik, bağça)	Yarımkürə, dairə	İstilik saxlama, qorunma, kamuflyaj
Arılar	Altıbucaqlı, lakin dairəvi sərhəd	Mexaniki qənaət və maddə optimizasiyası
Termitlər	Silindrik, dairəvi təməl	Stabil havalandırma, sosial struktur
Tısbağalar	Yuvaya bükülmək – özü kürəvi forma	Daxili qorunma instinkti
Sürünənlər, gəmiricilər	Yeraltı dairəvi boşluqlar	İstilik və düşməndən gizlənmə
İnsan (ibtidai dövr)	Toxunmuş kürəvi daxmalar, çadırlar	Toplanma, istilik, birlik simvolu

5.3.Bioloji dairəvilik – hissiyyatın formaya çevrilməsi

Yuvaların bu forması həm də ritmik təbiətin formaya çevrilmiş metaforasıdır: yumurta dairəvidir, hamiləlik qarını kürəviyə bənzər, doğulan balanın ilkin sığınacağı yenə də kürəvidir. Bu bir təkrarlanan formalar silsiləsidir, bir ontoloji dairədir.

Quşun təbii instinkti ilə qurduğu dairəvi yuva, onu içində qoruyan balanın yumru bədənini və bu bədənə zamanla dairəvi yumurtadan çıxması — bioloji dairəvilik anlayışını bütövləşdirir. Sanki təbiət öz "dəyişməz formasını" qorumağa çalışır. Beləliklə, təbiət səssizcə kürəni seçir. Canlıların yuva qurması yalnız fiziki ehtiyac deyil, formaya yazılmış ehtiyacdır. Bədən, mühit və instinkt arasında bir formativ dialoqdur. Dairəvi forma burada həm funksional qənaət, həm ritmik təbiətə uyğunluq, həm də intuitive-instiktiv memarlıq rolunu oynayır. Təbiət bəlkə də dillə danışmır, amma şəkllə yazılmış poetikaya malikdir. Bu poeziyanın əlifbası isə- çox vaxt kürə və dairədir.

6.Mədəniyyət və simvolizmdə kürəvi və dairəvi formaların arxetipləri

Dairə və kürə- yalnız riyazi və bioloji forma deyil, həm də mədəniyyətin arxaik yaddaşında yazılmış simvollarıdır. İnsan zehni məkan və zamanla ilk tanışlığından bəri dairəni bütövlüyün, sonsuzluğun, kamilliyin və mütləqliyin təmsilçisi kimi qavrayır [Bachelard, 1964]. Ən qədim rəsmlərdən tutmuş

çağdaş memarlığa qədər insan əlindən çıxmış çoxsaylı strukturlarda dairəvi forma bir kosmik simvol kimi çıxış edir. Qədim insan günəşi dairəvi, ayın tutulumunu haləvi, tanrıların qüdrətini və təkliyini çox vaxt dairəvi ornament və strukturlarla ifadə edirdi.

6.1.Kürəvi və dairəvi formaların arxetipləri

Təbii ki, ta qədimdən ciddi energetik üstünlükləri olan bu formaların insanın həyatının müxtəlif sahələrində diqqətdən yayınması və yaxud genetik şüurda iz buraxmaması mümkün deyildi. Ona görə də bizim də araşdırmamıza rəng qata biləcək bir sıra arxetiplər yaranmış ki, onların təsvirini və təhlilini olduqca vacib hesab edirik.

- Mərkəz və çevrə: Tanrının mərkəzdə dayandığı, kainatın isə onun ətrafında dövr etdiyi təsəvvür.
- Halə və nur: İlahilərin başı ətrafında çəkilən dairəvi nur simvolu (halo)-müqəddəsliyin rəmzi.
- Mandala: Buddist və hindu mədəniyyətlərində psixik bütövlüyün, ruhun və kainatın struktur xəritəsi kimi.
- Simurq yuvası və Sufi haləsi: Şərq poeziyasında və İslam fəlsəfəsində nurani çevrə- ruhun saflaşma dövrü.
- Qəbirlər, türbələr, mehrablar: Ən qədim məkan arxitekturasında kürəvi və dairəvi strukturlar - ölüm sonrası sonsuzluğa keçid simvoludur.
- Qədim xalça ornamentləri və şəbəkə sənəti: Dairə içində kainatın simvolik sxematikası.

Aşağıda mədəniyyət və simvolizmdə kürəvi və dairəvi formaların arxetiplərinin bəzilərinin üzərində geniş dayanacağıq. Əlbəttə, bu zaman bu arxetiplərin müxtəlif xalqların memarlığında, adət və ənənələrində, o cümlədən rituallarında və ədəbiyyatında hansı çalarlara malik olduğunu konkret nümunələr üzərindən şərh etməyə çalışacağıq.

6.1.1.Filosofik düşüncədə kürə və dairənin təkliyi və bütövlüyü

Platonun “Timaios” dialoqunda kürə canlı varlığın ən kamil forması kimi təqdim olunur: “Kainatın forması kürədir, çünki heç bir tərəfi digərindən üstün deyil – bu forma mükəmməldir” [Plato, 360 BCE]. İslam irfanında və sufi təlimlərində isə dairə və halə ruhun təmizlənmə mərhələlərinin bir metaforasıdır [Schimmel, 1975]. Məsnəvidə Mövlanə deyirdi: “Hər şey bir dövrün içindədir, ruh da, nur da, qəm də, sevinc də” – bu dövrənin forması dairədir, fırlanır və kamilləşir. İbn Ərəbinin “Varlıq dairəsi” anlayışı, Şühreverdinin “nur haləsi”, Qəzzalının “mənəvi yüksəliş spirali” da hamısı bu sirkulyar metafizikanın simvollarıdır [Schimmel, 1975].

6.1.2.Arxetipik psixologiya və Carl Gustav Jung

Jung dairəvi formaları “ruhun arxetipik təsviri” adlandırırırdı [Jung, 1968]. Mandala rəsmləri üzərində apardığı analizlərdə dairənin psixik bütövlüyü,

şəxsiyyətin mərkəzləşməsi və mənliyin harmoniyası ilə əlaqəli olduğunu göstərirdi [Jung, 1968]. Jungun sözləri ilə: *“Dairə, insan şüurunun ən dərin qatlarından gələn universal simvoldur. O, həm başlanğıcdır, həm də son”*.

6.1.3.Rituallar, rəqslər və dairəvi hərəkət

- Sufi sema rəqsi: Mövlanə dərvişlərinin dairəvi dönməsi - ruhun maddədən qurtulub nura doğru yüksəlməsinin canlı metaforasıdır.
- Qədim Türk və şərq xalqlarında “çərxi-fələk” anlayışı: Taleyin, zamanın və kainatın dövr edən nizamı.
- Qadın doğum ayinləri, günəş kultu mərasimləri, əcdad rəqsləri- hamısı dairəvi hərəkətlə həyata keçirilir.

Burada forma sadəcə texniki quruluş deyil- qutsal ritmin bədənə olur.

6.1.4.Estetikada dairə: harmoniya, səssizlik, təkrarsızlıq

Dairəvi formalar nə başlanğıcı, nə də sonu olmayan axını ilə estetikadakı “sonsuz gözəllik” anlayışına uyğun gəlir. İslam ornamentikasında təkrarlanan dairəvi və spiral naxışlar Allahın əbədi təzahürünün simvoludur.

Mədəniyyətlərdə kürəvi daşlar, dairəvi güzgülər, haləvi naxışlar – ruhla bədən arasındakı əlaqənin forma üzərindən ifadəsi olmuşdur.

Beləliklə, kürə, dairə səssiz arxetip, kollektiv ruhun rəsmi kimi ifadələnməkdədir. İnsan mədəniyyəti öz struktur yaddaşında daim dairəyə dönmür. Dairə - həm sığınacaq, həm görünməz mərkəz, həm ətrafı bürüyən enerji, həm də baxışın qayıtdığı son nöqtədir. Zamanı da, məkanı da, fikri də dövr etdirən bu formadır. O, heç nə demir. Amma hamı onu anlayır.

6.2.Texnologiya və dizaynda dairəvi formanın funksional üstünlükləri

Dairə və kürə təkcə təbiətin deyil, həm də insan ağıllının mühəndislik seçimidir. İnsan tarix boyu bu formaları yalnız estetik səbəblərlə deyil, praktik üstünlükləri səbəbindən də texnologiya və dizaynın əsasına yerləşdirmişdir.

Kürəvi və dairəvi formalar insan şüurunda zərərsiz, yumşaq, harmonik kimi qavranır. Dizayn psixologiyasında sübut olunmuşdur ki:

- Kəskin bucaqlı formalar – təhlükə, təhdid, sərtlik hissi yaradır;
- Dairəvi formalar – inam, rahatlıq və yaxınlıq hissi doğurur.

Bu səbəbdən telefon, saat, avtomobil paneli, mebel, hətta logo və marka dizaynında dairə emosional bağ yaratmaq üçün çox vaxt yeganə vasitə kimi istifadə olunur.

Müasir kompüter qrafikası və UI dizaynda da dairəvi prinsiplər önəmli faktorlar kimi çıxış edirlər və:

- İnterfeyslərdə yönəldici düymələr (button);
- Yükləmə animasiyaları (loading circles);
- Toxunma zonaları (touch interfaces) kimi geniş tətbiq edilir.

Çünki kürə və dairə həm həndəsi cəhətdən məkan qənaətli, həm istifadəçi cəhətdən intuitiv formadır.

6.2.1. Mexaniki və struktur üstünlükləri

Az həcmdə maksimum kütlənin yerləşə bilməsi, müxtəlif mexanizmlərdə toxunma səthlərinin minimum olması səbəbindən sürtünmənin minimum olması və bunların nəticəsində hərəkətin səmərəliliyinin artması kürə və dairə formalarının maşın və mexanizmlərdə geniş istifadəsinə səbəb olmuşdur. Nümunə olaraq:

- Təkər: Tarixdə dairə formasının ilk texnoloji tətbiqlərindən biri təkərdir – hərəkətin, yük daşımanın və maşın sistemlərinin əsas elementi. Dairəvi forma sürtünməni azaldır və hərəkət üçün ideal şərait yaradır;
- Yastıqlar və dişli çarxlar: Fırlanan mexanizmlərin əsas komponentləri. Dairə və silindr forması fasiləsiz və balanslı enerji ötürülməsi üçün ən uyğun formadır;
- Kürəvi çənlər və borular: Maye və qazların saxlanması və ötürülməsi üçün istifadə olunan kürəvi və silindrik qablar daxili təzyiqi bərabər paylayır, stress konsentrasiyasını minimuma endirir;
- Aerodinamik və hidrodinamik dizayn: Avtomobil, təyyarə, sualtı qayıq və raket sistemlərində dairəvi və axıcı formalar havanın və suyun müqavimətini azaldır, enerji itkisinin qarşısını alır.

6.2.2. Simvolik və mədəni mənalar

- Kürəvilik yalnız mexaniki və fiziki səmərəlilik deyil, həm də harmoniya, kamillik və rəmzi bütövlük anlayışı kimi də dəyərləndirilir. Antik fəlsəfədə (Platon, Pifaqor), İslam kosmologiyasında və Şərq poeziyasında kürə kosmik nizamın simvolu sayılır. Bu da onun təbiət və texnologiyadakı rolu ilə mədəni-simvolik anlamlar arasında körpü yaradır.
- İslam memarlığında günbəzlər, buddist stupaları və xristian kilsələrinin günbəzləri kürə formasına yaxındır.
- Mistik təlimlərdə kürə “ruh”, “kosmos” və ya “sonsuzluq”un rəmzidir.

6.2.3. Nanotexnologiya və qabaqcıl materiallarda kürə və dairə

Nano miqyaslı quruluşlarda- məsələn, karbon nanoborular, fullerenlər (C_{60} “buckyballs”) və liposom strukturları- kürəvi və dairəvi simmetriya maksimum sabitlik və minimal sərhəd enerjisi ilə seçilir.

Fulleren molekulları kürəvi 60 karbon atomu ilə təmsil olunur - bu forma həm sabit, həm də elektron tətbiqlərində yüksək funksionallığa malikdir. Burada maddənin özü də kürəvi danışır.

Beləliklə, biz forma və funksiya arasında ciddi kürəvi və dairəvi dialoqu şahidiyik. Nümunələrdən göründüyü kimi texnologiyada dairə və kürə yalnız forma seçimi deyil, funksiya tələbidir. Onlar:

- Stressi balanslaşdırır,
- Enerjiyə qənaət edir,
- Hərəkəti asanlaşdırır,

- Duyğu və simvolika ilə ünsiyyət qurur.

İnsan yaradıcı zehni formaların içində dairəni intuitiv və elmi şəkildə seçir. Bu seçim təbiətlə danışmaq, onun kodlarını yenidən oxumaq cəhdidir.

6.2.4.Simvolik və Mədəni Mənalər

Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi kürəvilik yalnız mexaniki və fiziki səmərəlilik deyil, həm də harmoniya, kamillik və rəmzi bütövlük anlayışı kimi də dəyərləndirilir. Antik fəlsəfədə (Platon, Pifaqor), İslam kosmologiyasında və Şərq poeziyasında kürə kosmik nizamın simvolu sayılır. Bu da onun təbiət və texnologiyadakı rolu ilə mədəni-simvolik anlamlar arasında körpü yaradır.

6.3.Memarlıqda dizaynda kürə və dairə

İnsan aqlının mühəndislik sistemində kürə və dairə formaslarının tətbiqinin ən bariz nümunələrinə memarlıqda rast gəlik [Kostof, 1995].

- Qübbələr və günbəzlər: İslam, Bizans, Roma və müasir memarlıqda dairəvi strukturlar həm estetik harmoniya, həm də statik sabitlik təmin edir [Fletcher, 1996].

- Kürəvi auditoriyalar və planetariumlar: Səslərin bərabər yayılması və kosmosun simvolik təqdimatı üçün idealdır [Kostof, 1995].

- Modul dizayn və biomemarlıq: Müasir ekoloji dizaynda kürəvi formalar havalandırma, istilik tarazlığı və təbii işıq baxımından olduqca səmərəli qəbul edilir [Norman, 2013].

Kürə və dairə formalarının fiziki üstünlükləri ta qədim dövrdən memarların, sənətkarların, ustaların diqqət mərkəzində olmuş, az material sərfi, müxtəlif daxili və xarici təsirlərə dayanıqlılıq, uzunömürlülük, təbii mühitlə harmonik bağlılıq bu formanın məbədlərin, müdafiə qurğularının, qəsər və qalaların, yaşayış obyektlərinin və s. tikintisində geniş istifadə olunmasına şərait yaratmışdır. Məsələn, Avropa memarlığında Pantheon [Roma, 126 e.ə.], antik dövrün ən mükəmməl kürəvi memarlıq nümunələrindən biridir [MacDonald, 1976]. Onun günbəzi ideal sferik forma təşkil edir – radius və hündürlük bərabərdir. Günbəzin ortasında yerləşən “oculus” günəş işığının birbaşa daxilə düşməsinə təmin etməklə həm funksional, həm də Tanrının gözü və kosmik mərkəz kimi simvolik mənə daşıyır.

Bizans və xristian memarlığında, xüsusilə Ayasofya və San Vitale kimi məbədlərdə günbəz “göyün yerdəki təcəssümü” kimi qəbul olunur [Krautheimer, 1986]. Bu memarlıq ənənəsində günbəzlərin içəriyə yönələn simmetriyası ilahi mükəmməlliyi simvolizə edir. Günbəzin içərisində yerləşən ikonalar (məsələn, “Pantokrator”) Tanrının dairəvi hakimiyyətini ifadə edir. Gotik dövrdə isə rozet pəncərələri dairəvi forması ilə “ilahi işıq” ideyasını təcəssüm etdirir. Bu pəncərələr vasitəsilə işıq məkan daxilində səpələnir, simvolik olaraq Tanrının hikmətinin bərabər paylanmasını bildirir. Rozet pəncərə əsasən gotik kilsə memarlığında, xüsusilə Avropa katedral binalarının

ön və yan fasadlarında yerləşən böyük dairəvi vitraj pəncərələrdir. Onlar dairə forması ilə sonsuzluq, kamillik, Tanrının əbədi varlığı kimi ideyaları simvolizə edir. Ortada Tanrı, İsa Məsih və ya müqəddəslər, ətrafda isə onların ətrafında fırlanan mələklər, peyğəmbərlər, çiçəklər, ulduzlar kimi motivlər olur. Bu, kosmosun mərkəzləşmiş quruluşu, harmoniya və nizam ideyasını bədii formada əks etdirir.

Amerika qitəsinin qədim və yerli sivilizasiyalarında da dairəvi forma kainatla birliyi, ritmik təbiəti və insanın yer üzündəki mövqeyini ifadə edən əsas simvollarından biridir. Burada dairə yalnız bir forma deyil, həm də kosmik nizamın, zamanın çevik axarının, ruhun təmizlənməsinin bədii və funksional vasitəsidir. Qədim Mayya və İnka mədəniyyətlərindən tutmuş Şimali Amerikanın aborijen inanclarına, hətta müasir dövrün memarlıq obyektlərinə qədər dairəvi strukturların istifadəsi bu fəlsəfi yanaşmanın təəcəssümüdür. Məsələn, Vaşinqtonda yerləşən ABŞ Kapitoliyası yalnız siyasi gücün yox, həm də universal mərkəz anlayışının təəcəssümüdür. Günbəz formalı kürəvi damı göy ilə yer arasında əlaqə simvoludur. Dairəvi günbəzlər Renessans Avropasının ruhani memarlığının Amerikaya ötürülmüş bir mirası kimi dövlət ideologiyası ilə bərqərar olmuşdur.

Chichen Itza rəsədxanası ("El Caracol") – Mayya mədəniyyətinin ən mükəmməl astronomik tikililərindən biridir. Dairəvi planlı bu rəsədxana vasitəsilə kahinlər ulduzların, günəşin və ayın dövrlərini müşahidə edirdilər. Tikilinin spiralvari pillələri göy ilə yeri birləşdirən sakral metaforu xatırladır.

Navajo Hogan evləri – ABŞ-ın cənub-qərbində yaşayan navajo xalqının inşa etdiyi bu dairəvi evlər torpaqla harmoniya və ailə mərkəzçiliyi fəlsəfəsinə əsaslanır. Hoganın mərkəzində yerləşən ocaq ailənin enerjisini birləşdirir, giriş isə günə doğrudur – bu da günəşin həyatverici gücünə açılma niyyətini göstərir. Igloo- Kürənin istiliyi: təbiətlə uyğun Ev Igloo, Arktika bölgəsində yaşayan inuit xalqlarının kütlələşmiş buz kərpiclərindən tikdiyi yarımkürəvi sığınacaq formasıdır. Bu evlər, ekstremal soyuqlarda belə içəridə istilik balansını qorumaq üçün ideal struktur sayılır. Kürəvi forma həm hava axınını sabitləşdirir, həm də mərkəzdə istilik yığılmasını təmin edir. Üstəlik, bu formanın tikintisi az resursla tez başa gələn və eyni zamanda təbiətin dövrü harmoniyasına uyğunlaşdırılmış bir həyat tərzinin məhsuludur.

Afrika qitəsinin müxtəlif xalqlarında dairəvi və kürəvi formalar həm ictimai təşkilatlanmanın, həm də kosmoloji anlayışların mərkəzində dayanır. Bu formalar təbiətlə harmoniyanın, insanın yer və ruhla vəhdətinin simvoluna çevrilmişdir. Dairə burada yalnız estetik və funksional forma deyil, həm də kollektiv həyatın nəbzi, ata-baba irsinin yadigarı və ruhani sistemlərin əsas şifrəsidir. Musgum evləri (Kamerun)- Konusvari, kürəvi və ya dairəvi formada inşa edilən bu evlər yalnız estetik cəhətdən deyil, həm də praktiki baxımdan

təbiətlə uyğun gəlir. Gil və saman qarışığından tikilən bu strukturlar istiyə qarşı izolyasiya, hava dövrünün stabilliyi və toplanma məkanının mərkəziliyi baxımından çox funksiyalıdır. Divarlarının səthindəki relyeflər həm dekorativ, həm də konstruktiv məqsədlər daşıyır. Dogon kəndləri (Mali) – Dairəvi məbəd və ev planları, həm kainatın spiralvari dövrünü, həm də insanın yaşadığı fiziki məkanla kosmos arasında əlaqə yaratmaq üçün nəzərdə tutulub. Tikililər torpaqla birləşməni və nəsillərarası birgəyaşayış fəlsəfəsini əks etdirir. Rondavel Evləri (Cənubi Afrika) - Dairəvi əsas + konusvari dam - güclü küləklərə davamlılıq - optimal istilik paylanması - Minimal material istifadəsi. Maasai Manyatta (Şərqi Afrika) - Dairəvi kənd düzlüyü - Mərkəzdə heyvanlar, ətrafında evlər - Müdafiə və sosial təşkilat optimallığı. İqlim adaptasiyası - optimal temperatur və dayanıqlılıq. Radial Zulu daxmaları, Cənubi Afrika; Ənənəvi Zulu daxması üçün tipik olan arı pətəyi tipli tikintidir. Çərçivə dairəvi şəkildə yerləşdirilən içəriyə doğru əyilmiş və bir-birinə bağlanmış dirəklərdən hazırlanır. Çərçivə tamamlandıqdan sonra otla örtülür. Daxmanın döşəməsi termit yuvası gilindən hazırlanır. Termitlər yuvalarını suya davamlı edir, buna görə də Zuluların döşəməsini “su keçirməyən” istifadə edirlər. Güclü yağışda döşəmə quru qalır. Döşəməni təmizləmək üçün Zulular inək peyinindən istifadə edirlər.

Asiya mədəniyyətləri- Hind, Çin, Tibet, İran və Türk coğrafiyaları- varlığı çevrədə, hərəkəti dövrandə, mənanı mərkəzdə axtaran ənənələrlə zəngindir. Burada dairəvi və kürəvi formalar sadəcə struktur deyil; onlar maddi ilə mənəvi arasındakı keçidin forması, zamanın təbiətlə uyğunlaşmasının poetikası, insanın Tanrı ilə ritmik əlaqəsinin vizual ifadəsi kimi çıxış edir. Türk yurta və alaçıq memarlığı- Dairəvi formaya malik olan bu köçəri məkanlar yalnız funksional yaşayış yeri deyil, həm də kosmosun modeli kimi qurulmuşdur. Yurta daxilində ocaq mərkəzdə yerləşir, ocağın üstündəki tüstü bacası göyə açılan yol, yəni Tanrı ilə əlaqə kanalı sayılır. Yurtanın özünün dairə formasında olması isə ailənin, cəmiyyətin və kainatın vahid ritmik çevrədə mövcudluğunu təcəssüm etdirir. Budda stupaları- Hind və Tibet memarlığında dairəvi planda inşa edilən bu strukturlar Tanrısal enerjinin mərkəzə yönəlməsini və ibadətçinin daxili aydınlanmaya doğru çevrəvi hərəkətini ifadə edir. Stupa ətrafında saat yönü ilə hərəkət etmək, kosmik dövrünü izləmək mənasındadır. İran zərdüşti atəşqədələri- Qədim İran memarlığında mərkəzində atəşin yandığı dairəvi ibadətqahlar mövcuddur. Bu atəş dairəsində insan nurlanma, paklanma və kosmik tənzim içindədir.

Yarning Circle – Avstraliya aborigen icmalarında istifadə olunan bu dairəvi oturma forması, nəinki sosial təşkilatlanmanın simvoludur, həm də hikmətin ötürülməsi və birgə qərar qəbulətmə fəlsəfəsinin təcəssümüdür. İcma üzvləri burada bərabər şəkildə yerləşərək yaşlıların hekayələrini dinləyir, təcrübələrini

bölüşürlər. Bu dairəvi düzülüş nəzarətsiz və iyerarxiyasız paylaşımın vizual kodudur. Maraqlıdır ki, dairəvi oturma yeri-səkilər adlanan belə strukturlar qədim türklərdə də geniş yayılıb.

6.4. Ritualar və dairəvi rəqslər

Slavyan, Balkan və Baltik xalqları arasında yayılmış dairəvi xalq rəqsləri – “horovod”, “kolo”, “hora” – qədim dövrlərdən bəri kollektiv ritmik ayinlərin əsas hissəsi olmuşdur [Denyer, 1978]. Bu rəqslər mütənasib hərəkət, fırlanma və ahəng içində sinxron davranışla birliyi və harmoniya ideyasını əks etdirir [Prussin, 1986]. İnsanlar əl-ələ tutaraq bir növ “enerji dairəsi” yaradırlar – bu həm icma birliyi, həm də kosmosla vəhdətin bədənə ifadəsidir. Eynilə pagan dövrü rituallarında, dairəvi toplanmalar (xüsusilə od ətrafında) həyat–ölüm–dirilmə dövriliyini təmsil edən ayin forması olmuşdur. Od ətrafında dairəvi rəqs, kosmik nizamla əlaqə və təbiətin dövrünə uyğunlaşma üçün icra edilirdi. Yeri gəlmişkən od ətrafında dairəvi rəqslər demək olar ki, bütün xalqların mədəniyyətində rast gəlinir.



Şəkil 4. Dairəvi xalq rəqsləri

Amerika qitəsində dairəvi və kürəvi formalar yalnız memarlıqda deyil, həm də ruhani praktikalarda, mədəni simvollarla və gündəlik əşyaların dizaynında təzahür edir. Dairə burada yalnız bir forma deyil – ruhun ritmini, enerjinin dövrünü və kosmosla rabitəni ifadə edən canlı arxetipdir. Bu ritualar və simvollar həm fərdi, həm kollektiv ruh halını tənzimləyən psixokosmik alətlərə çevrilmişdir.

Sun Dance – Günəşlə Ritmdə: Dairəvi Ayin Sun Dance (Günəş Rəqsi), Şimali Amerika hindularının ən müqəddəs və təsirli ayinlərindən biridir. Yay gün dönmünə yaxın keçirilən bu ritualda iştirakçılar dairəvi bir meydanda toplaşır, mərkəzdə yerləşən “göy dirəyi” ətrafında ritmik hərəkətlərlə rəqs edirlər. Bu ritmik fırlanma həm təbiətə təşəkkür, həm də özünü ruhani qurban vermə aktıdır. Ayin zamanı iştirakçılar bədənlərini fiziki ağrıya məruz qoyaraq ruhi arınmaya nail olmağa çalışır. Dairə burada kosmosla dövrən halında birləşmə, bədən və ruhun yenilənməsi anlamını daşıyır.

Afrika xalqlarında da dairəvi ritual ənənələri geniş yayılıb. Afrika xalqlarında kollektiv ritualar və mərasimlər, qurbangahlar və toplaşma yerləri adətən dairəvi düzülüş üzərində qurulur [Prussin, 1986]. Bu simmetrik quruluş

hər bir iştirakçının ritmik birlikdə iştirakına imkan verir və kosmik enerjinin kollektiv çağırışı rolunu oynayır [Denyer, 1978]. Rəqslər – Afrikada əksər rəqs formaları dairəvi sahədə həyata keçirilir. Bu, enerji mübadiləsi, qurban mərasimləri və kollektiv xatırlama proseslərinin ritmik ifadəsidir. Dairəvi hərəkətlər həm torpaq ruhlarını oyatmaq, həm də ruhlarla əlaqə yaratmaq məqsədi daşıyır.

Adinkra simvolları (Qana) – Bu vizual kodlaşdırılmış simvollar içərisində çoxsaylı dairəvi və spiral formalar yer alır: məsələn, Eban sığınacaq, qorunma, ailə və ev anlayışını, Dvennimmen isə təvazökarlıq və gücü simvolizə edir. Bu simvollar geyimlərə, evlərin divarlarına və ritual əşyalara işlənir.

Asiya xalqları arasında da zəngin dairəvi ritual və rəqs ənənələri hələ də yaşamaqdadır:

- Sema (Sufi zikir ayini) – Dairəvi hərəkətlər və fırlanma ilə müşahidə olunan bu ritual dünya ilə Tanrı arasındakı bağın canlı performansıdır. Əksər hallarda dairəvi zal və mərkəzə yönəlmiş kompozisiya istifadə olunur;

- Zərdüşt atəş ayini – Ateş dairəsində duraraq oxunan dualar təmizlənmə, aydınlanma və dirçəlişin simvolik ifadəsidir;

- Asiya xalqlarının xalq rəqsləri – Xüsusilə, azərbaycan (yallı rəqsi), özbək (buxara baharı rəqsi), yakut (osuoxay rəqsi), Dağıstan (ləzginka rəqsi), monqol (yoxor rəqsi), Çin (Çin üzərində günəş rəqsi), Uyğur (cama rəqsi), Hind (Qhumar rəqsi) və Tibet (Vacrı rəqsi) bölgələrində qrup halında dairəvi rəqslər yayğındır. Bu rəqslər torpağın məhsuldarlığı, kosmosla harmoniya və birləşmiş icma ruhu üçün ifa olunur.

Avstraliya aborijenləri və Okeaniya xalqları üçün dairəvi formalar həm məkanın təşkili, həm də kosmologiyanın mərkəzi elementi kimi çıxış edir. Bu formalar hikmətin paylaşımı, kollektiv yaddaşın ötürülməsi və ritmik təbiətə uyğun yaşam fəlsəfəsinin bədii ifadəsidir. Dairə burada həm sosial təşkilatın, həm də metafizik nizamın mərkəzində dayanır. Dreamtime sənəti – Aborijenlərin kosmoloji sistemi olan “Dreaming” və ya “Dreamtime” anlayışı konsentrik dairələr, spirallar və nöqtə deseni ilə vizual olaraq ifadə edilir. Bu sənət formaları yer, zaman, ruhani varlıqlar və insanlar arasında enerji və mənşə əlaqəsini göstərir. Hər bir dairə yaşayış məkanını, nöqtələr isə səyahət yollarını və əcdad izlərini simvolizə edir.

6.5.Simvolizm və ədəbiyyatda dairə

Türk və Azərbaycan Poeziyasında Dairənin Ruhu. *“Başına dönüm” deyən millət: eşqin cazibə mərkəzi ətrafında fırlanan könüllər* Azərbaycan və türk şifahi ədəbiyyatı, bir millətin sevgi dilini kainatın forması ilə danışdırır [Köprülü, 1966]. Burada aşiq düzxətli deyil- o, dolanandır, fırlanandır, başına dönəndir. Yəni onun könlü bir mərkəzin- məşuqun ətrafında sonsuz bir orbitə tabe olmuş haldadır [Pala, 1995]. Bu orbitin adı: eşq dairəsidir. “Başına

dönüm”, “dolanım başına”, “dolanım başına pərvanə kimi” ifadələrdə eşq yalnız söz deyil, hərəkətə çevrilmiş ibadətdir. Bu, həm bioloji bir instinkt – pərvanənin şama doğru uçuşu, həm də kosmik bir intizam – bədənin, könlün və ruhun mərkəzə səcdəsidir. Bayatılarda dairəvi cazibə:

Qardaş, başına dönüm,
Qələm qaşına dönüm,
Yalnız səni demirəm,
Gəlin, başına dönüm.

və ya

İstəkanım bir dəstdi,
Dəsti də mənə basdı,
Sağ gözüüm yara qurban,
Sol gözüüm mənə bəsdı.
Bağçalar barı,
Heyvalar narı.
Qardaş, başına dönüm,
De, bəs adaxlın hanı?

Bu bayatılarda aşiq öz orbitini seçmiş bir varlıqdır: məşuqun başı ətrafında fırlanmaq onun təbiəti, duaları, varlıq səbəbidir. Bu sözlər sadə sevgi etirafı deyil- dairənin qırağında dönən canın ilticalı səsidir.

Aşiq poeziyasında eşq orbitləri:
Başına döndüyüm, ay qəşəng pəri,
Adətədi dərərlər yaz bənövşəni.
Ağ nazik əlinlə dər dəstə bağla
Tər buxaq altından düz bənövşəni.
Aşiq Dirili Qurbani
Axşam sabah çeşmə sənin başına
Bilirsənmi neçə canlar dolanır?
Billur buxaq, lalə yanaq, ay qabaq,
Büllur zülfü pərişanlar dolanır.

Aşiq Ələsgər

Aşiq şeirində "dolanmaq" artıq qurbanlıq hərəkətdir. Gözəlliyn, nurun, tərəvətin ətrafında dolanmaq – həm sevgiyə, həm də gözəlliyə səcdədir. Bu fırlanma qəfil deyil, bir ömürlük könüllü fırlanışdır.

Klassik qəzəl poeziyasında da pərvanəlik və şam cazibəsində “dolanma”nın, “dövretmə”nin parlaq nümunələri ilə rastlaşırıq [Pala, 1995]:

Cizginirkən başına, şəmi rüxündən canımı
Mən qılma, anı həm rüxsarına pərvanə tut [Füzuli, 1958].

Məhəmməd Füzuli

Dün dolandım başına söylədi pərvanədi bu

Zülfünü aldım ələ güldü ki, divanədi bu.

Seyid Əzim Şirvani

İstərəm peyvəstə, ey rə'na, dolanım başına,
Qoyginən əldən inanım, ta dolanım başına.
İstərəm kim, gah qurban, gəh bəlagərdən olum,
Gah, ey sərvə-səhi-bala, dolanım başına.
Hanı ol bəxtəsa kim, kakili-mişkin kimi,
Ya öpəm hər dom ayağın, ya dolanım başına.
Tutginən bir yerdə sən, ey mərkəzi-təmkin, qərar,
Ha dönüm pərgar tək, mən ha dolanım başına.
Çün yamandır e'timad etmək bu gündən danlaya,
Ta həyatım vardurur, hala dolanım başına.
Ta ayağdən salmamış sağər kimi səhba məni,
Sağinin yadılə, ey mina, dolanım başına.
Şəm tək gər tarü pudum yandırırısan, razıyam,
Bir zaman pərvanə tək əmma dolanım başına.
Ömlər dövr etmişəm mən, bilmənəm kim handayam,
Hiç məni gördünmü, ey ənqa, dolanım başına.
Bir-birinin halini sormaq gərək divanələr,
Ver xəbər Qövsidən, ey səhra, dolanım başına.

Qövsü Təbrizi

Yadınla bilmənəm necə bir şəm başınə,
Qövsü deyib dolanə ki, qurban olum sana.

Qövsü Təbrizi

Deyən ki, vəsl günü gün nə müztərib dolanır,
Gərəkmi başınə yarın dolanmağa bais.

Qövsü Təbrizi

Bu qəzəllərdə eşq dairəsi həm coşqun bir orbit, həm də ruhani fırlanma formasında təqdim olunur. Şair ya pərvanədir, ya pərgarın ucu, ya da mey damcısı kimi şərabin (eşqin) mərkəzinə çəkilir. Mərkəz isə daima məşuqun ayaqları, üzü, ya da sadəcə varlığıdır.

Türk ədəbiyyatında aşiqin hərəkəti nadir hallarda düzxətli olur. O, fırlanır, dövr edir, dolanır, öz varlığını sevginin mərkəzində əridir. Bu mərkəz ya məşuqun üzüdür, ya Tanrının eşqidir, ya da xalqın dərdir. Bu fırlanma bəzən səma kimi, bəzən pərvanə kimi, bəzən də dairənin özünə çevrilmiş bir könül kimi təzahür edir. Klassik dövrdə fırlanan könül və pərvanə:

Baki: Hər dolandıqca o zülf ətrafında könlüm, tutdu bir telini, zənciri-can eylədi, -deyir. Zülf – məşuqun cazibəvi orbitidir, könlüsə ona dolandıqca öz azadlığını zəncirə çevirir. Bu könüllü əsarət dairəsidir. Və ya sufiyanə:

Semâ'-ı çeng ü nây u devr-i sâgar devleti döndi,

Safâsın süre gör ey sūfî-i sâlûs devrânũ.

Müasir Türk ədəbiyyatında dairənin Səssiz davamını aydın görürük. Cemal Süreya: “Sana gitmə demeyeceğim. Ama gitmə”. “Her gece aynı dairede dönen bir cümleyim”. Bu sətirərdə eşq sabit mərkəz ətrafında döənən cümləyə çevrilmişdir. Dairə rədd olunmayan, amma təkrarlanan çağırışdır. Turgut Uyar: “Beni bir daire gibi kuşattın. Merkez sendin. Ben eksik bir yarıçap”. Müasir şairlərdə də mərkəz-periferiya, cazibə-təslimiyyət, hərəkət-sabitlik dualizmi klassik duyğunun izlərini daşıyır. Turgut Uyar özünü yarımcıq bir dairə kimi görür, mərkəz isə məşuqun özüdür. Sezai Karakoç: “Aşk bir haledir. Büyür, döner. İşığın kenarında yanan bir dua gibi”. Halə- nə göz, nə də dil ilə tuta biləcəyin dairədir. Karakoç üçün eşq bədənin yox, ruhun fırlanmasıdır, dua kimi, yanaraq, işıq kənarında dönərək yaşanan bir haldır. Beləliklə, Türk həm klassik, həm də müasir ədəbiyyatında dairə və fırlanma əsrlərlə dəyişməyən poetik formadır, aşıqın qurbanlığının vizual və mənəvi dilidir, şam və pərvanənin cazibəsindəki fani haldır. Dönmək, özünə və sevgiyə qayıtmaqdır.

Azərbaycan və türk ədəbiyyatında “başına dolanmaq”- bədii ifadə yox, sevgiyə çevrilmiş orbitdir. Aşıq, öz həyatının oxunu məşuqun mərkəzinə tuşlayar, dolanar, dövr edər, yanar, yoxa çıxar. Bu fırlanma: riyazi bir çevrə deyil, könlün məkansız dövrəsidir, bioloji fototaksis deyil, ruhun eşq cazibəsinə tabe olmasıdır, təkcə metafora deyil, kamil bir fəlsəfədir.

6.2.Fars və Ərəb Poeziyasında Fars Poeziyasında dairənin sehrli cazibəsi- Eşqin dövrəni, tale çarxı və səmanın gümbəzi

Fars poeziyasında kainatın dili dairə ilə yazılır, eşq isə kürəvi hərəkət içində təzahür edir [Schimmel, 1992]. Bütün məcazlar, fəlsəfi işarələr, sufiyə işıq doğran rəmzlər bir nöqtədən başlayıb yenə öz mərkəzinə qayıdan sonsuz bir halqa kimi görünür. Şairlərin baxışında göy gümbəzi yalnız fiziki bir quruluş deyil- o, tale çarxıdır, zamanın səssiz fırlanmasıdır, bəzən isə həyatın faniliyi qarşısında mərhəmsiz döənən bir cəllad qolu.

Hafiz deyirdi: “*Əgər səma bu gün bizə sərf etmədisə, üzülmə, dövrənin halı daim eyni qalmaz*”, deyir. Burada dövrə – fırlanan zamanın özüdür. Zərrə boyda insan taleyi isə bu nəhəng kürənin ətrafında məchul istiqamətdə döənən bir ləkə kimidir. Əgər Hafiz tale çarxının dönməsinə boyun əyirdisə, Mövlana bu dairənin mərkəzinə yönəlməyə çağırırdı (Rumi, 1995). Onun dünyası səmanın rəqsə çevrildiyi, ruhların nur mərkəzi ətrafında fırlanaraq yoxa çıxdığı mistik bir fəzadır. Sufi, semada fırlanarkən demək istəyir: “*Sən mənim canım və aləmsən – başqa cana, aləmə nə edim? Bütün işlərim sənə eşqin dairəsində fırlanır*”.

Bu eşq dairəsi təkcə rənz deyil, həm də ruh halıdır. Şairin könlü şam ətrafında dövrə vuran pərvanəyə dönür. O, məhv olmaq üçün gəzir, yanmaq

üçün qanad çalır. Hafizin, Füzulinin, Əttarın pərvanəsi nurun cazibəsində özünü külə çevirən bir aşıqdır. Əttar belə deyirdi: "Aşıqlərin təvafı sonsuz fırlanmaqdır, onlar dostun ətrafında qan kimi dövr edərlər". Bu təvaf — ilahi sevginin dairəsidir. Aşiq bu dairəyə daxil olar, öz "mən"indən keçər, özünü yox edərək birləşər. Təsəvvüfdə deyildiyi kimi: Bəndə – nöqtədir, Tanrı – çevrə, eşq – onları birləşdirən dövriyyədir. Sədi bu təslimiyyəti belə ifadə etmişdi: "Qismət dairəsində biz təslim bir nöqtəyik, Lütf – Sənin düşündüyündür, hökm – Sənin buyurduğundur." Burada insan özünü mütləq dairənin mərkəzinə – tanrının iradəsinə təslim edir. Burada qürur, müqavimət, şəxsi seçim yoxdur. Dairənin içində yalnız qəbul və səbr var. Beləliklə, fars poeziyasında dairə aqlın sərhədini aşan bir poetik orbitdir. Şair o orbitə daxil olanda öz varlığını eşqə buraxır, göy gümbəzindəki taleyə təzim edir, pərvanə tək alışır, nöqtə kimi yox olur, amma bu yoxluqdan mənəvi bütövlük doğur.

Ərəb Poeziyasında Dairənin Əbədiyyətini Duymaq- Fələk çarxı, zamanın dolanışı və şairin qismətə tabe könü. Ərəb şairi qədimdən bəri göyün fırlanışında öz acizliyini görür, fələyin dövr etdiyi dairədə həyatın faniliyinə, bəxtin dəyişkənliyinə təslim olur. Bu poeziyada dairə- zamanın çarxı, bəxtin oyunu, hökmsüz bəndənin yazısıdır. Əbu əl-Əla əl-Məərrinin, İbn əl-Farizin, əl-Mutanəbbinin, İbn Həzmin və digər böyük ərəb şairlərinin qələmində bu motivlər kosmik fəlsəfə ilə mistik intuisiyanın kəsişməsinə çevrilir. Əbu əl-Əla deyirdi: "Zamanın girdabı heç kimi sağ buraxmaz, O bizi dövr etdirir, biz də onu- eyni fələkdə". Burada "fələk" – klassik İslam kosmologiyasında göy sferaları – həm fiziki səma, həm də əzəli sistem kimi başa düşülür. Şair taleyin çarxında dövr edən bir zərrə kimidir – nəfəsi var, ixtiyarı yoxdur. İbn əl-Fariz isə eşqi ilahi dairə şəklində təqdim edir. Onun mistik qəzəllərində pərvanə motivi açıq-aşkar olmasa da, həqiqət nuru ətrafında ruhun fırlanması sufi anlamda dairəvi səyri-süluk formasında ifadə olunur: "Məşuqumla bir oxun ətrafında dövr etdim, Orada nə son var, nə də qaçış". Burada dairə yalnız coğrafi deyil, həm də mistik-mənəvi anlam daşıyır: ruh Tanrının ətrafında məcnuncasına dolanır, çünki bu dolanış əvvəlsiz və sonsuzdur. Aşiq öz oxunu – iradəsini – mərkəzdə buraxır və tam fani olur. Əl-Mutanəbbi isə fələyə qarşı təslimiyyətlə deyil, fəxrlə, lakin yenə də dairənin hökmündən qaçılmazlıqla danışır: "İradə ilə çatılmayanı hiylə ilə çatmağa çalışıram, Fələk isə daim fırlanır – mən bilmirəm hansı sona doğru". O, çevrilən zamanın içində məğrur dayanır, amma fələyin nəyə doğru döndüyünü bilməməsi – insanın qeyri-müəyyənlik içində çırpınan varlıq olduğunu göstərir. Ərəb poeziyasında dairənin mənəvi qatları: Motiv; Fələk - Yeddi səmavi kürə – insanın taleyini yönəldən dövriyyə, Dövr edən zaman - İnsan ömrünü sürükləyən zaman girdabı, Od ətrafında dövr - Sufilərdə – nur ətrafında fani olmaq, mənafiə tabe olmaq, Təvaf - Bədənlə deyil, ruhla Allaha fırlanaraq yaxınlaşma.

Ərəb poeziyasında dairəvi fırlanma – bəzən fələyin sərt hökmü, bəzən eşqin sirli sferası, bəzən də Tanrı qarşısında bəndənin səssiz təvafıdır. Fars poeziyasında bu motiv bədii-romantik bir hal alsada, ərəb şairi üçün bu daha çox mükəddər və dəyişməz qanundur. Lakin hər iki ənənədə pərvanə obrazı – fırlanmaq, yanmaq, fanilik – insanın həqiqətə doğru dönə-dönə yönəlməsi kimi ifadə edilir. Antik ədəbiyyatda dairə və kürəvilik, mərkəz ətrafında dolanma, yanaraq fani olmaq, özünü fırlanaraq qurban vermək kimi anlayışlar və metaforalar antik ədəbiyyatda da mühüm yer tutur — xüsusilə Yunan, Roma və Misir mədəniyyətlərində bu motivlər həm kosmoloji fəlsəfə, həm də poetik mifoloji simvolizm səviyyəsində ifadə olunub. Aşağıda antik ədəbiyyatda dairəvilik və “dolanın varlıq” motivlərinin ümumi mənzərəsi, konkret nümunələrlə və şərq poeziyası ilə əlaqələrini qurmaqla təqdim edirik.

6.3. Digər xalqların ədəbiyyatında dairənin taleyi

Dante Alighieri – “Cənnətin Komediya” (Divina Commedia – Paradiso): Dantenin Cənnət hissəsində Allahın surəti belə təsvir edilir: *“Bir dairə idi, özü içində nurla dolu, və mən gördüm ki, bu dairə öz içində məni də saxlayır.”* Bu mistik dairə həm Tanrının əzəli surətidir, həm də bəşəri idrakın çevrəvi səyahəti. Dante ruhani yüksəlişini dairəvi bir hərəkət, Tanrıya doğru dönən metafizik spiral kimi qurur. William Blake- İngilis mistik şairi: *“Energy is eternal delight - A circle whose centre is everywhere, and circumference nowhere.”* Blake üçün dairə- həm ruh, həm də Tanrıdır. Mərkəzi hər yerdə, əhatəsi heç yerdə olan varlıq yalnız mistik cazibə ilə dönülə bilər. O, rahatlıq yox, fırlanışla hasil olan həqiqətdir.

Amerika Ədəbiyyatında Kosmik Dövretmə Emily Dickinson- *“I felt a Funeral in my Brain” “And then a Plank in Reason, broke- And I dropped down, and down- And hit a World, at every plunge, And Finished knowing- then”*. Dickinsonun şeiri fırlanan düşüncənin, təkrarlanan ağrının və ruhani eniş-çıxışın metaforasına çevrilir. Şairin “dairə”si şüurun içində dövr edən qaranlıqla aydınlıq arasında gediş-gəlişdir. Walt Whitman- *“Song of Myself” “I am large, I contain multitudes. I have circled the sun with my thoughts.”* Whitman özünü kainat kimi geniş təsəvvür edir. Onun şeiri öz ətrafında fırlanan bir mövcudluq, çoxlu mənlilər içində dövr edən vahid ruh kimidir. Maya və inka miflərində zaman “çərx” şəklində dövr edir. Miflərdə ilahların, planetlərin və insanların taleyi bu çarxın dövrəsinə müəyyən edilir.

Avstraliya Aborigin Ədəbiyyatında Dairəvi Zaman “Yarning Circle” və “Dreamtime” sənət və mifologiyası: Aborigenlər zamanı xətdən çox dairə kimi düşünürlər. Hekayələr Yarning Circle adlı dairəvi yerdə danışılır- bu, həm fiziki fırlanma, həm də mənəvi birlik simvoludur. *“Time is not a line but a circle, and every story returns to where it began.”* Dreamtime sənətində dairə

və nöqtələr kosmik nizamın, insanın mənşə nöqtəsinə dönüşünün vizual dilidir. Şair danışmır, dolanır. Dinləyici dinləmir, fırlanır.

Afrika Ədəbiyyatında Dövri Tənasüb Chinua Achebe- "Things Fall Apart" (Nigeriya): Romanın alt qatında ənənənin pozulması, kosmik dövrənin qırılması var. Qədim Igbo mədəniyyətində ritual, həyat və zaman həmişə dairəvidir. *"The sun will rise again, and the dance will begin where it ended"*. Bu cümlə yenidən doğulmaq, təbiətin sonsuz çevrəsi, bir başlanğıcın sonla birləşməsi kimi poetik dairədir. Dairə burada ruhi dövrətmədir, tarazlıqdır. Nelson Mandela- sitatlarından: *"What counts in life is not the mere fact that we have lived. It is what difference we have made to the lives of others that will determine the significance of the life we lead"*. Mandela üçün də ömür xətt deyil, dövrədir- insan özü üçün yaşamaz, başqasının mərkəzində dolanaraq mənalanan. Bu, etik dairədir- mərkəzində sevgi, ətrafında fədakarlıq olan bir orbit.

6.4.Şərqi Uzaq Ulduzları: Çin, Hind və Yapon Ədəbiyyatında Dairəvilik və Fırlanma

Şərqi Asiyanın poeziyası və fəlsəfəsi insanla təbiətin, zamanla ruhun, varlıqla boşluğun münasibətlərini dairə və dövr etmə kimi təqdim edir. Zen sükutı, tao axını, dharma çarxı, karma dövrəni – bütün bunlar həyatın bir ox ətrafında fırlanması kimi düşünülür. Bu coğrafiyalarda şair fəloyə qəzəblənməz, onunla axır və onun ritmi ilə dolanır.

Çin Ədəbiyyatında Tao və Dövrilik Laozi – "Dao De Jing" *"Dao is a circle: it flows back to the origin. The soft overcomes the hard; the weak conquers the strong."* Burada Dao – kainatın görünməz qanunudur və fırlanaraq öz başlanğıcına qaydır. Zəiflik dövr edir, sərtlik dağılır – bu əksliklər qarşısında insan özünü çevrənin bir hissəsi kimi yaşamalıdır. Li Bai – (Tang dövrü şairi): *"Drunk, I watch the moon circle the pond, As I, like the moon, circle my own longing."* Ay və su – açıq dairələrdir, ay öz əksini izlədikcə şair də öz həsrətini izləyir. Bu fırlanma vizual təkrardır, həm də ruhun daxilinə düşmədir. Hind Ədəbiyyatında Karma və Dharma Çarxı Upanişadlar və Bhagavad Gita: *"Just as the wheel spins with the hub at center, so life revolves around the Self."* Burada "Atman" (şəxsi ruh) mərkəzdir, həyat isə onun ətrafında dövr edən karma çarxıdır. Buradakı dairə sadəcə zaman deyil, əxlaqi nəticələrin dövrü dövrəsidir. Kalidasa – "Meghaduta" (Bulud Elçisi): *"O cloud, circle the peaks of the Himalayas, circle her palace as my message whirls in you."* Şairin mesajı buludun dairəvi hərəkəti ilə gedir. Sevgi sabit yol deyil, göydə fırlanan, halə halında gələn xəbərdir.

Yapon Ədəbiyyatında Zen və Halə. Haiku poeziyasında dairə:*Old pond- A frog jumps in, the sound of water.- Matsuo Bashō.* Bu haiku sakit bir dairədir: sükunət- hərəkət- əks-səda- sükunət. Fırlanma deyilməz, amma hiss olunur:

həyatın ritmi göldə bir halə kimi yayılır. Zen düşüncəsində “ensō”: Ensō – dairə çəkilməsi Zen ustaları üçün həm özünü ifadə, həm boşluğu qucaqlamaq, həm də varlıqla bir olmaqdır. Dairə nəfsdən azad ruhun şəkilsiz şəklidir.

“When the mind is free, the brush circles once – and the circle is complete.”

Burada fırça pərgar deyil, nəfəsdır. Dairə – düşüncənin izsiz yeri, mərkəzlə bir olma halıdır. Beləliklə: Yapon haikularında fəsillərin dövriliyi və təbiətdəki fırlanma (“sakura açdı, düşdü, yenidən”) dairəvi zamansallığın bədii modelidir. Afrika nağıllarında qəhrəmanın yola çıxması, geri qayıdıb icmaya işıq gətirməsi tipik dairəvi narrativ strukturdur (campbellian “hero’s journey”).

Beləliklə, ədəbiyyat və folklor bəşəriyyətin “dairə”yə və “kürə”yə verdiyi mənanı dil və simvol səviyyəsində kodlayır: bu formalar həm kosmoloji ritmləri, həm də ruhani bağlılıqları ifadə edir. Dairə- yalnız şəkil deyil, həm də fikrin, duyğunun və dilin formasına çevrilmiş varlıq şifrəsidir.

7. Antik dövr ədəbiyyatı, fəlsəfə və mifologiyası: kosmos, kürə və dairə əbədi hərəkət kimi

Platon- "Timaeus" dialoqu: Platon kainatı mükəmməl kürə formasında yaradılmış canlı varlıq kimi təsvir edir. Onun fikrincə, ruh dairəvi hərəkət edir, çünki dairəlik əbədlilik və kamillik rəmzidir:

“Tanrı bütün aləmi bir ruhla bürüdü, onu bədənə birləşdirdi və bu aləmi mükəmməl kürəyə çevirdi. O, öz oxu ətrafında fırlanır”. Bu təsəvvür Şərqdəki “mərkəz ətrafında dolanma”, “başına dönmək” kimi motivlərlə ruhən eynidir: ruh öz mərkəzi ətrafında dövr edir və o mərkəz Tanrıdır. Aristotel – “Metafizika”, “Göy haqqında” əsərlərində Aristotel “ilk hərəkətverici (unmoved mover)” anlayışını verir: bütün göy cisimləri Tanrıya doğru fırlanır, çünki Tanrı cazibə mərkəzidir; o, göylərin fırlanmasını aşiqin məşuqa can atması ilə müqayisə edir. Bu, Şərqdəki pərvanə-şam metaforasının antik paralelidir: göy cismi - pərvanə, Tanrı - şam.

İkarus əfsanəsi (Yunan): İkarus günəşə doğru uçur və nura yaxınlaşmaq istəyərkən qanadları əriyir, dənizə düşərək məhv olur. Bu mif – yanmaq, yaxınlaşmaq və fani olmaq – sufi poeziyasındakı pərvanənin şama doğru uçub yanması ilə tam uyğun bir məcazdır; İkarus – aşıqdır, günəş – şamdır, uçuş – dolanmadır. Orfey və Euridika (Yunan): Orfey ölümdən sevdiyini qaytarmaq üçün ölümlər aləminə enir, geri qayıdarkən bir şərtlə – arxaya baxmamaqla – sınıdır. Nə zaman ki arxaya baxır, sevgilisi itir. Burada fırlanma, qayıdış, iradə ilə hərəkət və qurbanlıq var. Qövsü Təbrizin “ömrüm dövr etdi, bilmənəm handayam” deyə gileyləndiyi kimi- könül fırlanır, amma mərkəzi tutmaq olmur.

Roma ədəbiyyatı: kosmik Təsvirlər və Şəxsi Fələk Vergilius- “Aeneid”: Aeneas tale ilə yazılmış yolu gedərkən göylərə, ulduzlara boylanır. Onun yolçuluğu bir mərkəz ətrafında fırlanan nizamlı taledir. Göylərin iradəsi

dəyişməzdir. Ovidius – “Metamorfozlar”: Ovidius bəşəriyyətin taleyini dairəvi dəyişikliklər zənciri kimi təqdim edir. Burada da dəyişən, dolanan və yenidən doğulan formalar var. Şairin təsəvvüründə həyat sabit bir mərkəzin ətrafında fırlanan formalar çevrəsidir.

Misir ədəbiyyatı və kosmologiyası: Kürəvi Günəşin dairəvi gəzintisi. Ra Günəş Tanrısı: Misirdə Ra hər gün göyü keçərək axşam Qərb qapısından ölümlər dünyasına girir, gecə boyunca yeraltı dünyanı fırlanaraq dolaşır, səhər yenidən doğulur. Bu bir kosmik dairədir: ölüm və həyat arasında fırlanan tanrısal ritm. Pərvanənin od ətrafında yanaraq yenidən doğulması bu mifdə günəşin dairəvi taleyi ilə paralel görünür.

İnsanlıq düşüncəsinin coğrafi sərhədləri dəyişsə də, sevgiyə, tale çarxına və mərkəzə doğru fırlanmağa olan ehtiyac dəyişmir. Gah şairin qəlbi fəlak kimi fırlanır, gah sevgi cazibəsi insanı dövr etməyə məhkum edir, gah da ruh fani bədənə çıxaraq dairəvi yoluna başlayır. Bu hərəkət – ritmik, dönən, dönüb öz mərkəzinə qayıdan bir səy – müxtəlif ədəbiyyatlarda fərqli dillərdə, eyni arxaik hisslə danışır.

Beləliklə, “Dövr etmək”, “Fırlanmaq”, “Dolanmaq” qlobal bir ünsiyyət formasıdır. Dairə, fırlanma, cazibə – bütün bunlar sadəcə riyazi formalar deyil, insan ruhunun kainatla danışmaq tərzidir. Hər qitə, hər poeziya sistemi bu dili öz səsi ilə danışır: kimi şam ətrafında yanır, kimi Tanrıya doğru dönür, kimi suya toxunan dairə çəkir, kimi sadəcə sükutla halə buraxır.

8.İlahi dairə: əsas dinlərdə kürəvilik və dairəvilik

Əsrlər boyunca insan gözüni göyə dikib formanı axtardı [Tucci, 1961]. Qəlbi isə daim ilahi nizamın gizli riyaziyyatını hiss etdi [Burckhardt, 1987]. Gördü ki, ilahi təzahürlər düz xəttlə yox, dövrə ilə gəlir. Dairə – nə başlanğıcı var, nə sonu. O, sonsuzluğun simvolu, əhatənin izahı, vəhdətin formasıdır [Burckhardt, 1987]. Əsas dinlərin hər biri, bu forma ilə təkliyi, nizamı, ritmi və qayıdışı ifadə edir.

8.1.İslam: Təvafın Səssiz Musiqisi

Kəbənin ətrafında fırlanan milyonlar – tək-cə bədənələrini yox, ruhlarını dövr etdirirlər [Nasr, 1987]. Təvaf – kainatın ürəyi ətrafında döyünməsi, Tanrıya doğru dönərək yaxınlaşmaqdır [Schimmel, 1975]. Mövləvi dərviş dönərkən öz oxu ətrafında dövr edir, dairəvi hərəkət onun zikridir, əlləri göyə açıq, ayaqları yerə bağlı. *“Yaradanın adını fırlanaraq zikr edirik, çünki nur mərkəzdən doğur, biz isə o nurun ətrafında məhv olub dirilirik...”*

8.2.Xristianlıq: Halədəki Nur

Müqəddəs ikonalarda başlar ətrafındakı halələr, ilahi nurun dairəsidir [Eliade, 1959]. İsa və müqəddəslər Tanrının nuruyla sarılmış simmetrik zərrələr kimidir [Eliade, 1959]. Ayın zamanı verilən dairəvi çörək – “Corpus

Christi” – qurbanlığın və vəhdətin simvoludur. *“Tanrı başlanğıcdır və sonudur, amma Onun sirri dəyişməyən mərkəzdə əbədi qalan bir dairədir...”*

8.3.Yəhudilik: Sefirotun halələri

Kabala təlimində Ein Sof – sonsuz nur – haləvi axınla Sefirotlara yayılır. Sefirot ağacı – insanla Tanrı arasındakı enerjinin mərkəzdən yayılaraq formalaşmasıdır. Dairə burada hər şeyi əhatə edən hikmətin riyazi portretidir. *“Nur halələrdən keçərək varlığa çevrilir... Varlıq isə nurun özünə qayıtdığı dairədir”*.

8.4.Hinduizm: Mandalanın Sükutu

Mandala – kainatın şəkli, ruhun daxili kosmosudur [Jung, 1968]. O, dairəvi təkrarla ruhi mərkəzə doğru yığılır. Çakralar, bədəndə fırlanan enerji dairələridir. Hər biri mərkəzlə təmas axtarır. *“Fırlanan çakralarda Tanrının nəfəsi var. Ən ucqar hissəm belə dairə ilə Ona bağlanır”*.

8.5.Buddaizm: Qanunun Çarxı

Dharma Çakra, yəni təlim çarxı – oyanan şüurun rəmzidir. Meditasiyada çəkilən mandalalar – özünə doğru qayıdan rəqslərdir. Fırlanaraq, boşluğun içində doluluq tapmaqdır bu. *“Formasızlığın içində dairə şəklini tapdım. Səssizlik fırlandı, və mən səsin içində yox oldum”*.

8.6.Zərdüştilik: Alovun haləsi

Od – Zərdüşt inancında Tanrının təcəllisidir. Atəşgahda dairəvi tava içində qorunan alov, əbədi həyatın kürəsidir. Onun alovlanması da, sönməsi də haləvi bir prosesdir – başlanğıcla son iç-içədir. *“Nurun özü də, yalnız dairədə qalar. Sönmək də, bir başqa doğuluşdur”*.

8.7.Göy Tanrıçılıqda dairə və kürə: Səməvi əhatənin Türk modeli

Göy Türklərinin Tanrı anlayışı göyün özülə eyniləşmişdi. “Göy Tanrı” – yuxarıda, mərkəzdə və hər yerdə olan böyük səməvi iradə idi. Onların baxışında kainat bir dairə, insan onun mərkəzindəki varlıq, Tanrı isə bu dairənin ruhudur. Yuxarı – Göy, Aşağı – Yer, Ortada – İnsan: bu şaquli kosmologiya daim dairəvi dövr etməklə işləyirdi. “Kök Tengri” – mavi səma ilə eyniləşdirilmiş, hər yerdə olan, lakin heç yerdə toxunulmayan varlıq idi; Göy Tanrı başlanğıcı və sonu olmayan idi – çünki göyün sərhədi görünməzdi. Qədim türklər çadırlarını (yurt) göyü təqlid edən dairəvi günbəz kimi tikərdilər. Orta hissəsindəki açıq dairə – “təngür” – Göy Tanrı ilə rabitə pəncərəsi sayılırdı. “Yurtum göyün özü kimidir təpəsində bir göz var tanrının baxışdır o, sükutla baxır bizə...”. Türk xaqanları, özlərini Tanrı tərəfindən seçilmiş mərkəz sayırdılar. Dairəvi hərəkət siyasi nizamı da ifadə edirdi – xaqan mərkəzdə dayanırdı, boylar və tayfalar halqa kimi ətrafında düzülürdü. Orxon yazılarında “Üstte mavi kök, altta yağız yer yaratılalı...” ifadəsi – dairəvi yaradılışın şifahi poetikasını verir. “Göy Tanrı buyurdu – Mənə göylərdən taxt qurdurdu. Yerini də, göyün də ortasında. Mənim nəfəsimlə qan

dövr elədi". Törə mərasimlərində və ya müqəddəs dağlar ətrafında fırlanaraq hörmət göstərmək – dairəvi hərəkət vasitəsilə mərkəzlə qovuşmaq idi. Qədim türklərin tamğaları – çox zaman dairə, spiral, ox ətrafında halə şəklində olurdu. Bu işarələr gücün, ilahi nizamın və ailə ruhunun təcəssümü idi.

8.8.Şaman ənənələrində dairəvilik

Şamanizmdə həyat, ölüm və yenidən doğulma dairəvi dövrən kimi qəbul olunur. Ayınlarda yurtaların (çadırların) və daş dairələrin forması çox vaxt kainatın simvolik təsviri idi. Şamanlar ayın zamanı dairəvi şəkildə fırlanır, bu həm göylərlə həm də yeraltı aləmlə bağlantını təmsil edir. Şamanlar ayın zamanı dairəvi hərəkətlə ruhlarla ünsiyyət qurardı. Şaman təbili çox vaxt dairəvi formadadır və kosmosun səsi kimi qəbul olunur.

8.9.Tibet Buddizmi və dairəvi simvollar

Tibet buddistlərində mandala ən güclü dairəvi simvoldandır. O, kosmosun xəritəsi, insanın ruhi mərkəzə doğru səyahəti kimi yozulur. Mərkəzə doğru hərəkət ruhi bütövlüyün və kamilliyin rəmzidir. Buddizmdə Dharma çarxı (Dharmachakra) – dini təlimlərin yayılması və kosmik qanunun dövrənini ifadə edir, 8 şüalı dairə şəklindədir. Stupa – Tibetdəki müqəddəs memarlıq formasıdır, çox vaxt yarımkürə və ya kürə formasında inşa olunur və bilik, ruh və kainatın birliyi ilə əlaqələndirilir.

9.Nəticə və sintez

Bu multidissiplinar tədqiqat göstərir ki, dairəvi və kürəvi formaların universal yayılması təsadüfi deyil. Bu fenomenin arxasında aşağıdakı fundamental prinsiplər durur: Fiziki əsaslar: enerji minimizasiyası (kürə minimum enerji tələb edir) (Isenberg, 1992; izoperimetrik üstünlük minimum səth sahəsi) [Osserman, 1978]; kürədə digər formalardan fərqli olaraq stress bərabərliyi (konsentrasiya yoxdur) [Peterson, 1974]; struktural optimallıq (maksimum dayanıqlılıq) [Pilkey & Pilkey, 2008], bioloji tətbiqlər: hüceyrə morfolojiyası (optimal maddə mübadiləsi) [Alberts et al., 2014]; fillotaksis (maksimum enerji səmərəliliyi) [Jean, 1994]; toxum və meyvələr (qorunma və yayılma) [Niklas, 1992]; Mədəni Simvolizm: universal arxetip (bütün mədəniyyətlərdə mövcudluq) [Jung, 1968]; praktik üstünlük (memarlıq və dizaynda) [Alexander, 1977]; ruhani məna (kamillik və vəhdət simvolu) [Eliade, 1959]; sosial təşkilatlanma (icma və birlik) [Prussin, 1986].

Beləliklə, dairəvi və kürəvi formaların universallığı təbiətin fundamental qanunları və insan mədəniyyətinin dərin strukturları arasındakı harmonik əlaqənin nəticəsidir. Bu formalar həm fiziki optimallığı, həm də estetik və simvolik kamilliyi təcəssüm etdirir. Riyazi hesablamalarımız göstərir ki, kürəvi formalar az səth sahəsi istifadə edir, az ümumi enerji tələb edir, stress konsentrasiyası yoxdur, maksimum struktural dayanıqlılıq təmin edir. Bu fiziki

üstünlük təbiətdə müşahidə olunur və sonradan insan mədəniyyətində simvolik mənalara qazanaraq universal arxetipə çevrilir [Campbell, 1949].

Beləliklə, dairəvi və kürəvi formaların universallığı təsadüfi deyil - bu, təbiətin enerji minimizasiyası prinsipinin və insan şüurunun estetik axtarışlarının harmonik birləşməsinin nəticəsidir.

10. Təbiiqlər, tövsiyələr və gələcək tədqiqat istiqamətləri

- Materialşünaslıq və mühəndislik: Struktur hissələrin minimal material sərfi ilə maksimal daxili həcmə təmin edilməsi.
- Bu mövzu biomimetik dizayn, intuitiv memarlıq, mədəni antropologiya, psixosemiyotik analiz kimi sahələrlə daha da dərinləşdirilə bilər;
- Formanın arxetipləri ilə texnologiyanın vəhdəti mövzusunda daha geniş eksperimental və nəzəri araşdırmalara ehtiyac var;
- Molekulyar və nanomikyaslı səviyyələrdə forma-funksiya əlaqələrinin daha dərinə öyrənilməsi;
- Yeni materiallar və strukturların dizaynı zamanı kürəvilik prinsipinin tətbiqi (məsələn, aerogellər, enerji kapsulları və s.);
- Biosistemlərdə və robototexnikada forma seçiminin energetik əsaslar üzrə optimallaşdırılması;
- Ədəbiyyat, poeziya və vizual sənətlərdə dairə metaforalarının müqayisəli təhlili də maraqlı və məhsuldar ola bilər.

REFERENCES

1. Adler, I., Barabe, D., & Jean, R. V. (1997). A history of the study of phyllotaxis. *Annals of Botany*, 80(3), 231–244. (in English)
2. Alberts, B., Johnson, A., Lewis, J., et al. (2014). *Molecular biology of the cell* (6th ed.). Garland Science. (in English)
3. Alexander, C. (1977). *A pattern language: Towns, buildings, construction*. Oxford University Press. (in English)
4. ANSYS Inc. (2023). *ANSYS Mechanical User's Guide*. (in English)
5. Bachelard, G. (1964). *The poetics of space*. Beacon Press. (in English)
6. Ball, P. (2009). *Nature's patterns: A tapestry in three parts*. Oxford University Press. (in English)
7. Boal, D. (2012). *Mechanics of the cell* (2nd ed.). Cambridge University Press. (in English)
8. Burckhardt, T. (1987). *Sacred art in East and West*. Perennial Books. (in English)
9. Campbell, J. (1949). *The hero with a thousand faces*. Pantheon Books. (in English)

10. Chien, S. (1987). Red cell deformability and its relevance to blood flow. *Annual Review of Physiology*, 49, 177–192. (in English)
11. Cirlot, J. E. (1971). *A dictionary of symbols* (2nd ed.). Routledge. (in English)
12. Gennes, P. G., Brochard-Wyart, F., & Quéré, D. (2004). *Capillarity and wetting phenomena*. Springer. ISBN: 9780387005928 <https://doi.org/10.1007/978-0-387-21656-0> (in English)
13. Denyer, S. (1978). *African traditional architecture*. Heinemann. (in English)
14. Douady, S., & Couder, Y. (1996). Phyllotaxis as a dynamical self-organizing process. *Journal of Theoretical Biology*, 178(3), 255–274. (in English)
15. Eliade, M. (1959). *The sacred and the profane: The nature of religion*. Harcourt Brace Jovanovich. (in English)
16. Finn, R. (1986). *Equilibrium capillary surfaces*. Springer-Verlag. (in English)
17. Fletcher, B. (1996). *A history of architecture* (20th ed.). Architectural Press. (in English)
18. Fuzuli, M. (1958). *Divani* (Kenan Akyuz, Ed.). Inkilap Kitabevi. (in Turkish)
19. Isenberg, C. (1992). *The science of soap films and soap bubbles*. Dover Publications. (in English)
20. Jean, R. V. (1994). *Phyllotaxis: A systemic study in plant morphogenesis*. Cambridge University Press. (in English)
21. Jung, C. G. (1968). *Man and his symbols*. Dell Publishing. (in English)
22. Koprulu, M. F. (1966). The first Sufis in Turkish literature. Ankara: Directorate of Religious Affairs Publications. (in Turkish)
23. Kostof, S. (1995). *A history of architecture: Settings and rituals* (2nd ed.). Oxford University Press. (in English)
24. Krautheimer, R. (1986). *Early Christian and Byzantine architecture* (4th ed.). Yale University Press. (in English)
25. Landau, L. D., & Lifshitz, E. M. (1987). *Fluid mechanics* (2nd ed.). Pergamon Press. (in English)
26. MacDonald, W. L. (1976). *The Pantheon: Design, meaning, and progeny*. Harvard University Press. (in English)
27. Nasr, S. H. (1987). *Islamic art and spirituality*. State University of New York Press. (in English)
28. Niklas, K. J. (1992). *Plant biomechanics: An engineering approach to plant form and function*. University of Chicago Press. (in English)

29. Norman, D. A. (2013). *The design of everyday things* (Revised ed.). Basic Books. (in English)
30. Oliver, P. (2003). *Dwellings: The vernacular house worldwide*. Phaidon Press. (in English)
31. Osserman, R. (1978). The isoperimetric inequality. *Bulletin of the American Mathematical Society*, 84(6), 1182–1238. (in English)
32. Pala, I. (1995). *Encyclopedic dictionary of divan poetry*. Ankara: Akcag Publications. (in Turkish)
33. Peterson, R. E. (1974). *Stress concentration factors*. Wiley. (in English)
34. Phillips, R., Kondev, J., Theriot, J., & Garcia, H. (2012). *Physical biology of the cell* (2nd ed.). Garland Science. (in English)
35. Pilkey, W. D., & Pilkey, D. F. (2008). *Peterson's stress concentration factors* (3rd ed.). Wiley. (in English)
36. Plato. (360 BCE). *Timaeus* (B. Jowett, Trans.). (in English)
37. Prusinkiewicz, P., & Lindenmayer, A. (1990). *The algorithmic beauty of plants*. Springer-Verlag. (in English)
38. Prussin, L. (1986). *Hatumere: Islamic design in West Africa*. University of California Press. (in English)
39. Rapoport, A. (1969). *House form and culture*. Prentice-Hall. (in English)
40. Reddy, J. N. (2006). *An introduction to the finite element method* (3rd ed.). McGraw-Hill. (in English)
41. Rumi, J. (1995). *The essential Rumi* (C. Barks, Trans.). HarperSanFrancisco. (in English)
42. Sadd, M. H. (2009). *Elasticity: Theory, applications, and numerics* (2nd ed.). Academic Press. (in English)
43. Schimmel, A. (1975). *Mystical dimensions of Islam*. University of North Carolina Press. (in English)
44. Schimmel, A. (1992). *A two-colored brocade: The imagery of Persian poetry*. University of North Carolina Press. (in English)
45. Thompson, D. W. (1917). *On growth and form*. Cambridge University Press. (in English)
46. Timoshenko, S. P., & Goodier, J. N. (1970). *Theory of elasticity* (3rd ed.). McGraw-Hill. (in English)
47. Tucci, G. (1961). *The theory and practice of the mandala*. Rider & Company. (in English)
48. Vogel, S. (2013). *Comparative biomechanics: Life's physical world* (2nd ed.). Princeton University Press. (in English)
49. Weaire, D., & Hutzler, S. (1999). *The physics of foams*. Oxford University Press. (in English)