

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

KONSTRÜKTİVİST MİMARİ VE HESAPLAMALI TASARIM İLİŞKİSİ

FIRAT AKSAKAL

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
BİLGİSAYAR ORTAMINDA MİMARLIK PROGRAMI**

**DANIŞMAN
DOÇ. DR. ŞEBNEM YALINAY ÇİNİCİ**

İSTANBUL, 2011

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KONSTRÜKTİVİST MİMARİ VE HESAPLAMALI TASARIM İLİŞKİSİ

Fırat AKSAKAL tarafından hazırlanan tez çalışması 23.06.2011 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Şebnem Yalınay ÇİNİCİ

Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Şebnem Yalınay ÇİNİCİ

Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Meryem Birgül ÇOLAKOĞLU

Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Emre AYSU

Maltepe Üniversitesi

ÖNSÖZ

“Konstrüktivist Mimari ve Hesaplamalı Tasarım İlişkisi” isimli yüksek lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Bilgisayar Ortamında Mimarlık Programı’nda hazırlanmıştır.

Bu tezin hazırlanmasında;

Bir yılı aşkın bir süre boyunca her hafta, değerli zamanını ve bilgisini benimle paylaşarak, tezin her aşamasında göstermiş olduğu yakın ilgi, destek ve özverilerinden dolayı değerli tez danışmanım Doç. Dr. Şebnem Yalınay ÇİNİCİ’ye,

Mimarlık alanındaki çağdaş yaklaşımları sayesinde edinmiş olduğum bilgi ve tecrübelerden dolayı Bilgisayar Ortamında Mimarlık Programı bünyesindeki tüm hocalarıma,

Mezun olduğum ve çalıştığım kurum olan Maltepe Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi’nde bulunan ve çalışmalarımda katkısı olan tüm akademik ve idari personele,

Sevgi ve anlayışları ile her zaman yanımda olan aileme,

Ve son olarak, çalışmalarım ve yaşantımda en büyük desteğim olan eşim Senem’e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Mayıs, 2011

Fırat AKSAKAL

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ.....	vi
KISALTMA LİSTESİ.....	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
ÇİZELGE LİSTESİ	x
ÖZET	xi
ABSTRACT.....	xii
BÖLÜM 1	
GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti	2
1.2 Tezin Amacı	3
1.3 Hipotez	3
BÖLÜM 2	
KONSTRÜKTİVİST AKIM ve MİMARİ	4
2.1 Konstrüktivist Sanat ve Günümüze Etkileri.....	5
2.2 Konstrüktivizm İçinde Ayrılan Mimari Gruplar	9
2.2.1 ASNOVA (Yeni Mimarlar Birliği) ve Rasyonalizm	9
2.2.2 OSA (Çağdaş Mimarlar Organizasyonu).....	13
2.2.3 Prodüktivistler ve Kule Tasarımları.....	14
2.2.3.1 Tatlin Kulesi	15
2.2.3.2 Shukhov Kulesi	17
2.3 Konstrüktivizm ve Mimari Tasarım: İakov G. Chernikhov.....	20
BÖLÜM 3	
GEOMETRİK KURGULAR İÇİN GELİŞTİRİLEN BİR ESTETİK SİSTEMİ	24
3.1 Tasarım Algoritmalarının Yapısı	26
3.2 Estetik Sistem.....	27

3.2.1	Çizgisel Öğeler.....	29
3.2.2	Düzlemsel Öğeler.....	32
3.3	Konstrüktivist Çalışmalar	32
BÖLÜM 4		
PARAMETRİK BİR SHUKHOV KULESİ		36
4.1	Hiperboloit Yapılar	36
4.2	Kural Tabanlı Yüzeyler.....	38
4.3	Shukhov Kulesi	39
4.3.1	Kulenin Statik Analizi	40
4.3.2	Alternatif Kuleler	44
BÖLÜM 5		
SONUÇ ve ÖNERİLER.....		47
KAYNAKLAR.....		49
EK-A.....		53
GRASSHOPPER UYGULAMALARI		53
A-1 Bir Düzlem Üzerindeki Öğelerin Konstrüktif Kurgusu		53
A-2 Shukhov Kulesi.....		53
ÖZGEÇMİŞ.....		54

SİMGE LİSTESİ

α	Tepe açısı
β	Döndürme açısı
B	Kiriş sayısı
C	Kolon sayısı
c	Doğrultman (<i>directrix</i>)
θ	Kirişlerinin dönüş açısı
H	Kulenin yüksekliği
I	Başlangıç şekli
L	Kulenin çizgisel aksı
M	Kulenin tepesinde yer alan kütlenin ağırlığı
P	Kulede kullanılan malzemenin uzunluğu
R	Kural seti
r_b	En alt kirişin çapı
r_t	En üst kirişin çapı
r	Döndürme katsayısı
s	Küçültme katsayısı
V_M	İşaret alfabesi
V_T	Terminal alfabesi
W	Kulenin ağırlığı

KISALTMA LİSTESİ

ASNOVA	Assotsiatsiya Novykh Arkhitektorov
CAAD	Computer-aided Architectural Design
CAD	Computer-aided Design
CAM	Computer-aided Manufacturing
INKhUK	Institut Khudozhestvennoy Kulturi
Komintern	Kommunistiçeskiy Internatsional
LEF	Levy Front Iskusstv
OSA	Ob'edineniye Sovremennikh Arkhitektorov
Proletkult	Proletarskaya kultura
SA	Sovremennaya Arkhitektura
SSCB	Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği
SVOMAS	Svobodnye Gosudarstvennye Khudozhestvennye Masterskiye
Vkhutemas	Vysshiye Khudozhestvenno-Tekhnicheskiye Masterskiye

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1	Corner Relief, Tatlin, 1915 [16]	4
Şekil 2.2	“Books”, Rodçenko, 1924 [21]	6
Şekil 2.3	“Mess Mend”, Rodçenko, 1924 [22]	6
Şekil 2.4	Malevich’s Tektonic, Zaha Hadid, 1976 [29]	8
Şekil 2.5	Communal House, Ladovsky, 1919 [36]	10
Şekil 2.6	Sahne tasarımı, Krinsky [40]	11
Şekil 2.7	Gökdelen tasarımı, Krinsky, 1920 [40]	11
Şekil 2.8	Flying City, Krutikov, 1928 [36]	12
Şekil 2.9	Sovyet Sarayı, Ginzburg, 1934 [45]	14
Şekil 2.10	Sahne tasarımı, Vesnin, 1922 [46]	14
Şekil 2.11	Tatlin Kulesi, Tatlin, 1920 [49]	16
Şekil 2.12	Shukhov Kulesi, Shukhov, 1919 [51]	17
Şekil 2.13	Rotunda, Shukhov, Nizhny Novgorod, 1896 [55]	18
Şekil 2.14	Shukhov’un tasarlamış olduğu bazı kuleler [56], [57], [58]	19
Şekil 2.15	Shukhov Kulesi ile Eyfel Kulesi [51]	20
Şekil 2.16	“Çekiç ve Orak”, Chernikhov, 1933 [59]	21
Şekil 2.17	Çizgisel öğelerin konstrüktif kurgusu [62]	22
Şekil 2.18	Düzlemsel öğelerin konstrüktif kurgusu [62]	22
Şekil 2.19	Uzaydaki düzlemlerin konstrüktif kurgusu [62]	22
Şekil 2.20	Uzaydaki yüzeylerin konstrüktif kurgusu [62]	22
Şekil 2.21	Uzaydaki kütlelerin konstrüktif kurgusu [62]	22
Şekil 3.1	Kabul edilen tasarım algoritmasının yapısı [63]	26
Şekil 3.2	Estetik sistem algoritmasının yapısı [63]	27
Şekil 3.3	Biçim grameri	28
Şekil 3.4	Rodchenko’nun çizgisel kompozisyonları [65], [66]	29
Şekil 3.5	Düz bir çizgi ile elde edilen sonuç	30
Şekil 3.6	Düz bir çizgi ile elde edilen farklı sonuçlar	31
Şekil 3.7	Kırıklı bir çizgi ile elde edilen sonuç	31
Şekil 3.8	Bir üçgen ile elde edilen sonuç	32
Şekil 3.9	Painterly Architectonics, Popova, 1917	33
Şekil 3.10	Painterly Architectonics, Popova, 1917	34
Şekil 3.11	Beat the Whites with the Red Wedge, El Lissitzky, 1919	35
Şekil 4.1	Dünyanın ilk hiperboloit yapısı, Shukhov, 1896 [56]	37
Şekil 4.2	Tek-katmalı hiperboloit (üstte) ve hiperbolik parabolit (altta) [68]	37
Şekil 4.3	Kural tabanlı bir yüzey [68]	38

Şekil 4.4	Kural tabanlı bir hiperboloit [68].....	39
Şekil 4.5	Shukhov Kulesi [70]	39
Şekil 4.6	Izgara sistemlerdeki yük dağılımı [72]	40
Şekil 4.7	Kule 1.....	41
Şekil 4.8	Kule 2.....	41
Şekil 4.9	Kule 3.....	41
Şekil 4.10	Kule 4.....	42
Şekil 4.11	Kule 5.....	42
Şekil 4.12	Kule 6.....	42
Şekil 4.13	Çizelge 4.2’de yer alan verilerin grafiği	44
Şekil 4.14	Alternatif kuleler	45

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 3.1	Düz bir çizgide kullanılan parametreler 31
Çizelge 4.1	Kulelerde kullanılan parametreler 43
Çizelge 4.2	Kulelerdeki her bir kiriş için, her bir kolona düşen yük miktarı (kg) 43
Çizelge 4.3	Kulelerin fiziki değerleri..... 44
Çizelge 4.4	Alternatif kulelerde kullanılan parametreler 46

KONSTRÜKTİVİST MİMARİ VE HESAPLAMALI TASARIM İLİŞKİSİ

Fırat AKSAKAL

Mimarlık Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Şebnem Yalınay ÇİNİCİ

Konstrüktivist mimari, 1920'lerin başında Rus Futurizm'inden doğan geniş bir konstrüktivist sanat anlayışının sonucunda ortaya çıkmış ve Modern Akım'ın oluşmasına zemin hazırlamış deneysel bir akımdır. Tarihsel açıdan bakıldığında, günümüzde kullanım alanı büyük ölçüde artmış olan bilgisayar-destekli tasarım ve üretim teknolojilerin altında yatan prensiplerin ilk izlerine, Konstrüktivizm akımında rastlanmaktadır. Tezin amacı, bu ilişkinin tartışmaya açılarak, hesaplamalı tasarım araçları ile ele alınmasıdır.

Tez kapsamında, "Laboratuvar Sanatı" anlayışına karşı "Üretim Sanatı"nı savunan sanatçıların (Prodüktivistler) düşünceleri doğrultusunda gelişen Konstrüktivizm incelenmiş ve içerdği bu iki yaklaşımın sayısal altyapıları araştırılmıştır.

Sonuç olarak, konstrüktivist mimarinin önemli örnekleri üzerinden elde edilen kural tabanlı tasarımların ışığında, Konstrüktivizm ve beraberinde gelen geometri anlayışının hesaplamalı tasarım teknolojilerinin ortaya çıkmasında ve gelişmesinde öncü bir rol oynadığı vurgulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Konstrüktivizm, bilgisayar-destekli tasarım, bilgisayar-destekli üretim, laboratuvar sanatı, üretim sanatı

ABSTRACT

THE RELATIONSHIP OF CONSTRUCTIVIST ARCHITECTURE AND COMPUTATIONAL DESIGN

Firat AKSAKAL

Department of Architecture

MSc. Thesis

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Şebnem Yalınay ÇİNİCİ

Constructivist architecture is an experimental movement, emerged from an extensive constructivist sense of art, which grew out of Russian Futurism at the beginning of the 1920s and established the ground that brings out Modern Architecture. According to the historical perspective, first traces of the underlying principles of computer-aided design and manufacturing technologies which has a greatly increased usage nowadays are encountered in Constructivism. The objective of the thesis is to open up the discussion of this relationship and evaluate it with computational design tools.

Within the scope of the thesis, Constructivism which developed in accordance with the ideas of the artists defending the “Production Art” against the conception of “Lab Art” is investigated and the calculative infrastructures of these approaches are explored.

As a result, according to the rule-based designs obtained through the significant examples of constructivist architecture, it is emphasized that Constructivism and the geometrical approach stemming from it, have a pioneering role in the occurrence and the development of computational design technologies.

Keywords: Constructivism, computer-aided design, computer-aided manufacturing, lab art, production art

YILDIZ TECHNICAL UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE

GİRİŞ

20.yy.ın sonu itibarı ile kullanımı büyük ölçüde yaygınlaşan bilgisayar-destekli tasarım (CAD) ve bilgisayar-destekli üretim (CAM) teknolojileri, beraberinde getirdikleri yeni yaklaşımlar ve yeni nesil malzemeler sayesinde mimarlık disiplinine farklı bir anlayış kazandırmaktadır. Dijital altyapılar, mimari tasarımın içine işlediği sürece mekansal düzenlemelerin yeni şekilleri ve yöntemleri ortaya çıkmaktadır [1]. Bununla beraber topolojik Öklid-dışı (*non-Euclidean*) geometrik uzay, kinetik ve dinamik sistemler ve genetik algoritmaların dahil olduğu hesaplamalı (*computational*) tasarım yöntemleri, geçerliliğini arttırmaktadır. Dolayısıyla mimarlık, kısmen topolojik geometrilerin deneysel bir araştırması, kısmen robotik malzeme üretiminin hesaplamalı bir organizasyonu, kısmen de mekana üretken ve kinematik bir şekilde biçim verme olarak kendini yeniden yapılandırmaktadır [2]. Ancak tarihsel açıdan incelendiğinde bu yapılanmanın ilk izlerine, 1917 Ekim Devrimi¹ ile 1920'lerin sonundaki Sosyalist Gerçekçiliğin² etkili olduğu yıllar arasında Sovyetler Birliği'nde ortaya çıkan Konstrüktivizm akımında rastlanmaktadır [5].

Mühendislik ürünlerinin soyut biçim dili içinde şekillenışı düşüncesi ile Konstrüktivizm, 1920'lerin başında Modern Akım'ın oluşmasına zemin hazırlayan deneysel akımlar arasında yerini almıştır [6]. Proletkult hareketinin ve Bolşevik ideallerinin bir parçası olarak Vladimir Lenin önderliğinde 1906 yılında başlamış olan akım, "bilim, endüstri ve

¹ **Ekim Devrimi, Bolşevik Devrimi** ya da **Rus Devrimi**, Çarlık Rusyası'nda Jülyen takvimine göre 24 Ekim 1917'de (Miladi takvime göre 7 Kasım 1917), Petrograd'daki Kışlık Saray'ın Lenin önderliğindeki Bolşeviklerin eline geçmesiyle başlayan ve Sovyetler Birliği'nin kurulmasına yol açan olaylar dizisidir [3].

² **Sosyalist gerçekçilik**, sosyalizm ideolojisinin sanat ve edebiyata yansımaları olarak 1930'lu yıllarda ortaya çıkmıştır [4].

sanatın birleşmesinden doğan yenilenmiş bir kültürü” hedeflemiştir [7]. Bu anlamda Konstrüktivizm, geleneksel mimarının yeni bir karma elde etmek üzere başka araçlar ve disiplinler ile bir araya gelmesi gerektiğini savunmuştur. Tasarım sürecinin tartışmaya açılmasıyla birlikte gelişmeye başlayan geometri anlayışı ise, günümüz dijital ortamının üretken ve yaratıcı potansiyeli için önemli bir temel oluşturmuştur.

1.1 Literatür Özeti

Dönemin estetik anlayışında etkili olan matematikçi Matila Ghyka, hayatın ve sanatın matematiği olduğunu ve bunların birleştiğini savunmuş, bu savını ise Sanatın ve Hayatın Geometrisi (*The Geometry of Art and Life*) adlı kitabında incelemiştir [8]. Bu geometriye göre, doğanın (gerçekliğin) bir taklidi olan sanat, onun gibi üçgen, kare ve çemberlerden oluşan formlar üzerine kurulmalı ve bilimselleşmelidir. Platon’dan doğan bu ilke, De Stijl, Pürizm, Bauhaus ve Konstrüktivizm üzerinde olduğu kadar zamanın rasyonalist mimarlığı ve şehirciliği üzerinde de etkili olmuştur [9].

Rasyonalist avangart yaklaşıma göre ideal formların en kusursuz hali makinelerdir. Makinenin tasarımı tamamıyla mantıklıdır, gerçektir, işlevseldir, süssüzdür yani saftır (*pure*), dinamiktir ve üreticidir [9].

Makinenin bu şekilde görülmesi, makinelerin tasarlandığı mühendislik disiplininin yüceltilmesini doğurmuştur. Le Corbusier, Yeni Mimarlığa Doğru (*Vers une Architecture*) adlı manifestosunda mühendisi, “*Ekonomi yasasından esinlenen ve matematiğin yönettiği Mühendis, bizi evrensel yasayla uyum içine sokar. Armoniyi başaran odur [...] ve iyi sanatın yolu mühendisliktir.*” diyerek överken [10], Konstrüktivizmin ve Bauhaus’un örgütlenmesinde başı çekenlerden Moholy-Nagy ise, ölmüş olan “tanrının” yerini mühendisin aldığını belirtmiştir [11]. Buna göre sanat da ancak, makine mantığını ve mühendislik disiplinlerini benimseyerek “tanrısallaşabilir” ve yeni dünyanın inşa edilmesinde (konstrüksiyonunda) söz sahibi olabilirdi. Naum Gabo ve Antoine Pevsner ise, Konstrüktivizmin ilkelerinin anlatıldığı Realist Manifesto’da (1920), sanat ve mühendislik ilişkisini şu şekilde açıklamışlardır: “*Elimizde şakul, gözler cetvel kadar keskin ve ruhumuz pergel kadar düzgün, [...] bir mühendis nasıl köprülerini inşa ediyorsa biz de kendi eserlerimizi inşa ederiz* [12].”

Doğa ve bilime dayalı bu sanat anlayışı içinde konstrüktivistler, ideal formların geometrisine yönelmiş ve bu geometrik öğelerin mantıksal sebepler ile bir araya gelmesi gerektiğini savunmuşlardır. 1931 yılında Leningrad Mimarlar Odası tarafından yayınlanan (1931) ve tezin temel kaynaklarından bir olan Mimari ve Makine Formlarının Konstrüksiyonu (*The Construction of Architectural and Machine Forms*) adlı kitabında İakov Chernikhov, mimari tasarımı, bu geometrik anlayışa göre ifade etmiştir.

Günümüzde ise, konstrüktivist mimari ile ilgili çalışmaların başında, Rus mimar ve araştırmacı Catherine Cooke'un, Chernikhov'un (kendisine "Soviet Piranesi" unvanını kazandıran) kitapları ve mimari tasarıma yaklaşımı konusundaki incelemeleri ve yazıları yer almaktadır. Öte yandan, erken dönem çalışmalarında Batı-Avrupa geleneği ve Rus Konstrüktivizminin etkilerinin net olarak görüldüğü Serge Ivan Chermayeff'in, Alexander ile birlikte 1962'de yazdığı Topluluk ve Mahremiyet (*Community and Privacy*) adlı kitap ise hesaplamalı mimarlıkta, akademik anlamda öncü ve ilk örneklerden birisidir [5].

1.2 Tezin Amacı

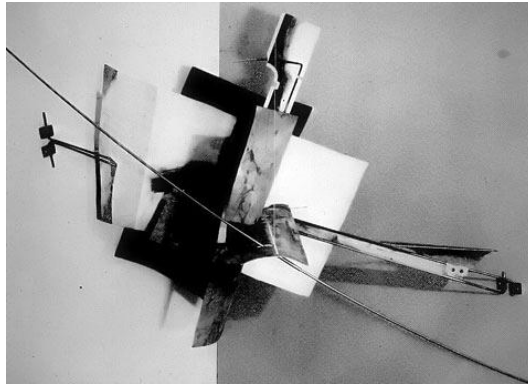
Beş bölümden oluşan tez çalışması kapsamında, Konstrüktivizm ile bilgisayar-destekli tasarım/üretim yöntemleri arasındaki biçimsel ilişki ve dayandıkları matematiksel yaklaşım incelenmiştir. Bu bağlamda, konstrüktivist mimaride hesaplamalı yöntemler uygulanarak bu ilişkinin araştırılması amaçlanmaktadır.

1.3 Hipotez

Yeni doğan dünya düzeni içerisinde, sanatçının bir mühendis ve bir bilim adamı olması gerektiğine inanan konstrüktivistler, sanat konusundaki geleneksel yaklaşımları bir kenara atmışlardır [13]. Sezgi ve deneyime dayalı sanat anlayışının yerine bilimsel yöntemlerin geçerliliğini savunarak, saf geometrik şekillere yönelmiş; öğelerin belirli kurallar içinde bir araya geldiği soyut tasarımlar ve makineleri andıran yapılar üretmişlerdir. Bu anlamda, geometrik kompozisyonları ve çağdaş malzeme kullanımı ile Konstrüktivizm, hesaplamalı mimarinin ortaya çıkmasında ve gelişmesinde etkili bir rol oynamıştır.

KONSTRÜKTİVİST AKIM ve MİMARİ

Konstrüktivizm (Yapılandırmacılık), Rus Avangart¹ sanatı olarak, 1913’de Vladimir Tatlin ile birlikte ortaya çıkan deneysel bir akımdır. “Konstrüktivist” sözcüğü ilk kez Kübik-Gelecekçilik içinde Tatlin’in 1914’te geliştirdiği bir dizi kabartmayla (Şekil 2.1) ilgili olarak kullanılmıştır. Tatlin bu yapıtlarında, malzemeyi taklit etmek yerine malzemenin kendisini (*faktura*), resimsel mekan yerine de gerçek mekanı (*tektonika*) kullanmıştır. Sözcüğün terim olarak yerleşmesiye, Gabo ve Pevsner’in 1920 tarihli *Realistiçeski manifest’i*yle (Gerçekçi Bildirge) gerçekleşmiştir. Bu bildirgede Gabo’nun “Konstrüktivizm” terimini soyut sanat için kullanması, yaratıcı sanatın toplumsal ve işlevsel olması gerektiğine inanan Prodüktivistler’le arasının açılmasına neden olmuştur. Gabo’nun SSCB’den ayrılmasıyla birlikte akım, gelişimini Rusya’da “Üretim Sanatı” doğrultusunda sürdürürken, Avrupa’da Gabo’nun düşünceleri çerçevesinde ilerlemiştir [15].



Şekil 2.1 Corner Relief, Tatlin, 1915 [16]

¹ Öncü ya da ilerici sanat anlamına gelen bu terim Fransızca’da “savaşta önde giden asker” sözünden alınmıştır [14].

1920’lerde Walter Gropius’un kurduğu Bauhaus’la birlikte Almanya’da farklı bir işleyişe sahip olan ve kısa süre içerisinde Avrupa’da etkin olarak uluslararası bir nitelik kazanan Konstrüktivizm, gelişmiş teknolojiyi ve mühendislik bilimlerini, dönemin Komünist ideolojisine uygun sosyal bir amaçla birleştirmeyi ve bu amaç doğrultusunda tasarımlar yapmayı hedeflemiştir [5]. Vladimir Tatlin tarafından gündeme gelen Konstrüktivist hareket, Joaquín Torres García, Manuel Rendón, Antoine Pevsner ve Naum Gabo’nun da katılımlarıyla yaygınlaşmış ve 1920’de sanat ve tasarım okulu olarak kurulan VKhUTEMAS’ın (Yüksek Sanat ve Teknik Stüdyoları) eğitim ortamında ele alınmıştır. Ancak Gabo, okuldaki sanat eğitiminin, sanat yapmaktan daha çok politika ve ideolojiye odaklandığını belirterek, Konstrüktivizm’in iki ayrı yaklaşımına dikkat çekmiştir [17]. Tezde ayrı konu başlıkları altında incelenmiş olan bu iki yaklaşım, saf (*pure*) sanat veya laboratuvar sanatı düşüncesine karşı, sanatın üretime yönelik toplumsal bir nedeni olması gerektiğine inanan Prodüktivistler’in, akıma yükledikleri farklı anlamlar çerçevesinde gelişmiştir. Düşünce yapısı olarak birçok açıdan örtüşmüş olmalarına rağmen, saf sanatı savunan konstrüktivistlerin, hareketin temelini tinsel töz (sezgisel içerik) ile açıkladıkları anlayış, Tatlin ve Rodchenko’nun savunduğu yararcı ve uygulanabilir konstrüktivizmin tam karşısıdır. Öyleki, Gabo ile aralarında oluşan bu ayrımdan dolayı Tatlin ve Rodchenko, kendi anlayışları için “Üretimcilik” terimini kullanmayı tercih etmişlerdir [18].

2.1 Konstrüktivist Sanat ve Günümüze Etkileri

1917 Devrimi’yle birlikte Rusya’da yeni bir toplum oluşmaya başlamıştır. Bu ortamda sanatçı, devrim ilkelerini sanat aracılığıyla geniş kitlelere ulaştırmayı hedeflemiştir. Kentsel planlama ve mimarlığın yanı sıra tiyatro, propaganda amaçlı grafik çalışmalar ve endüstri tasarımı ağırlık kazanmış; çeşitli Avant-Garde akımlardan gelen birçok sanatçı, farklı alanlarda yapıtlar üretmeye başlamıştır. Örneğin Rodçenko tipografi¹ (Şekil 2.2) ve kitap tasarımlarının (Şekil 2.3) yanı sıra mobilya ve giysi tasarımları; Tatlin ve Maleviç seramik tasarımları; Stepanova ve Popova ise tekstil tasarımı alanında çalışmalar yapmışlardır. 1920’ler boyunca resim ve heykel gibi geleneksel anlamda güzel sanat yapıtları pek az üretilmiştir. Pevsner kardeşlerle, Kandinsky ve Chagall gibi

¹ Yayınlamak veya elektronik olarak görüntülemek üzere harflerin, kelimeler ve cümleler oluşturacak şekilde düzenlenmesi veya tasarlanması [19].

ressam ve heykeltıraşlar ise öncü eğilimlerini Rusya’da sürdürme olanağını bulamadıklarından ülkelerini terk etmişlerdir [20].



Şekil 2.2 “Books”, Rodçenko, 1924 [21]



Şekil 2.3 “Mess Mend”, Rodçenko, 1924 [22]

Mimari örnekler açısından, Konstrüktivist mimarinin en önemli yapıtlarından biri olan Tatlin’in *III. Enternasyonal Anıtı*, bütünüyle Gabo’nun karşı çıktığı bir işlevselciliği gündeme getirmiştir. Gabo bu eleştirisini, “*Ya işlevsel binalar ve köprüler, ya saf sanat; ikisi birden değil!*” sözleri ile belirtmiş olmasına rağmen (1920), öğelerin estetik kurallar çerçevesinde biraraya getirilmesi yerine, kullanılan malzeme önem kazanmıştır. Bu bağlamda Konstrüktivizm, bütünüyle teknik bir ustalık ve malzeme düzenlemesi olarak

ortaya çıkmıştır. Ancak kavramların tam olarak netleştirilememesi ya da çeşitli sanatçıların terimlere farklı anlamlar yüklemesi sonucunda Rus Konstrüktivizmi net bir tanıma kavuşamamıştır. Oysa Avrupa’da Konstrüktivizm “evrensel ve nesnel estetik değerler doğrultusunda bilinçli olarak tasarlanmış bir düzenleme” anlayışı altında ilerlemiştir. İçerdiği yalınlık, netlik ve kesinlik Konstrüktivizm’in bir anlamda Öğecilik¹ ve Pürizm’in² temel kavramlarıyla örtüşmesine yol açmıştır. Buna rağmen Konstrüktivizm, betimsel-olmayan (*non-representational*) ve anlatımcı öğeler içermeyen geometrik öğelerle, soyut bir yapıya yönelerek her iki akımın da ilerisine geçmiştir [25].

Günümüzde Konstrüktivizm, soyut sanat anlayışı ve hesaplamalı tasarım yöntemleri doğrultusunda gelişerek bilgisayar-destekli mimari düşüncenin altyapısını oluşturan bir hareket olarak değerlendirilmektedir [5]. Gabo’nun da belirttiği gibi konstrüktivist hareket, görsel sanatın öğeleri olan çizgileri, renkleri ve geometrik şekilleri, temsil ettikleri kavramlardan bağımsız olarak, kendi ifade güçlerinin öne çıktığı bir anlayışla ele almıştır [26]. Bu soyut ve basit geometrik altyapının öne çıkması ve tasarımın soyut kurgular bağlamında yürütülmesi, günümüzün bilgisayar-destekli tasarım anlayışının altında yatan prensiplere işaret etmektedir.

Özetle, Konstrüktivist mimari, Rus Futurizm’inden doğan geniş bir konstrüktivist sanat hareketinin sonucunda ortaya çıkmıştır. Konstrüktivist sanat, kinetik bir eleman kullanarak, bütünüyle soyut, nesnel-olmayan “konstrüksiyon”lara, üç boyutlu kübist bir anlayış getirirken 1917’deki Rus Devrimi’nden sonra dikkatini, yeni rejimin gerektirdiği sosyal ihtiyaçlar ve endüstriyel görevlere çevirmiştir. Böylelikle ortaya çıkan iki çizgiden birincisi, Antoine Pevsner ve Naum Gabo’nun uzam ve ritimle ilgili Gerçekçi manifestosunda (*Realist manifesto*) özetlenirken, ikincisi ise Aydınlanma Komiserliği (*Commissariat for Enlightenment*) içerisindeki mücadeleyi temsil etmektedir. Bu mücadele saf sanat için tartışanlar ve sanatın endüstriyel üretim içerisinde emilmesini

¹ “Elementarizm” olarak da bilinen akım, Avrupa’da Konstrüktivizm hareketinin çekirdeğini oluşturmuştur. Temelde sanatsal düzenlemenin içgüdüsel ya da sezgisel olması yerine, evrensel estetik ilkeler doğrultusunda bilinçli olarak tasarlanmasını öngörmüştür [23].

² **Pürizm** veya **Artırcılık**, ağırlıklı olarak Fransız ressam Amedee Ozenfant ve mimar Le Corbusier tarafından ortaya konmuş, Kübizm’in bir parçası olan bir sanat akımıdır.

Pürizm akımı, kübizmde yaygın olan süsleme eğilimini tamamen reddetmeyi, temiz ve net biçimlere dönmeyi amaçlar. Bu prensip 1918’de basılmış *After Cubism* (Kübizmden Sonra) adlı kitapta anlatılmıştır [24].

isteyen daha sosyal odaklı bir grup olan Prodüktivistler (Alexander Rodchenko, Varvara Stepanova ve Vladimir Tatlin gibi) arasındaki yaşanmıştır [27].

1922’de Pevsner ve Gabo’nun göç etmesiyle birlikte yaşanan bölünmenin ardından hareket, sosyal faydacı (*utilitarian*) hatlarda ilerlemiştir. Sonuç olarak Prodüktivist çoğunluk, Proletkult¹ (proletarya kültürü) ve LEF dergisinin desteğini kazanarak mimari grup O.S.A. içerisinde baskın olmayı başarmıştır [2].



Şekil 2.4 Malevich’s Tektonic, Zaha Hadid, 1976 [29]

Ancak bu iki grup, bilgisayar-destekli tasarım ve üretim yöntemleri açısından ayrı ayrı incelenmeli ve değerlendirilmelidir. Soyut sanatı savunanların kısmen daha “sezgisel” ve geometrik kompozisyonlara dayalı olan tasarım yöntemleri günümüzün (Rem Koolhaas veya Zaha Hadid gibi) birçok mimarı tarafından uygulanmaktadır (Şekil 2.4). Bunun yanında ızgara-kabuk (*gridshell*) ve hiperboloit yapılar gibi birçok gelişmiş mimari kavramı ortaya koyan Vladimir Grigorievich Shukhov gibi Prodüktivistler ise çağdaş mimarinin hesaplamaya dayalı geometri anlayışı ve malzeme kullanımını önemli ölçüde etkilemiştir. Bu nedenle tezin ilerleyen bölümlerinde, konstrüktivizmin içinde

¹ **Proletkult**, "proletarskaya kultura" sözünden (proletarya kültürü) oluşturulmuş birleşik bir sözcüktür. Sovyetler Birliği'nde 1917-1925 arasında, burjuva etkilerine karşı tamamen proletaryaya ait bir sanat oluşturmak amacıyla aktif olmuş bir harekettir [28].

ayrılan bu iki farklı yaklaşım, hayat buldukları mimari gruplar ve üretilen projeler kapsamında incelenerek, bilgisayar ortamında geliştirilmiş çeşitli uygulamalar ile değerlendirilecektir.

2.2 Konstrüktivizm İçinde Ayrılan Mimari Gruplar

1918’de Moskova’da Resim, Heykel ve Mimarlık Yüksekokulu ve Stroganov Sanat Okulu’nun birleştirilmesiyle oluşturulan SVOMAS (Bağımsız Sanat Stüdyoları), 1920’de VKhUTEMAS adını almıştır. Bauhaus modelinden yola çıkarak oluşturulan bu okul sadece bir eğitim kurumu olmaktan çok, farklı konularda halka açık tartışmalar ve seminerlerin de gerçekleşmiş olduğu bir sanat merkezidir. Sanat sorunlarının ve ideolojik konuların ele alındığı bu toplantılarda, tartışmalar genellikle üç konu üstünde yoğunlaşmaktaydı. Cézanne’cılardan Suprematistler’e uzanan “saf sanat” yandaşları bu tür sanatın topluma olan katkılarını sorgularken, bir başka grup dekoratif sanatın ve halk sanatının canlandırılmasını tartışmakta, Konstrüktivistler’le “Üretim Sanatı”nı destekleyenler de akılcı bir tasarım idealini gündeme getirmekteydi. Bu dönemde INKhUK’un¹ çalışma programını hazırlamakla görevli Kandinsky, bu okulu, kuramsal düşüncenin egemen olduğu, sanatsal araştırmaların ve uygulamaların deneysel boyutlarda gerçekleşebileceği Bauhaus benzeri bir merkez olarak düşünmüştür. Ancak INKhUK içinde, Tatlin ve Rodçenko gibi “Üretim Sanatı”nı savunanlarla, Kandinsky, Maleviç, Pevsner ve Gabo gibi “Laboratuvar Sanatı”nı benimseyenlerin görüş farklılıkları VKhUTEMAS’a da yansımış, Kandinsky grubunun önerdiği program onaylanmayınca ağırlık birinci gruba geçmiştir [30].

2.2.1 ASNOVA (Yeni Mimarlar Birliği) ve Rasyonalizm

ASNOVA, Sovyetler Birliği’nde, 1920’ler ile 1930’ların başı arasında aktif olan ve genellikle “Rasyonalistler” olarak adlandırılan bir avangart mimarlık birliğidir. Birlik, VKhUTEMAS’ta eğitmen ve INKhUK üyesi olan Nikolai Ladovsky tarafından Vladimir Krinsky gibi başka avangart mimarlar ile birlikte 1923 yılında kurulmuştur [31]. Her ne kadar Ladovsky’nin öğretim yöntemleri Modernist olsa da, bu yöntemler işlevsel

¹ “İKhK” olarak da kısaltılır. Narkompros’un Görsel Sanalar Bölümü’ne (IZO) bağlı olarak 1920’de Moskova’da kurulmuş bir enstitü [30].

olmaktan öte “sezgiseldi” ve kısmen gestalt psikolojisine¹ dayanmaktaydı (Şekil 2.5). 1919 yılında Ladovsky, “teknik rasyonalizme” karşı, mimari rasyonalizmi, “bir binanın mekansal ve işlevsel yönlerini algılamada psikolojik işleyişin örgütlenmesi” olarak tanımlamıştır [33]. Araştırmalarında özellikle Alman asıllı Amerikalı psikolog Hugo Münsterberg’in çalışmalarından etkilenen Ladovsky, 1926’da Münsterberg’in endüstriyel psikoloji² teorisine dayanan bir Psikoteknik³ laboratuvarı kurmuştur [35]. Krinsky’nin çalışmalarında olduğu gibi (Şekil 2.6 ve Şekil 2.7) genel olarak grup, işlevsellikten uzaklaşarak mimaride (Ladovsky’nin deyişi ile) “psiko-örgütsel” (*psycho-organisational*) etkiler oluşturmak üzerinde yoğunlaşmış ve yeni doğmakta olan OSA tarafından “şekilcilik” ile suçlanmıştır. Bu nedenle, ASNOVA ve OSA arasında “Konstrüktivizm”in anlamı üzerinden birçok fikir ayrılığı yaşanmıştır [15].



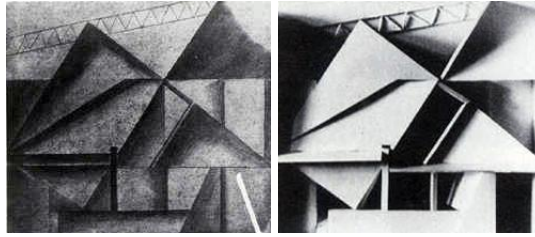
Şekil 2.5 Communal House, Ladovsky, 1919 [36]

¹ **Gestalt psikolojisi**, zihnin çalışma ilkelerinin bütünsellik, paralellik ve kendi kendisini düzenleme olduğunu öne süren bir psikoloji teorisidir. 20.yy'ın ilk yarısında, Almanya'da ortaya çıkmıştır [32].

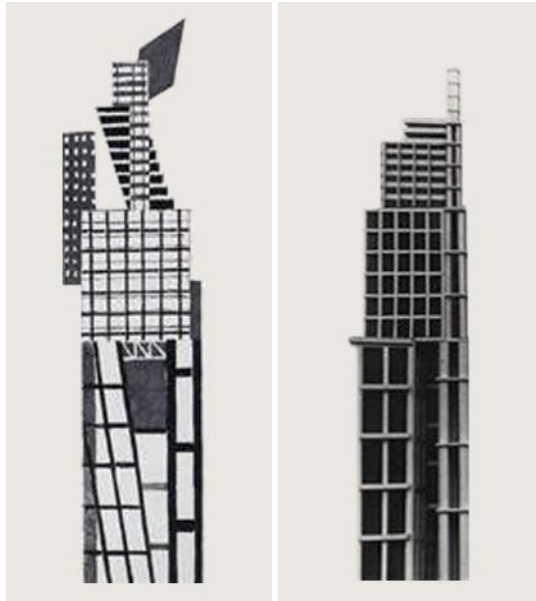
² **Endüstri psikolojisi**, iş ortamlarındaki insan davranışlarını inceleyen bir bilim dalıdır. Endüstriyel psikolojide, bir yandan iş ortamındaki insana dayalı davranışların belirleyicileri ve sonuçları kuramsal açıdan incelenirken, diğer bir yandan da iş yerlerinde ortaya çıkan insanla ilgili sorunların çözümleri araştırılır [34].

³ İnsanın mesleğe uyarlanması.

Ancak ASNOVA grubunun sanata ve tasarıma olan bu biçimsel yaklaşımı içerisinde gerçekleştirdiği çalışmalar, mimaride hesaplamalı tasarım düşüncesinin ilk kez ortaya çıktığı erken dönem örnekleri olarak değerlendirilmektedir [37]. Bilgisayar-destekli tasarım alanında yapılan araştırmalar, ASNOVA ile başlayan ve günümüze kadar uzanan kurgusal çalışmaların sayısal özelliklerini incelerken, sahip oldukları kural tabanlı altyapıya dikkat çekmektedir [38]. Chernikhov'un bu alanda ortaya koyduğu ve günümüzde bilgisayarlar-destekli tasarım araçlarının kullanımına yön veren çalışmaları [39] tezin ilerleyen bölümlerinde ele alınacaktır.



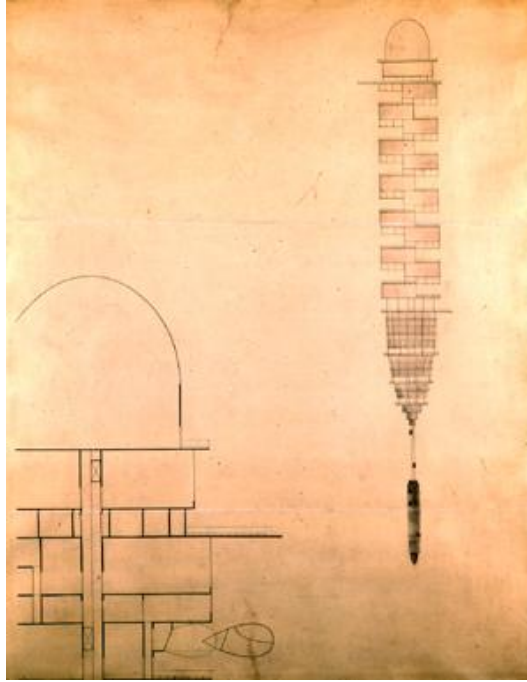
Şekil 2.6 Sahne tasarımı, Krinsky [40]



Şekil 2.7 Gökdelen tasarımı, Krinsky, 1920 [40]

Grup, 1926'da ASNOVA News dergisinin bir sayısını tasarlaması ile birlikte El Lissitzky'nin desteğini kazanmıştır. Bununla beraber dönemin en ünlü Sovyet Modernist mimarı olan Kostantin Melnikov [15], OSA'nın bilimsel kesinliğine karşı dikkatini, etki ve sezgi üzerinde yoğunlaştırarak, bir anlamda grubun üyesi haline gelmiştir. Daha çok Londra'daki işleri ile tanınan Berthold Lubetkin de grubun katılımcıları arasında yer almıştır. Bu katılımlarla desteklenmiş olan “rasyonalist”

tasarım yaklaşımı içerisinde, Georgy Krutikov'un (1928) "Uçan Kent"i, ütöpik anlayışı ve Bilim-Kurgu öğeleri ile ASNOVA'nın ünlü projelerinden birisidir (Şekil 2.8).



Şekil 2.8 Flying City, Krutikov, 1928 [36]

ASNOVA üyeleri kağıt üzerinde ve yarışma projelerinde üretken olmalarına karşın inşa etme konusunda geri kalmışlardır [41]. Örneğin Melnikov ve Ladovsky, 1925 Paris fuarında Sovyet pavilyonu için düzenlenen yarışmada sırasıyla birincilik ve ikincilik ödüllerini kazanırken [15], eski SSCB'de gerçekleştirilen projelerden çok azı hayatta kalabilmiştir. Bunlardan en önemlileri, Ladovsky'nin Moskova Tverskaya'da yer alan apartman bloğu (1929) ve Barutchev, Gil'ter, Meerzon ve Rubanchik'ten oluşan bir ASNOVA ekibinin inşa ettiği bir dizi "sosyal mercek" (*social condenser*¹) olarak düşünülmüş mutfak ve sosyal tesisleridir.

1928'de ASNOVA, Ladovsky'nin ARU (Mimarlar ve Şehirciler Birliği) adı altında kendi grubunu kurması ile birlikte dağılmıştır.

¹ Sovyet Konstrüktivist teorisinde **sosyal mercek**, mimaride uygulanan uzamsal bir fikirdir. OSA'nın 1928'de gerçekleşen ilk konferansının açılış konuşmasında Moisei Ginzburg, "*Konstrüktivizmin temel amaçlarından biri [...] çağın Sosyal Mercek'inin tanımıdır.*" diye iddia etmiştir. Bu fikirle örtüşen tek yapı 1928'de inşa edilmeye başlanıp 1932'de tamamlanan, Moskova'daki Narkomfin Binası'dır [42].

2.2.2 OSA (Çağdaş Mimarlar Organizasyonu)

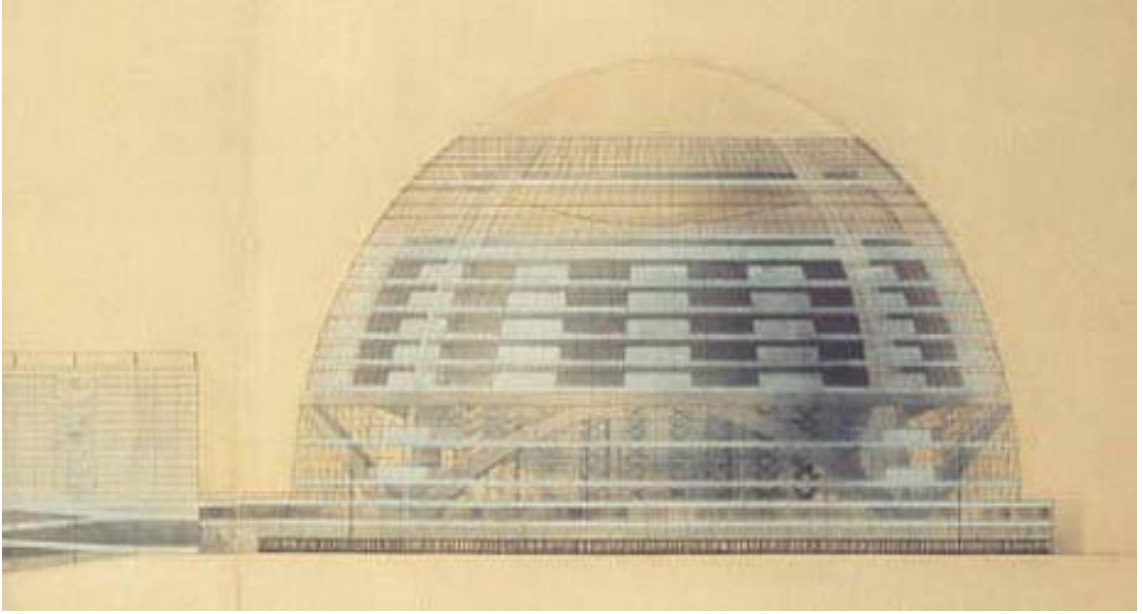
OSA, Sovyetler Birliği'nde, 1925 ile 1930 arasında aktif olan ve ilk konstrüktivist mimarlık grubu olarak değerlendirilen mimarlık birliğidir [41].

ASNOVA grubu gibi OSA'da, Moskova'daki VKhUTEMAS okulunun avangart kanadından doğmuştur. Grup, Le Corbusier'nin *Vers une Architecture*'ına (Bir Mimarlığa Doğru) bir Sovyet tepkisi olarak *Style and Epoch* (Stil ve Çağ) kitabıyla tanınan Moisei Ginzburg ve ressam, tasarımcı ve mimar Alexander Vesnin tarafından kurulmuştur. ASNOVA'nın aksine OSA grubu, kendilerini Konstrüktivist'ler olarak görmüş ve biçimden çok yararcılık (*utilitarianism*) ve işlevselcilik (*functionalism*) üzerinde durmuştur. Bu grubun Weimar Dönemi¹ Almanyası'nın Fonksiyonalizm'i ile (örneğin Ernst May'ın konut projelerinde olduğu gibi) birçok ortak noktası vardır [7]. OSA, LEF dergisinin sosyalist Modernistlerinin mimari kanadını oluşturmaya rağmen, 1926'da kendi dergisi olan SA'yı (Çağdaş Mimarlık) çıkartmıştır [31].

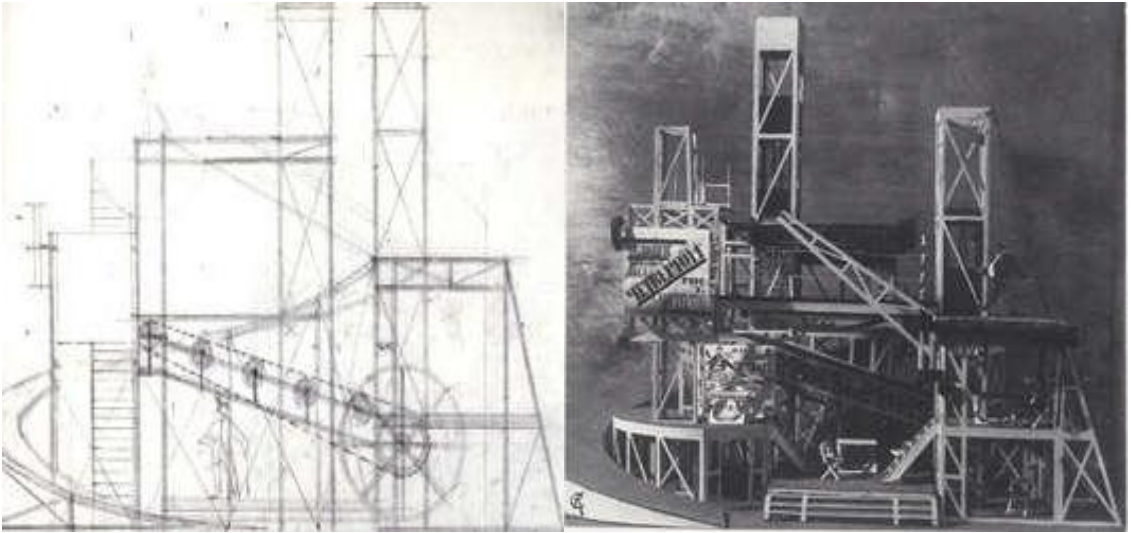
1930'da kapanmasına kadar SA, düz çatılarla ilgili bir sempozyumdan, mimaride renk kullanımı üzerine özel bir sayıya ve Le Corbusier, Bauhaus, Fernand Léger ve derginin yazarlarından Kazimir Maleviç'in tartışmalarına kadar çeşitli konularla ilgili makaleler yayınlamıştır. Bunlara ek olarak Modernizm'in inşa edilen projelerinin yanında, VKhUTEMAS öğrencisi olan Lydia Komarova'nın *Komintern* projesi gibi deneysel çalışmalarda dergide yer almıştır [44].

Sonuç olarak Konstrüktivizm ile birlikte değişen geometri anlayışı, SA dergisinde yer alan birçok proje ve makalenin de desteğiyle, Ginzburg'un Sovyet Sarayı'nda (Şekil 2.9) ve Vesnin'in sahne tasarımında (Şekil 2.10) olduğu gibi yararlı ve işlevsel bir kimlik kazanarak, Batı-Modernizmi'ni etkilemiş ve günümüze kadar gelmiştir.

¹ **Weimar Cumhuriyeti**, 1919 ile 1933 arasında Almanyayı yönetmiş olan hükümetin adıdır. Bu dönem Alman tarihinde Weimar Dönemi diye bilinir [43].



Şekil 2.9 Sovyet Sarayı, Ginzburg, 1934 [45]



Şekil 2.10 Sahne tasarımı, Vesnin, 1922 [46]

2.2.3 Prodüktivistler ve Kule Tasarımları

Prodüktivizm, devrim sonrası Rusya’ında endüstriyel üretimin bir çeşidi olarak, sanatın uygulamaya dönük ve sosyal içerikli olması gerektiğine inanan bir grup Konstrüktivist sanatçı tarafından kurulan bir sanat hareketidir. Grup, Naum Gabo’nun Konstrüktivizm’i, soyut uzam ve ritme bağlayan savına karşı çıkmak üzere bir araya gelmiştir [47].

Bilgisayar-destekli tasarımın yanında bilgisayar-destekli üretim yöntemlerinin oluşumunda da büyük bir öneme sahip olan Prodüktivizm, en önemli iki örneği bağlamında tartışmaya açılmalıdır.

2.2.3.1 Tatlin Kulesi

Konstrüktivist mimarının ilk ve en ünlü örneği olan Tatlin Kulesi (Şekil 2.11) veya III. Enternasyonal Anıtı, Rus ressam ve mimar Vladimir Tatlin tarafından tasarlanmış ancak inşası hiç bir zaman gerçekleşmemiş bir anıtsal yapıdır. 1917'deki Bolşevik Devrimi'nden sonra günümüzde St. Petersburg olarak bilinen Petrograd'da inşa edilmek üzere Komintern'nin (III. Enternasyonal) merkezi ve anıtı olarak planlanmıştır. İnşası gerçekleşmemiş olsa da Tatlin Kulesi, tasarımında kullanılan malzemeler (cam ve çelik), fütüristtik yankıları ve politik eğilimi bakımından 1920'lerdeki projelere esin kaynağı olmuştur [7].

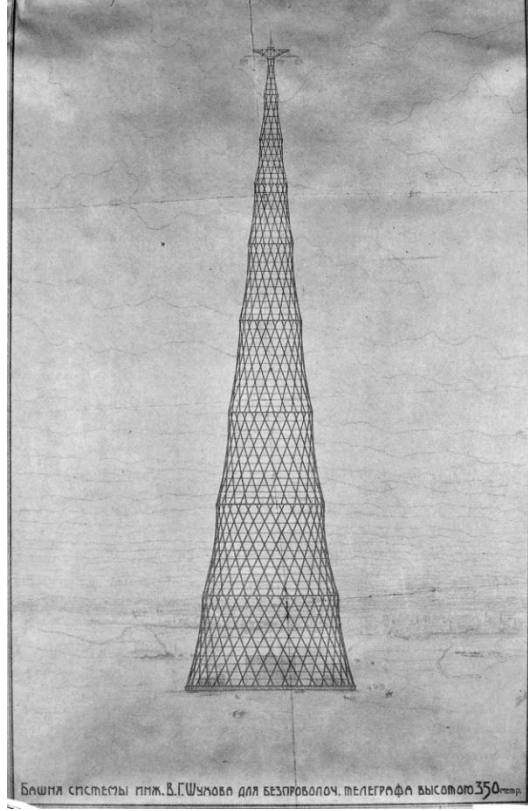
Tatlin, kulenin tasarımında demir, cam ve çelik gibi endüstriyel malzemelere yer vermiştir. Malzeme, biçim ve işlev anlamında modernliğin bir sembolü olarak öngörülmüş olan bu kule 400 metrelik yüksekliğiyle Paris'teki Eiffel Kulesi'ne (300 metre) bir karşılık olarak düşünülmüştür. Kulenin ana formu, bu yüksekliğe kadar kıvrılarak çıkan ve üzerinde ziyaretçilerin ulaşımını sağlayan çeşitli mekanik araçların yer aldığı ikiz burgudan oluşmaktadır. Kulenin iskeletine değişik hızlarda dönen dört adet geometrik hücre asılmıştır. En altta, dönüşünü bir yılda tamamlayan küp biçimindeki konferans salonu yer almaktadır. Bu küpün üzerinde, dönüşünü bir ayda tamamlayan piramit biçimindeki sekreterlik bürosu ve onun da üzerinde, dönüşünü bir günde tamamlayan silindir biçimindeki danışma merkezi bulunmaktadır. En tepeye ise yarımküre biçimindeki radyo istasyonu yerleştirilmiştir [48]. Böylece kule, insanın zaman içinde varoluşunu simgeleyen yıllık bir saat işlevini yüklenirken, iç hacim hareketleri ise devrim ve diyalektiği sembolize etmektedir [7].



Şekil 2.11 Tatlin Kulesi, Tatlin, 1920 [49]

2.2.3.2 Shukhov Kulesi

Shabolovka kulesi olarak da bilinen Shukhov'un radyo kulesi, Moskova'da yer alan ve Vladimir Shukhov tarafından tasarlanmış olan bir yayın kulesidir (Şekil 2.12). 160 metre yüksekliğindeki hiperboloit yapı 1920-1922 yılları arasında, Rus İç Savaşı sırasında inşa edilmiştir [50].



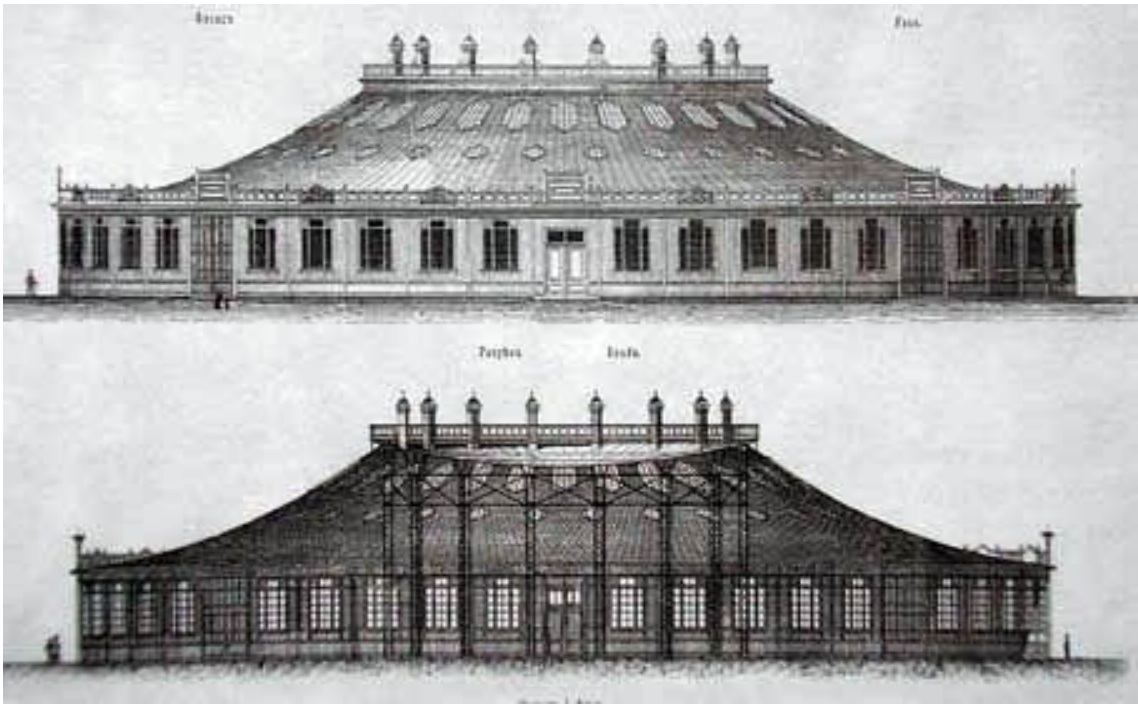
Şekil 2.12 Shukhov Kulesi, Shukhov, 1919 [51]

Rus mühendis Vladimir Grigorievich Shukhov'un eserleri arasında Shukhov Kulesi, en fazla üne sahip olanıdır. Bu kule, mühendislik alanındaki önemli başarılarından biri olarak kabul edilmektedir [52].

1880'lerde Shukhov, minimum malzeme, zaman ve emek harcayarak üretilen çatı sistemlerinin tasarımı üzerinde çalışmaya başlamıştır. Hesaplamaları, matematikçi Pafnuty Chebyshev'in, fonksiyonların en iyi yaklaşımları teorisi konusundaki çalışmalarına dayanmaktaydı. Verimli çatı sistemleri konusundaki bu matematiksel araştırmaları Shukhov'u, hem yapısal hem de mekansal anlamda yenilikçi buluşlara yöneltmiştir. Nikolai Lobachevsky'nin "hiperbolik" olarak adlandırdığı çifte-kavisli (*doubly-curved*) yüzeyler üzerinde uyguladığı analitik becerileri sayesinde Shukhov,

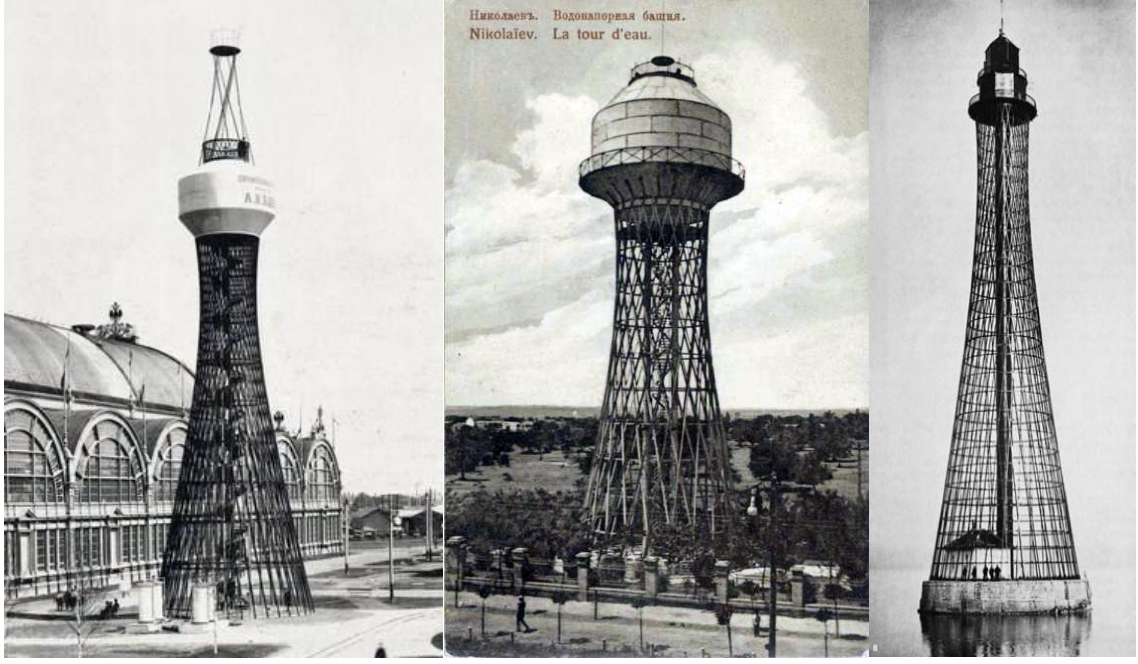
hiperboloitler ve hiperbolik parabolitler olarak bilinen yepyeni yapısal sistemleri mümkün kılacak denklemler üretmiştir [53]. Bu denklemler tezin son bölümündeki uygulama ile detaylı olarak açıklanacaktır.

Nizhny Novgorod'daki 1896 Tüm-Rusya Sanayi ve El Sanatları Sergisi için tasarlanmış olan çelik ızgara-kabuktan (*gridshell*) oluşan pavilyonlar, Shukhov'un yeni sisteminin ilk belirgin örnekleridir (Şekil 2.13). Bunlardan biri oval, diğeri dairesel olmak üzere iki adet pavilyon Nizhni Novgorod sergisi için inşa edilmiştir. Bu pavilyonların çatısı, demir çubuklardan oluşan çifte-kavisli, ızgara-kabuk bir kafesten meydana gelmekteydi [54]. Shukhov bu çatılara "kafes kule" (*azhurnaia bashnia*) adını vermiş ve 1895'te başvurarak, 1899'da sistemin patentini almaya hak kazanmıştır [53].



Şekil 2.13 Rotunda, Shukhov, Nizhny Novgorod, 1896 [55]

Shukhov aynı zamanda dikkatini, tepesinde büyük miktarda yük taşıyan kuleler için (su kuleleri gibi) verimli ve kolay inşa edilebilen taşıyıcı, ızgara-kabuk sistemlerin tasarımı üzerinde yoğunlaştırmıştır. Ağır bir yük taşıyan dokuma bir sepetin davranışını gözlemleyerek bulduğu çözüm, demir çubuklardan meydana gelen hafif bir ızgaranın oluşturduğu çifte-kavisli bir yüzey olmuştur. İlerleyen yirmi sene boyunca hiçbiri birbirine benzemeyen 12-68 metre yüksekliğe sahip, iki yüze yakın kule tasarlamış ve inşa etmiştir (Şekil 2.14) [52].

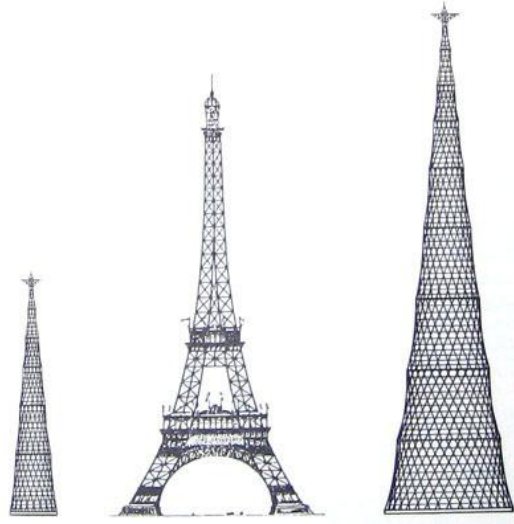


Şekil 2.14 Shukhov'un tasarlamış olduğu bazı kuleler¹ [56], [57], [58]

1911'lerden itibaren Shukhov, hiperboloit parçaların üst üste yığılmasından oluşan bir kule kavramı üzerinde deneyler yapmaya başlamıştır. Parçaların bu şekilde yığılması, kulenin şeklini belirleyen alt ve üst halkalar arasında daha az göze çarpan bir "bel" ile daha fazla sivrilmeye olanak tanıyordu. Parçaların arttırılması ile birlikte sivrilme de artarken, ana form bir koniye benzemeye başlıyordu [52].

1918 yılında Shukhov bu kavramı, dokuz parçadan oluşan hiperboloit bir radyo kulesi tasarımı olarak Moskova için geliştirmiştir. Tasarlamış olduğu 350 metrelik kuleyi, Eiffel Kulesi'nde kullanılan malzemenin çeyreğinden daha azını kullanarak, 50 metre daha fazla yüksekliğe ulaştırmayı başarmıştır (Şekil 2.15). Ancak Şubat 1919'da tamamlanan hesaplamalar sonucunda, kuleyi 350 metre yüksekliğe ulaştırmak için gereken 2200 ton çelik gereksiniminin karşılanamaması sebebiyle Lenin, aynı yılın Temmuz ayında kulenin 150 metre yüksekliğinde olmasında karar vermiş ve gereken malzemeyi ordu karşılamıştır. Altı adet hiperboloit parçanın istiflenmesinden meydana gelecek olan daha küçük bu kulenin inşasına birkaç ay içerisinde başlanmış ve böylelikle Shukhov Kulesi, 1922'nin Mart ayında tamamlanmıştır [52].

¹ a) Hiperboloit su kulesi, 1896 b) Nikolaev su kulesi, 1906 c) Adziogol Lighthouse, 1911



Şekil 2.15 Shukhov Kulesi ile Eyfel Kulesi [51]

2.3 Konstrüktivizm ve Mimari Tasarım: İakov G. Chernikhov

İakov Georgievich Chernikhov (1889 – 1951), konstrüktivist bir mimar ve grafik tasarımcıdır. 1927 ile 1933 yılları arasında Leningrad’da mimari tasarım üzerine yayınlanan kitapları (ve illüstrasyonları) (Şekil 2.16) zamanının en çok yenilik getiren metinleri arasında yer almaktadır. Bu nedenle kendisine “Soviet Piranesi” unvanı verilmiştir. Mimarın özgün becerilerini açığa çıkaracak ve biçimsel yaratıcılığını serbest bırakacak mantıklı ve disiplinli bir yaklaşım oluşturmaya çalıştığı bu kitaplar, katı belirginlikle hayale kaçışın bir karışımını içermektedir [39].

Konstrüktivizm içinde ayrılan mimari grupların savundukları felsefeler ve akıma yükledikleri anlamlar çeşitli noktalarda birbirleriyle çelişirken, konstrüktivizm ve değişen geometri anlayışını tek bir içerik altında birleştiren Chernikhov’un mimari tasarıma yaklaşımı, kavramsal ve biçimsel açıdan son derece önemlidir. Chernikhov, mimaride üretken bir yaratıcılığın, nesnelerin ikinci ve üçüncü boyuttaki ilişkilerini organize edecek temel kurallara dayanan, gelişimsel ve sistematik bir dizi alıştırma ile geliştirilebileceğini savunmuştur. Buradan hareketle, biçimsel ve duygusal ifadenin güçlenmesi ve mimari içeriğin açıklığa kavuşması, her zaman alıştırma çalışmalarının odak noktasını oluşturmaktadır [39]. Bu anlamda soyut sanat, laboratuvar sanatı ya da üretim sanatı fark etmeksizin, gelişmiş yazılımların ve algoritmaların farklı yaklaşımları mümkün kıldığı hesaplamalı mimari, büyük ölçüde Chernikhov’un çalışmaları ile gün ışığına çıkmıştır.



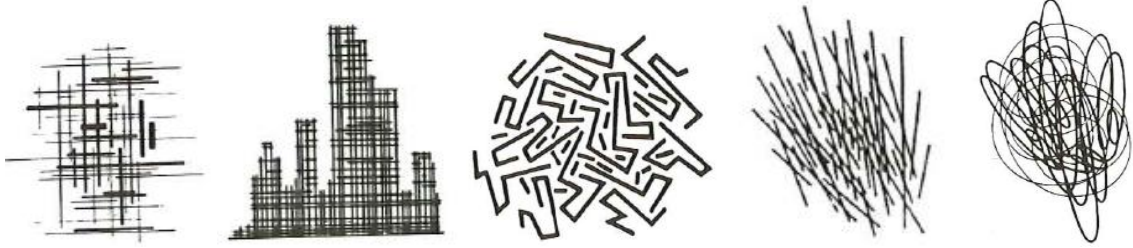
Şekil 2.16 “Çekiç ve Orak”, Chernikhov, 1933 [59]

Chernikhov’un tasarımları daha çok kağıt üzerinde kalmış, inşa edilmese bile tasarlanabilir olanın sınırlarına işaret etmiştir. Düşündüğü ve kurguladığı dünya olası olmasa bile, dayandığı söylemi bağlamında geçerlidir. Chernikhov, bugün “deneysel mimari” olarak nitelenen gerçeğe [60], çağdaş mimarlığı oluşturmanın temeli olarak bakmıştır. İyi bir yapıya, çizgi, düzlem ve hacimlerin uyumu ile ulaşılabileceğine inandığı için, bu üç öğenin kombinasyonlarına önem vermiştir. Chernikhov, çizgiyi hepsinin çıkış noktası olarak görerek, çizginin yaratıcı gücüne inanmış ve onunla mekansal ifadeler, hatta bir binanın embriyonik düzeyde oluşumuna dahi ulaşmıştır [61].

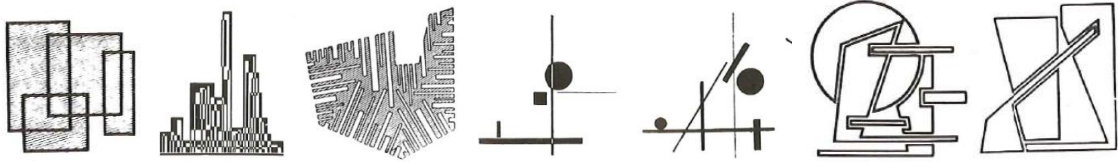
Leningrad Mimarlar Odası tarafından yayınlanan (1931) *Mimari ve Makine Formlarının Konstrüksiyonu* (*The Construction of Architectural and Machine Forms*) adlı kitabında net olarak ortaya koyduğu bu yaklaşım ile Chernikhov, konstrüktivizmin ilkelerini yeniden ifade etmiştir. Tezin ilerleyen bölümlerindeki uygulamalar bu ilkeler ışığında ele alınacağından dolayı, Chernikhov’un kendisini Sovyet avangart grubundan ayıran bu farklı yaklaşımı detaylı olarak incelenmelidir.

Chernikhov (1930), bir konstrüksiyonu meydana getiren öğeleri, bir düzlem üzerindeki öğeler (*elements on a plane*) ve uzaydaki öğeler (*elements in space*) olarak ikiye

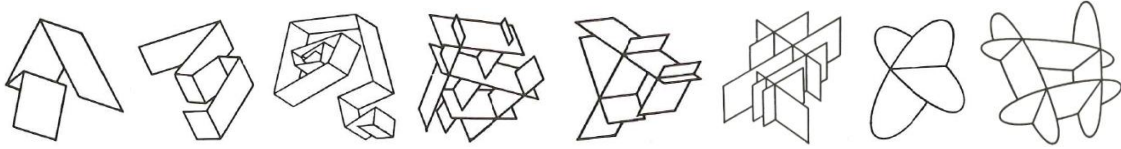
ayırmaktadır. Bir düzlem üzerindeki öğeler, çizgisel öğeler (*linear elements*) (Şekil 2.17) ve düzlemsel öğelerden (*planar elements*) (Şekil 2.18); uzaydaki öğeler ise düzlemler (*planes*) (Şekil 2.19), yüzeyler (*surfaces*) (Şekil 2.20) ve kütlelerden (*volumes*) (Şekil 2.21) oluşmaktadır. Çizgisel öğeler, tüm biçim tasarımlarında egemen olan bir konumdadır. Bu nedenle kurgusal çalışmalarda önceliklidir.



Şekil 2.17 Çizgisel öğelerin konstrüktif kurgusu [62]



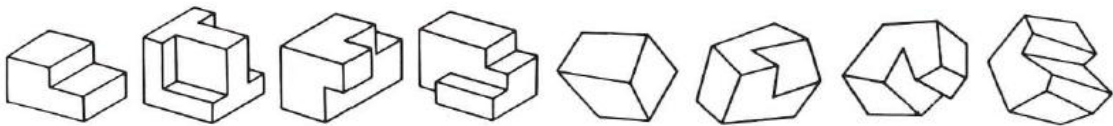
Şekil 2.18 Düzlemsel öğelerin konstrüktif kurgusu [62]



Şekil 2.19 Uzaydaki düzlemlerin konstrüktif kurgusu [62]



Şekil 2.20 Uzaydaki yüzeylerin konstrüktif kurgusu [62]



Şekil 2.21 Uzaydaki kütlelerin konstrüktif kurgusu [62]

A açıkça görülmektedir ki, Konstrüktivizm ile birlikte gelen ve ASNOVA, OSA gibi toplulukların çalışmaları ile birlikte gelişen bu bakış açısı, Chernikhov'un, kitaplarında yer alan metodolojik yaklaşım ile desteklenerek günümüzün bilgisayar-destekli tasarım

ve üretim yöntemlerinin gelişmesinde etkili bir esin kaynağı olmuştur. Dolayısıyla tezin bir sonraki bölümünde, bu gelişimsel ilişki ve biçimsel bağlantı, Chernikhov'un, dönemin tasarım eğitiminde kullanılması için önerdiği alıştırmaların kapsamında oluşturulmuş olan uygulamalar ile tartışmaya açılacaktır.

GEOMETRİK KURGULAR İÇİN GELİŞTİRİLEN BİR ESTETİK SİSTEMİ

“Konstrüktivizm ile ilgilenen herkes, yapısal olarak birbirleri ile bağlantılı olan nesnelere hakim olmak amacı ile ne tip kural, norm ya da kanunlar olduğu, ya da olması gerektiği gibi birçok soruyla karşı karşıya kalmıştır. İnsanlığın, çok eski tarihlerden beri ‘inşa’ ettiği ve her türlü kural eksikliğine rağmen ‘inşa’ etmeye devam edeceği açıktır. Ancak, bu kurallar vardır ve bu temel kurallar, müziğin her çeşidinde olduğu gibi gün ışığına çıkacaktır [62].”

Konstrüktivizm içinde ayrılan mimari gruplar için, üretilen projelerde sosyolojik ve ekonomik altyapılar önem taşıırken Chernikhov, geometrik nesnelerin bir araya gelmelerinin belirli sebepleri olması gerektiğine inanmıştır. Bu nedenle konstrüksiyonu bir bütün olarak tutmak için birkaç basit kural ortaya koymuştur [62].

1. Nesneler, konstrüktif ilkeler temelinde nesnel (*material*) veya nesnel-olmayacak (*non-material*) şekilde birleştirilebilir, fakat hepsi tarafımızca görme, duyma ve dokunma yoluyla algılanır.
2. Her konstrüksiyon, ancak öğelerinin birleşimi sadece bu yolla doğrulanabildiği zaman bir konstrüksiyondur.
3. Öğeler, aralarında bir armoni oluşturacak şekilde bir araya getirildiklerinde, tam bir konstrüktif kombinasyon elde edilir.
4. Farklı bir birleşime dönüştürülmüş öğeler, birbirlerine nüfuz ettiklerinde, biri diğerini kapsadığında veya eşleştiklerinde; yani faal katılımlarını gösterdikleri zaman bir konstrüksiyon oluştururlar.
5. Her konstrüktif birleşim, kompozisyonun tümleşik kalitesini değişken seviyelerde belirleyen bu hareketler ve özelliklerden meydana gelir.

6. Her yeni konstrüksiyon, insanoğlunun araştırmaları, yenilikçi ve yaratıcı karakteri sonucu ortaya çıkar.
7. Tam olarak konstrüktif olan her şey güzeldir. Her güzel olan şey tümüyle mükemmeldir. Her mükemmel şey ise gelecek kültürlerle bir katkıdır.
8. Her konstrüktif birleşimde insanın kolektivizm fikri yatmaktadır. Her farklı öğenin birleşiminde insanoğlunun uyuma duyduğu istek vardır.
9. Her konstrüktif çözümün temelinde, dayandığı bir nedeni olmalıdır.
10. Yapısal bir imge yaratmak için sadece konstrüktivizm ile ilgili temel bilgilere değil, aynı zamanda o imgenin gerçekte üretilme süreciyle ilgili bilgilere de ihtiyaç vardır.
11. Temsili veya gerçek olarak son halini almadan önce konstrüktif bir nesne, inşa ve geliştirme sürecinin gerekli ve mümkün olan tüm evrelerinden geçmelidir.

Chernikhov'un konstrüksiyon kuralları, tüm yaklaşımları tek bir noktada birleştirmesinin ve Konstrüktivizm'e net bir tanımlama getirme çabasının yanı sıra tasarımlarda analitik bir çözümlemenin gerekliliğine de işaret etmektedir. Sezgisel ve deneyime dayalı geleneksel yaklaşımın yerine, akla uygun sebepler ve yöntemler dahilinde üretilen tasarımların geçerliliğini savunduğu bu kurallar, tezin bu ve bundan sonraki bölümünde yer alan çalışmalar için esas oluşturmaktadır.

Betimsel-olmayan (*non-representational*) geometrik kurgular için geliştirilen bu çalışma, konstrüktivizmin "soyut sanat" anlayışını yansıtan kompozisyonları, biçim gramerleri esaslarına göre ele alarak, kural tabanlı yeni tasarımlar oluşturmayı amaçlamaktadır. Tümevarım¹ yöntemine dayanan bu amaç doğrultusunda, dönemin etki ve sezgiye dayalı kurgusal çalışmalarındaki sayısal altyapılar araştırılarak, konstrüktivizm ve günümüzün parametrik tasarım düşüncesi arasındaki kavramsal ve biçimsel ilişki tartışılacaktır.

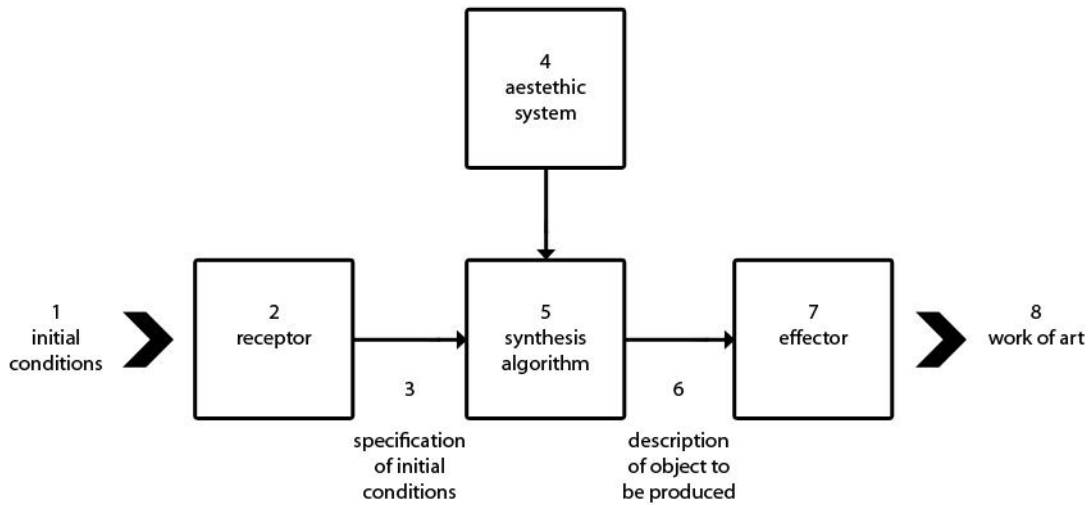
Chernikhov'a göre, mekanın temel düzenini incelemeye başlamadan önce, betimsel-olmayan kurgulardaki öğeler ile çalışılmalıdır. Bir önceki bölümde genelleştirilmiş haliyle yer alan bu öğelerin her biri ile yapılacak her bir çalışma, kendi özelliklerinin derinlemesine incelenmesini gerektirmektedir [62].

¹ **Tümevarım**, özel bir önermeden genel bir önermeye gidişi sağlayan düşünce biçimidir.

Çizgisel öğeler, tüm biçim tasarımlarında başlangıç noktasıdır. Buna göre çalışma, bir düzlem üzerindeki öğelerin (*elements on a plane*) konstrüktif kurgusunu araştırmayı amaçlamaktadır. Ancak bu doğrultuda gelişen sürecin sağlıklı bir şekilde anlaşılabilmesi açısından öncelikle algoritmik estetik¹ kavramı kısaca açıklanmalıdır.

3.1 Tasarım Algoritmalarının Yapısı

Estetik, var olan sanat eserlerinin nasıl tanımlandığı (*describe*), yorumlandığı (*interpret*) ve değerlendirildiği (*evaluate*), yeni sanat eserlerinin ise nasıl yaratılacağı ile ilgili sorularla ilgilenir. Var olan sanat eserlerini tanımlamak, yorumlamak ve değerlendirmeye eleştiri (*criticism*), yeni sanat eserleri yaratmaya ise tasarım (*design*) denir. Eleştiri algoritmaları, herhangi bir izleyicinin profesyonel bir eleştirmen olmamasına rağmen bir sanat eserini eleştirebilmesini, tasarım algoritmaları ise herhangi birinin profesyonel bir sanatçı olmamasına rağmen bir sanat eseri yaratabilmesini amaçlar [63].



Şekil 3.1 Kabul edilen tasarım algoritmasının yapısı [63]

Konstrüktivizm ile birlikte değişen geometri anlayışı ve yaratılan sanat eserlerindeki estetik değerlerin algoritmik olarak çözümlenmesi, bu ilişkinin ortaya konmasında katkı sağlayacaktır. Bununla beraber, çizgisel öğeler ile oluşturulacak bir kompozisyonun sistematik olarak elde edilmesi, Chernikhov'un da belirttiği gibi, çizgisel özelliklerin

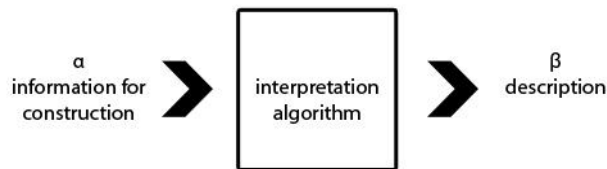
¹ **Algoritmik estetik** (algorithmic aesthetics) George Stiny ve James Gips'in 1978'de yazdığı aynı adlı kitapla tarif edilen ve sanat eserlerinin algoritmik olarak eleştirilmesi ve tasarlanması üzerine geliştirilen bir yaklaşımdır [63].

derinlemesine incelenmesini gerektirmektedir. Bu doğrultuda kabul edilen tasarım algoritmasının yapısı Şekil 3.1’de verilmiştir.

Tasarım algoritmasının ayrıcalıklı detayları her tasarımcı veya derleyici tarafından farklı bir şekilde çözülebilmektedir [63]. Bu çalışmada başlangıç koşulu (*initial conditions*) olarak alınan konstrüktivist bir sanat eseri, Robert McNeel & Associates tarafından geliştirilen ve bir üç boyutlu modelleme yazılımı olan Rhinoceros 3D içine aktarılmıştır (*receptor*). Eserin içinde yer alan geometrik şekiller, Rhinoceros’un çizgisel çizim araçları (*line, polyline, circle, arc, polygon vb...*) ile ifade edilerek (*specification of initial conditions*) Grasshopper isimli eklenti (*plug-in*) ile hazırlanan algoritma (*synthesis algorithm*) için gereken girdi (*input*) elde edilmiştir. Son olarak, bu algoritma ile üretilcek tasarımın, bir sonraki bölümde ele alınacak olan estetik sisteme (*aesthetic system*) göre en tatmin edici şekli (*description of object to be produced*), Rhinoceros tarafından vektörel olarak çizilerek (*effector*), dijital bir resim halinde kaydedilmiştir (*work of art*).

3.2 Estetik Sistem

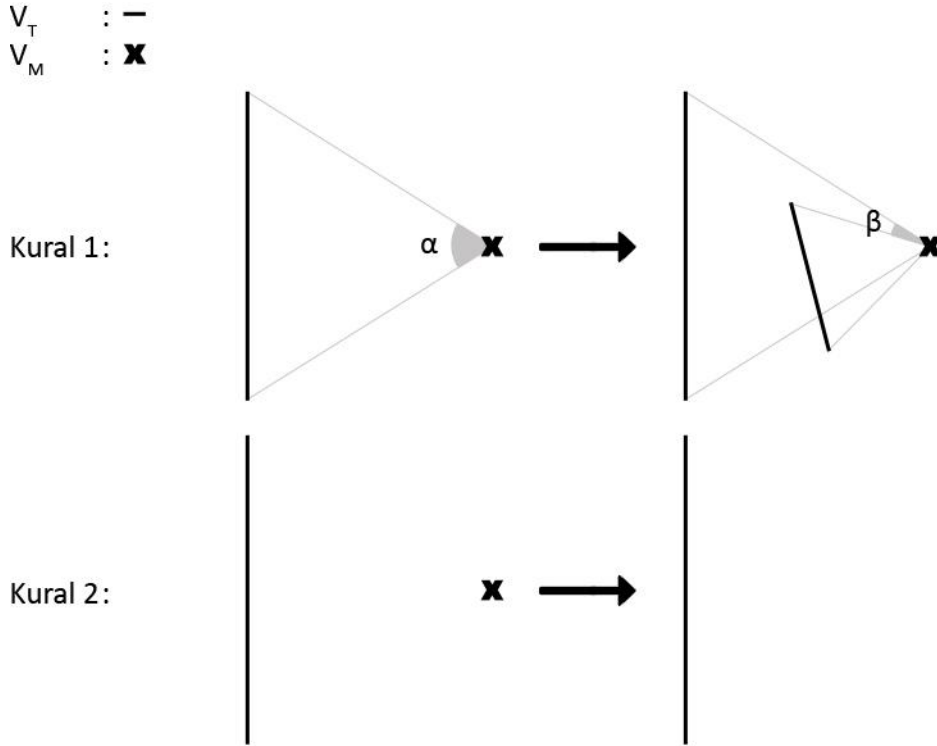
Estetik sistemler, eleştiri ve tasarım algoritmalarında nesnelerin yorumlanması ve değerlendirilmesi için gerekli zemini hazırlar. Bu sistemler, nesnelerin nasıl yorumlandığına göre, “konstrüktif yorumlamaya dayalı” (*constructive mode of understanding*) veya “analojik yorumlamaya dayalı” (*evocative mode of understanding*) olarak sınıflandırılır [63]. Bu çalışmada, konstrüktif yorumlamaya dayalı estetik sistemi tercih edilmiş ve α girdisi (Şekil 3.2) için bir “üretken tanımlama” (*generative specification*) oluşturulmuştur.



Şekil 3.2 Konstrüktif yorumlamaya dayalı bir estetik sistem algoritmasının yapısı [63]

Stiny ve Gibbs [64] tarafından ortaya konulan üretken tanımlamalar biçimlere, şekillerin ve renklerin kombinasyonuna göre yeni tasarımlar üretmek üzere yöntemler sağlar. Üretken tanımlamalar, şekil üretmede tekrarlamaya dayalı kurallar içeren “biçim

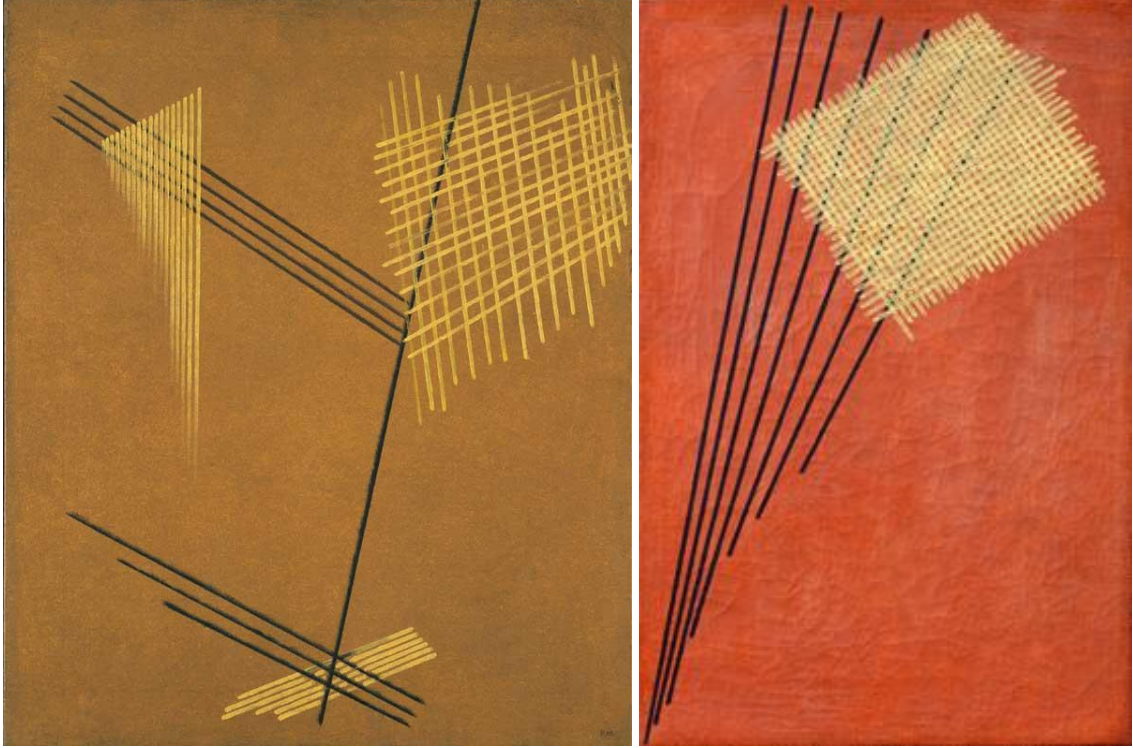
gramerleri” (*shape grammars*), bu tekrarı sonlandıran “seçenek kuralı” (*selection rule*), renklerin belirlenmesini sağlayan “renk kuralları” (*coloring rules*) ve şeklin sınırlarını çizen “sınırlayıcı şekil” (*limiting shape*) olmak üzere dört bölümden meydana gelir. Ancak bu kavramlarla ilgili detaylı açıklamalar, konudan uzaklaşmamak üzere atlanmış ve çalışmada kullanılan üretken tanımlama için geliştirilmiş biçim grameri Şekil 3.3’de verilmiştir.



Şekil 3.3 Biçim grameri

Biçim gramerleri, terminal alfabesi (*vocabulary of terminals*) (V_T), işaret alfabesi (*vocabulary of markers*) (V_M) ve bu alfabeler ile yaratılan kurallardan (R) meydana gelir [63]. Bu kurallar, tasarım algoritmasının üçüncü adımında ifade edilen, şekillerin başlangıç koşulları (*specification of initial conditions*) üzerinden, sentez algoritması (*synthesis algorithm*) sayesinde, üretilecek tasarımın en tatmin edici şeklini (*description of object to be produced*) elde etmek üzere kullanılır. Bu nedenle biçim gramerlerinin son bileşeni olarak (I) başlangıç şekli (*initial shape*) tanımlanmaktadır. Başlangıç şeklinde yer alan terminal ve işaretler sayesinde kurallar, başka herhangi bir kuralın uygulanamayacağı bir durum oluşana kadar tekrarlanır ve üretilecek tasarımın en tatmin edici şekli elde edilir.

Bu çalışmadaki terminal alfabesi, Chernikhov'un, tasarım uygulamalarının ilk adımı olarak belirlediği ve Rodchenko gibi konstrüktivist sanatçıların eserlerinde (Şekil 3.4) çokça yer alan "çizgi"den oluşmaktadır.



Şekil 3.4 Rodchenko'nun çizgisel kompozisyonları¹ [65], [66]

Bununla beraber R ise, iki adet kuraldan meydana gelmektedir. Birinci kural, çizgi terminali ile yaratılan düz bir çizgiyi, bu çizgiye ait işaret merkez olacak şekilde bir s çarpanı kadar küçülterek, yine aynı merkezde β açısı kadar döndürmektedir. β açısı, α açısının bir r değişkeni ile çarpılmasıyla elde edilmektedir. (Buna göre r , 0.5 ise β , α 'nın yarısıdır.) İkinci kural ise bir anlamda işlemi sonlandırmak (*halt*) üzere, düz bir çizgiyi ona bağlı işaretten kurtararak, birinci kuralın bir kez daha uygulanamayacağı durumu yaratmaktadır. Geliştirilen bu estetik sistemi ile konstrüktivist çalışmalar irdelenmeden önce, çizgisel (linear) ve düzlemsel (planar) öğeler ile ilgili birkaç basit örnek, konunun netleşmesinde yararlı olacaktır.

3.2.1 Çizgisel Öğeler

Çizgisel öğeler düz çizgi, kırıklı çizgi ve eğriden meydana gelir [62].

¹ a) Non-Objective Painting, 1919 b) Construction No.95, 1919

0. Adım
(başlangıç şekli)

Kural 1

1. Adım

Kural 1

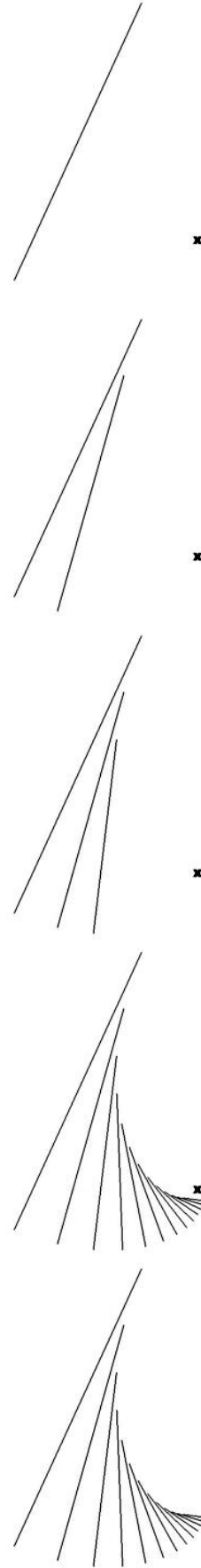
2. Adım

Kural 1

12. Adım

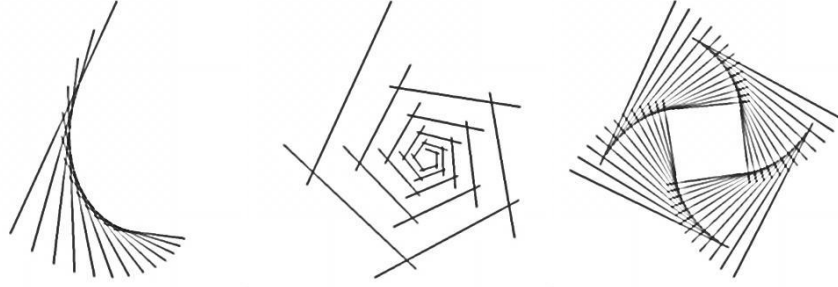
Kural 2

13. Adım
(üretilen şekil)



Şekil 3.5 Düz bir çizgi ile elde edilen sonuç

Seçim kuralının 12 olduğu bu örnekte (Şekil 3.5), başlangıç şekli olarak düz bir çizgi ve ona bağlı bir işaret verilmiştir. Küçültme oranı s 0.8, döndürme oranı r ise 0.1'dir. Buna göre Kural 1, 12 kere uygulanarak şeklin son hali elde edilmiştir. Aynı başlangıç şeklini kullanarak s , r ve seçim kuralının değiştirilmesi sayesinde (Çizelge 3.1) birbirinden farklı birçok sonuç elde etmek mümkündür (Şekil 3.6).

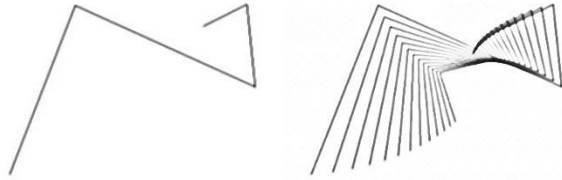


Şekil 3.6 Düz bir çizgi ile elde edilen farklı sonuçlar

Çizelge 3.1 Düz bir çizgide kullanılan parametreler

	1	2	3
s	0.90	0.90	1.00
r	0.10	0.80	24
Seçim kuralı	12	24	48

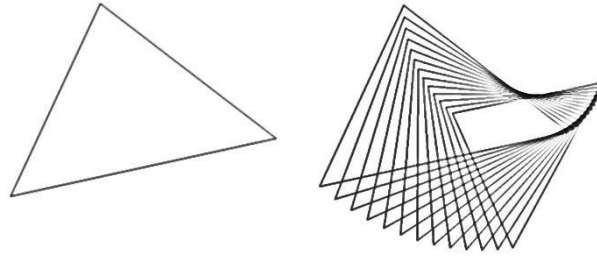
Biçim gramerinde tanımlanmış olan kurallar düz bir çizgi yerine, aynı işarete bağlı birden fazla düz çizginin oluşturduğu kırıklı bir çizgi, hatta bir eğri üzerinde de geçerliliğini sürdürmektedir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 Kırıklı bir çizgi ile elde edilen sonuç

3.2.2 Düzlemsel Öğeler

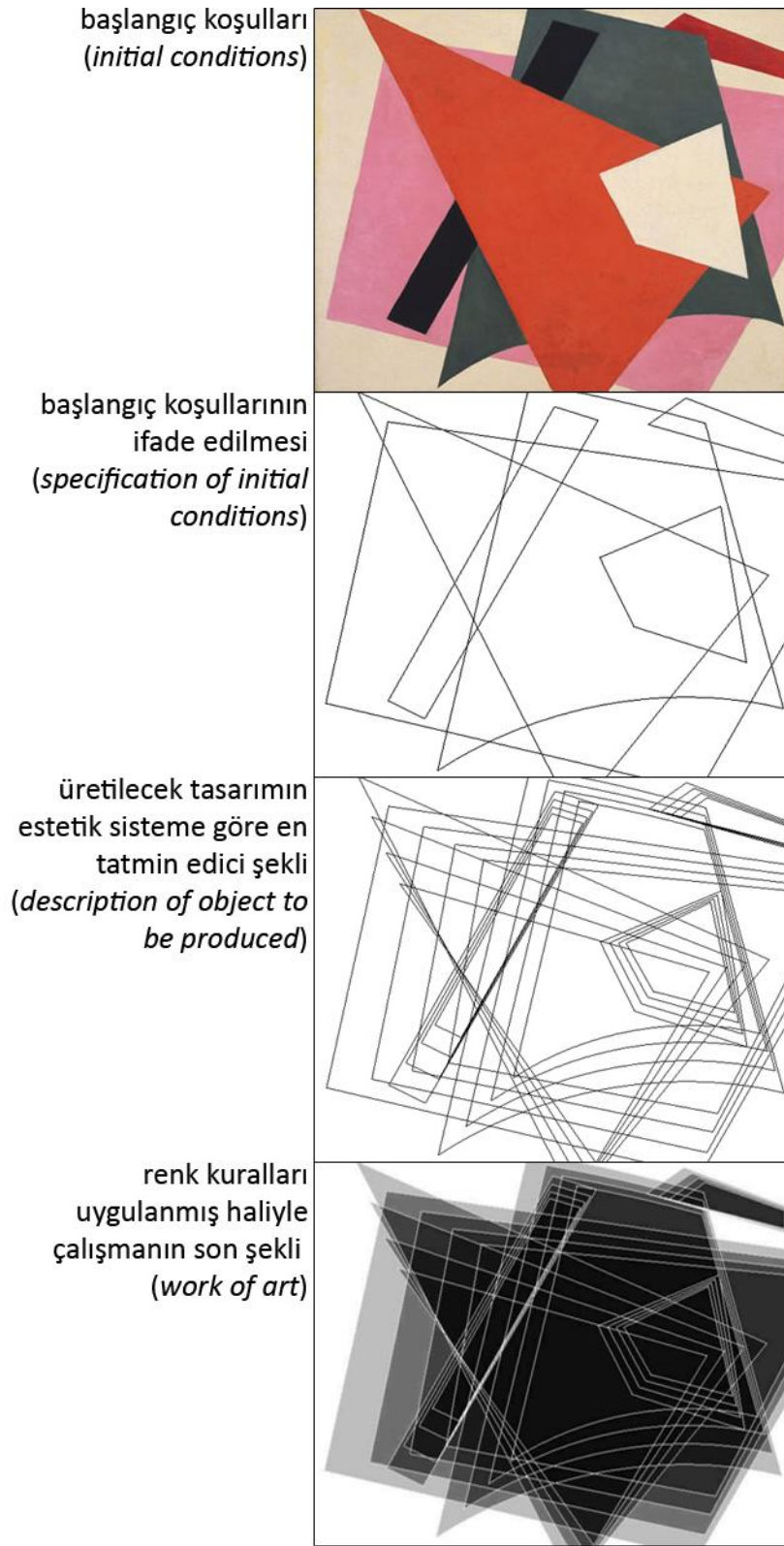
Bir düzlem üzerindeki öğeler (*elements on a plane*), çizgisel (*linear*) ve düzlemsel (*planar*) olarak ikiye ayrılır. Çizgisel öğeler, çizgiyi oluşturan noktanın hareket niteliklerine göre düz çizgi, kırıklı çizgi ve eğri olarak sınıflandırılır. Düzlemsel öğeler ise çizgisel öğelerden meydana gelen (üçgen, dörtgen ve daire gibi) “kapalı” şekillerdir [62]. Bu nedenle betimsel-olmayan geometrik kurgular için geliştirilen estetik sistemi, düzlemsel öğeler için de kullanılabilir (Şekil 3.8).



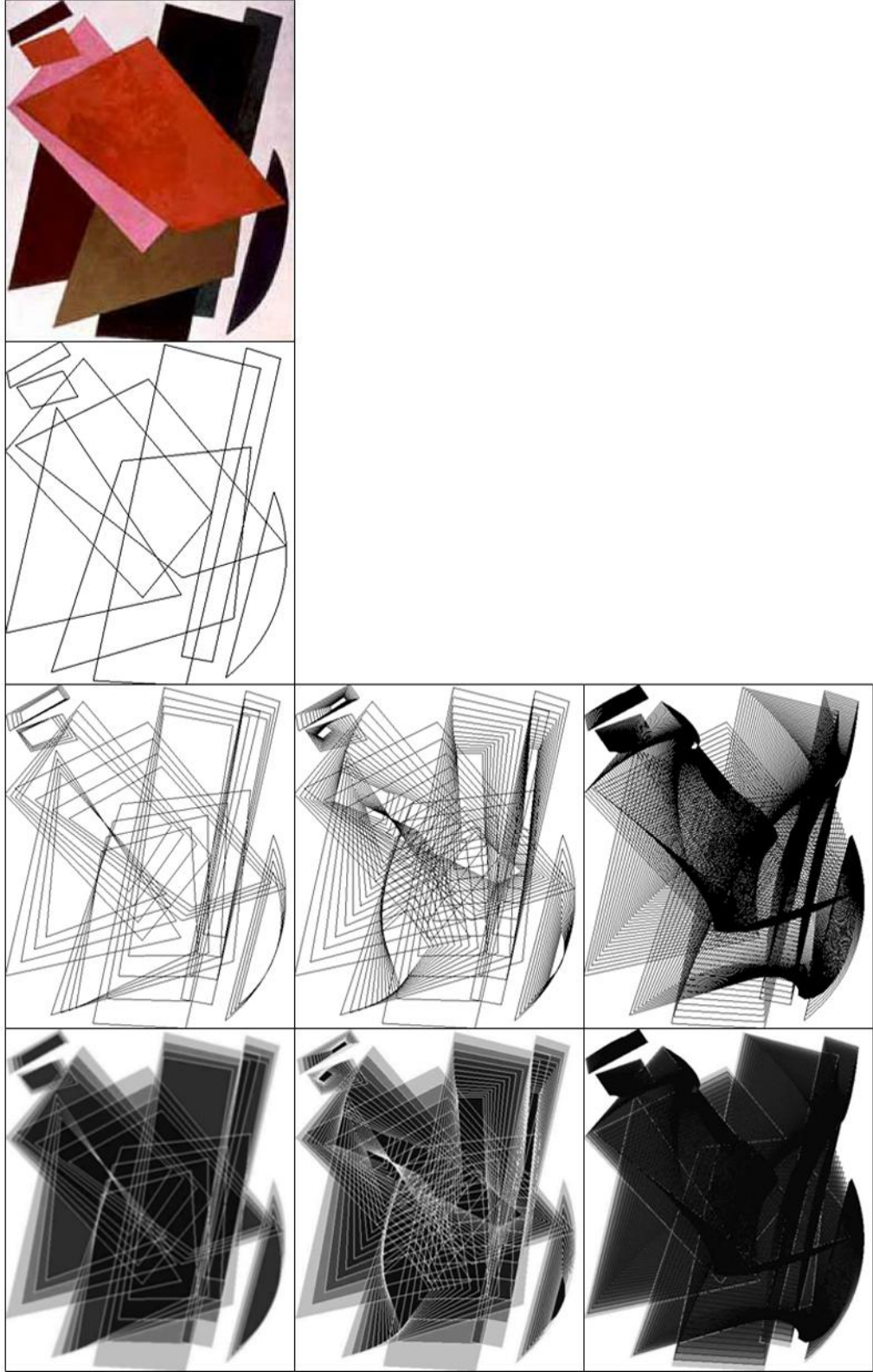
Şekil 3.8 Bir üçgen ile elde edilen sonuç

3.3 Konstrüktivist Çalışmalar

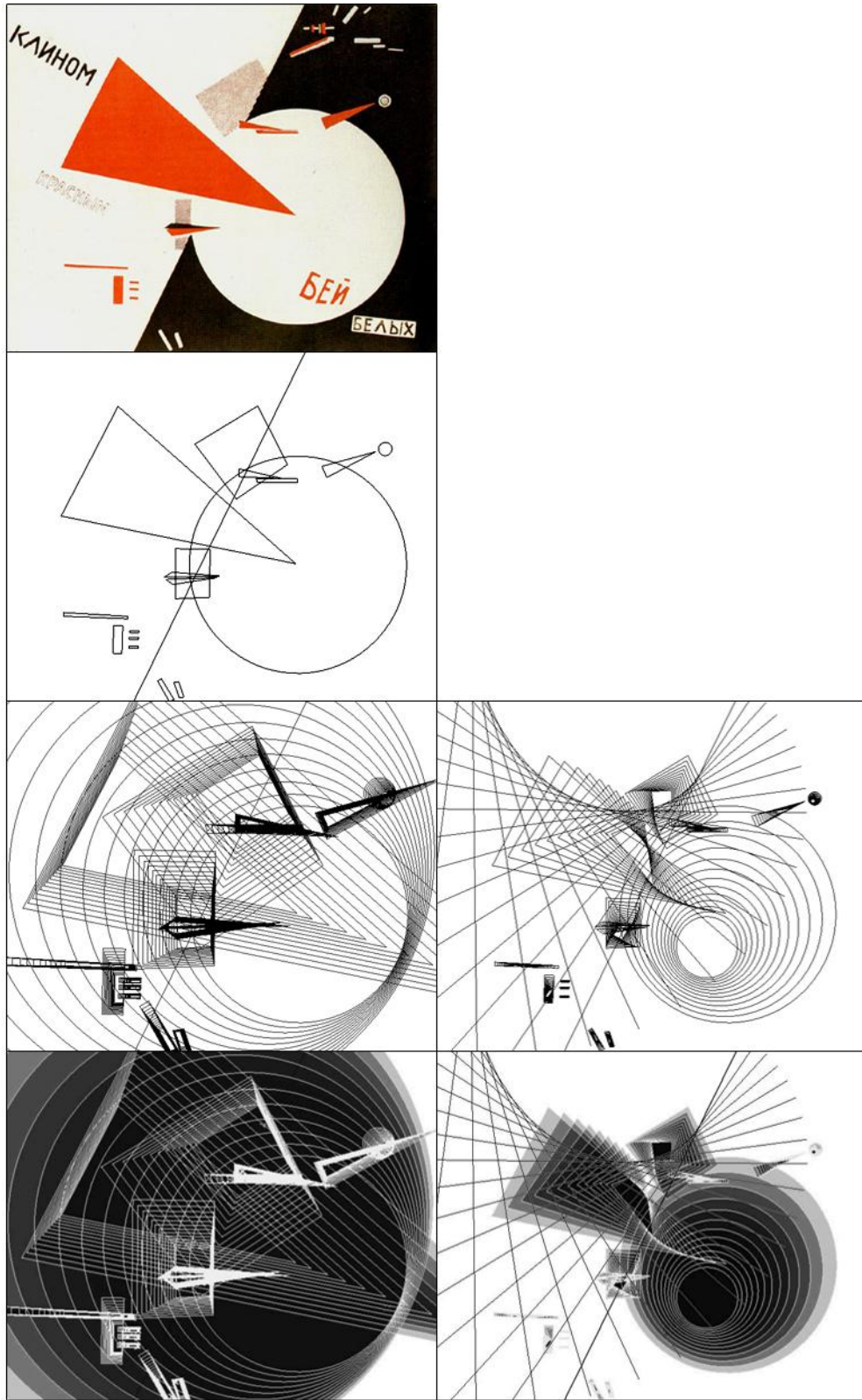
Chernikhov'un sınıflandırdığı çizgisel (düz çizgiler, kırıklı çizgiler ve eğriler) ve düzlemsel öğeler (üçgen, dörtgen, daire vb.) üzerinde incelenmiş olan çalışma, konstrüktivizmin soyut sanat anlayışı ile hesaplamalı tasarım yöntemleri arasındaki ilişkiyi incelemek üzere, bir düzlem üzerindeki öğelerin betimsel-olmayan geometrik kurguları üzerinde uygulanmıştır. Bu geometrik ilişki ve kavramsal gelişimin vurgulanmasında en sağlıklı sonuçlar, Popova ve Lissitzky gibi konstrüktivistlerin çizgisel ve düzlemsel öğelerden oluşan çalışmaları ile elde edilmiştir (Şekil 3.9, Şekil 3.10 ve Şekil 3.11). Biçim gramerleri esaslarına göre yorumlanan bu çalışmalar kullanılarak, renk kurallarının da uygulanmasıyla birlikte birçok farklı çözümü beraberinde sunan kural tabanlı tasarımlar üretilmiştir. Böylelikle, Popova ve Lissitzky gibi konstrüktivistlerin matematiksel yaklaşımları ve geometri anlayışlarının, günümüzün hesaplamaya dayalı tasarım yöntemleri ile paylaştıkları ortak zemini ifade etmek mümkün olmuştur.



Şekil 3.9 Painterly Architectonics, Popova, 1917



Şekil 3.10 Painterly Architectonics, Popova, 1917



Şekil 3.11 Beat the Whites with the Red Wedge, El Lissitzky, 1919

PARAMETRİK BİR SHUKHOV KULESİ

Tezin ikinci bölümünde detaylarıyla birlikte ele alınan Shukhov Kulesi bu bölümde, konstrüktivizmin prodüktivist kanadını araştırmak üzere parametrize edilerek, dijital ortamda yeniden oluşturulup, bu parametrelerin değiştirilmesi ile alternatif kuleler elde edilecektir. Matematiksel hesaplara dayanarak üretilen Shukhov Kulesi, hiperboloitler ve hiperbolik paraboloidler olarak bilinen çifte-kavisli yapısal sistemlerin en önemli örneği olmakla birlikte, günümüzde bilgisayar-destekli tasarım ve üretim yöntemlerinde çokça kullanılan kural tabanlı yüzeylerin (*ruled surfaces*) ortaya çıkmasında etkili olmuştur. Bu etkinin değerlendirilebilmesi açısından hiperboloit yapılar ve kural tabanlı yüzeyler kısaca açıklanmalıdır.

4.1 Hiperboloit Yapılar

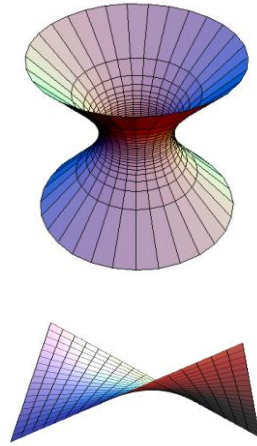
Hiperboloit yapılar, hiperbolik geometri¹ ile tasarlanan mimari yapılardır. Genellikle, hiperbolik geometrinin yapısal gücü sayesinde bir nesneyi yerden yüksekte tutabilmek üzere tasarlanmış olan yüksek kulelerde görülen bu sistemler, strüktürel ekonomik getirilerinin yanında, dekoratif etki için de kullanılmıştır. Dünyanın ilk hiperboloit yapısı, Rus mühendis Vladimir Shukhov tarafından Rusya'da inşa edilmiştir (Şekil 4.1).

¹ Matematikte, **hiperbolik geometri** (ayrıca Lobachevskian geometri veya Bolyai-Lobachevskian geometri de denir) Öklid'in paraleller aksiyomunun değiştirildiği Öklid-dışı (non-Euclidean) bir geometridir [67].



Şekil 4.1 Dünyanın ilk hiperboloit yapısı, Shukhov, 1896 [56]

Çifte-kavisli yüzeylere sahip hiperboloit yapılar, tek-katmalı hiperboloitler (*hyperboloid of one sheet*) ve hiperbolik paraboloidler olarak iki gruba ayrılır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2 Tek-katmalı hiperboloit (üstte) ve hiperbolik paraboloid (altta) [68]

Hiperboloit yapılar, negatif Gauss eğriliğine (içe doğru kavisli) sahiptir. Çifte-kavisli yüzeyler olarak, düz kirişlerle örülerek oluşturulabilen bu yapılar, üretim süresi ve maliyeti açısından son derece verimlidir. Ancak dış yüklere karşı “düz” binalara göre

daha dayanıklı olan yapısal özellikleri, büyük miktarda kullanışsız hacimlere neden olmaktadır. Bu nedenle, genellikle su kuleleri (büyük bir kütleyi desteklemek üzere), soğutma kuleleri ve hiperbolik köprüler gibi belirli bir amaca yönelik yapılarda tercih edilmektedirler. [69].

Tek-katmanlı hiperboloitler ve hiperbolik paraboloidler olarak ayrılan bu sistemler bilgisayar ortamında, dönel yüzeyler (*surfaces of rotation*) veya kural tabanlı yüzeyler (*ruled surfaces*) gibi değişik tekniklerle ifade edilir [68]. Tezin bu bölümündeki çalışmada yer alan hiperboloit yapılar, kural tabanlı yüzeyler olarak ele alınmıştır.

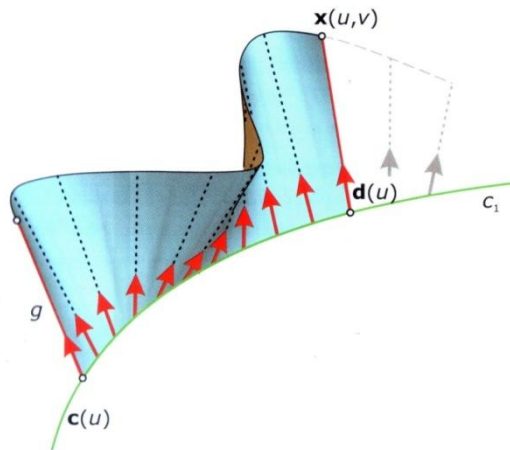
4.2 Kural Tabanlı Yüzeyler

Silindirler, koniler, tek-katmanlı hiperboloitler ve hiperbolik paraboloidler, düz çizgilerin özelliklerini taşıyan yüzeylerdir. Bu nedenle, düz bir çizgiyi hareket ettirerek üretilebilirler [68].

Kural tabanlı yüzeyler (regle yüzeyler), düz bir çizginin (*generator* veya *ruling*) herhangi bir noktasının, herhangi bir doğrultman (*directrix*) üzerindeki hareketiyle oluşturulan yüzeylerdir. Bu yüzeyler üzerinde yer alan herhangi bir x noktası,

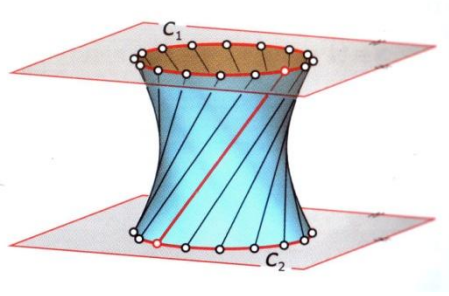
$$\mathbf{x}(u,v) = \mathbf{c}(u) + v \cdot \mathbf{d}(u)$$

şeklindeki parametrik denklem ile ifade edilir. Doğrultman olarak belirlenen c_1 çizgisi $\mathbf{c}(u)$, hareket eden g çizgisinin sürekli olarak değişen vektörel yönü ise $\mathbf{d}(u)$ olarak gösterilir. Buna göre, üretilen yüzey üzerinde yer alan herhangi bir x noktası, $\mathbf{c}(u)$ ve $v \cdot \mathbf{d}(u)$ vektörlerinin toplamı ile elde edilir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 Kural tabanlı bir yüzey [68]

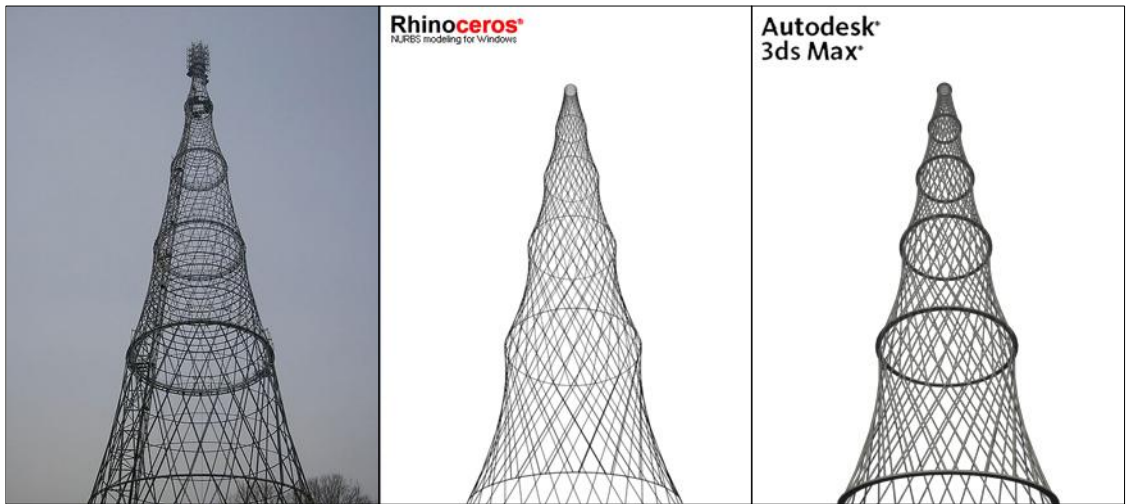
Bu tanımdan yola çıkarak, parametrik Shukhov Kulesi için gereken tek-katmanlı hiperboloitler, c_1 ve c_2 gibi herhangi iki doğrultman üzerindeki noktaların birleştirilmesiyle oluşturulan düz çizgilerden meydana gelmektedir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4 Kural tabanlı bir hiperboloit [68]

4.3 Shukhov Kulesi

Çalışmanın algoritması, kural tabanlı yüzeyler oluşturmak üzere kurgulandığından dolayı, parametrik bir Shukhov Kulesi üretmek için gerekli değişkenlerden en önemlisi doğrultman olarak belirlenen c çizgisidir. Kulenin gerçeğinde c , yukarıdan aşağıya doğru çapı artan bir dairedir. Üretilecek kulelerin kirişlerini oluşturacak olan bu daireler, herhangi bir çizgisel L aksı üzerinde, belirli bir dönüş açısı (θ) ile, kiriş sayısı (B) kadar tekrarlanırken çapları, verilen alt (r_b) ve üst (r_t) değerlere göre değişmektedir. Kolonlar ise, dairelerin kolon sayısı (C) kadar bölünmesiyle oluşan noktaları birleştirerek elde edilmektedir (Şekil 4.4).



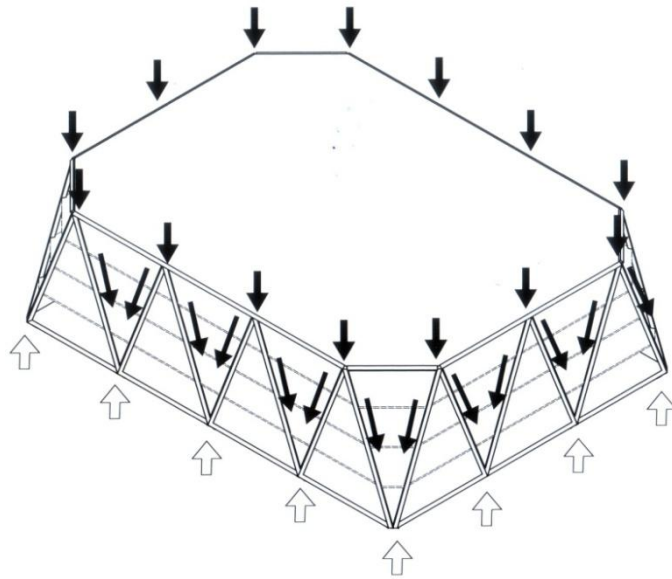
Şekil 4.5 Shukhov Kulesi [70]

Buna göre, Şekil 4.5'te görülen Shukhov Kulesi, bir önceki bölümde açıklanan tasarım algoritmasının ışığında, öncelikle gerçeğini ifade eden parametreler girilerek Rhinoceros ile (çizgisel öğeler kullanılarak) oluşturulmuş ve ardından 3ds Max ortamında modellenmiştir.

4.3.1 Kulenin Statik¹ Analizi

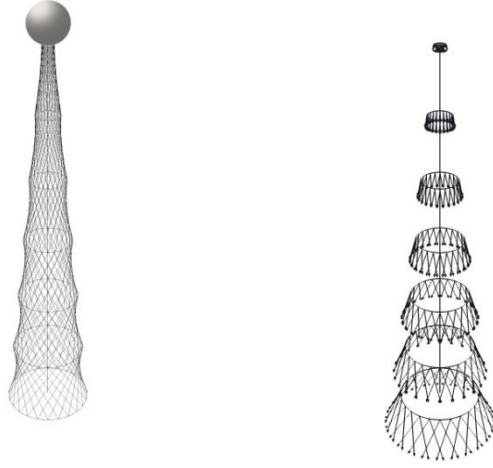
Konstrüktivizm içinde, sanatın üretime yönelik olması gerektiğini savunan Prodüktivist'lerin çalışmaları, matematiksel hesaplara ve mühendislik bilimlerine dayanmaktadır. Bu çalışmalar kapsamında ortaya çıkan Shukhov Kulesi'nin ekonomik ve dayanıklı yapısal sistemi, bilgisayar-destekli üretim teknolojilerinde yer alan yöntemler ile büyük ölçüde ilişkilidir. Bu nedenle, Shukhov tarafından geliştirilmiş olan bu ızgara-kabuk sistemin, sabit yükler altındaki denge durumu ve kulenin çeşitli parametrelerinin değiştirilmesi sonucunda oluşan yük dağılımı, bilgisayar ortamında simule edilmiştir.

Bu çalışmada, kulenin iskeletini oluşturan malzemenin ağırlığı 10kg/m olarak kabul edilmiştir. Ayrıca, kulenin tepesinde M kütleli bir cismin yer aldığı varsayılmaktadır. Buna göre, Şekil 4.6'da gösterilmiş olan yük dağılımı prensipleri esas alınarak geliştirilen altı adet kule ve kullanılan parametreler verilmiştir (Çizelge 4.1).

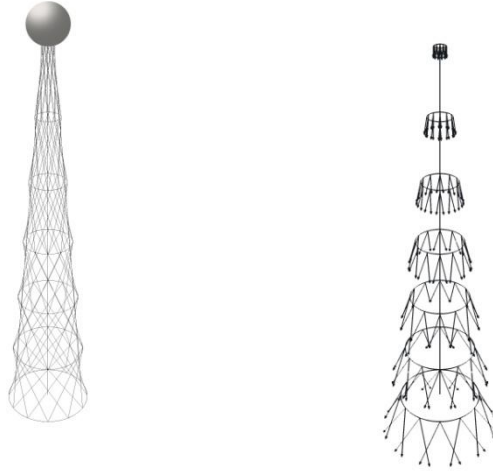


Şekil 4.6 Izgara sistemlerdeki yük dağılımı [72]

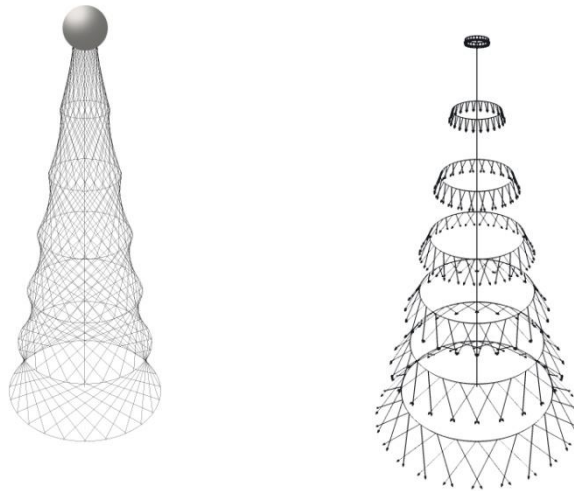
¹ Statik, cismin sabit yükler altındaki denge durumunu inceleyen bir mühendislik konusudur [71].



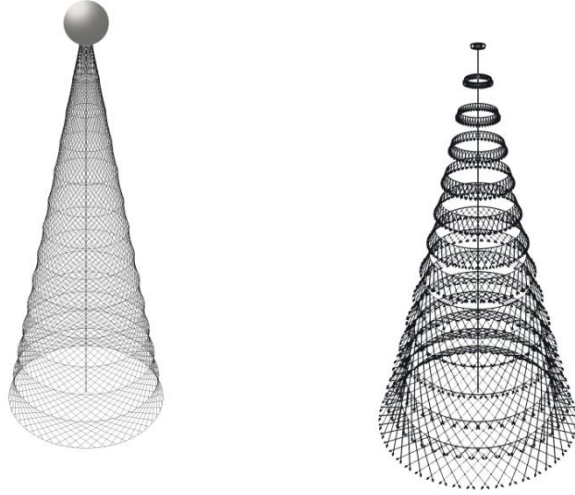
Şekil 4.7 Kule 1



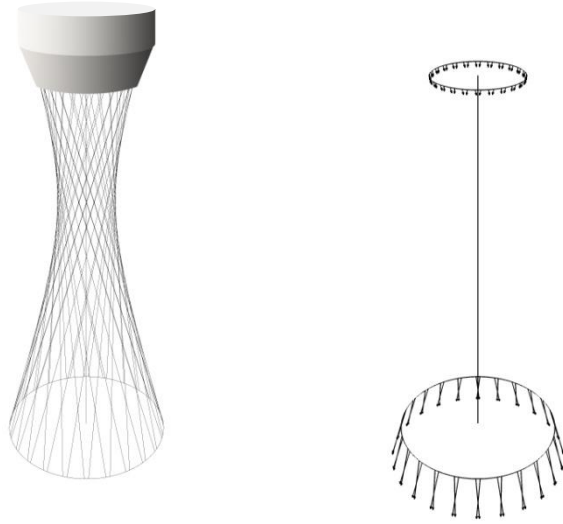
Şekil 4.8 Kule 2



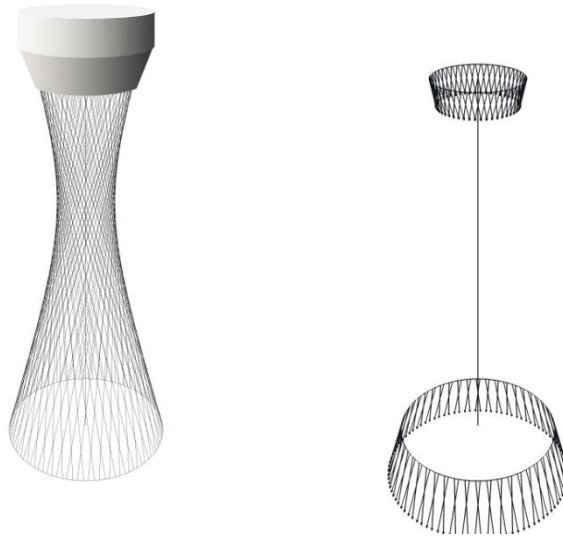
Şekil 4.9 Kule 3



Şekil 4.10 Kule 4



Şekil 4.11 Kule 5



Şekil 4.12 Kule 6

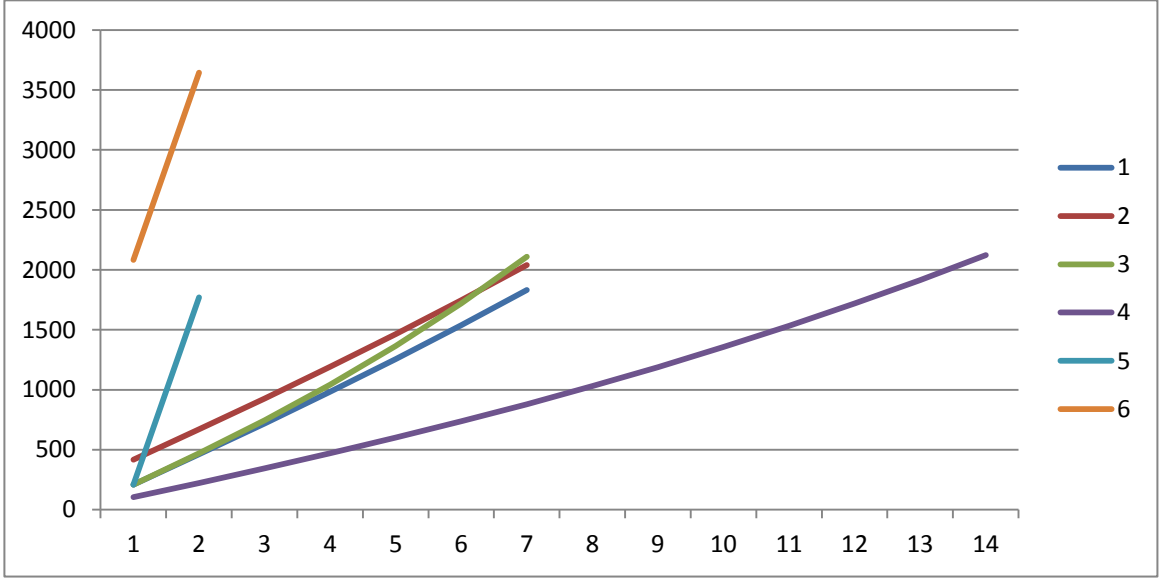
Çizelge 4.1 Kulelerde kullanılan parametreler

	Kule 1	Kule 2	Kule 3	Kule 4	Kule 5	Kule 6
θ	60°	60°	60°	120°	120°	120°
B	7	7	7	14	2	2
C	48	24	48	96	48	96
r_b	2m	2m	4m	2m	16m	16m
r_t	16m	16m	32m	32m	32m	32m
M (ton)	10	10	10	10	10	100

Çizelge 4.2 Kulelerde yer alan her bir kiriş için, her bir kolona düşen yük miktarı (kg)

	Kule 1	Kule 2	Kule 3	Kule 4	Kule 5	Kule 6
1. Kiriş	208,333	416,667	208,333	104,167	208,333	2083,333
2. Kiriş	461,497	669,830	469,258	223,126	1769,493	3644,493
3. Kiriş	718,999	927,333	744,984	344,659		
4. Kiriş	982,969	1191,302	1042,043	469,988		
5. Kiriş	1255,380	1463,714	1365,680	600,232		
6. Kiriş	1538,033	1746,366	1719,959	736,387		
7. Kiriş	1832,538	2040,871	2107,984	879,328		
8. Kiriş				1029,808		
9. Kiriş				1188,475		
10. Kiriş				1355,882		

11. Kiriş				1532,499		
12. Kiriş				1718,727		
13. Kiriş				1914,908		
14. Kiriş				2121,334		



Şekil 4.13 Çizelge 4.2’de yer alan verilerin grafiği

Çizelge 4.3 Kulelerin fiziki değerleri¹

	Kule 1	Kule 2	Kule 3	Kule 4	Kule 5	Kule 6
H (m)	150	150	150	150	150	150
P (m)	8542	4667	10730	43354	8084	15566
W (ton)	85	47	107	433	81	156

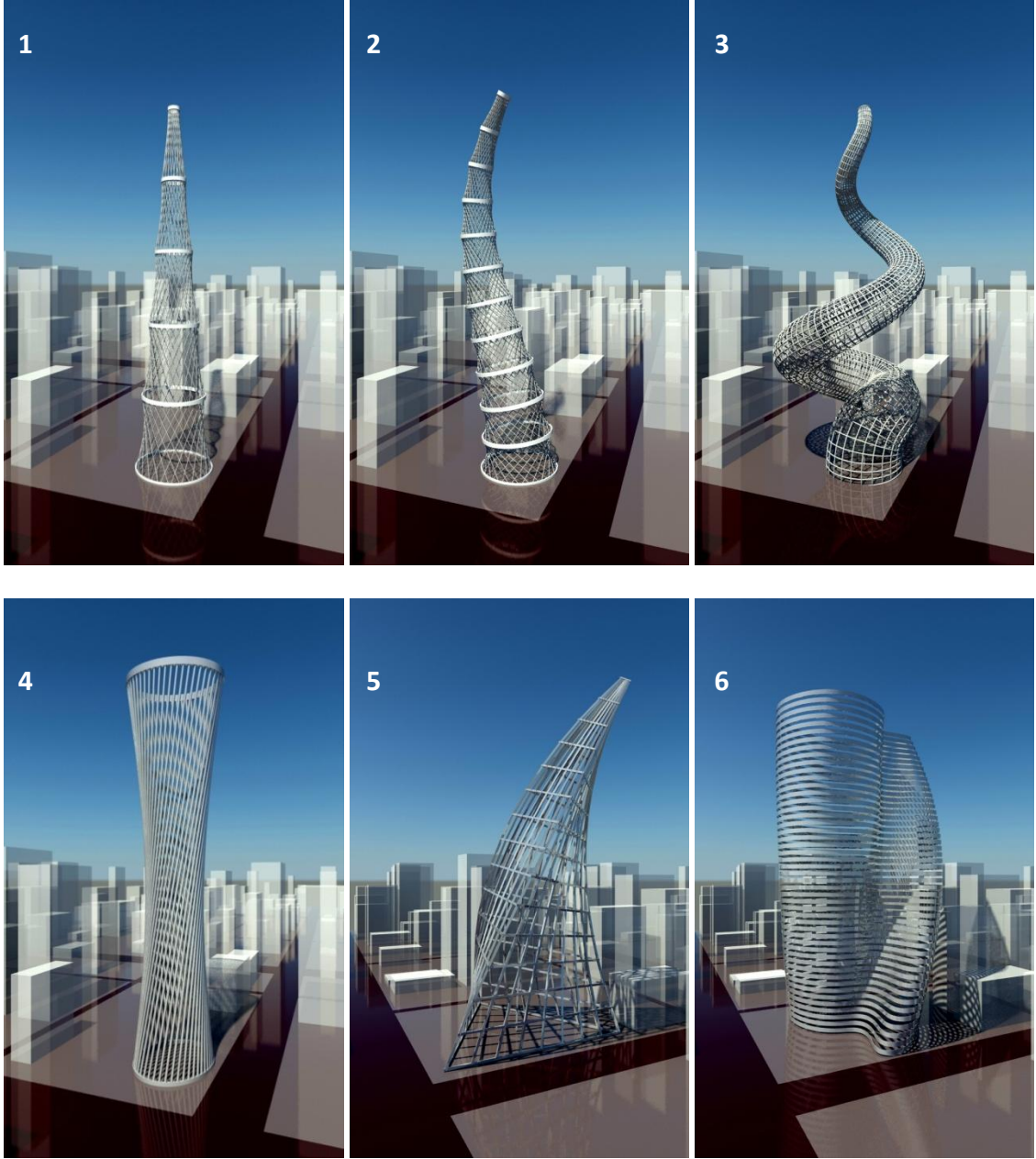
4.3.2 Alternatif Kuleler

Shukhov Kulesi’nde öne sürülen hiperboloit yapısal sistemin esnekliğinden ve bu sayede geliştirilen kural tabanlı yüzeylerin tanımlamasından yola çıkarak, kulenin aksını oluşturan L ve doğrultman olarak belirlenen c, Chernikhov’un belirttiği çizgisel ve

¹ H = Kulenin yüksekliği, P = Kulede kullanılan malzemenin uzunluğu, W = Kulenin ağırlığı

düzlemsel öğelerden meydana gelmektedir. Buna göre L çizgisel, c ise (daire, elips, üçgen gibi) düzlemsel öğelerden seçilmelidir.

Bu çalışma ile elde edilebilecek birbirinden farklı birçok sayıdaki kule tasarımından bazıları (Şekil 4.14) ve bu tasarımlarda kullanılan parametreler verilmiştir (Çizelge 4.4).



Şekil 4.14 Alternatif kuleler

Çizelge 4.4 Alternatif kulelerde kullanılan parametreler

	Kule 1	Kule 2	Kule 3	Kule 4	Kule 5	Kule 6
c	Daire	Daire	Daire	Elips	Üçgen	Eğri
L	Düz çizgi	Eğri	Spiral	Düz çizgi	Yay	Düz çizgi
θ	60°	60°	0°	90°	5°	1°
B	6	12	120	2	12	48
C	24	24	120	48	24	0
r_b	16m	16m	16m	16m, 20m	48m	-
r_t	2m	2m	2m	16m, 20m	2m	-

SONUÇ ve ÖNERİLER

1920’lerin başında deneysel bir akım olarak ortaya çıkan Konstrüktivizm ile 1980’lerden itibaren kullanımı büyük ölçüde yaygınlaşan hesaplamalı (*computational*) yöntemler arasındaki gelişimsel ilişki ve biçimsel bağlantının araştırıldığı tez çalışması kapsamında, dönemin sanat anlayışı, günümüzün bilgisayar-destekli tasarım ve üretim yöntemlerinin ışığında ele alınmıştır. Konstrüktivist akımın, gelişmiş teknoloji ve mühendislik bilimlerine dayanan bu sanat anlayışı, geleneksel mimariyi tümüyle reddederek, yeni ve çağdaş bir yaklaşımı beraberinde getirmiştir. Ancak, 1917 Devrimi ile birlikte değişmeye başlayan sosyolojik dengeler, konstrüktivist mimaride “Laboratuvar Sanatı” anlayışına karşı, “Üretim Sanatı”nı yaratmıştır. Konstrüktivizmin içinde ayrılan bu iki farklı yaklaşım, hayat buldukları mimari gruplar ve üretilen projeler kapsamında tartışılmış, Chernikhov’un mimari tasarım konusundaki çalışmaları esas alınarak geliştirilen bilgisayar uygulamaları ile incelenmiştir.

Betimsel-olmayan geometrik kurgulara ve soyut tasarımlara yönelerek, “biçimsel” bir yaklaşımı benimseyen konstrüktivistlerin çalışmaları, biçim gramerleri esaslarına göre, çizgisel ve düzlemsel öğelerle yeniden ifade edilmiş ve kural tabanlı yeni tasarımlar oluşturulmuştur. Böylece, bu çalışmalarda yer alan sayısal altyapılar saptanmış, Konstrüktivizm ile birlikte değişen geometri anlayışının, bilgisayar-destekli tasarım araçları ile olan yapısal ilişkisi vurgulanmıştır.

Diğer bir taraftan, soyut tasarım anlayışı içerisinde Chernikhov’un ifade etmiş olduğu geometrik öğelerin, üretime yönelik tasarımlarda kullanıldığı “Üretim Sanatı” ise günümüzün bilgisayar-destekli üretim teknolojilerine işaret etmektedir. Bu nedenle, bu sanat anlayışının en önemli örneklerinden biri olan Shukhov Kulesi, parametrik

strüktürel sistemi sayesinde bilgisayar ortamında simule edilmiş ve statik analizi yapılmıştır. Parametrelerin değiştirilmesiyle birlikte kulenin nasıl etkilendiği gözlenmiş, ancak bu etkilerin neden olduğu iç kuvvetler karşısındaki davranış biçimi (mukavemeti) incelenmemiştir.

Böylelikle, konstrüktivist mimari ile ilgili yapılan araştırmalar göz önünde bulundurularak, bu akım içindeki sanat anlayışları, hesaplamalı yöntemler kullanılarak ele alınmış ve bu sayede parametrik tasarımlar elde edilmiştir. Dolayısıyla, Konstrüktivizm'in bilgisayar-destekli tasarım ve üretim alanlarının ortaya çıkmasında ve gelişmesinde öncü bir rol oynadığı sonucuna varılmıştır. Bununla beraber, konstrüktivist mimaride yer alan çeşitli kompozisyonların (Popova ve Lissitzky'nin çalışmaları gibi), hesaplamalı tasarım teknolojileri kullanılarak dijitalize¹ edildiği "bir düzlem üzerindeki öğelerin konstrüktif kurgusu"nu inceleyen uygulamanın (bkz. Bölüm 3), mimari temel tasarım eğitimindeki biçim, mekan ve düzen kavramları açısından fayda sağlayacağı düşünülmektedir. Ayrıca, üretime yönelik geliştirilen "Shukhov Kulesi" uygulamasının (bkz. Bölüm 4) ise, "üzerinde çeşitli ağırlıkta ve boyutlarda nesnelerin sergilenmesine olanak tanıyan; sökülüp, takılabilecek bir iskelete sahip sergi elemanı tasarımı ve üretimi" konulu, (mimarlık birinci sınıf öğrencilerinden oluşan) bir workshop'ta kullanılması önerilmektedir.

¹ Analog veriyi, sayısal ortamda saklanabilmesi ve işlenebilmesi üzere bir ve sıfırlar ile ifade etmek, sayısallaştırmak.

KAYNAKLAR

- [1] Mitchell, W. J., (1996). City of Bits: Space, Place, and the Infobahn (On Architecture), The MIT Press, Cambridge.
- [2] Zellner, P., (2000). Hybrid Space: New Forms in Digital Architecture, Thames & Hudson Ltd, Londra.
- [3] Acton, E., Cherniaev, V. I. ve Rosenberg, W. G., (1997). Critical Companion to the Russian Revolution 1914-1921, Indiana University Press, Indianapolis.
- [4] Sopontsinsky, O., (1978). Art in the Soviet Union: Painting, Sculpture, Graphic Arts, Aurora Art Publishers, Leningrad.
- [5] Rocha, A. J., (2004). Architecture Theory 1960-1980 . Emergence of a Computational Perspective, Doktora Tezi, Massachusetts Institute of Technology.
- [6] Melvin, J., (2005). ...isms: Understanding Architecture, Herbert Press, Londra; Çeviren: Şahin, M., (2006). ...izimler: Mimarlığı Anlamak, YEM, İstanbul.
- [7] Frampton, K., (1992). Modern Architecture: A Critical History (World of Art), Thames and Hudson, New York.
- [8] Ghyka, M., (1977). The Geometry of Art and Life, Dover Publications, New York.
- [9] Artun, A., (2010). Sanat Manifestoları - Avangard Sanat ve Direniş, İletişim Yayınları, İstanbul.
- [10] Conrads, U., (1970). Programs and Manifestoes on 20th Century Architecture, Lund Humphries, Londra.
- [11] Conrad, P., (1998). Modern Times Modern Places-Life and Art in the Twentieth Century, Thames and Hudson, Londra.
- [12] Caws, M. A., (2001). Manifesto: A Century of Isms, University of Nebraska Press, Londra.
- [13] Ingberman, S., (1994). ABC: International Constructivist Architecture 1922-1939, The MIT Press, Londra.
- [14] Kramer, H., (2008). The Age of the Avant-Garde: 1956-1972, Transaction Publishers, Londra.
- [15] Bann, S., (1990). The Tradition Of Constructivism, Da Capo Press, Londra.

- [16] Walsh, D., (1993). Bolshevism and the Avant-Garde Artists, <http://www.wsws.org/>, 11 Ekim 2010.
- [17] Herwitz, D. A., (1996). Making Theory/Constructing Art: On the Authority of the Avant-Garde, University Of Chicago Press, Chicago.
- [18] Türkkan, M. B., (2007). Kübist ve Konstrüktivist Yorumdan Günümüze Nesnenin Soyutlama Sürecinde Form ve Algı, Sanatta Yeterlik Eseri Çalışma Raporu, Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- [19] Britannica Online Encyclopedia, typography, <http://www.britannica.com/>, 16 Mayıs 2011.
- [20] Moszynska, A., (1990). Abstract Art (World of Art), Thames and Hudson, New York.
- [21] Huddle, R., (2008). Alexander Rodchenko: Revolution in Photography, <http://www.aworldtowin.net/>, 26 Mart 2011.
- [22] Russian Avand-Garde Books, Mess Mend, <http://russianavantgardebooks.blogspot.com/>, 26 Mart 2011.
- [23] Overy, P., (1991). de Stijl (World of Art), Thames and Hudson, Londra.
- [24] Harrison, C. ve Wood, P. J., (2002). Art in Theory 1900 - 2000: An Anthology of Changing Ideas, Blackwell Publishing, Malden.
- [25] Nash, J. M., (1974). Cubism, Futurism and Constructivism, Thames and Hudson, Londra.
- [26] Rotzler, W., (1989). Constructive Concepts: A History of Constructive Art from Cubism to the Present, Rizzoli, New York.
- [27] Bullock, A., (1988). The Fontana Dictionary of Modern Thought, Fontana Press, Londra.
- [28] Britannica Online Encyclopedia, Proletkult (Soviet organization), <http://www.britannica.com/>, 23 Mayıs 2011.
- [29] Zaha Hadid Architects, Residential & Hotels, <http://www.zaha-hadid.com/>, 17 Mayıs 2011.
- [30] Bowl, J. E., (1988). Russian Art of the Avant-Garde: Theory and Criticism 1902-1934 (Documents of Twentieth-Century Art), Thames and Hudson, New York.
- [31] Colquhoun, A., (2002). Modern Architecture (Oxford History of Art), Oxford University Press, Oxford.
- [32] Britannica Online Encyclopedia, Gestalt psychology, <http://www.britannica.com/>, 23 Mayıs 2011.
- [33] Cooke, C., (1996). Russian Avant-Garde: Theories of Art, Architecture and the City, Academy Editions, Londra.
- [34] Britannica Online Encyclopedia, industrial-organizational psychology, <http://www.britannica.com/>, 23 Mayıs 2011.

- [35] Guillén, M. F., (1997). "Scientific Management's Lost Aesthetic: Architecture, Organization, and the Taylorized Beauty of the Mechanical", *Administrative Science Quarterly*, 42: 682-715.
- [36] Russian Utopia, <http://www.utopia.ru/>, 17 Mayıs 2011.
- [37] Novak, M., (1989). "An Experiment in Computational Composition", *New Ideas and Directions for the 1990's*, Florida.
- [38] Mitchell, W. J., Liggett, R. S. ve Tan, M., (1988). "The Topdown System and its use in Teaching: An Exploration of Structured, Knowledge-Based Design", *Computing In Design Education*, Michigan.
- [39] Cooke, C., (1985). *Fantasy and Construction (Architectural Design Profile)*, AD Editions, Londra.
- [40] KmtSpace: African Art and Architecture, Constructivism: Vladimir Krinsky, <http://www.kmtspace.com/>, 17 Mayıs 2011.
- [41] Mallgrave, H. F., (2005). *Modern Architectural Theory: A Historical Survey, 1673-1968*, Cambridge University Press, New York.
- [42] Koolhaas, R., (2004). *Content*, Taschen, Köln.
- [43] Britannica Online Encyclopedia, Weimar Republic, <http://www.britannica.com/>, 23 Mayıs 2011.
- [44] Khan-Magomedov, S. O., (1987). *Pioneers of Soviet Architecture: The Search for New Solutions in the 1920s and 1930s*, Rizzoli, New York.
- [45] Wikipedia, the free encyclopedia, Moisei Ginzburg, <http://en.wikipedia.org/>, 23 Mayıs 2011.
- [46] KmtSpace: African Art and Architecture, Constructivism: The Art of Alexander Vesnin, <http://www.kmtspace.com/>, 23 Mayıs 2011.
- [47] West, S., (1996). *The Bulfinch Guide to Art History: A Comprehensive Survey and Dictionary of Western Art and Architecture*, Little, Brown and Co, Boston.
- [48] Gray, C., (1986). *The Russian Experiment in Art, 1863-1922 (World of Art)*, Thames & Hudson, Londra.
- [49] Horton, A., (2010). Vladimir Tatlin Chases Utopia's Ghost, <http://archpaper.com/>, 23 Mayıs, 2011.
- [50] Gössel, P. ve Leuthäuser, G., (2005). *Architecture in the 20th Century*, Taschen, New York.
- [51] Quintans, C., (2010). Shukhov Radio Tower, <http://tectonicablog.com/>, 23 Mayıs 2011.
- [52] The Shukhov Tower Foundation, Tower, <http://www.shukhov.org/>, 7 Ekim 2010.
- [53] Brumfield, W. C., (1991). *The Origins of Modernism in Russian Architecture*, University of California Press, Berkeley.
- [54] "The Nijni-Novgorod Exhibition: Water Tower, Room Under Construction, Springing of 91 Feet Span. (1987)", *The Engineer* (19.3.1987): 292-294.

- [55] Structurae: International Database and Gallery of Structures, Rotunda of the Panrussian Exposition (1896), <http://en.structurae.de/>, 23 Mayıs 2011
- [56] Structurae: International Database and Gallery of Structures, Hyperboloid Water Tower (1896), <http://en.structurae.de/>, 22 Mayıs 2011
- [57] Ukraine Online Travel Guide, Hyperboloid Water Tower in Nikolaev, <http://ua-traveling.com/>, 23 Mayıs 2011.
- [58] Structurae: International Database and Gallery of Structures, Adziogol Lighthouse (1911), <http://en.structurae.de/>, 23 Mayıs 2011.
- [59] Chernikhov, I., (1933). 101 Architectural Fantasies, Society of Architects, Leningrad.
- [60] Cook, P., (1970). Experimental Architecture, Universe Books, New York.
- [61] Gürer, T. K. ve Kösebay, Y., (1995). "Çağdaş Mimarlığın Temellerinden", Tasarım, 55: 86-90.
- [62] Chernikhov, I., (1931). The Construction of Architectural and Machine Forms, Society of Architects, Leningrad.
- [63] Stiny, G. ve Gips, J., (1978). Algorithmic Aesthetics: Computer Models for Criticism and Design in the Arts, University of California Press, Londra.
- [64] Stiny, G. ve Gips, J., (1972). "Shape Grammars and the Generative Specification of Painting and Sculpture", IFIP Congress 71, 23-28 Ağustos 1971, Ljubljana.
- [65] Taylor, B., (2009). Aleksandr Rodchenko's Lines of Force, <http://www.tate.org.uk/>, 23 Mayıs 2011.
- [66] Tupitsyn, M., (2009). The Grid as a Checkpoint of Modernity, <http://www.tate.org.uk/>, 23 Mayıs 2011.
- [67] Anderson, J. W., (2005). Hyperbolic Geometry (Springer Undergraduate Mathematics Series), Springer-Verlag, Londra.
- [68] Pottmann, H., Asperl, A., Hofer, M. ve Kilian, A., (2007). Architectural Geometry, Bentley Institute Press, Exton.
- [69] Reid, E., (1984). Understanding Buildings: A Multidisciplinary Approach, Construction Press, Londra.
- [70] Structurae: International Database and Gallery of Structures, Shukhov Tower (1922), <http://en.structurae.de/>, 23 Mayıs 2011.
- [71] Aköz, Y. ve Eratlı, N., (2000). Statik - Mukavemet, Beta Yayın, İstanbul.
- [72] Moussavi, F., (2009). The Function of Form, Actar & Harvard Graduate School of Design, Barcelona.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı ve Soyadı : Fırat AKSAKAL
Doğum Tarihi ve Yeri : 12 Eylül 1981
Yabancı Dili : İngilizce
E-Posta : firataksakal@maltepe.edu.tr

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	Mimarlık	T.C. Maltepe Üniversitesi	2008
Lise	Fen Bilimleri	Eyüboğlu Koleji	2000

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2009	T.C. Maltepe Üniversitesi	Araştırma Görevlisi

YAYINLARI

Bildiri

1. Aksakal, F. ve Özorhon, G., (2010). “Bir Tasarım Deneyimi – Sergi Elemanı Tasarım Atölyesi”, Mimarlık Eğitiminin Dünü, Bugünü, Yarını, 25-27 Kasım 2010, Konya.

Proje

1. Denizli Belediyesi Hizmet Binası ve Çevresi Mimari Proje Yarışması, 2009. (Yrd. Mim. olarak; Doç. Dr. İlker Fatih ÖZORHON ve Doç. Dr. Güliz ÖZORHON ile)

2. Kadirli Belediyesi Hizmet Binası ve Kültür Merkezi Ulusal Mimari Proje Yarışması, 2009. (Gökhan KAHYAOĐLU ile)
3. İzmir Büyükşehir Belediyesi Opera Binası Mimari Proje Yarışması, 2010. (Doç. Dr. İlker Fatih ÖZORHON ve Doç. Dr. Güliz ÖZORHON ile)
4. Troya Müzesi Serbest Katılımlı, Tek Aşamalı, Ulusal Mimar  Proje Yarışması, 2011 (Yrd. Mim. olarak; Doç. Dr. İlker Fatih ÖZORHON ve Doç. Dr. Güliz ÖZORHON ile)
5. "Tařla Biçim Vermek" Afiř Yarışması, 2011 (Arř. Gör. Rana ATA ile)