

T.C. İSTANBUL KÜLTÜR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ERMENİ HAÇKAR MOTİFLERİNİN HESAPLAMALI OLARAK ANALİZİ

DOKTORA TEZİ

Semih BAYER
(1306010494)

Anabilim Dalı: Mimarlık
Programı: Mimarlık

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Neşe ÇAKICI ALP

EKİM 2024

T.C. İSTANBUL KÜLTÜR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ERMENİ HAÇKAR MOTİFLERİNİN HESAPLAMALI OLARAK ANALİZİ

DOKTORA TEZİ

Semih BAYER
(1306010494)

Anabilim Dalı: Mimarlık
Programı: Mimarlık

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Neşe ÇAKICI ALP

Jüri Üyeleri: Prof. Dr. Neşe ÇAKICI ALP

Prof. Dr. Yasemin ERKAN YAZICI

Doç. Dr. Sema ALAÇAM

Doç. Dr. Sonay AYYILDIZ

Dr. Öğr. Üyesi Gamze AKBAŞ

EKİM 2024

*Bu tezi, zorlu hayatına rağmen her zaman güçlü duran ve beni yetiştiren rahmetli
annem Saime Bayer'e ithaf ediyorum.*

ÖNSÖZ

Tez çalışmam süresince, değerli zamanını ve bilgi birikimini benimle paylaşan, tezin her aşamasında bana inanmayı hiç bırakmayan ve çok fazla emeği olan saygı değer hocam Sayın Prof. Dr. Neşe Çakıcı Alp'e teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Tez izleme ve yürütme sürecinde bana yol gösterip, fikirleriyle ufkumu açan Doç. Dr. Sema Alaçam'a ve Prof. Dr. Yasemin Erkan Yazıcı'ya emek ve destekleri için çok teşekkür ederim.

Hayatım boyunca her zaman yanımda olan ve desteklerini hep üzerinde hissettiğim ablam Sakine Örbeyi'ye ve abim Ömer Bayer'e teşekkür ederim.

Tanıştığımız günden itibaren elini hiç üzerimden çekmeyen maddi ve manevi her konuda en büyük destekçim, yol göstericim babam Ahmet Yayla'ya, annem Zeynep Yayla'ya ve kardeşim Muhammed Talha Yayla'ya teşekkür ederim.

Son olarak hayatımın her anında varlığı ile bana güç veren, benim bile kendime inanmadığım anlarda sonsuz sabrı, fedakarlığı ve sevgisiyle beni ayağa kaldıran canım eşim Hatice Kübra Bayer'e ve gülüşü en büyük motivasyonum olan biricik kızım Ayşe Bayer'e çok teşekkür ederim.

Ekim 2024

Semih BAYER

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
KISALTMALAR.....	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÖZET.....	xi
ABSTRACT	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı	3
1.2. Çalışmanın Kapsamı.....	5
1.3. Problem Tanımı	6
1.4. Çalışmanın Yöntemi.....	8
2. ERMENİ HAÇKAR MOTİFLERİ VE MANASTIR YAPILARI.....	11
2.1. Haç Sembolü	11
2.2. Haçkar.....	13
2.3. Haçkar Geometrisi.....	14
2.4. Haçkar Motiflerindeki Kompozisyon.....	16
2.4.1. Bitkisel Motifler	17
2.4.2. Geometrik Motifler	18
2.5. Van'daki Ermeni Yapıları.....	19

2.5.1.	Saint Georges (Lim) Manastırı.....	22
2.5.2.	Saint Bartholomeus (Albayrak) Manastırı	24
2.5.3.	Saint Ejmiacin (Soradır) Manastırı	26
2.5.4.	Yedikilise (Varagavank) Manastırı.....	29
2.5.5.	Saint Jean (Ktouts) Manastırı.....	35
2.5.6.	Akdamar Manastırı	39
3.	MOTİFLERDE HESAPLAMALI TASARIM	44
3.1.	Parametrik Tasarım.....	46
3.2.	Üretken Tasarım.....	47
3.3.	Algoritmik Tasarım	49
3.4.	Çalışma Örnekleri.....	50
4.	EHM MORFOLOJİSİNİN PARAMETRİK TANIMLAMASI.....	59
4.1.	EHM'lerin Analizi.....	59
4.1.1.	Geometrik Ayrıştırma	59
4.1.2.	Temel Birim ve Duvar Kâğıdı Simetri Grupları	62
4.1.3.	Matematiksel Tanımlama	68
4.2.	Parametreleştirme ve Üretim	75
4.3.	Simülasyon Modeli.....	79
5.	MORFOLOJİK İLİŞKİLER UYGULAMASI	82
5.1.	Morfolojik Gruplar	84
5.2.	Algoritma Oluşturma	87
5.2.1.	Arama Algoritmaları	87
5.2.2.	Sıralama Algoritmaları	88
5.2.2.1.	A0 BMG.....	88
5.2.2.2.	A1 BMG.....	89
5.2.2.3.	B0 BMG	89
5.3.	Eşleştirme Algoritmaları	90

5.3.1.	Özdeşlik Kategorileri	91
5.3.2.	Yapısal Eşdeğerlilik Kategorileri	91
5.3.2.1.	Seviye 1	91
5.3.2.2.	Seviye 2	93
5.3.2.3.	Seviye 3	95
5.3.2.4.	Seviye 4	95
5.4.	Morfolojik İlişkiler	97
6.	SONUÇ VE ÖNERİLER	100
7.	KAYNAKLAR	103
EK1 –	EHM’LERİN PARAMETRİK MODELLERİ	116

KISALTMALAR

EHM	: Ermeni Haçkar Motifi
DKSG	: Duvar Kâğıdı Simetri Grubu
BDT	: Bilgisayar Destekli Tasarım
TB	: Temel Birim
HB	: Hücre Birimi
DN	: Temel Birim içerisinde bulunan 4'lü nokta sayısı
2B	: İki boyutlu
3B	: Üç boyutlu
km	: Kilometre
m	: Metre
cm	: Santimetre
yy.	: Yüzyıl
vd.	: ve diğerleri
vb.	: ve benzeri

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1 Çalışma kapsamındaki Ermeni Manastırları ile ilgili bilgiler..... 22

Tablo 5.1. EHM'lerin morfolojik ilişkilerinin belirlenmesinde kullanılan kategoriler
..... 87

Tablo 5.2 Özdeşlik kategorilerindeki sınıflandırma..... 91

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1. 62 benzersiz EHM geometrileri (Fotoğraf: Semih Bayer, 2023).....	6
Şekil 1.2. Çalışmanın yöntem diyagramı	9
Şekil 2.1. Yunan ve Latin Haç sembolü temsilleri	12
Şekil 2.2. 1291 yılında Haçkar sanatçısı Poghos tarafından Ermenistan'da bulunan Goşavank manastırında yapılmış ünlü Haçkar (Fotoğraf: Inna, 2009)	15
Şekil 2.3 Saint Jean (Ktouts) Manastırında cephe yüzeyinde bulunan geometrik ve bitkisel motif kompozisyonlu bir EHM (Fotoğraf: Semih Bayer, 2023)	17
Şekil 2.4. Akdamar Manastırı kuzeybatı pencere bitkisel motif süslemesi detayı (Yıldız, 2017)	18
Şekil 2.5 Van ili içerisindeki Ermeni manastır yapılarının konumları	21
Şekil 2.6 Saint Georges (Lim) Manastırı'nın güneybatıdan görünüşü (Paboudjian, 1917)	22
Şekil 2.7 Saint Georges (Lim) Manastırı plan çizimi (Thierry, 1989)	23
Şekil 2.8 Saint Bartholomeus (Albayrak) Manastırı genel görünüş (Bachmann, 1913)	24
Şekil 2.9 Saint Bartholomeus (Albayrak) Manastırı plan çizimi (Bachmann, 1913)	25
Şekil 2.10 Saint Ejmiacin (Soradır) Manastırı genel görünümü (Fotoğraf: Emel Yıldız, 2017)	26
Şekil 2.11 Saint Ejmiacin (Soradır) Manastırı plan çizimi (Breccia Fratadocchi, 1971)	28
Şekil 2.12 Yedikilise (Varagavank) Manastırı batı cephesinden görünüşü (Bachmann, 1913)	29
Şekil 2.13 Yedikilise (Varagavank) Manastırı planı (Bachman, 1913).	32
Şekil 2.14 Yedikilise (Varagavank) Manastırlarının duvar yüzeylerinde bulunan EHM 'ler (Fotoğraf: Semih Bayer, 2023)	34
Şekil 2.15 Saint Jean (Ktouts) Manastırı güneybatı cephesinden görünüşü (Fotoğraf: Semih Bayer, 2023)	35
Şekil 2.16 Saint Jean (Ktouts) Manastırı planı (Karaca, 2004)	36

Şekil 2.17 Saint Jean (Ktouts) Manastırlarının duvar yüzeylerinde bulunan EHM 'ler (Fotoğraf: Semih Bayer, 2023).....	38
Şekil 2.18 Akdamar Manastırı doğu cephesinden görünüşü (Fotoğraf: Semih Bayer, 2023)	39
Şekil 2.19 Akdamar Manastırı yapılarının plan çizimleri (Bachmann, 1913).	41
Şekil 2.20 Akdamar Manastırı'nın duvar yüzeylerinde ve mezar taşlarında yer alan EHM'ler (Fotoğraf: Semih Bayer, 2023).....	43

Şekil 3.1 Ahlat mezarlığındaki yıldız deseninin şekil grameri ile kurallarının oluşturulması (Ağırbaş, 2020).....	51
Şekil 3.2 Altı (6) ve sekiz (8) köşeli yıldızların hücrelerinin ve TB'lerinin parametrik varyasyonları (Barrios ve Alani, 2015)	51
Şekil 3.3 Parametrik tasarım ile oluşturulmuş Mandala Thangka desenleri (Zhang vd., 2020)	52
Şekil 3.4 4 ve 12 katlı motiflerin yeniden üretimleri (Sayed vd., 2015).....	52
Şekil 3.5. 3B modelden prototip üretime geçiş (Francesca vd., 2023)	53
Şekil 3.6. Düz bir yüzey üzerindeki geometrik tasarımın üç boyutlu dönüşümü (Alani ve Alaçam, 2023)	53
Şekil 3.7 Rastgele parametrelerle oluşturulmuş desenler (Ma vd., 2024)	54
Şekil 3.8 3B baskıda dokuma teknikleriyle elde edilen dokuma desenlerinin perspektif görünümü (Çevik vd., 2024)	54
Şekil 3.9 Aynı referans geometrisi üzerinde farklı frezeleme kuralı uygulamalarıyla oluşturulan varyasyonlar (Hamzaoglu ve Özkar, 2023).....	55
Şekil 3.10 Kalıp yöntemi ile rastgele panel üretimleri (Wagiri vd., 2023)	55
Şekil 3.11 Bir desenin birinci, ikinci ve üçüncü seviyeye göre üretimleri (Khamjane vd., 2020)	56
Şekil 3.12 Bir kubbenin yüzeyinin eğriliğindeki değişimin yıldız çokgenlerinin nokta sayısındaki değişime karşılık geldiğini göstermektedir (Kasrei vd., 2016).....	56
Şekil 3.13 İncelenen mukarnas yapılarından çıkarılan yinelemeli kurallar (Gökmen vd., 2023)	57
Şekil 3.14 Algoritmalar ile oluşturulan Kufi yazı deseni (Sabetfard ve Nedimi, 2019)	57

Şekil 4.1 Yedikilise (Varagavank) Manastırı duvar yüzeyinde bulunan EHM'ler (Fotoğraf: Semih Bayer, 2023).....	60
Şekil 4.2. EHM geometrilerinin iki boyutlu teknik çizimi.....	60
Şekil 4.3. EHM başlık gösterimi	61
Şekil 4.4. EHM-10 geometrisi başlık oluşturma kuralı ve motif örnekleri.....	62
Şekil 4.5. Duvar Kâğıdı Simetri Grupları (Schattschneider, 1978).	64
Şekil 4.6. EHM-10 geometrisi için HB ve TB	66
Şekil 4.7. EHM için DKSG belirleme adımları	67
Şekil 4.8 EHM geometrileri DKSG yüzdelik dağılım grafiği.....	68
Şekil 4.9 Hücre Birim geometrisi için tanımlanan temsili kodun açılımı.....	69
Şekil 4.10. EHM TB'si üzerinde matematiksel kodun tanımlanması	69
Şekil 4.11 EHM-01 ve EHM-06 geometrilerinin matematiksel kod tanımlaması.....	70
Şekil 4.12 EHM-10 geometrisinde tekrar eden noktalar ile kod tanımlaması	71
Şekil 4.13 Birden fazla çoklu çizgiye sahip EHM-15 ve EHM-35 geometrilerinin kod tanımlaması	71
Şekil 4.14 EHM-10 TB geometrisinin kartezyen koordinat sistemi üzerindeki noktaların tanımlanması	73
Şekil 4.15 EHM-09, EHM-07 ve EHM-06 geometrilerinin kartezyen koordinat sistemi ile tanımlanması	74
Şekil 4.16 EHM-10, EHM-60 ve EHM-26'nın TB geometrilerinin parametreleştirilmesi	76
Şekil 4.17 EHM geometrisi için Grasshopper modeli	77
Şekil 4.18 EHM için GH modelinin ayrıntıları.....	78
Şekil 4.19 EHM üretimi için geliştirilen akış diyagramı ve sözel kodlama.....	79
Şekil 4.20 EHM simülasyon programı algoritması.....	80
Şekil 4.21 EHM'lerin TB geometrileri içerisinde yer alan çoklu çizgi sayılarının tanımlanması	81
Şekil 4.22 EHM simülasyon programında EHM-01 üretimi	81
Şekil 5.1. EHM-10 geometrisinin ikinci noktadaki parametre değişimi.....	82
Şekil 5.2. EHM-10 TB'sinin farklı simetri grupları ile oluşturulması	83
Şekil 5.3. PM ve P4M simetri grubuna sahip EHM'lerin geometrik metamorfozu ..	84

Şekil 5.4. Morfolojik gruplara göre EHM'ler	86
Şekil 5.5. A0 BMG temsili kodlarının belirlenmesi.....	88
Şekil 5.6. A1 BMG temsili kodlarının belirlenmesi.....	89
Şekil 5.7. B0 BMG temsili kodlarının belirlenmesi.....	90
Şekil 5.8. Belirli noktaların aynı olduğu EHM'ler	92
Şekil 5.9. EHM'ler için Seviye 1 Python kısmi eşleştirme kodları	92
Şekil 5.10. Seviye 1'deki özelliklere sahip olan EHM'ler	92
Şekil 5.11. Nokta sayılarının aynı olduğu EHM'ler.....	93
Şekil 5.12. EHM'ler için Seviye 2 kısmi Python eşleştirme kodları	93
Şekil 5.13. Seviye 2'deki özelliklere sahip EHM'ler.....	94
Şekil 5.14. Seviye 3'teki özelliklere sahip geometriler.....	95
Şekil 5.15. EHM'ler için Seviye 3 kısmi Python eşleştirme kodları	95
Şekil 5.16. EHM'ler için Seviye 4 kısmi Python eşleştirme kodları	96
Şekil 5.17. Seviye 4'teki özelliklere sahip EHM'ler.....	96
Şekil 5.18. EHM geometrilerinde farklı seviyelerdeki morfolojik ilişkilerin yüzdelik dağılımları	97
Şekil 5.19. Her simetri grubunda bulunan morfolojik gruplar.....	98

Üniversite	: İstanbul Kültür Üniversitesi
Enstitü	: Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Anabilim Dalı	: Mimarlık
Programı	: Mimarlık
Tez Danışmanı	: Prof. Dr. Neşe ÇAKICI ALP
Tez Türü ve Tarihi	: Doktora Tezi – Ekim 2024

ÖZET

ERMENİ HAÇKAR MOTİFLERİNİN HESAPLAMALI OLARAK ANALİZİ

Van şehri, Ermeni dini mimarisi için önem arz eden birçok kilise ve manastır yapısını topraklarında barındırmaktadır. Bu yapılarda, Ermeni dini mimarisi için sanatsal bir kültürel miras olan Haçkar motif süslemeleri ön plana çıkmaktadır. Haçkar motifleri emek isteyen ve ustalık gerektiren bir süreç sonunda ortaya çıkmaktadır. Ermeni Haçkar motifleri, 9. yüzyıldan itibaren Ermeni milletinin manevi özlemlerini, dini algılarını ve fikirlerini ifade etmenin bir aracı olarak kullanılmaktadır.

Geçmişin farklı kültürel çağlarına ait olan tasarım pratiklerinin analiz edilmesi, günümüz hesaplamalı tasarım kuramına ışık tutacağı ve o çağa ait kültürlerin anlaşılmasına yardımcı olacağı düşünülmektedir. Bunun için Ermeni mimarisinin yaratıcı süreçleri, geometrik motif tasarımları üzerinden incelenmektedir. Çokgen, bitkisel motif, rozet, güneş diski, eğrisel, kırık ve düz çizgilerden oluşan ve zengin geometrik desenler üzerinde şekillenen Haçkarlar, Ermeni sanatının kendine has ve özelleşmiş bir görsel geleneğe sahip olmasında önemli bir rol oynamıştır. Literatürde bu motifler hakkında çok fazla araştırma bulunmamakla beraber yapılan araştırmalarda var olan çizimlerin oluşturulmasından ve kısa bir incelemeden öteye gidememiştir. Bunun yanı sıra, Anadolu’da bulunan bu özgün motiflerin hesaplamalı olarak detaylı bir analizi yapılmamıştır.

Kültürel miras nesnelerinin kendine has ve önemli olan özelliklerinden biri de benzersiz olmalarıdır. Bu da onların yaşlanmaya, kazalara, tahribata vb. karşı korunmasının büyük önem taşıdığı sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Fiziksel korumanın yerini almasa da bunun bir yolu, nesnelerin mevcut halleriyle matematiksel olarak tanımlanmalarıdır.

Yaptığımız bu çalışmada, geleneksel Ermeni dini mimarisindeki Ermeni Haçkar motiflerini analiz etmek, var olan motiflerden yeni motifler türetmek ve farklı yapılarda bulunan motifler arasındaki morfolojik ilişkileri anlamak için bir yöntem kullanılması amaçlanmıştır. Ermeni Haçkar motiflerini oluşturmak için gerekli bilgileri içeren ve temsili kodları türeten bir form kullanan parametrik tanımlama yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntem ile Van'daki Ermeni manastırlarının duvar yüzeylerindeki Haçkar motiflerinin farklılaşan ve zengin geometrisine sahip olan başlıkları ele alınmaktadır. Bu sebeple, çalışmada 9. ve 10. yüzyıldaki Ermeni mimarisine ait Haçkarların form keşfini ortaya çıkarmak için matematiksel bir analiz yapılmaktadır.

Ermeni Haçkar motiflerinin geometrik ayrıştırmasıyla temel birimi çıkarılarak simetri grubundaki karşılığı yani hücre birimi bulunmuştur. Daha sonra matematiksel analizi yapılarak parametrik modeli oluşturulan motiflerde, varyasyonlar yapmak mümkün hale gelmiştir. Son olarak temsili kodları oluşturulan motifler arasında morfolojik ilişkiler belli algoritmalar sonucunda ortaya çıkarılmış ve incelenmiştir.

Çalışma sonucunda, Ermeni Haçkar motiflerinin belli kurallar ile oluşturulabildiği ve morfolojik ilişkilerin motifleri anlama konusunda yardımcı olduğu anlaşılmıştır. Bunun yanında parametrik tanımlaması yapılabildiği ve bu analiz ile motiflerde farklı dönüşümlerin gerçekleştiği görülmektedir. Bu sayede karmaşık detaylar içeren Ermeni Haçkar motiflerinin incelenbilmesi avantajı elde edilmekte ve kültürel miras için önemli olan bu motiflerin kayıt altına alınabilmesi mümkün olmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Ermeni Haçkar Motifleri, Morfoloji, Parametrik Tasarım, Metamorfoz, Van Ermeni Yapıları, Hesaplamalı Tasarım

University : Istanbul Kultur University
Institute : Institute of Graduate Studies
Department : Architecture
Programme : Architecture
Supervisor : Prof. Dr. Neşe ÇAKICI ALP
Degree Awarded and Date : Doctoral Thesis – October 2024

ABSTRACT

COMPUTATIONAL ANALYSIS OF ARMENIAN KHACHKAR MOTIFS

The city of Van hosts many churches and monasteries that are important for Armenian religious architecture. In these structures, the Khachkar motif decorations, which are an artistic cultural heritage for Armenian religious architecture, come to the fore. Khachkar motifs emerge because of a process that requires effort and mastery. Armenian Khachkar motifs have been used as a means of expressing the spiritual longings, religious perceptions and ideas of the Armenian nation since the 9th century. It is thought that analyzing the design practices belonging to different cultural eras of the past will shed light on today's computational design theory and help understand the cultures of that era. For this purpose, the creative processes of Armenian architecture are examined through geometric motif designs. Khachkars, which consist of polygons, plant motifs, rosettes, sun disks, curved, broken and straight lines and shaped on rich geometric patterns, have played an important role in Armenian art having a unique and specialized visual tradition. Although there is not much research on these motifs in the literature, the research conducted has not gone beyond creating existing drawings and a brief review. In addition, a detailed computational analysis of these unique motifs found in Anatolia has not been conducted.

One of the unique and important features of cultural heritage objects is their uniqueness. This reveals that their protection against ageing, accidents, destruction, etc. is of great importance. Although it does not replace physical protection, one way to do this is to mathematically define the objects in their current state.

In this study, we aimed to analyze Armenian Khachkar motifs in traditional Armenian religious architecture, to derive new motifs from existing motifs, and to use a method to understand the morphological relationships between motifs found in different structures. A parametric definition method is used, which includes the necessary information to create Armenian Khachkar motifs and uses a form that derives representative codes. With this method, the capitals of Khachkar motifs on the wall surfaces of Armenian monasteries in Van, which differ and have rich geometry, are addressed. For this reason, a mathematical analysis is performed in the study to reveal the form discovery of Khachkars belonging to Armenian architecture in the 9th and 10th centuries.

By geometrically decomposing the Armenian Khachkar motifs, the basic unit was extracted and its equivalent in the symmetry group, namely the cell unit, was found. Later, it became possible to make variations in the motifs whose mathematical analysis was performed, and parametric models were created. Finally, the morphological relationships between the motifs whose representative codes were created were revealed and examined because of certain algorithms. As a result of the study, it was understood that Armenian Khachkar motifs can be created with certain rules and that morphological relationships help in understanding the motifs. In addition, it is seen that parametric definition can be made and different transformations are realized in the motifs with this analysis. In this way, the advantage of examining Armenian Khachkar motifs containing complex details is obtained and it is possible to record these motifs that are important for cultural heritage.

Keywords: Armenian Khachkar Motifs, Morphology, Parametric Design, Metamorphosis, Van Armenian Buildings, Computational Design

1. GİRİŞ

Orta çağda yaşayan motif tasarımcılarının geometrilerin uygulanması konusunda iyi bir bilgiye sahip oldukları, bu bilgileri yansıttıkları formlar ile anlaşılmaktadır. Ancak o dönemde bu motiflerin taşıdığı potansiyellerin ortaya çıkarılamadığı bilinmektedir (Ağırbaş, 2020). Dijitalleştirme teknolojisi ile kültürel miras alanında varlıkların koruma yöntemlerinin desteklenmesi ve geliştirilmesi yaygın olarak kullanılmaktadır (Georgopoulos, 2018). Bu yöntemlerin ortak amacının, kültürel miras varlıklarını oluşabilecek hasarlardan korumak ve sürdürülebilirliklerini sağlamak olduğu bilinmektedir (Ocôn, 2021). Son zamanlarda dijital teknolojilerin mimarlık uygulamalarını büyük ölçüde etkilediği görülmektedir. Özellikle hesaplamalı dijitaler ile karmaşık formların keşfi ve yeniden üretimi için yeni fırsatlar ortaya çıkmakta ve mimarlıkta araştırma ve tasarım pratiği ilerletilmektedir (Oxman ve Oxman 2014).

Coğrafi konumundan dolayı farklı pek çok medeniyete ev sahipliği yapmış olan Van şehri, Ermeniler için önemli bir yere sahiptir. Ermeniler yaşadıkları süre boyunca inşa ettikleri dini yapılardan olan manastırlar ile dikkat çekmişlerdir (Kızgın, 2018). Van’da, dini mimari alanında Vasal Vaspurakan Krallığı (908-1021) zamanından başlayarak faaliyet göstermişlerdir. Ancak günümüze gelebilen Van Gölü çevresindeki Ermeni manastır ve kiliseleri çoğunlukla Osmanlı Devleti’nin XVI. yy. da bölgede tamamen hâkimlik kurmasından sonra yapılmış ve yenilenmişlerdir (Karaca ve Kızgın, 2021). Manastır’ın kelime anlamı, “tek yalnız” olan Grekçe “monostan” türetilen ve münzevi hayat tarzını benimseyenlerin yaşadığı mekânları ifade eden “monasterio”nun Türkçe’deki karşılığı olarak belirtilmektedir (Gürkan, 2003).

Bu çalışmada, 9. ve 10. yüzyıldaki Ermeni mimarisine ait Haçkarların form keşfini ortaya çıkarmak için matematiksel ve parametrik bir analiz yöntemi sunulmaktadır. Ermeni Haçkar motifleri (EHM), 9. yüzyıldan itibaren Ermeni milletin manevi özelemlerini, dini algılarını ve fikirlerini ifade etmenin bir aracı olarak kullanılmıştır. Ermenilerin asırlık tarihinin zengin kültürünün bir kanıtı olarak taş Haçkarlar günümüzde de pratik ve sanatsal önemlerini koruyarak tarihsel geçişlerini sürdürmektedir. Bu anlamda haçkarların Hristiyanlık dönemi Ermeni anıt sanatına ait

olduğu sonucuna varılabilmektedir. Zaman içerisinde işlevsel önemini yitiren tarihsel dönemlere ait anıtlar, yalnızca o dönemlerin kültürünün taşıyıcıları haline gelse de Haçkar sanatı, Ermeni ulusal düşüncesinin bir ürünü olarak gelişimini sürdürmektedir (Mkhitaryan ve Avedian, 2022). Bu yüzden Haçkar sanatının anlaşılması ve korunması gerekmektedir.

Dijital kültürel miras alanında İslami, gotik ve farklı etnik motifler üzerine literatürde çok sayıda çalışma bulunmaktadır. İslami motifler üzerine yapılan çalışmalarda, Wilson (1988), Demiriz (2000), Arik ve Sancak İslami motiflerinin matematiksel açılımı üzerine birçok önemli çalışma yapmışlardır. Abdullahi ve Embi (2013), İslami motiflerin mimari öğelere uygulanmasının uygunluğu araştırmışlardır. Sayed vd. (2015) İslami motifleri oluşturmak için parametreleştirilmiş biçim grameri kullanmışlardır. Alani (2018), parametrik bir model ile İslami motiflerin metamorfoz analizini yapmıştır. Hamzaoğlu ve Özkar (2017), CNC freze makinesiyle motif üretimi gerçekleştirmiş ve değerlendirmiştir. Albert vd. (2015), mozaikleri simetri gruplarının matematiksel ilkelerine dayalı olarak analiz etmek için yeni bir yöntem geliştirmişlerdir. Khamjane ve Benslimane (2018), İslami yıldız motiflerini simetri grubuyla yeniden oluşturmuşlardır. Sayed vd. (2015) İslami geometrik motifleri 3B olarak oluşturmak için parametreleştirilmiş biçim grameri yöntemini tercih etmişlerdir. Naserabad ve Ganbaran (2023), İslami motiflerden 7 katlı deseni oluşturmak için simetri gruplarını kullanmışlardır. Cenani ve Çağdaş (2007), İslami kalıplara dayalı üç boyutlu formların üretilmesi için yeni yöntemler araştırmışlardır. Necipoğlu (1995) ve Bonner (2003) İslami motiflerde çift katmanlı tasarımlara atıfta bulunarak üç boyutlu karakterlerini vurgulamışlardır. Rigby (2005), İslami motiflerde “birbirinin altında ve üzerinde dönüşümlü olarak dokunan örgüler veya şeritler” açısından bu desenlerin çok katmanlılığına dikkat çekmiştir. Alaçam vd. (2017) mukarnasları katlama ilkesine göre analiz etmişlerdir. Bazı araştırmalarda ise eski motifler ele alınarak bunlar üzerinden yeni motifler türetilmiştir.

Farklı etnik motifler üzerine yapılan çalışmalara baktığımızda, Hu vd. (2021), batık motifleri için şekil gramerine dayalı üretken bir yöntem geliştirmişlerdir. Hayata (2005), yazılı metinden mandala desenleri oluşturmak için spiral haritalama teknolojisine dayalı bir yöntem önermiştir. Zhang vd. (2020) Tibet Budizm’inde dini bir sanat olan Thangka’da mandala desenlerini üretmek için parametrik modelleme yöntemi uygulamışlardır. Kaplan vd. (2003), Kelt düğümlerinin yapımını

otomatikleştirmek için bir teknik sunmuşlardır. Taylor (2009), Kelt tarzı dekoratif düğüm işinin bir süslemesi olarak incelenen dekoratif düğümler oluşturmak için trigonometrik parametrelendirmeleri kullanmıştır. Gross vd. (2011), modern grafik sanatçılarının Kelt düğümlerini tasarlamak için kullandıkları yöntemin farklı bir çeşidini tanımlamışlardır. Waring (2012), Kolam türlerinin genel bir tipolojisini ortaya koymuş ve kare döngülü Kolamlar için genişletilmiş bir yöntem sunmuşlardır. Subramanian vd. (2007), iki boyutlu matris gramerleri tarafından işlenemeyen Kolam desenleri oluşturmak için sıralı/paralel dikdörtgen dizili P sistemlerini tanıtmışlardır. Bunların yanında Robinson (2007), Kolam desenleri ve mozaikleme oluşturmak için Yapıştırma Şemasını ve onun bir çeşidi olan Genişletilmiş Yapıştırma Şemasını tanıtmışlardır.

Yapılan çalışmalar incelendiğinde, farklı etnik motifler üzerine de yoğun çalışmalar yapılmış olsa da Türkiye’de bulunan EHM’ler için dijital kültürel miras alanında herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu anlamda çalışmamızın özgün yanı daha önceden çalışılmamış ve matematiksel analizi yapılmamış olan EHM’leri ele almaktır. Kültürel mirasın dijitalleştirilmesi noktasında “EHM’leri matematiksel olarak tanımlayabilir miyiz?” sorusuna cevap aranmaktadır. Bu mirası korumak, dijitalleştirmek ve EHM’lerin matematiksel ilişkilerini incelemek, bugüne kadar çözülmemiş bir araştırma problemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışma, geometrilerin yalnızca biçimsel analizi ile tasarım özelliklerinin anlaşılamayacağını bu sebeple EHM’lerin matematiksel ve hesaplamalı doğasının dikkate alınması gerektiğini savunmaktadır.

1.1. Çalışmanın Amacı

Günümüz teknolojisindeki gelişmelerle birlikte mimari mekanlarda, grafik ve parametrik desenlerin yer aldığı yüzeyler sıklıkla ilgi görmektedir. Parametrelerin değiştirilmesiyle çok çeşitli desenler ortaya çıkarılabilmektedir. EHM’ler aynı zamanda çeşitli parametrelerin yer aldığı parametrik ve grafik desenlerdir. Bu kalıpları şekillendiren üretken parametreler ve algoritmalar keşfedilerek, EHM’ler dijital olarak analiz edilebilmekte ve yeni motifler ortaya çıkarılabilmektedir. Böylece araştırmacılar, parametreleri değiştirerek çok çeşitli geometrik desenler ortaya çıkarabilmekte ve bu değişimleri gözlemleyebilmektedirler.

Bu çalışmanın önemi, kültürel miras için kapsamlı bir bilgi kaynağı olan EHM geometrilerinin, kodlanmış ve birden çok düzeyde bilgiyi birbirine bağlayan tasarım temsillerinin veritabanlarının oluşturulması için bir yöntem önermektedir. Çalışma, EHM geometrisini oluşturmak için gerekli bilgileri içeren ve temsili kodları türeten bir form kullanan parametrik tanımlama yöntemi sunmaktadır. Bu nedenle bu çalışma, geleneksel Ermeni dini mimarisindeki EHM'leri incelemek, yeni tasarımlar oluşturmak ve morfolojik ilişkileri anlamak için parametrik bir yaklaşım önermektedir.

Bu çalışma ile EHM'lerin yalnızca geometrisine ve malzemesine odaklanan geleneksel sınır ortadan kaldırılmaktadır. Yenilikçi araçlar ile EHM'nin algoritmik doğasından yararlanan bir yöntem sunmayı ve bunun yanında ayakta kalan tarihi EHM'nin tarihsel kanıtlarını araştırmak için hesaplamalı bir yaklaşım geliştirilmektedir. Buradaki amaç var olan motiflerin bilgilerini saklamak ve bunun yanında parametrik yöntemle bu motiflerden yeni motiflerin üretimini sağlamaktır. Bunun yanında biçimsel anlayışı tamamlamak için matematiğe ve morfolojiye dayalı alternatif bir tarihsel EHM anlayışı geliştirmektir.

Bu nedenle çalışmanın amacı, Ermeni mimarisinde EHM başlık motiflerinin morfolojisini matematiksel olarak inceleyip morfogenetik özelliklerine göre analiz etmektir.

Önerilen bu çalışma ile;

- EHM motiflerinin matematiksel olarak tanımlanıp tanımlanamayacağı sorusunun yanıtlanması,
- EHM başlık geometrilerinin temsili çizimlerinin nasıl oluşturulacağı sorusunun yanıtlanması,
- Farklı Ermeni yapılarındaki EHM'ler arasında geometrik ilişkinin olup olmaması durumunun yanıtlanması,
- EHM'lerin birbirine dönüşümünü parametrik modellerle sağlanıp sağlanamayacağı sorunun yanıtlanması,
- EHM'ler arasındaki simetri grubu ilişkilerinin yanıtlanması,

hedeflenmektedir.

1.2. Çalışmanın Kapsamı

Bu tez çalışmasında, EHM'lerin analizleri için Van kentinin seçilmesinin birkaç önemli nedeni bulunmaktadır. Bunlardan ilki, Van'da çok sayıda Ermeni dini yapısının yer almasıdır. Bu yapıların yeterince değer görmemesi ve Haçkar geometrilerinin zamanla deformasyona uğrayarak kaybolma riski altında olması, araştırmayı Van'da yürütme fikrini desteklemektedir. Tezin önemli bir yönü, Van'daki Ermeni manastırlarının duvar yüzeylerinde bulunan Haçkar geometrilerinin daha önce sayısal analizlerinin yapılmamış olmasıdır. Mevcut çalışmalarda, Haçkar motifleri yalnızca malzeme özellikleri, konumları ve iki boyutlu teknik çizimleriyle ele alınmış olup, daha kapsamlı bir analiz yapılmamıştır. Bu nedenle, tez çalışmasının literatüre özgün bir katkı sunacağı düşünülmektedir.

Van'da İpekyolu ilçesinde bulunan Yedikilise (Varagavank) Manastırı, Tuşba ilçesinde bulunan Saint Jean (Ktouts) ve Saint Georges (Lim) Manastırı, Başkale ilçesinde bulunan Saint Bartholomeus (Albayrak) Manastırı ve Saint Ejmiacin (Soradır) Kilisesi ve son olarak Gevaş ilçesinde Akdamar Manastırı olmak üzere altı farklı Ermeni yapısı bulunmaktadır. Bunların arasından Yedikilise (Varagavank), Saint Jean (Ktouts) ve Akdamar Manastırı seçilmiştir. Bu manastırların seçilme nedenleri arasında, daha az deformasyona uğramış olmaları ve EHM'lerin daha fazla ve okunabilir durumda olmaları bulunmaktadır.

Bu tez kapsamında, saha araştırmasında fotoğrafları çekilen 270 adet EHM geometrisi bulunmaktadır. Bu geometrilerden birbirini tekrar eden ve başlık oluşturma kuralına uymayan EHM'ler çıkarılarak bu sayı 62'ye kadar düşürülmüştür. Yani çalışma kapsamında 62 benzersiz EHM geometrisinin analizi yapılmıştır. Bu geometriler Şekil 1.1'de verilmiştir.



Şekil 1.1. 62 benzersiz EHM geometrileri (Fotoğraf: Semih Bayer, 2023)

1.3. Problem Tanımı

Bu metnin hedefinde, mimaride motif geometrilerinin tanımlanması problemini hesaplamalı olarak tanıtmak bulunmaktadır. Motif geometrilerinin tanımlanması ilginç bir problem olarak görülmenin yanında farklı uygulama çözümleri de geliştirilmiştir.

Mimarlık sanatı ve matematik farklı disiplinler gibi görünseler de tarih boyunca birbirleri ile etkileşim içinde olmuşlardır. Yapı cephelerinde süsleme için kullanılan çini, alçı, taş vb. malzemeler ile üretilmiş geometrik motifler veya mozaikler bu alanda önemli örneklerdendir. Mimarlık sanatı, insanlığın ve uygarlığın gelişimi ile aynı paralellikte var olmuş olup sadece zamansal değil bölgesel ve kültürel olarak da farklılıklar oluşturmuştur.

Mimaride kullanılan geometrik motifler hem iki boyutlu hem de üç boyutlu olarak görülmektedir. İki boyutlu geometrik motifler zeminde, duvar yüzeylerinde, kemerlerde, kapı ve pencere yüzeylerinde, kubbe iç ve dış yüzeylerinde lineer veya eğrisel yüzeylerde kullanılırken, üç boyutlu geometrik elemanlardan olan mukarnas, pandantiflerde, silmelerde, sütun başlıklarında, kubbelerde ve giriş portallerinde yaygın olarak uygulanmıştır (Kılıçoğlu ve Pilehvarian, 2017).

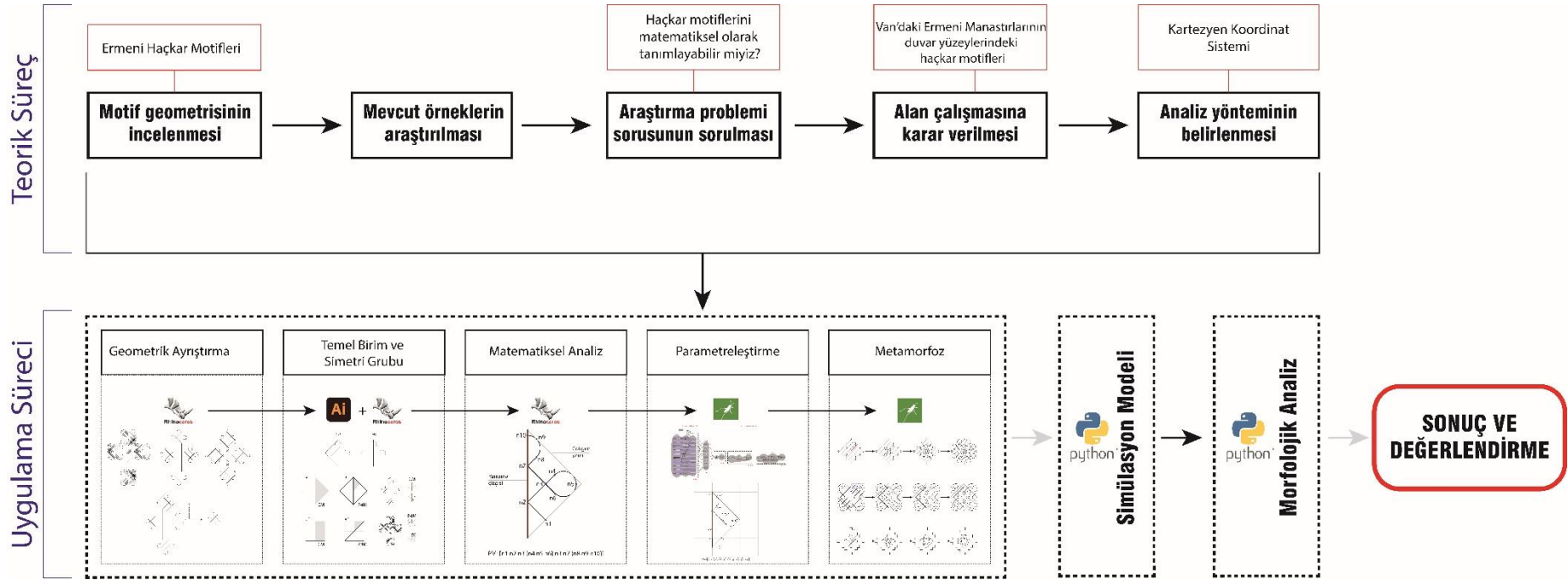
Bu çalışmada Ermeni kültürünün önemli bir parçası olan EHM'ler üzerinde durulmuştur. EHM geometrisinin temsili olarak incelenmekle beraber matematiğe ve tasarım parçaları bağlamında ilişkilere daha az odaklanarak tarihi ve benzersiz biçimsel özelliklere daha çok odaklanılmaktadır. Yani bu çalışma süreci, tasarım çokluklarını üretmekten sorumlu bir hesaplama yaklaşımını içermemektedir.

Temsili yaklaşım, bu geometrilerin üretilmesinin altında yatan yöntemleri keşfederek matematiksel olarak ifade etmekte ve benzer morfolojik ilişkilere sahip geometriler için sınıflandırma yapmaya çalışmaktadır. Bu geometrilerin sınıflandırmaları için oluşturulan matematiksel yaklaşım, öncelikle simetrilere dayanmaktadır. Simetriler ile yapılan ilk çalışma İslami Geometrik Desenler üzerine ve Edith Müller (Müller, 1944) tarafından yapılmıştır. Müller, grup teorisine dayalı olarak modellerin simetrisini analiz etmiştir. Daha sonra bu alandaki bilimsel çalışmaların sayıları arttı ve farklı kültürlerin geometrik desenleri üzerine çalışmalar yoğunlaştı. Djibril ve Thami (2008), desenlerin simetri gruplarını belirlemek için hesaplamalı bir yöntem geliştirdiler. Fakat bu çalışmalarda çoğunlukla simetri kullanarak tekrarlama ve mozaikleme işlemleri gerçekleştirildi ve iç geometriler araştırılmadı. Sonuç olarak farklı kültürdeki geometrik motifler üzerine yapılan çalışmalarda birbirleri ile olan ilişkileri inceleyen çalışmalar eksik kaldı.

Hesaplamalı yöntemlerle motif geometrilerinin tanımlanması etkili bir şekilde yapılabilmektedir. Geometrik motiflerin parametrelerle oluşturulması, analizi ve optimize edilmesi açısından hesaplamalı tasarım, güçlü bir araç olarak bilinmektedir. Bu çalışmada motif geometrilerinin tanımlanması problemini ele almak için “EHM geometrileri matematiksel olarak tanımlanabilir mi?” sorusunun yanıtı hesaplamalı yöntemlerle aranacaktır. Bu nedenle tezin problem tanımında *EHM geometrilerinin matematiksel olarak tanımlanması ve morfogenetik özelliklerine göre analiz edilmesi* bulunmaktadır.

1.4. Çalışmanın Yöntemi

Ermeni manastırları hem mimari yapıları hem de motif süslemeleri ile ön plana çıkmaktadırlar. Bununla birlikte farklı Türk ve İslam devletlerinin havzada oluşturdukları tarihi eserler, bölgede kültürel canlılığın bir göstergesi olmaktadır (Yıldız, 2017). Çalışma kapsamında ele alınan EHM'lerin incelenmesi için matematiksel tanımlama, parametrik model ve morfolojik ilişkiler ele alınmaktadır.



Şekil 1.2. Çalışmanın yöntem diyagramı

Çalışmanın yöntemi teorik ve uygulama süreci olmak üzere iki adımdan oluşmaktadır (Şekil 1.2). İlk adım olan teorik süreçte, literatür taramasının ardından EHM geometrileri incelenmiş ve mevcut örnekler araştırılmıştır. Daha sonra “EHM’leri matematiksel olarak tanımlayabilir miyiz?” sorusu ile yola çıkılarak motiflerin çoğunlukta olduğu Van’daki Ermeni Dini mimarilerinden olan Varagavank (Yedikilise), Saint Jean (Ktouts) ve Akdamar Manastırı’nın duvar yüzeylerindeki EHM’ler ele alınmak üzere alan çalışmasına karar verilmiştir. Analiz yöntemi olarak motiflerin çizgiler ve yaylardan oluşması sebebi ile kartezyen koordinat sistemi seçilmiştir.

İkinci adım olan uygulama sürecinde manastırlardaki 270 adet motif yerinde fotoğraflanmıştır. Fotoğraflanan bu motiflerin geometrik ayrıştırması yapılarak Rhinoceros ortamında iki boyutlu teknik çizimleri oluşturulmuştur. Ardından bu motiflerin analizi için Temel Birimleri (TB) çıkarılıp simetri grupları belirlenerek gruplandırılmıştır. Daha sonra motifler kartezyen koordinat sistemi ile matematiksel analizi gerçekleştirilmiş ve bu yöntem ile Grasshopper ortamında parametrik modeli oluşturulmuştur. Bu modelin parametreleri değiştirilerek yeni motifler üretilmiş ve dönüşümler incelenmiştir. Ardından oluşturulan temsili kodu test etmek için simülasyon modeli geliştirilmiştir. Son olarak temsili kodlar ile eşleştirme algoritmaları kullanılarak Python dili ile EHM’ler arasındaki morfolojik ilişkiler incelenmiş ve sonuçlar tartışılmıştır.

2. ERMENİ HAÇKAR MOTİFLERİ VE MANASTIR YAPILARI

2.1. Haç Sembolü

Davud Yıldızı, Gamalı Haç veya Hilal gibi birçok evrensel işaret ve sembolün bulunduğu dünyada Haç sembolü de yer almaktadır. Bu sembol de diğerleri gibi dünya üzerinde her yere yayılmaktadır. Haç sembolü genellikle Hristiyanlık ve onun çeşitli dini mezhepleri ile ilişkilendirilmektedir. Amerika, Afrika, Asya, Rusya, Avrupa, Avustralya vb. bölgelerdeki Haçlarla kapsamının neredeyse dünya çapında olduğu gözlemlenmektedir. Haç sembolü artık çok popüler olmasına rağmen bu evrensel statüye ulaşmak ve yayılmak için büyük bir yolculuktan geçmiştir. Bu, bir Hristiyan Sembolü biçiminde ve Hristiyanlık öncesi bir aşamaya veya çağa uzanan kökleri aracılığıyla izlenebilmektedir (Johns, 2019).

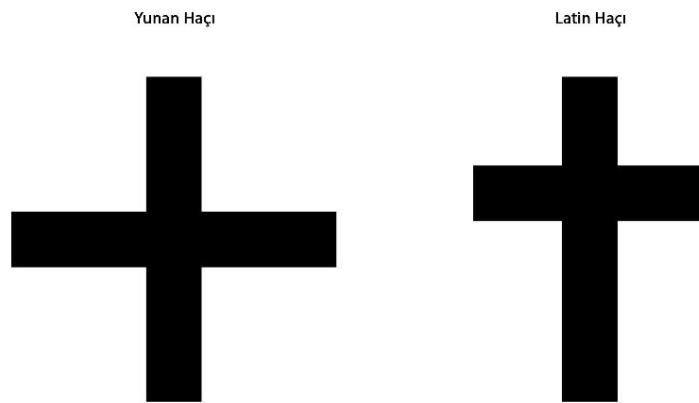
Haçın Hristiyan sanatındaki anlamı, mimarideki kullanımı ve ayinlerdeki yeri nedeniyle önem taşımaktadır. İsa'nın çarmıha gerilişiyle ölüme karşı zaferi, Hristiyan inancına göre düşmanlara karşı kazanılan zaferi temsil etmektedir. Roma İmparatorluğu'nun erken dönemlerinde yapılan askeri törenler, ayinler ve zafer kutlamalarında taşınan askeri alem ve bayrakların yerini Bizans Dönemi'nde haç almış ve 4. yüzyılın sonlarında büyük boyutlu bir haç geometrisinin bulunduğu sembol, taç giyme törenleri için önemli unsurlarından biri haline gelmiştir (Acara, 2004).

Haç sembolü, 4. yüzyılda Büyük Konstantin'in Milvian Köprüsü'nde yaşanan savaş sırasında gördüğü rüyadan dolayı önem kazanmıştır. Dönemin önemli tarihçisi Eusebius'a göre İmparator, rüyasında gökyüzünde parlayan bir haç ve “EN TOYTOÛ NIKΑ” (Bu sefer kazanacaksın) yazısını görmüştür. İmparator, savaşı zaferle sonuçlandırdıktan sonra haç imgesini Hristiyanlığın kullanımına özgü kılmaktadır (Rice, 1998). Haç, özellikle İkonoklasmos Döneminde (726-843), tapınılmasına ve tasvir edilmesine izin verilen tek simge olmuştur (Cotsonis, 1994).

İmparatorluk seremonilerinden olan taç giyme törenlerinde Haç sembolü, savaş sırasında ve zaferle başkente dönüldüğünde askeri ve dini törenlerin önemli bir parçası haline gelmiştir. Dini törenlerde, bayram günlerinde, kilise ile saray arasında yapılan yürüyüşlerde ve doğal afetlerden sonra kentte yapılan ayinlerde haç taşındığı, yazılı ve görsel kaynaklardan bilinmektedir (Cotsonis, 1994).

Haç sembolünün kullanıldığı en önemli törenlerden olan ve Hristiyan dininin de temeli olarak bilinen Ökaristi'dir. Ökaristi, Hristiyan litürjisinin ana ayini olarak bilinir ve kelime anlamı şükran demektir. İsa'nın bedenini, ekmek ve kanını simgeleyen şarabın kutsadığı ayin olarak tanımlanmaktadır (URL1). "Küçük Giriş" sırasında taşınan haçın yatay kollarında yer alan ve bazı örneklerde, İsa'nın başlangıç ve son olduğunu sembolize eden, alfabenin ilk ve son harfleri olan "A" ve "ω" asılıdır. Tören ve takdislerde farklı boyutlarda haçların kullanıldığı bilinmektedir. Küçük boyutlu haçları rahip ayin sırasında elinde tutar, büyük haçlar ise İsa'nın Doğumu (25 Aralık), Müjde (25 Mart) gibi bayramlarda veya Paskalya'dan önceki perhizin üçüncü pazarında yapılan ayinlerde tören alayının başında taşınır (Galavaris, 1994). Törenlerde taşınan haçlar "Latin haçı" şeklindedir. Kollar merkezden uç kısımlara doğru genişlemekte ve çoğunlukla iki damla, daire veya üç yapraklı yonca ile sonlanmaktadır. Alt kol diğer kollardan daha uzun olup ucunda ahşap bir asanın geçirilebileceği silindirik bir parça bulunmaktadır (Dodd, 1987).

Haç, Hristiyanlar için yaşamın ve ibadetinin merkezidir. Bununla birlikte faaliyetlerin haç işareti altında gerçekleşmesi için zemin planlarına veya yapıların yüzeilerine entegre edilmiş bir sanattır. Haç denilince akla ilk gelen görüntü, merkezde kesişen iki çubuk meydana gelen bir sembol ve temsildir. Ancak bu basit sembolün üzerinde yapılan çeşitlemeler, değişiklikler ve süslemeler ile farklı geometrik bir örüntü ortaya çıkmaktadır. Bu değişiklik, çapraz ve eşit uzunluktaki iki çubuğun tam merkezinden eşit olmayan uzunluktaki çubuklarda daha yüksek bir konuma kaydırılması kadar küçük olabilmektedir. Ortaya çıkan bu sembollerin her iki varyasyonu da artık bir yerleştirme haline gelmekte ve ayrı mezheplere ait olmaktadır. Bunlar, sırasıyla Yunan ve Latin haçı olarak ayrılmaktadır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Yunan ve Latin Haç sembolü temsilleri

2.2. Haçkar

Haçkar, (Ermenice haç taşıyan taş, haç taşı vb.) M.S. 4. yüzyıldan itibaren Ermenistan'da Hristiyanlığın, eğitimin, sanatın ve mimarının gelişmesine yardımcı olmuştur. Tarih boyunca Haçkar, mezar taşlarını ve en önemlisi bir tapınağın yeni bir yorumu olarak tasvir edilmiştir.

Petrogliflerle benzerlik gösteren Haçkarlar alt, orta ve üst olmak üzere üç ana bölümden oluşmaktadır. Bunlardan; alt bölümün dünyevi çabayı temsil ettiği, orta bölümün haç ağacı olduğu ve üst bölümün gökyüzünün ve diğer göksel bileşenlerin tasvir edildiği yerdir. Kompozisyonun ana odak noktası, bu üçlü kompozisyonun orta bölümünde bulunan stratejik olarak tasvir edilen haçtır. Çarmıh, tanrı ile kötülüğü, kutsal ile dünyevi olanı, geçmiş ile geleceği, sol ile sağ, ölüm ile ölümsüzlüğü birbirine bağlayan ve aynı anda birbirinden ayıran bir tasvir olmuştur. Genel bir değerlendirme yapılacak olursa bir Haçkar'da alt bölüm, organizmaların tasvirinden başlar ardından bitkiler ve hayvanların daha sonra insanların ve en son olarak manevi varlıkların tasvirinden yukarıya doğru bir hiyerarşi olarak inşa edilmiştir. Herhangi bir haç taşının ana bileşenleri olarak haç ve diğer sembollere sahip olması ve ayrıca yazıtlar, kornişler, dekoratif unsurlar (çoğunlukla üçgenler, rozet vb. gibi geometrik formlar), son olarak kuşlar ve diğer figüratif kabartmalar içermesi tipiktir. Petrogliflerle olan bariz benzerliklerine rağmen, Haçkar, erken yerleşimlerin hızlı gelişimini yalnızca daha karmaşık tasarım çözümleriyle değil, aynı zamanda sosyo-politik ve dini çağrışımların ek boyutlarının yanı sıra bireyciliğin belirgin tezahürleriyle de yansıtmaktadır (Mnatsakanyan, 2017).

Haçkar yapımı için gerekli motivasyonlar ve düşünceler geleneksel olarak ortaçağ kültürünün kendisi kadar çeşitlidir. Haçkar, zamanın yerleşik gelenekleri ve etiği ile çelişmediği sürece, herhangi bir inanan tarafından ve herhangi bir durum için yaptırılabilirdi. Haçkarların binlerce yazıtının tanıklık ettiği gibi, Hristiyanların dünya görüşüyle çelişmemesi de önemlidir. Taşların üzerinde tasvir edilen hikayeler, kasvetli keder tasvirlerinden, umutsuzluk ve ölüm olaylarından, neşeli kutlama günlerinin tasvirine kadar uzanmaktaydı. Genellikle Haçkar, vefat eden değerli birinin anısına veya bir aile üyesinin, bir tanıdığın vb. mucizevi şifası için Tanrı'ya şükranlarını ifade etme aracı olarak kullanılırdı. Manevi amaçlar için inşa edilen Haçkarlar en önemli ve saygın olanlar gibi görünmekteydi. Bazen bir taşın işlenmesine ve yerleştirilmesine

izin veren ve destekleyen kişinin aklında Tanrı'dan yardım, ruhları için bir yön veya kurtuluş isteyen manevi bir amaç olabilmekteydi (Petrosyan, 2008). Sosyal çağrışımları olanlar da önemli anıtlar arasında yer alırken, en yaygın olanları kişisel nedenlerle yaptırılan kutsal taşlar arasındaydı. Haçkarların sayısız çeşitliliğine rağmen, ana kategoriler büyük ölçüde haç kavramı, yardım ve korunma duaları, bir tür müdahale ve nihayetinde bir ruhun kurtuluşu etrafında dönen temalarla bağlantılıdır (Mnatsakanyan, 2017).

Haçkar temaları altı geniş kategoride tasarlanabilir;

- Laik ve laik olmayan yapıların inşası ile ilgili
- Ekonomik ve/veya toplumsal konuların vurgulanması
- Savaşları ve muharebeleri kaydetme
- Aile/özel yaşamla ilgili
- Defin törenleri sırasında dikilir
- Mistik, dini ve manevi bağlamlar

2.3. Haçkar Geometrisi

Haçlar arasındaki ayrım Ermeni Haçkar, "Khaç"-Haç ve "Kar"-Taş arasında yapılabilmektedir. En eski örnekleri M.S. 9. – 10. yüzyıla tarihlenen haç, başta mezarlıklar, manastırlar ve kiliseler olmak üzere Ermenistan'ın her yerinde rastlanmaktadır (Holding ve Allen, 2018). Haçkarlarda, çoğunlukla Latin şeklinde bir haç bulunan dikdörtgen bir niş bulunur, bunların yanında kenarlarda daha geniş, merkezde daralan çubuklar yer almaktadır. Çubukların sekiz ucunun her birinde dokuma parçası gibi görünen haç, üçlü ilmekle sonlanmaktadır (Şekil 2.2). Bununla birlikte Haçkar geometrisinin etrafında, bitkisel ve sembolik motifler veya haçlar da bulunmaktadır.



Şekil 2.2. 1291 yılında Haçkar sanatçısı Poghos tarafından Ermenistan'da bulunan Goşavank manastırında yapılmış ünlü Haçkar (Fotoğraf: Inna, 2009)

Haçkarlar, her ne kadar MS 9.-10. yüzyıllara tarihlense de Hristiyanlığın gelişi ve MS 310'da Hristiyanlaştırılmasıyla eşzamanlı olarak birçok Haçkar'ın bulunduğu söylenmektedir (Holding ve Allen, 2018). Bu Haçkarlardan biri de Kraliçe Katranide'nin Garni'si olarak bilinmektedir. Haçkar yapımı sanatı, 12 ve 13. yüzyıllarda zirveye ulaşmış, fakat M.S. 14. yüzyılda ise istilalara bağlı olarak gerilemiştir.

Haçkar sanatı incelendiğinde haçın çoğunlukla bir rozet veya güneş diski tasarımı üzerine yerleştirildiği ve nadiren de olsa rozetin ortasında bulunduğu bilinmektedir. Haçkar'da geometrik desenlerin yanında farklı anlatımlarla ters çevrilmiş bitkisel motifler de bulunmaktadır. Bitkisel motif, Haçkarın altından ve üstünden üzüm benzeri bir tasarımla filizlenmeye kadar değişebilmektedir. Haçkar'ın kenarları da benzer temalara sahiptir. Haça, Hristiyanlık öncesinden beri Ermenilerin "Arevakhach" yani sonsuzluk simgesinin eklendiği bir bölge gözlemlenmektedir. Bu sonsuzluk simgesi

Güneş-yıldız sembolizmiyle ve aynı zamanda Ermenistan kültürüne derinden kök salmış olan narla da ilişkili olduğu bilinmektedir.

Haçkar sanatı, Ermeni kültürünün önemli başarılarından biridir. Bir Haçkar'ın merkezi, Ermenistan'da Hristiyanlığın kabul edilmesinden sonra Hristiyanlığın ana sembolü haline gelen haçtır. Mesih'in çarmıha gerilmesinden sonra haç, sonsuz yaşamı, İsa Mesih'in Şeytan üzerindeki zaferini ve insanlığın kurtuluşu için günahı sembolize etmektedir (Mkhitaryan ve Avedian, 2022).

Ermeniler 4. yüzyıldan beri taşları oyarak haç motifleri oluşturmuşlardır. Ancak 9. yüzyıldan sonra Haçkarlar bir anıt niteliğinde ortaya çıkmışlardır. Haçkarlar, genellikle turuncu, siyah veya kırmızı renkli gözenekli tüf taşından veya bazalttan yapılmıştır. Geleneksel olarak, her bir EHM benzersiz olup kopyalanmamaktadır. Bin yılı aşkın süredir, Ermenilerin kutsal nesneleri ve sembolleri olarak görülüp kullanılmaktadırlar (Seppälä, 2021).

2.4. EHM'lerdeki Kompozisyon

Çalışma kapsamındaki EHM'lerin bitkisel ve geometrik olmak üzere iki ayrı türde motif ve bunların oluşturduğu kompozisyonlardan üretildiği görülmektedir (Şekil 2.3). Bu çalışma kapsamında geometrik motifler üzerinde durulmuştur. Bu kompozisyonlar ile ilgili bilgiler aşağıdaki gibidir.



Şekil 2.3 Saint Jean (Ktouts) Manastırında cephe yüzeyinde bulunan geometrik ve bitkisel motif kompozisyonlu bir EHM (Fotoğraf: Semih Bayer, 2023)

2.4.1. Bitkisel Motifler

Ermeni dini yapılarının çoğunluğunda görülen bitkisel motifler genellikle geometrik motifler ile kullanılmaktadır. Bitkisel motifler genel olarak palmet, rumi, yaprak, çiçek, meyve ve kıvrımlı dallardan oluşan temsillerden meydana gelmektedir. Bunlar Haçkar geometrilerinin bulunduğu taşlarda ve taşları çevreleyen bordürlerde, haç kollarının yapımında, haç kolları yüzey desenlerinde, haç kol uçlarında ve alt haç kollundan çıkıntı yapan motif ve kompozisyonlar olarak karşımıza çıkmaktadırlar (Yıldız, 2017).

Süslemenin anlatım yollarından biri olan bitkisel motif ve kompozisyonlar, Asya, Mezopotamya ve Anadolu'daki yerli kültürlerle bağlantılıdır. Bölgedeki sanatçılar, diğer bezeme unsurlarında olduğu gibi doğada bulunan örneklerle kayıtsız kalamamış, doğada gördükleri örnekleri birebir olarak ele almak yerine, onları temsili olarak yansıtmaya ve işlemeye çalışmıştır (Yıldız, 2017).

Ermeni dini mimarisinde bitkisel motiflerin kullanım alanı Haçkar geometrilerinin bulunmadığı yerlerde de sıklıkla görülmektedir. Bordürler ve yüzey dolguları olmak üzere iki grup altında toplanmaktadır. Şerit şeklindeki bordür süslemelerinde şerit boyunca bitkisel motifler devam etmektedir. Bu örneklerde bordür içerisinde

başlangıçtan bitişe kadar bir ya da birkaç sap bulunmaktadır. Bu saplardan ayrılan kısa saplardan bordürün kenarlarına yakın yerde palmet ve rumi gibi bitkisel motiflerle sonlanmaktadır. Bu motifler aynı zamanda sapsız boşlukları doldurmak için mozaikleme görevini üstlenmektedir (Ünal, 1982). Van'daki Ermeni Manastır'larından bu türün örneklerine, Akdamar Manastırı Kutsal Haç Kilisesi kubbe kasnağı kuzeybatı pencere taç kemer bordür yüzeyindeki bezeme gösterilebilir. Bordürlerde orta eksene yerleştirilen palmetlerin sapından çıkarak farklı iki yöne doğru giden iç içe geçmiş kıvrık dalların arasında birer palmet bulunmaktadır (Şekil 2.4) (Yıldız, 2017).



Şekil 2.4. Akdamar Manastırı kuzeybatı pencere bitkisel motif süslemesi detayı (Yıldız, 2017)

2.4.2. Geometrik Motifler

EHM'ler için geometrik düzenlemeler; eğrisel ve çoklu çizgilerle üçgen, dörtgen, sekizgen gibi kapalı şekillerin belirli bir sistem içinde birleştirilmesi ile meydana gelmektedir (Mülayim, 1984). Bütünleşmiş formlar halinde karmaşık bir yapı içerisinde oluşturulmuş, nokta ve çizgilerin oluşturduğu geometrik şekiller belirli bir düzen içerisinde geometrik kompozisyonları oluşturmaktadır. İnsanlık tarihinde her kültür için kullanılan geometrik şekiller, içeriğe bağlı olarak farklı kültür çevrelerinde özel birtakım anlamlar taşımaktadır. Böylece geometrik motifler, dini, felsefi ve siyasi düşünce bağlamında farklı anlamlar taşımaktadır. İlkel zamanda büyü ve sihir belirtileri olarak da görülen geometrik şekiller olağan dış dünyayı temsil ettiği düşünülmüştür. Bu sebeple geometrik çizgi ve kompozisyonlar bir bakıma dini ve kolektif arzuları anlatmak için bir yol olarak kullanılmıştır (Yıldız, 2017).

Çalışma kapsamında incelenen yapılarda yer alan motifler; daire ve yarım daire, kare, eşkenar dörtgen gibi yan yana eklenerek devam eden at nalı kemer dizisi, dış çentiği dizisi, kalp dizisi, zikzak (testere dişi) ve balık sırtı gibi motifler oluşturmaktadır. Bunların yanı sıra burma (halat), ok ucu ve “u” formlu motifler ile çarkıfelek motifi basit geometrik motifler içerisinde değerlendirilebilir. Bu motiflerin kullanımı, Haçkar geometrilerinin bulunduğu taşlarda; haç kollarının oluşumunda, haç kolları yüzeyinde ve haç kollarının uçlarının sınırlandırılmasında karşımıza çıkarken, Haçkar geometrilerinin bulunmadığı taşlarda; cephe yüzeylerinde ve silme kuşaklarında, taç kapı süslemelerinde, konsol yüzeylerinde, paye ve sütun başlığında, paye başlıklarında, pencere taç kemer bordür ve kanat yüzeyleri ile alt kısımlarında görülmektedir.

2.5. Van’daki Ermeni Yapıları

Tarihte “Van” isminin ortaya çıkış şekli, geldiği yer ve kullanılan topluluk ile ilgili kesin bir bilgi olmamasının yanında farklı rivayetler söz konusu olmuştur. Bu rivayetler; M.Ö. 1900’lü tarihlerde, Asur Melike’si Meshure Şah Meryem (Semiramis) adına atfedilen “Şahmerimekerd / Şahmiramkert” şeklinde aktarıldığı, daha sonrasında Küyanya’nın son devrinde Van adındaki valinin şehre olan olumlu katkıları sebebiyle bu idareciden itibaren şehrin adının “Van” olarak tanımlandığı belirtilmektedir. A. Jabuert, Van isimlendirmesi ile ilgili şu açıklamayı yapmaktadır:

“Van kelimesi Ermenicede ev, güçlü yer, manastır anlamına gelmektedir. Şehrin çevresinde bulunan birçok manastırdan dolayı bu ismi aldığını veya Asya’nın Büyük İskender tarafından istila edilmesinden önce Van’da yaşayan bir kral tarafından bu ismin verilmiş olup olmadığını bilemiyorum. Ne olursa olsun Ermeniler bu şehrin eski Semiramocerte üzerine kurulduğunu ileri sürmektedirler. Ermeniler bu görüşlerini, V. yüzyıldaki Ermeni asıllı yazar Koreneli Moise’in farklı düşüncelerine ve eserinde belirttiği bilgilere dayandırmaktadırlar” (Jaubert, 1821).

XVI. yüzyılda şehre gelen Evliya Çelebi Seyahatnamesinde, Büyük İskender’in şehir kalesinde gördüğü “Vank” adlı bir manastırdan esinlenerek Van adını koyduğunu belirtmektedir (Çelebi, 1993). Urartu Devleti’nin kurucusu olan I. Sardur (M.Ö. 840 – 830) başkent olarak Tuşpa’yı yani bugünkü Van Kalesi’ni inşa ettirmiştir. Tarihi kaynakların tümünde geçen bilgilere göre, Urartular kendilerine Bianili demişlerdir.

Bunun sonucunda Urartuların yükselme devrinde “Biane” adı altında birçok şehir ve insan topluluğu Van bölgesine toplanmıştır. Urartuca “Biane” veya “Viane” kelimelerinden bugünkü Van isminin çıktığı düşünülmektedir. Ayrıca Urartu yazıtlarında Van ilinin ismi yoğun bir şekilde “Tuşpa” olarak geçmektedir. Bu ismin Urartuların tanrısı olan “tu-uş-pu-ae” ile ilgili olduğu düşünülmektedir (Erzen, 1992).

Van Kalesi’nin kurucularının Urartular olduğu kabul edilirse Van kelimesinin de Urartuca olduğu ispat edilen Biane kelimesinden geldiği kesinlik kazanmış olur. Lynch (1901), eserinde Van’ın eski isminin “Dhuspas” olduğunu, Van’a dönüşümünü ise “Buana” veya “Biaine” den gerçekleştiğini belirtmektedir.

Van’ın bilinen eski isimlerinin Tuşpa, Biani, Wiaina, Artemita, Semiramocerta, Vana ve Vasburagen olmasının yanı sıra Urartuların başkenti olan Tuşpa (Thospia) adıyla Van şehri kimlik kazanmıştır (Tuğlacı, 1985).

Toplumsal kimliğin şekillenmesine yardımcı olan birçok unsur etki etmektedir. Bu unsurlar arasında dil, tarih, din ve mezhepler, örf, adet ve gelenekler vb. örnekler verilebilmektedir. Ermeni toplumu için ise Ermeni kiliselerinin kimliğe olan etkisi fazla olmuştur. Bunun yanındaki unsurlar bu temel etkinin çevresinde gelişim sağlamıştır (Yıldız, 2020).

Ermenilerin, Hristiyanlığı kabul etmeleriyle beraber, kendi kaderlerini “Kilise” den ayrı görmemiş olup kiliseyi bir araya gelmenin bir aracı olarak görmüşlerdir. Bu noktada anlaşılmaktadır ki Ermeniler için din ve milliyet ayrılmaz bütün olarak görülmektedir. Ermeni Kilisesi, dini görev ve sorumluluklarının yanında, kendisini Ermeni milleti için milli ve siyasi otorite olarak kabul etmiş, başlangıcından günümüze kadar geçen süreç içinde kilise ve başında bulunan din adamları Ermeni toplumunun hayatlarına şekil ve yön veren en büyük güç olmuşlardır. Birçok tarihçi Ermeni milletin kimliğinin oluşumunda ve Ermeni milletin ruhunu yansıtmada noktasında Ermeni Kilisesi’nin en büyük rolü oynamış olmasında hemfikirdir. Ermeni tarihçisi H. Pastırmacıyan, kilise için:

“Ermeni Kilisesi, Ermeni milletin kilise tarafından can verilen ruhunun, yeniden dünyaya gelmek için yaşadığı vücuttur”

demektedir.

Van'da yaşamış olan Ermenilerin özellikle Osmanlı İmparatorluğu döneminde ve öncesinde nüfus yoğunluğu görülmüştür. Bu dönemlerde Ermeniler, ticaret, zanaat, tarım gibi farklı alanlarda faaliyetlerde bulunmuşlardır. Bunların yanında mimari alanda da faaliyet gösteren Ermenilerin kiliseler, manastırlar, okullar ve diğer dini ve kültürel yapılar da inşa ettikleri bilinmektedir. Özellikle manastır ve kilise yapıları ile ön plana çıkan mimari yapıları günümüzde de bu izleri taşımaktadırlar. Bu yapılar sırası ile İpekyolu ilçesinde bulunan Yedikilise (Varagavank) Manastırı, Tuşba ilçesinde bulunan Saint Jean (Ktouts) ve Saint Georges (Lim) Manastırı, Başkale ilçesinde bulunan Saint Bartholomeus (Albayrak) Manastırı ve Saint Ejmiacin (Soradır) Kilisesi ve son olarak Gevaş ilçesinde Akdamar Manastırı yer almaktadır (Şekil 2.5). Bu çalışma kapsamında EHM geometrilerinin çoğunlukta bulunduğu ve yapı olarak diğerlerinden daha az bozulmaya uğramış Yedikilise (Varagavank) Manastırı, Saint Jean (Ktouts) Manastırı ve Akdamar Manastırı ele alınmaktadır.



Şekil 2.5 Van ili içerisindeki Ermeni manastır yapılarının konumları

Çalışma kapsamındaki manastır yapıları ile ilgili konum, mimar, inşa tarihi ve açıklama bilgileri de Tablo 2.1’de yer almaktadır.

Tablo 2.1 Çalışma kapsamındaki Ermeni manastırları ile ilgili bilgiler

Manastırın Adı	Konumu	Mimar	İnşa Tarihi	Açıklama
Yedikilise (Varagavank) Manastırı	Bakraçlı Köyü İpekyolu-VAN	Mimar Tiratour	10. yy	Kral Senekerim tarafından yaptırılmıştır.
Saint Jean (Ktouts) Manastırı	Mollakasım Çarpanak Adası Tuşba-VAN	Mimar Khochkabar	9. yy	Saint Gregoire adına yapıldığı belirtilmektedir.
Akdamar Manastırı	Akdamar Adası Gevaş-VAN	Mimar Manuel	10. yy	Vasporakan Kralı I. Hacik Gakik tarafından Mimar Manuel'e bir kompleksin kilisesi olarak yaptırılmıştır.

2.5.1. Saint Georges (Lim) Manastırı

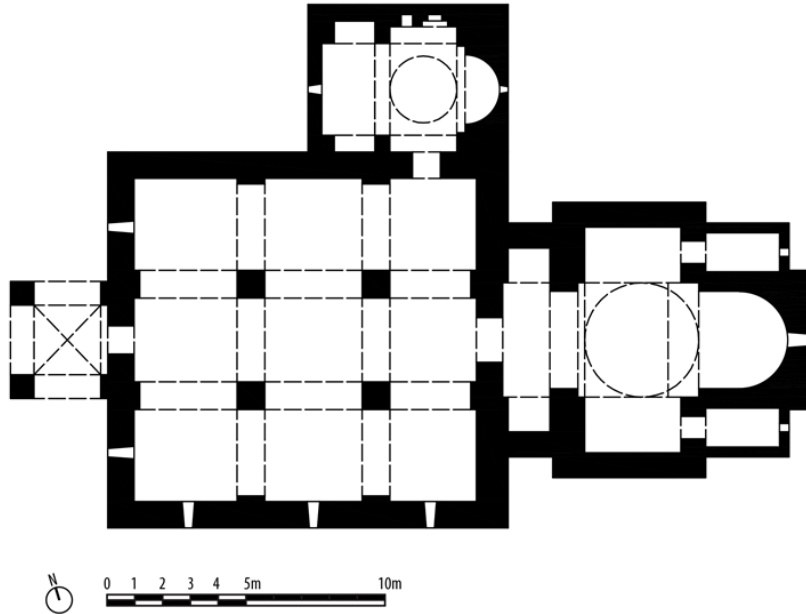
Saint Georges (Lim) Manastırı, Van Gölü'deki en büyük ada olan ve gölün doğu kıyısına yakın bir noktada, 38°52' Kuzey enlemi, 43°21' Doğu boylamında bulunan Lim (Adır) Adası'nda yer almaktadır (URL2). Van ili Tuşba ilçesine bağlı Yaylıyaka Köyü, Döşeme Mezrası'na ortalama 1 km uzaklıkta olup 20 dakikalık motor yolculuğu ile ulaşım sağlanabilmektedir.



Şekil 2.6 Saint Georges (Lim) Manastırı'nın güneybatıdan görünüşü (Paboudjian, 1917)

Manastır yapısı, adanın güney tarafına kurulmuş olup eski arşiv resimlerinden anlaşıldığı üzere Saint Georges Kilisesi, Saint Sion Şapeli, jamatun, çan kulesi, okul, keşiş hücreleri, ziyaretçiler için yapılmış mekânlar, mezarlıklar ve iskeleden oluşmaktadır (Lalayan, 1910). Fakat manastırdan, Saint Georges Kilisesi'nin batı haç kolunun tonozlu kısmı, kilisenin batı girişine bitişik olan jamatun, jamatunun kuzeydoğu köşesine yapılan Saint Sion Şapeli, kaçak kazılar sonucu ortaya çıkarılan su kuyusu ve ek mekânlar günümüze ulaşabilmiştir (Epözdemir, 2014). Yapılarından çoğunluğu yıkılmış olan manastır, günümüzde harabe haldedir. Bu sebeple manastırı daha iyi tanımlamak için eski araştırmalardan elde edilen fotoğraflar ve plan çizimleri incelenmiştir.

Yapı, günümüze yıkılmış şekliyle gelmiş olup serbest haç planlı olduğu J.M. Thierry'nin çizimlerinden anlaşılabilmektedir (Thierry, 1989). Fakat kilisenin batı girişine eklenmiş olan jamatun yapısı dıştan 14.25 x 14.12 m ölçülerinde kare bir plana sahip olup doğu-batı doğrultusunda dikdörtgen bir plana sahip olan şapel 7.75 x 5.15 m boyutlarında inşa edilmiştir. Kaçak kazılar sonucunda Saint Georges Jamatunu'nun güneybatısında yer alan depo 6.65 x 3.65 m ölçülerinde ve doğu batı doğrultusunda bir dikdörtgen planlıdır. Saint Georges Jamatunu'nun kuzeydoğusunda yer alan kare planlı olup 15 m derinliğindedir (Karaca, 2008).



Şekil 2.7 Saint Georges (Lim) Manastırı plan çizimi (Thierry, 1989)

Adanın güney bölgesine yerleşmiş olan manastır yapısı, 1310 tarihinde başpapaz Hohan'a sunulan el yazma bir kitapta; "Bu kiliseyi 1305 yılında görkemli bir şekilde Zacharia yapmıştır." ibaresi ile XIV. yüzyılda din adamı Zacharia I. tarafından gerçekleştirilmiş olduğu belirtilmektedir (Thierry, 1973).

İnşa tarihinden itibaren el yazması kitapların önemli merkezi olan manastır, 1534 tarihinde Şah Tahmas tarafından kapatılmıştır. 1621'de Nerses öğrencileri ile adaya yerleşmiş ve 1626'daki ölümünden önce Saint Georges Kilisesi'ni yeniden inşa etmiştir. XVII. yy.'da manastır hayatı hareketlenmiş ve tekrar el yazması kitapların merkezi haline gelmiştir. Ayrıca Sion Şapeli'nin geçiş kapısının doğusunda bulunan yazıtlarda, jamatunun başpapaz yardımcısı Vanlı Ter Hakop tarafından 1766'da yeniden inşa edildiği bildirilmektedir. Şapele giriş kapısının üzerindeki kitabede sadece jamatunun inşasında bulunanların isimleri bulunmaktadır (Karaca, 1998).

2.5.2. Saint Bartholomeus (Albayrak) Manastırı

Manastır, Van'ın Başkale ilçesinin Albayrak Köyü'nde yer almaktadır. Eski yayınlarda Deir Köy olarak geçen bu yerleşim yeri Şifekti, Zapbaşı ve son olarak Albayrak ismini almıştır. Manastır, 38° 08' Kuzey ve 44° 12' Doğu boylamında, nehrin sağ kıyısında, bu noktada Aşgerd adını taşıyan, aşağıdaki köye hâkim geniş bir höyüğün üzerinde yer almaktadır (URL3). Başkale ilçesinin 23. km kuzeydoğusundaki Albayrak Köyü, Van il merkezine 110 km uzaklıkta bulunmakta ve ulaşım Van-Hakkâri karayolu ile sağlanmaktadır.

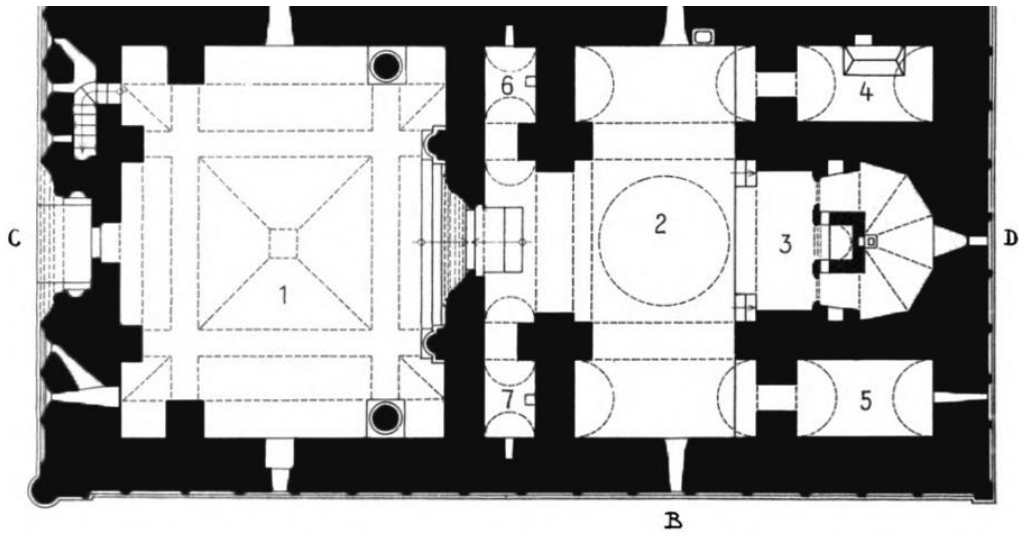


Şekil 2.8 Saint Bartholomeus (Albayrak) Manastırı genel görünüş (Bachmann, 1913)

XIX. yüzyıl başlarında W. Bachman tarafından yapılan çalışmalar ile oluşturulan mimari temsil, fotoğraf ve plan çizimlerinden anlaşılmaktadır. Saint Bartholomeus Manastırı'nın merkezini kilise ve bitişik olan jamatun oluşturmaktadır. Bu iki yapının batısında bulunan bir süthane, papazların kaldıkları mekanlar ve misafirlerin konakladıkları sosyal tesislerden oluştuğu bilinmektedir (Karapetian, 2010). Ancak manastırdan günümüze sadece Saint Bartholomeus Kilisesi ve aynı dönemde yapılmış olan jamatun gelebilmiş olup kalan yapılar ise yok olmuştur.

Üst örtüleri ile duvarlarının üst kısımları günümüzde büyük ölçüde çökmüş durumda olan Saint Bartholomeus Kilisesi'nin üstünün ortada on iki köşeli kasnak üzerine oturan piramidal külahlı kubbe ile örtülü olduğunu ve Jamatun'un üstünün ise dıştan iki kademeli beşik çatıyla kapatılmış olup orta kısımdaki tonozun üzerinde çan kulesinin yükselerek kuzey güney doğrultusunda meyilli beşik çatının taş plakalarla kaplı olduğunu W. Bachman (1913)'ın verdiği bilgilerden öğrenebilmekteyiz.

Yapının duvarları ortalama 1.50 m kalınlığında oluşturulmuştur. Düzgün kesme taşlarla oluşturulan duvarlar dolgu duvar tekniği ile örülmüştür. Duvarlar harçla tutturularak moloz taşlarla doldurulmuştur. Duvarlarda ise farklı renk tonlarında tüf taşı kullanılmıştır (Yıldız, 2017).



Şekil 2.9 Saint Bartholomeus (Albayrak) Manastırı plan çizimi (Bachmann, 1913)

Saint Bartholomeus (Albayrak) Manastırı'nın kuruluşu ile ilgili belirsiz ve birbiriyle çelişkili efsaneler dışında herhangi bir bilgiye ulaşılamamıştır. En yaygın inanışa göre

kilise Saint Bartholomeus'un mezarı üzerine IV. yy.'da yapılmıştır. Bu havariye atfedilen mezar, kilisenin kuzeydoğu köşe odasının içindedir (Karaca, 2008).

Manastırla ilgili yazılı kaynaklardaki ilk referans bilgi, 1338 tarihli bir el yazma kitabın kolofonunda geçen "Saint Bartholomeus koruması altında" ibaresiyle karşımıza çıkmaktadır. Aynı yüzyılın sonunda yazılan 1398 el yazma kitapta manastırın, saldırılar sonucunda zor durumda kaldığından bahsedilmektedir. Bütün bu bilgilerden yola çıkılarak Saint Bartholomeus kilise ve jamatunun XIII. yy. sonu ve XIV. yy. başında inşa edildiği kabul edilmektedir. XV. yy. boyunca yazılmış (1418, 1438, 1457, 1489, 1490) el yazma kitaplarının varlığı, manastırın bu yüzyıl içinde aktif bir konumda olduğunu göstermektedir. Bunlardan 1457 tarihli el yazma kitabın kolofonuna göre yapılar Başpapaz Kirakos tarafından dekore edilmiştir. Manastırın XVI. yy.'daki durumunu aydınlatacak tarihi bilgi bulunmamaktadır (Yıldız, 2017).

2.5.3. Saint Ejmiacin (Soradır) Manastırı

Soradır Kilisesi, Van'ın Başkale ilçesinin yaklaşık 40 km kuzeyinde Soradır Yanal köyü üzerinde 38°15' Kuzey enlemi, 44°15' Doğu boylamında bulunmaktadır. Ardżruni hanedanına mensup prenslerin ve kralların defnedildiği yer olan ünlü Saint Ejmiacin Manastırı, büyük Zap suyu bölgesinde deniz seviyesinden 2400 m yükseklikte yer almaktadır (URL4).



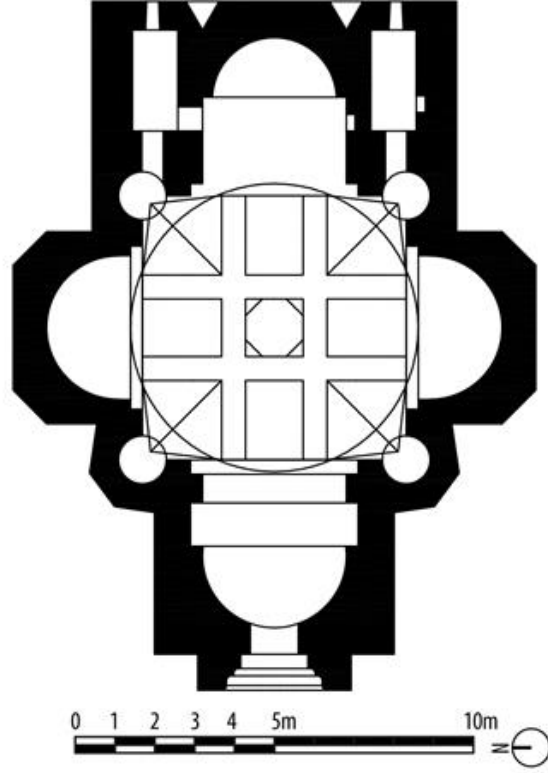
Şekil 2.10 Saint Ejmiacin (Soradır) Manastırı genel görünümü (Fotoğraf: Emel Yıldız, 2017)

Manastır yapısı apsis, naos, pastaforion odaları ve kare mekânı dört ana yönde genişleyen haç kollardan oluşmaktadır. İç mekânın ortasındaki bölümün üstü, pendentif geçişli ve hafifçe yuvarlatılmış karşılıklı atılan iki kemerle kuzey – güney doğrultuda desteklenen bir kubbe (tonoz) ile kapatılmış olup kemerlerin kesiştiği merkezi kare mekânın olduğu kısım sekizgene dönüştürülmüştür. Kubbenin tepe noktasında yapının iç tarafını doğal ışık sağlamak için aydınlatma feneri şeklinde düzenleme yapılmıştır (Thierry, 1989).

Duvar payelerinin üst kısımları dışa taşma yapacak şekilde paye başlıklarıyla sonlanmaktadır. Bu paye başlıkların üzerine kademeli olarak yuvarlak kemerler oturtularak üst örtüye destek sağlanmaktadır. Kademeli duvar payesi sayesinde her köşede sekiz adet olacak şekilde kemer sistemiyle üst örtüye geçiş elemanı oluşturulmuştur.

Kilisenin doğu haç kolunun kuzey ve güneyinde bulunan pastaforion odalarının doğu cephe duvarı ve batı haç kolunun üzerini örten çatıyla birlikte üçgen alınlığın yıkılmış durumdadır. Doğu, güney, batı, kuzey cephelerde yer alan pencere ve pencere üzerindeki taç kemerlerin çevresi ile batı cephesinde kiliseye girişi sağlayan taçkapıda oluşan tahribatlar dışında kilise, günümüze sağlam olarak gelmiştir.

Yapı, genel itibarıyla, taşlarının sarı ve turuncuya tonlarında olan kırmızı renkleriyle belirgin bir şekilde dikkat çekmektedir. Kaliteli işçilikle ve tuf taşının kullanımıyla birlikte kesme taş kullanılmıştır. Duvarların yıkılan kısımlarından gözlemlendiği kadarıyla dıştan kaplama duvar örgüsünün içten harçla tutturulduğu, orijinalinde kireç harcı olan fakat zamanla mukavemeti güçlendirme amaçlı beton kullanıldığı gözlemlenmektedir (Yıldız, 2017).

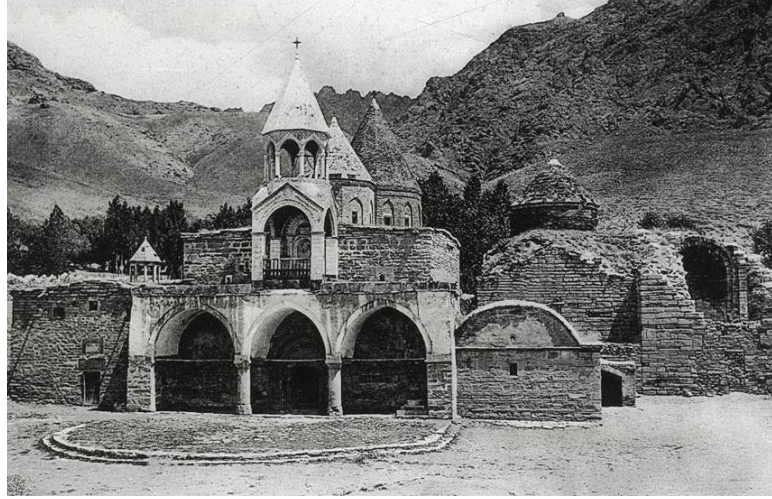


Şekil 2.11 Saint Ejmiacin (Soradır) Manastırı plan çizimi (Breccia Fratadocchi, 1971)

Yapının, günümüze ulaşan herhangi bir kitabesi bulunmamaktadır. Bu sebeple yapının özgün adı ve inşa edildiği tarih net olarak bilinmemektedir. Ancak, kilisenin gerek planı gerek motif özellikleri VI. – VII. yy.’ları arasında Vaspurakan eyaletinde inşa edilen kiliselerle birbirine benzerliğinden kaynaklı, diğer kiliseler ile benzer tarihlerde inşa edildiği düşünülmektedir. Yine de bu noktada birçok açıdan belirsiz kalmıştır. VI. yy.’dan P. Cuneo ya da VII. yy.’dan T. Breccia Fratadocchi gibi bazı yazarlar tarafından kilise tarihlendirilmiştir. Bu açıklamalara göre, dekorasyonunun dayanıklılığı açısından VII. yy.’dan daha erken görünmemekle birlikte varsayımsal referanslarla VII. yy.’a tarihlendirilmektedir. Hatta yapılan değişiklikler, Vaspurakan’ın özerkliğini aldığı başlangıç tarihi IX. yy. olan daha geç bir dönemi göstermektedir. Şimdi yok olmuş bir yazıta göre kilise, 1681 yılında yolcu Saro tarafından restorasyonu yapılan yapı, günümüzde bir işlevi olmadan varlığını sürdürmektedir (Yıldız, 2017).

2.5.4. Yedikilise (Varagavank) Manastırı

Bu Manastır yapısı, Van'ın İpekyolu ilçesinin 9 km güneydoğusunda bulunan, Erek Dağı'nın güney bölgesinde yerleşimi olan Yukarı Bakraçlı Mahallesi içerisinde $38^{\circ} 26'$ Kuzey enlemi, $43^{\circ} 27'$ Doğu boylamında yer almaktadır (Saraçoğlu, 1989) (Şekil 2.12).



Şekil 2.12 Yedikilise (Varagavank) Manastırı batı cephesinden görünüşü (Bachmann, 1913)

Yedikilise Manastırı ile ilgili arşiv resimlerinde farklı dönemlerde inşası yapılan altı tane kilise, bir çan kulesi, bir jamatun ve birden fazla ek binadan oluşan kompleks bir yapı olduğu anlaşılmaktadır. Bu yapılar ile ilgili ilk tespitler Bahcmann (1913) tarafından yapılmış olup teknik çizimleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.13).

Manastır yapıları, yapılan çalışmalar doğrultusunda kendi içinde iki grup düzenlemesine sahiptir. Güneydoğu köşede yer alan eski tarihli Sainte Sophia ve Sainte Jean Kiliseleri birinci grubu oluşturmaktadır. Saint Jean Kilisesi'nin kuzeyinde yer alan ve 2.50 m genişliğindeki bir koridorla ayrılan yapılar topluluğu ise ikinci yapı grubunun oluşumudur. İkinci grup yapıları merkezi noktada Surb Astuacacin Kilisesi olmak üzere batısına bitleştirilen jamatun, güneyinde Saint Signe Şapeli; jamatunun kuzey duvarına bitişik olarak inşa edilmiş Saint Croix Kilisesi, güneyinde Saint Sion Kilisesi, batı cephesindeki revaklı çan kulesinden oluşmaktadır. Ayrıca dini yapılar dışında bu düzenlemenin güneybatısında çevre duvarı içerisinde yer alan "L" şeklinde düzenlenmiş çift katlı kırk yedi adet hücre, bir adet banyo, sekiz odalı eğitim yapısı ile sosyal tesislerin olduğu anlaşılmaktadır (Yıldız, 2017).

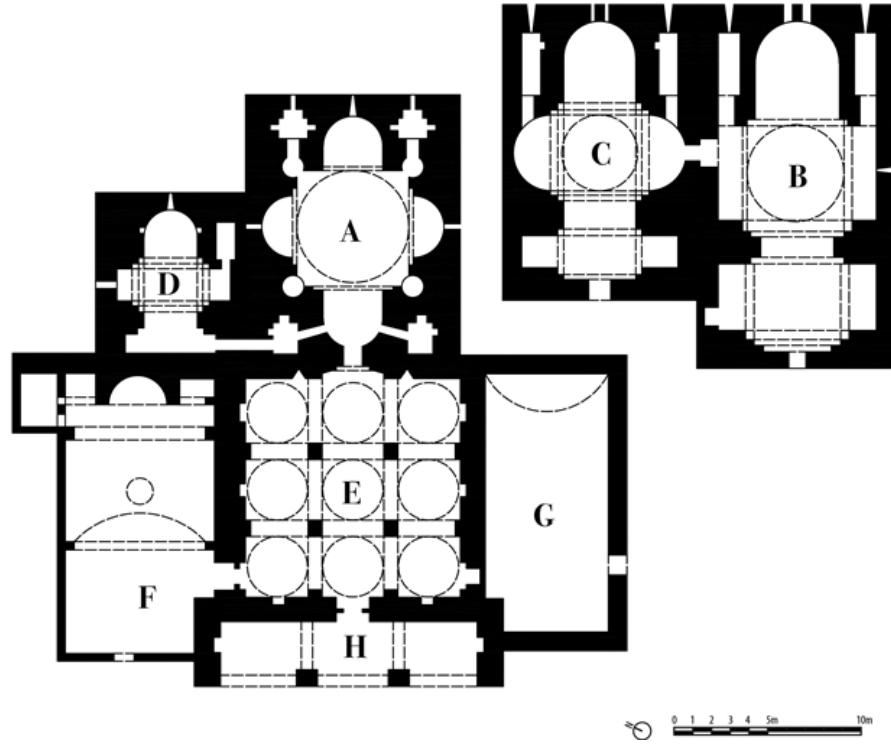
Günümüze manastırın birinci grup yapılarından sadece Sainte Sophia Kilisesi'nin apsisi gelebilmiştir. Saint Jean Kilisesi ise tamamen yıkılmıştır. İkinci yapı grubundan günümüze Surb Astuacacin Kilisesi, batısındaki jamatun, jamatunun kuzey ve güney duvarlarına bitişik olarak inşa edilmiş iki kilise ve jamatunun batısına eklenen çan kulesinin üç bölümlü revak kısmı yıkılmış halde gelebilmiştir. Saint Signe Şapeli ise tamamen ortadan kalkmıştır. Manastır düzeneği içinde yer alan keşiş hücreleri, sosyal ve eğitim hücreleri ile çevre duvarından hiçbir iz kalmamıştır. Manastırın avlu kısmı ise bugün köy meydanını oluşturmaktadır. Uzun yıllar özel mülkiyette kalan manastır yapıları saman ve ot deposu olarak kullanılmıştır (Yıldız, 2017). Günümüzde ise Varagavank (Yedikilise) Manastırı Van Müzesi Müdürlüğü tarafından koruma altına alınmıştır.

Manastır kompleksini oluşturan yapıların mimari çizim çalışmaları ile yapılan arazi çalışmaları kapsamında; en erken tarihli yapılarından olan Sainte Sophia Kilisesi, dıştan 19.00 x 11.30 m ölçülerinde dikdörtgen bir yapıdır. Günümüze sadece doğudaki 8.80 x 5.90 m ölçülerindeki dıştan düz cepheli içten yarım yuvarlak altar apsisi gelebilmiştir. Kuzey ve güney duvarlarında yer alan 0.63 m eninde karşılıklı olarak yerleştirilmiş iki niş, apsis yarım yuvarlağının üst kısmında 0.6 m eninde dıştan dörtgen, içten yuvarlak kemerli bir pencere yer almaktadır. Apsisin pastoforium hücrelerinden güneydeki diakonikon yıkılmış. Kuzeydeki prothesis odası sağlam olmasına rağmen, zeminden yaklaşık 2.00 m yükselmesiyle giriş kısmı kapanmış haldedir. Saint Sophia Kilisesi'nin kuzey duvarına bitişik olarak yapılmış olan üç yapraklı yonca plana sahip olan Saint Jean Kilisesi'nden günümüzde hiçbir iz kalmamıştır. Bulunduğu yer zeminden 2.50 m kadar yükseltilmiştir.

Manastırın ikinci yapı kompleksinin merkezini oluşturan Surb Astuacacin (Kutsal Meryem Ana) Kilisesi, dıştan doğu – batı doğrultusunda 11.00 x 13.60 m ölçülerinde dikdörtgen planlı olup içten ise dört yonca yapraklı (tetrakonkos) planlıdır. Yapı, apsis, naos, pastoforium odaları ve dört cephede yer alan haç kolları ve her yonca yapraklı haç kolu arasında yer alan köşe nişlerinden meydana gelmektedir. Aynı zamanda yapının kuzeybatı ve güneybatısında birer adet köşe odaları yer almaktadır. Surb Astuacacin Kilisesi'nin batı cephesine eklenmiş olan Saint Georges Jamatunu (Karaca, 2004), dıştan 13.70 x 13.90 m ölçülerinde olup kare planlıdır. Merkezi plan anlayışıyla ele alınmış olup dört serbest paye ve sekiz duvar payesinden oluşmaktadır. Kuzey cephesinin bitişiğinde yer alan Saint Croix (Kutsal Haç) Kilisesi, dıştan 14.00 x 8.00 m ölçülerinde dikdörtgen formu ve tek nefli plan ile görülmektedir. Güney duvarına eklenen Saint Sion Kilisesi ise, dıştan 15.00 x 7.50 m. ölçülerinde dikdörtgen planlıdır. Jamatunun batı cephesinde yer

alan an kulesinin  bölümlü revak bölümü 23 Ekim 2011 Van depremi sonrasında günümüze yıkılmış durumda gelmiştir.

Manastır kompleksini oluşturan yapılar malzeme ve teknik açıdan değerlendirildiğinde; Saint Sophia Kilisesi'nin günümüze gelebilen apsis yarım yuvarlağında düzgün kesme taş, kubbesinde tuğla kullanılmıştır. Surb Astuacacin (Kutsal Meryem Ana) Kilisesi, Saint Georges Jamatunu ve Saint Croix Kilisesi'nin beden duvarları dolgu duvar tekniğinde inşa edilmiş olup, içten ve dıştan çeşitli tf taşın kullanımıyla kesme taş kaplama olan duvarların ortası harçla tutturulmuş moloz taşlarla kuvvetlendirilmiştir. Yapıların st örtü ve geçiş elemanlarında tuğla malzeme kullanılmıştır. Yapıların i duvarlarının yüzeyini kaplayan sıvaların yer yer dökülmüş olduğu gözlemlenmektedir. Ayrıca Surb Astuacacin (Kutsal Meryem Ana) Kilisesi kuzeydoğu köşe nişinin pastoforium odasına girişi sağlayan açıklığın üzerinde tek bloktan oluşan mezar taşi yapıda kullanılan tek devşirme malzeme olarak karşımıza çıkmaktadır. Surb Astuacacin (Kutsal Meryem Ana) Kilisesi, Saint Georges Jamatunu ve Saint Croix Kilisesi'nde yer alan süsleme unsurları da tf taşındandır. Saint Sion Kilisesinde 0.80 m kalınlığındaki duvarlar bir sıra taş iki sıra tuğla rgden oluşan almaşık teknikte rlmşken, yapının st örtüsü tamamıyla tuğla malzemeyle rlmştir. Jamatunun batı cephesine eklenen an kulesinin  bölümlü revak bölümünün kalan izlerden anlaşıldığı kadarıyla kuzey ve güney duvarlar kaba yonu taşlarla, st örtüsü ise tamamıyla tuğla malzeme ile rlmştir.  bölümlü revak bölümünden geriye kalan sütün ve sütün başlıkları tf taşındandır.



Şekil 2.13 Yedikilise (Varagavank) Manastırı planı (Bachman, 1913).

Yedikilise Manastırı ile ilgili en erken tarihi veriler ile manastırın X. yy.'da inşa edildiği anlaşılmaktadır (Thierry, 1964). Bu bilgiler dahilinde manastır yapılarından olan Saint Sophia Kilisesi, günümüze erişemeyen güney duvarı üzerinde bulunan kitabeye göre, Kral Gagik'in kızı ve 1003'te Vaspurakan Kralı olan Senekerim'in eşi Khoshush Hatun tarafından 10. yy tarihlerinde yaptırılmıştır. St. Jean Kilisesi için yapım kitabesi bulunmamasına rağmen plan tipi ve mimari özelliklerinin yanında tarihi kaynaklardaki bilgilerden yola çıkılarak 1003 – 1021 tarihlerinde Kral Senekerim tarafından yaptırıldığı kabul edilmektedir (Özcan, 2010). İlk oluşum yapılarının kuzeyinde yer alan ve onlardan bir holle ayrılan ikinci grup yapıların merkezi olan Kutsal Meryem Kilisesi, Kral Senekerim tarafından XI. yy.'nin başlarında yaptırılmıştır. Ardžruni ailesinin koruması altında olan manastır, bu dönemde başpiskoposluk merkezi olarak kullanılmıştır (Layard, 1853).

XI. yy.'den XVI. yy. sonlarına doğru manastırın yapısal imar faaliyetleri hakkında herhangi bir bilgi bulunmamasına karşın bu süre zarfında el yazması kitapların üretildiği ve önemli bir merkez olduğu bilinmektedir. 1591 tarihli bir kolofana göre manastırın kapı

ve girişleri Sargis isimli biri tarafından, keşiş hücreleriyle birlikte kilisenin bozulan kısımları da Herapet isimli bir diğer kişi tarafından tamir ettirilmiştir (Grousset, 1973).

Manastır yapıları 1648 tarihinde meydana gelen bir deprem sonucu yıkılmıştır. Tarihi kaynaklardan bu depremde büyük hasar gören Surb Astuacacın Kilisesinin Başrahip Kirakos denetimindeki çalışmalar sonucunda 1648 tarihinde aslına uygun olarak yeniden inşa edilmiş olduğu bilinmektedir. Kilisenin batı cephesini tamamen kapatan jamatun, batı kapısı alınlığında yer alan on satırlık kitabeye göre Katoğikos I. Philippe (1633 – 1655) zamanında, 1648 yılında, halkın desteği ve din adamlarının çabaları sonucu, manastırın başrahibi olan Ter Kirakos denetiminde Mimar Tiratour tarafından inşa edilmiştir (Karaca, 2004).

1648 yılı depremi sonrası manastırın etkinlikleri zayıflamış olup sadece 1724 ve 1769 tarihlerinde manastır yapılarından çökmüş olan bazı kubbelerinde küçük çaplı onarımlar yapılmıştır. İnşa kitabesi olmayan ve Surb Astuacacın Kilisesi'nin kuzey duvarına bitişik olan Saint Siğne Şapeli bu tamiratlar sırasında inşa edilmiş olması muhtemeldir. XIX. yy.'da imar çalışmalarında bir hareketlenme olmuş ve Vardapet Gregoire tarafından jamatunun kuzey tarafına 1817 tarihinde Kutsal Haç Kilisesi inşa edilmiştir. Bu yapı daha sonra kütüphane ve matbaa birimi olarak kullanılmıştır. 1849'da jamatunun güneyine Saint Sion Kilisesi eklenmiş olup yapının malzemesi yıkılan Sainte Sophia Kilisesi'nden alınmıştır. Jamatunun batı cephesine eklenen çan kulesi XIX. yy. olarak tarihlendirilmektedir (Yıldız, 2017).

Ermeniler için önemli bir yer tutan Varagavank Manastırı, I. Dünya Savaşı öncesinde Van ve çevresinde oluşan isyanların ve siyasi etkinliklerin merkezi haline gelmiştir. Siyasi etkinlikleriyle izlediği misyonun sonucu XX. yy. başında terk edilmiştir.

Bu bilgiler doğrultusunda sahada yapılan çalışmalar ve fotoğraflamalar sonucunda günümüze gelebilen EHM geometrileri Surb Astuacacın (Kutsal Meryem) Kilisesi iç mekânda, Saint Georges Jamatunu batı cephesi ve iç mekânında, Saint Croix (Kutsal Haç) Kilisesi iç mekân ile yıkılmış durumda olan üç bölümlü revak kısmının geriye kalan sütun başlıklarında karşımıza çıkmaktadır. Manastırda yapılan araştırmalar neticesinde toplamda 127 adet EHM geometrisine ulaşılabilmektedir (Şekil 2.14).



Şekil 2.14 Yedikilise (Varagavank) Manastırlarının duvar yüzeylerinde bulunan EHM 'ler (Fotoğraf: Semih Bayer, 2023)

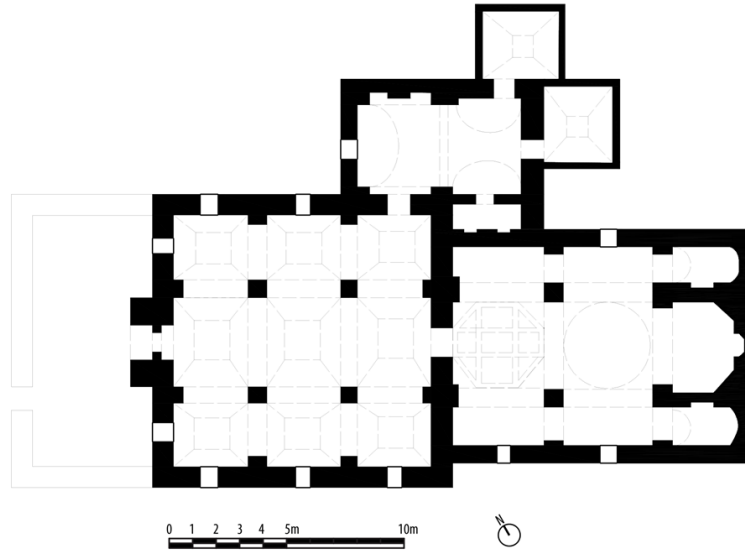
2.5.5. Saint Jean (Ktouts) Manastırı

Bu manastır yapısı, Van'ın Tuşba ilçesinin 24 km kuzeybatısında bulunan Dibekdüzü (Anavank) Köyü civarında Taşburun yarımadasının yakınında olan Çarpanak Adası üzerinde 38°36' Kuzey enlemi, 43°05' Doğu boylamında yer almaktadır (URL5) (Şekil 2.15). Ada ile kara bağlantısı arasında yaklaşık 750 m'lik bir mesafe bulunmaktadır.



Şekil 2.15 Saint Jean (Ktouts) Manastırı güneybatı cephesinden görünüşü (Fotoğraf: Semih Bayer, 2023)

Saint Jean (Ktouts) Manastırı ile ilgili eski arşiv resimlerinden, Saint Jean'a atfedilen bir kilise, kilisenin batısına bulunan jamatun, batı girişinin üzerindeki çan kulesi ile jamatunun kuzeydoğusuna yerleştirilen Başmelekler Şapeli bulunmaktadır. Bunların yanında kilisenin kuzey ve batı tarafında yer alan keşiş odaları, sosyal tesisler ve güneydoğusunda mezarlıklardan oluştuğu bilinmektedir (Lalayan, 1989). Bu manastır yapısından günümüze Saint Jean Kilisesi, jamatun ve Başmelekler Şapeli gelebilmiştir. Bu sebeple manastır yapılarını tanımlayabilmek için Karaca (2004)'nın plan çiziminden yararlanabilmekteyiz (Şekil 2.16).



Şekil 2.16 Saint Jean (Ktouts) Manastırı planı (Karaca, 2004)

Manastırın merkezi yapısı olarak bilinen Saint Jean Kilisesi adanın kuzeydoğu tarafında inşa edilmiştir. Dıştan, 9.50 x 12.70 m ölçülerinde dikdörtgen planlı bir yapıdır. İki serbest paye ve altı duvar payesi ile destek sağlanan yapıda, beşgen bir apsis ile her iki tarafında pastoforion hücreleri bulunmaktadır. Apsisin kuzey ve güney duvarlarının batı kısmında yer alan “T” formunda olan destekler ile birbirinden bağımsız olan iki ayak üzerinde yükselen dört kemer, pendentif geçişli sekizgen kasnak üzerine oturan piramidal formdaki kubbeyi taşımaktadır. Saint Jean Kilisesi’nin batısına eklenmiş olan Jamatun, 12.00 x 12.10 m ölçülerinde ve kare planlıdır. Merkezi plan anlayışıyla yapılmış ve dokuz ayrı bölümden oluşmaktadır. Her bir bölüm aynalı tonozlarla kapatılmıştır. Ancak jamatunun dıştan görünen örtüsü, kuzeye ve güneye eğimli beşik çatı şeklindedir. Jamatunun üst örtüsünü orta bölümdeki dört serbest paye ve her bir duvara gömülü halde bulunan toplam sekiz duvar payesi taşımaktadır. Kuzeydoğu köşesinde ise Başmelekler Şapeli’ne geçişe yardımcı olan, 0.85 m genişliğinde bir açıklık bulunmaktadır. Kuzey, güney ve batı cephesinde toplam dokuz pencere açıklığına sahip olan jamatunun doğu duvarı, Saint Jean Kilisesi’nin batı duvarından 2.30 m daha geniş uygulanmıştır (Karaca, 2004).

Kilisenin duvarları 0.80 m ve Jamatun beden duvarları 1.00 m kalınlığında dolgu duvar tekniğiyle örülmüştür. İçten ve dıştan kesme taş malzemeyle kaplanan duvarların iç

kısımları, kireç harcıyla yapıştırılmış moloz taşlarla güçlendirilmiştir. İç mekânın taşıyıcı sisteminde düzgün kesme taş kullanılmıştır. Bunun yanında Jamatun duvarlarında farklı tonlarda tuf taşının kullanılması, renk alma sıklığı oluşturmuş ve yapıların cephelerine hareketlilik kazandırmıştır.

Çarpanak adasında bulunan bu manastır yapısı, IX. yüzyıla kadar Tchakatan adı ile anılmıştır. Fakat bu yüzyıldan sonra bu alana bir grup meleşin indiğine inanılmış ve bu sebeple Ktouts-Ktuc (grup-topluluk) adı verilmiştir (Thierry, 1975).

Manastırın yapısının adı 1414 tarihli bir el yazmasında Ktouts olarak geçmektedir. 1700 yıllarda tarihlendirilen bir başka el yazmasında manastırın IX. yüzyılda Saint Gregoire adına yapıldığı, XV. Yüzyıla kadar faaliyetini sürdürdüğü belirtilmektedir. XVI. yy.'da ise Ktouts'da yazılmış hiçbir el yazmasına ulaşamamıştır. XVII. yy.'ın ortalarına doğru manastırın yeniden canlilik kazanması, Lim - Adır Manastırı'nın kurucusu Keşiş Nerses'in 1626 tarihindeki ölümünden sonra yerine geçen Vardapet Etienne zamanında buradan Çarpanak Adası'na göçen keşişler tarafından gerçekleştirilmiştir (Karaca, 2004).

Yapılar, 1703 yılında meydana gelen deprem ile büyük ölçüde zarar görmüştür. Yıkılan yapılardan Saint Jean Kilisesi, doğu cephesindeki orta pencerenin etrafında bulunan üç yazıt ve batı girişinin kapı alınlığındaki bir yazıta göre, manastırın başrahibi Piskopos Simeon'un görevlendirdiği Vardapet Eremia tarafından mimar Khochkabar'a 1712 – 1720 tarihleri arasında yeniden inşa ettirilmiştir. Doğu cephesinde yer alan orta pencerenin etrafında dört adet yazıt bulunmaktadır. Bu yazıtlardan pencere üstündeki kırık olduğundan çözümlenememiştir.

Çalışma kapsamında sahada yapılan incelemeler ve fotoğraflama çalışmalarında manastır yapısının EHM geometrisi açısından oldukça zengin olduğu anlaşılmaktadır. Bu geometriler çoğunlukla yapının dış cephesinde özellikle doğu cephesinde, kubbe kasnağının duvar yüzeyinde ve arkad kemerlerinin oturduğu konsollarda yoğunlaştığı görülmektedir. Bu manastırda yapılan araştırmalar sonucunda toplamda 128 adet EHM geometrisine ulaşılmıştır (Şekil 2.17).



Şekil 2.17 Saint Jean (Ktouts) Manastırlarının duvar yüzeylerinde bulunan EHM 'ler (Fotoğraf: Semih Bayer, 2023)

2.5.6. Akdamar Manastırı

Bu manastır yapısı, Van il merkezine 42 km mesafede ve Van Gölü'nün güneyinde kıyıdan yaklaşık 4 km uzaklıkta bulunan Gevaş ilçesi sınırlarında yer alan Akdamar Adası üzerinde 38° 20' Kuzey enlemi, 43° 02' Doğu boylamında bulunmaktadır (Şekil 2.18). 1113 yılından itibaren önemli bir skriptoryum ve katolikosluk merkezi olarak bilinmektedir. Manastırla aynı adı taşıyan kilise hem mimari özellikleri hem de süslemeleri itibariyle Türkiye'deki en ünlü ve en özgün Ermeni anıtlarından biri olmasının ötesinde, uzun bir tarihe tanıklık etmesine dayanan bir saygınlığa sahiptir (URL6).



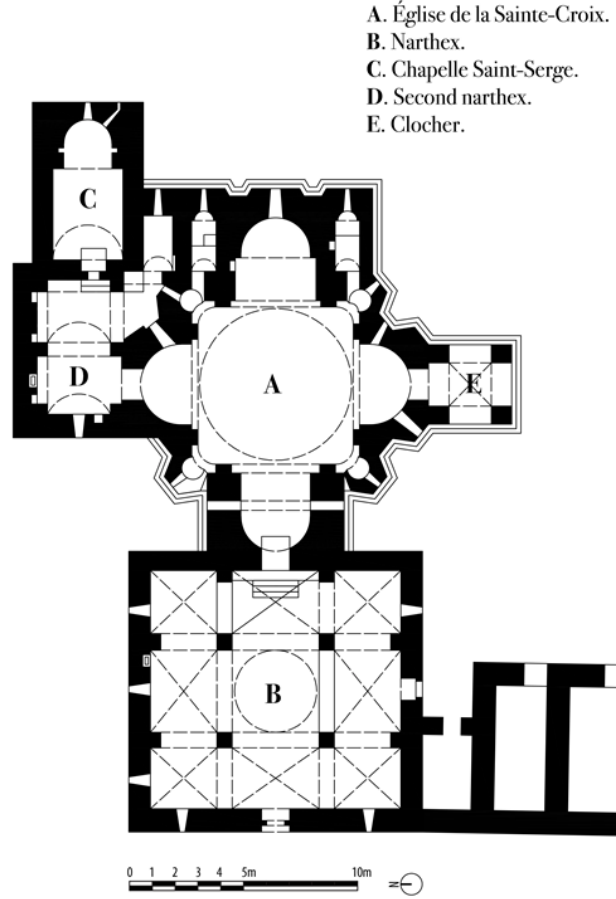
Şekil 2.18 Akdamar Manastırı doğu cephesinden görünüşü (Fotoğraf: Semih Bayer, 2023)

Manastır yapısı farklı zamanlarda inşa edilmiş bir kilise, iki şapel, iki jamatun, çan kulesi, keşiş hücreleri, sosyal tesisler, mezarlık ve iskeleden oluştuğu bilinmektedir. Birçok gezgin tarafından ziyaret edilen bu manastır yapısının ilk kez mimari teknik çizim çalışmaları W. Bachmann tarafından gerçekleştirilmiştir. Bachmann'ın çalışmaları manastır ile ilgili tarihsel bilgiler vermesinin yanında gelecekte yapılan çalışmalar için de yol gösterici olmuştur.

Kutsal Haç Kilisesi, zamanla gelişen ve manastıra dönüşen yapılar topluluğundan dini yapılar grubunu oluşturan ve merkezde bir saray kilisesi olarak inşa edilen bir yapıdır. Kilisenin kuzeydoğu tarafında bulunan Saint Sergius Şapeli ile yapılardan bağımsız olarak kilisenin güneydoğusuna inşa edilmiş Saint Stephanos Şapeli, Saint Sergius

Şapeli'ne bitişik olan kuzey jamatunu ve kilisenin batı haç koluna eklenen Katogikos Thomas Jamatunu, güney haç koluna bitleştirilen çan kulesi, kazılarla ortaya çıkarılan ruhban okulu günümüze gelebilen yapılar arasındadır. Bunun yanında Thomas Jamatunu'nun güney cephesine bitişik inşa edilmiş ve güneye doğru "L" şeklinde uzayan iki katlı keşiş hücreleri bulunmaktadır. Kazılar sırasında manastır avlusunun doğusunda yer alan sarnıç, sosyal tesisler, Kutsal Haç Kilisesi'nin kuzeyinde ve kuzeydoğu tarafında bulunan mezarlık ve iskele günümüze gelen diğer yapılardır (Kılıç, 1997).

Manastır yapı kompleksinin merkezini oluşturan Kutsal Haç Kilisesi, dıştan 12.50 x 16.00 m boyutlarında, tetrakonkhos plana sahiptir. İç mekânın ortasında bulunan 6.90 x 6.90 m ölçülerindeki merkezi kare mekânın üst tarafı, duvar payeleri üzerine oturan pandantif geçişli, zeminden 25.00 m yüksekliğindeki kubbe, içten silindirik bir şekilde yapılmış olup dıştan piramidal külahla örtülmektedir. Yapı apsis, naos, pastoforion odaları ve dört cephede bulunan ve merkezi kare mekândan dışarıya doğru çıkma yapan haç kolları ve köşe nişlerinden meydana gelmektedir. Diğer yapılar Kutsal Haç Kilisesi cephelerine eklemlenmiştir. Bunlardan; batı haç koluna eklenmiş olan Katogikos Thomas Jamatunu, dıştan 12.30 x 12.70 m ölçülerinde kare bir planlıdır. Orta kare mekandaki dört serbest paye ile duvar payelerinin üstüne yaslanan sivri kemerlerin üst örtüyü taşıdığı merkezi plan şemasında inşa edilmiştir. Güney haç kolunun batı yüzeyine eklenen çan kulesi 0.90 x 1.20 m ölçülerindeki dört adet paye üzerinde üç katlı olarak düzenlenmiştir. Kule 2.70 x 2.75 m'lik bir alan üzerinde yükselmektedir. Kilisenin kuzeydoğusunda yer alan Saint Sergius Şapeli, dıştan 8.60 x 4.80 m ölçülerinde dikdörtgen bir plana sahiptir. Kilisenin kuzey haç kolu ile Saint Sergius Şapeli'nin batı cephesine bitleştirilen kuzey jamatunu, dıştan 7.65 x 4.60 m ölçülerinde dikdörtgen bir plana sahip olup tek nefli bazilikal planlı jamatunlar grubuna girmektedir (Karaca, 2004).



Şekil 2.19 Akdamar Manastırı yapılarının plan çizimleri (Bachmann, 1913).

Akdamar Adası'nda yer alan Akdamar Manastırı, Vaspurakan Kralı olan I. Hacik Gagik tarafından 915 – 921 tarihleri arasında Mimar Manuel'e bir saray kompleksinin kilisesi olarak yaptırılmıştır. Akdamar Adası'ndaki yapıların oluşturulduğu süreçte bölgede Abbasi halifeliğine bağlı bir krallık olan Vaspurakan yönetimi hüküm sürmekteydi. Vaspurakan Yönetimi 1021–1022 yıllarında Bizans İmparatoru II. Basileios (976– 1025) tarafından ortadan kaldırılmıştır. Böylece Akdamar Adası'ndaki saray işlevini yitirmiş ve bir manastıra dönüştürülmüştür (Karaca, 2004).

Akdamar Başpiskoposu olan I. David Tharnikian, Amanos Dağları'nda inşa edilen Şuğır Manastırı'nda Katogikosluğun başına III. Grigor'un seçilmesine itiraz ederek 1113'te katogikosluğunu ilan etmiştir. Akdamar Katogikosluğu 1114 tarihinden itibaren bir merkez olarak görev yapmış ve Van Gölü çevresinde bulunan çoğunluk Akdamar Katogikosluğu'na bağlı kalmıştır. 1113 tarihinden 1895 tarihine kadar Akdamar Manastırı'nda 50 kadar Katagikos görev yapmış ve son Katogikos Haçatur

Çiroyan (1864 – 1895) olmuştur. Çiroyan'ın 1895 yılında ölmesinin ardından yerine yeni birisi seçilmemiş ve Akdamar Kutsal Haç Manastırı bir piskoposla yönetilmiştir. I. Dünya Savaşını takiben 1918 tarihinde Katogikosluk ortadan kalkmıştır (Yıldız, 2017).

Katogikosluk merkezi olan Kutsal Haç Kilisesi'nin güney cephesinde yer alan kısmen eksik bir yazıttan, yıkılan kubbe ve doğu köşe odalarının tamir ettirildiği anlaşılmaktadır. Bu tamiratın 1272 – 1296 yıllarında katogikos olan III. Stephanos tarafından XIII. yy.'ın sonunda yaptırıldığı kabul edilmektedir. 1293 tarihinde kilisenin güneydoğusuna kiliseden bağımsız Saint Stephanos'a ithaf edilen bir şapel inşa edilmiştir. 1296 – 1336 tarihleri arasında Akdamar Katogikosu olan I. Zacharias, kilisenin kuzeydoğu köşesine Saint Sergius'a ithaf edilen ikinci bir şapel yaptırmıştır. Kilisenin batı haç koluna bitişik olarak inşa edilen Katogikos Thomas Jamatunu, batı giriş kapısı üzerindeki kitabeye göre 1763 tarihinde Katogikos Thomas tarafından yaptırılmıştır. Jamatunun yapım kitabesi, batı cephesinin ortasında yer alan sivri kemerli kapı alınlığında bulunmaktadır. Yedi sıra halinde kazıma tekniğiyle yazılmış kitabe 0.50 x 0.90 m ölçülerinde olup burmalı ince kaval bir silmeyle dıştan sınırlandırılmıştır (Karaca, 2004).

Sahada yapılan incelemeler ve fotoğraflama çalışmalarında EHM geometrilerinin diğer manastırlara göre çok daha az olduğu görülmektedir. Bu geometriler güney cephesinde yer alan dış duvarda, giriş kapısının üstünde, iç mekandaki giriş kapısının kemer üzerinde ve mezar taşlarında bulunmaktadır. Bu manastırda yapılan incelemeler sonucunda toplamda 15 adet EHM geometrisine ulaşılmıştır (Şekil 2.20).



Şekil 2.20 Akdamar Manastırı'nın duvar yüzeylerinde ve mezar taşlarında yer alan EHM'ler (Fotoğraf: Semih Bayer, 2023)

3. MOTİFLERDE HESAPLAMALI TASARIM

Hesaplamalı tasarım, mimaride ve tasarımda karmaşık yapıların, desenlerin ve formların oluşturulmasında kullanılan, bilgisayar algoritmalarını ve yazılımlarını içeren bir yaklaşımdır. Bu yöntem, geleneksel tasarım süreçlerinin ötesine geçerek, tasarımcıların daha karmaşık, yenilikçi ve parametrik formlar oluşturmalarına yardımcı olmaktadır. Motiflerde hesaplamalı tasarım, özellikle karmaşık, tekrar eden ve parametrik desenlerin oluşturulmasında önemli bir rol oynar. Bu süreç, tasarımcılara, daha önce elle veya geleneksel yöntemlerle oluşturulması zor olan desenleri ve yapı elemanlarını oluşturabilme imkânı sunmaktadır.

Tasarımda hesaplama dayalı yöntemlerin ortaya çıkmasıyla beraber tasarımcılar ve mimarlar arasında hızlı bir şekilde yaygınlaşmaya başladı. Araştırmacılar ve tasarımcılar bu yöntemleri uygulamak için çeşitli terimler ortaya koymaktadırlar. Diğer bilgi işlem alanlarında olduğu gibi, hesaplamalı tasarımın hızlı gelişimi ve yayılması ile mimari tasarımda, geleneksel tasarım süreçleri olarak bilinen manuel yani elle çizime dayalı görevleri tamamen değiştirilerek işlemsel bilgiye doğruldu evrildi. Hesaplamalı tasarım, daha önceki mimari tasarım teorileri ve uygulamalarıyla birlikte kullanılarak bu alana olumlu yönde katkı sağlamaktadır (Rocker, 2006).

Hesaplamalı tasarımın en eski uygulamalarından biri olan CRAFT, üretim tesisleri gibi fiziksel tesislerin mekânsal konum modellerini optimize etmek için bir keşif sürecini kullanan algoritma tabanlı bir sistem olarak kullanılmıştır (Armour ve Buffa, 1963). CRAFT, tasarım süreçlerini otomatikleştirmek için bilgisayar teknolojisini kullanan ilk sistemlerden biri olmasının yanında endüstriyel bir yeteneğin çeşitli programatik bileşenleri arasındaki topolojik ilişki tasarımlarıyla sınırlıydı. Tasarımcıların kullanabileceği geometrik tanımlardan veya grafiksel kullanıcı arayüzünden (GUI) söz edilmiyordu. Aynı dönemde Ivan Sutherland, çizim işlerinin otomasyonuna ek olarak grafiksel kullanıcı arayüzleri (GUI'ler) kullanarak geometrik varlıklar arasında parametrik bağlantıların kurulmasına olanak tanıyan Bilgisayar Destekli Tasarımın (BDT) öncüsü olan Sketchpad'i piyasaya sürdü (Sutherland, 1964).

Sadece herhangi bir hesaplama türü olarak tanımlanan hesaplama, bilgisayarların nasıl çalıştığına dair çok az içgörüsü olan bilgisayarların kullanımından farklılaşmaktadır.

Akıl yürütmeyi, dolayısıyla var olan görevin daha derin bir anlayışını içermektedir. Bu nedenle, hesaplama tasarım eylemine benzer, ancak tasarım faaliyetlerinde hala yeterli ölçüde resmileştirmeye yetkin olunmayan belirsiz konular yer almaktadır. Tasarım açıkça çok yönlü bir faaliyettir ve sadece basit bir mekanizma olarak tanımlanamaz.

Hesaplamalı tasarım, tasarım süreçlerini otomatikleştirmek, optimize etmek ve genellikle insan tarafından elde edilmesi zor olan formları oluşturmak için kullanılır. Bu süreçte, tasarımcılar belirli bir hedefe ulaşmak için algoritmalar ve matematiksel modeller geliştirir. Bu modeller, motiflerin çeşitli parametreler, kısıtlamalar ve kurallar çerçevesinde oluşturulmasını sağlamaktadır.

Hesaplamalı tasarımın mimari yapılarda yer alan ve çalışmamızın da temel konusu olan motif geometrileri üzerine yapılan incelemeler ile hesaplamalı geometri kavramı ortaya çıkmıştır. Hesaplamalı geometri, geometri açısından ifade edilen algoritmaların incelenmesine adanmış bir bilgisayar bilimi dalıdır. Hesaplamalı geometri ile algoritmaların incelenmesinden bazı tamamen geometrik problemler ortaya çıkar ve bu tür problemler hesaplamalı geometrinin bir parçası olarak kabul edilir. Hesaplamalı karmaşıklık, hesaplamalı geometrinin merkezinde yer alır ve algoritmalar on milyonlarca veya yüz milyonlarca nokta içeren çok büyük veri kümelerinde kullanılırsa büyük pratik öneme sahiptir. Hesaplamalı geometri ayrıca geometrik desenler için algoritmaların tasarımı ve analiziyle de ilgilenir. Ayrıca, bilgisayar biliminin daha pratik yönelimli diğer alanları bilgisayar grafikleri, bilgisayar destekli tasarım, robotik, desen tanıma ve operasyon araştırması gibi doğası gereği geometrik olan problemlere yol açar. Bu, hesaplamalı geometrinin son on iki yılda muazzam bir araştırma ilgisi çekmesinin ve bugün köklü bir alan olmasının nedenlerinden biri olmaktadır. (Aljamali, 2022).

Hesaplamalı tasarım genel çerçevede ele alındığında sıklıkla, mimari yapının bütünü için optimizasyon çalışmalarına odaklanıldığı görülmektedir. Fakat son dönemlerde bu kavramın geometrik motifler üzerine de yoğunlaştığı ve incelemelerin arttığı anlaşılmaktadır. Bu sebeple tezin temel konusu olan geometrik motiflerin doğru bir şekilde incelenebilmesi ve analiz edilebilmesi için hesaplamalı tasarımın geometrik şekil odaklı kavramları araştırılmış ve örnekleriyle birlikte açıklamaları yapılmıştır. Bu anlamda geometrik şekiller üzerinde hesaplamalı tasarım kavramlarından olan

parametrik, algoritmik ve üretken tasarım çalışmaların yoğunlukta olduğu görülmektedir. Bu doğrultuda bu bölümde yapılan çalışmalar ele alınmaktadır.

3.1. Parametrik Tasarım

Günümüz mimari tasarım sürecinde dijital tasarım araçları artık çok sık kullanılmaya başlandı. Oxford Sözlüğü'nde parametrik kelimesini “parametre veya parametrelerle ilgili ifade edilen” olarak ve parametreyi “bir sistemi tanımlayan veya onun çalışma koşullarını belirleyen bir kümeden birini oluşturan sayısal veya başka ölçülebilir bir faktör” veya “bir sistem” olarak tanımlanmaktadır. Luigi Moretti, parametrik tasarımı, Mimari Tasarımdaki çeşitli parametrelere bağlı olarak boyutlar arasındaki etkileşimleri tanımlamaya yönelik bir çalışma olarak açıklamaktadır. Moretti, ampirik kararları reddeden ve Mimarlık'ın ihtiyaçlarını karşılayacak en iyi çözümü garanti eden bir yöntem olduğunu savunmaktadır (Gallo vd., 2018). Patrik Schumacher ise parametrik manifestosunda şöyle yazmaktadır: “Modern mimari, daha yüksek düzeyde eklemlenmiş karmaşıklık arzusuna yanıt vermek için parametrik tasarım sistemleri temelinde süreçlerini yeniden şekillendiriyor. Parametrik paradigmaya dayalı araştırma programı, modern mimari avangardına hâkim olan modern mimari tarzı anlamanın en iyi yoludur. Biz bu tarzı Parametrikizm olarak adlandırmayı öneriyoruz.” (Schumacher 2008). Jabi (2017), parametrik tasarım adı verilen algoritmik düşünceye dayalı bir yöntemin, bunları sınırlamak için parametreler ve kurallar kullandığını öne sürmektedir. Luigi Moretti bir yöntem olarak Parametrik Tasarımı, Patrik Schumacher bir stil olarak ve Wassim Jabi bir süreç olarak önermektedir. Bu nedenle parametrik tasarım, öznel vizyondan veri odaklı tasarım sürecine geçiş olarak anlaşılmalıdır (Cudzik 2019).

Literatüre bakıldığında Parametrik tasarımın mimaride geometrik motifleri değiştirmek, dönüştürmek ve yeniden üretmek için kullanıldığı görülmektedir. Örneğin geometrik motif içerisinde yer alan kare, çember, yıldız vb. geometrik şekillerin her biri birbiriyle bağlantılıdır ve bir parametreyi simgelemektedir. Geometrik şekillerden herhangi birinin konumunu değiştirmek tüm desene etki edecektir ve dolayısıyla kompozisyon değişikliğine yol açacaktır. Bahsedilen örnekte parametre ve ortaya çıkan tasarım doğrudan ilişkilidir, ancak bu her zaman böyle değildir çünkü parametreler bazen karmaşık tasarımlar oluşturmak için karmaşık şekillerde kullanılabilir. Yani bir tasarım parametrelere bağlıysa parametrik

olarak kabul edilebilir. Pek çok geometrik desen örneği için parametrik tasarım uygulaması kullanılmaktadır.

3.2. Üretken Tasarım

Üretken tasarım, belirli hedefler ve kısıtlamalar doğrultusunda otomatik olarak tasarım çözümleri üretme sürecidir. Motif üretiminde üretken tasarım, karmaşık, özgün ve işlevsel desenlerin oluşturulmasında güçlü bir araç olarak öne çıkar.

Çeşitli teknik alanlarda üretken teknikler son zamanlarda giderek daha fazla kullanılmaktadır. Yapay zekâ yeteneklerini kullanarak bir takım uygulanabilir tasarım problemi çözümleri geliştirip bir insan kullanıcıya sunulabilmektedir. İlk olarak bir dizi zorunlu tasarım sınırlamasını karşılayan ve ikinci olarak prosedüre sağlanan amaç fonksiyonunu en üst düzeye çıkarmaya çalışan çeşitli tasarımlar. Önerilen seçenekler, yapay zekanın yönlendirmesi altında ilgili çözüm uzayının yinelemeli bir araştırmasının sonucudur.

Tasarım camiası son zamanlarda mevcut hesaplama gücündeki büyük artışın bir sonucu olarak bu araçlara olan ilginin arttığını fark etmiştir. Üretken tasarım, mimarlık alanında ortaya çıkmaya başlamış (Buonamici vd., 2020) ve genellikle geniş tasarım alanlarına sahip açık problem ortamlarında kullanılmıştır. Bu anlamda "Üretken Tasarım", tasarım sorunlarını çözmek için Yapay Zekâ tekniklerini ve algoritmalarını kullanan bir grup teknolojiyi ifade etmektedir. Yani üretken tasarım araçları temel olarak matematiksel formülasyonu olan bir sorunu çözmeye çalışmaktadır. Bu da sıklıkla bir amaç fonksiyonunu minimuma indirmeyi amaçlayan yinelemeli bir optimizasyon prosedürüne yol açmaktadır. Bunun ışığında, üretken tasarım, kullanılan olağan form veya yapılar dizisine uymayan olağandışı sonuçların belirlenmesindeki faydasını göstermiştir. Sonuç olarak, üretken tasarım araçlarının öncelikli kullanım alanları ilk başta farklı düşünmeyi ve yaratıcılığı teşvik etmektir. Bu, yeni ürünler oluşturma sürecinde inovasyon ve estetiğin hayati öneme sahip olduğu ürün tasarımı ve otomotiv endüstrisi gibi alanlarda uygulanmasına yol açan teknolojinin benzersiz bir özelliği olmaya devam etmektedir (Alcaide-Marzal 2019).

Kavramsal tasarım aşaması, tasarım seçeneklerinin araştırılmasının anahtar nitelik olarak kabul edildiği iki alt aşamaya bölünmektedir. İlk aşamada tasarım gereksinimleri temel alınarak tasarım seçimleri oluşturulur. İleriye dönük bir tasarım

seçmek için ikinci aşamada bir ön analiz kullanılarak bu fikirler önceliklendirilir. BDT, daha sonra öncelikle tasarımı değerlendirmek, doğrulamak ve oluşturmak için kullanılmaktadır. Çoğu zaman tasarım mühendisleri, bir tasarımı BDT modeline dönüştürmeden önce performansını değerlendirmek için sınırlı bir tasarım alanını keşfetmektedirler.

Bilgisayarların tasarım sektöründeki işlevi, optimizasyon, yapay zekâ, tasarım modeli ve parametrik tasarım yöntemlerindeki son gelişmelerin bir sonucu olarak gelişmektedir. Geleneksel BDT modelleme yöntemleriyle karşılaştırıldığında, bu yenilikçi yöntemler tasarımcıların ve mühendislerin çok çeşitli tasarım seçeneklerini sonuçlandırmasına olanak tanımaktadır (Umetani vd., 2012). Bu yöntemleri kullanan üretken tasarım sistemleri, tasarım alanını keşfetmek ve kullanıcı tarafından belirlenen kesin performans hedefine dayalı alternatif tasarımlar üretmek için potansiyel bir yöntem sunmaktadır. Üretken tasarım sisteminin bir özelliği, eldeki problem için bir veya daha fazla ideal çözüm üretmek için bir problem ifadesini girdi olarak kullanmaktır. Bu yöntemler, önceden belirlenmiş bir tasarım alanı içindeki malzemelerin dağılımını optimize etmek için aritmetik kullanmaktadır. Bu yöntemlerin çoğunda amaç, uyumluluğu, belirli bir konumdaki veya dünya çapındaki sıcaklığı en aza indirmek/maksimum seviyeye çıkarmak veya hacim, gerilim veya yer değiştirme limitleri altındaki ağırlığı en aza indirmektir. Üretken bir sisteme bir problem oluşturmak için genellikle üç aşama gerekir. Tasarım mühendisinin öncelikle bir dizi 2B çizimden bir 3B BDT modeli oluşturması gerekmektedir. Daha sonra tasarıma özgü değişikliklere göre çok sayıda kısıtlama ve nitelik belirlenmektedir. Bundan sonra tasarım mühendisi bir veya daha fazla optimum çözüm elde etmek için nesiller boyu çalışmaktadır. Mimari yapılar, yerleşim planları, enerji ve çevre dostu inşaat planları tasarlamak için çeşitli akademisyenler üretken tasarım araçlarını geliştirdi. Tasarımların dış görünümüne dayalı olarak keşfedilmesine yönelik üretken sistemlerin geliştirilmesi, literatürde çok az ilgi görmüştür (Khan ve Awan, 2018).

Üretken tasarım, motif üretiminde karmaşık ve özgün desenlerin otomatik olarak oluşturulmasını sağlayan güçlü bir yaklaşımdır. Algoritmalar ve simülasyonlar kullanarak tasarım sürecini hızlandırır ve optimize etmekte, tasarımcılara daha yaratıcı ve verimli çözümler sunmaktadır. Cephe tasarımından iç mekân düzenlemelerine,

peyzaj tasarımından endüstriyel ürünlere kadar geniş bir uygulama yelpazesine sahip olan üretken tasarım, modern tasarım dünyasında önemli bir rol oynamaktadır.

Yapılan çalışmalar incelendiğinde üretken tasarımın mekân üretiminin yanı sıra motiflerin de belli kurallar doğrultusunda oluşturulmasına ve yeniden üretimine yardımcı olmak için sıklıkla kullanıldığı görülmektedir. Örneğin noktaların konumlarının belirlenmesinden sonra bu noktaların çizgiler, yaylar veya çemberler ile birleştirilmesi ile sırasıyla kurallar oluşturulmuş ve bu kurallar sonucunda motif üretimi gerçekleşmiştir.

3.3. Algoritmik Tasarım

Algoritmik tasarım, tasarım süreçlerinde matematiksel ve hesaplamalı yöntemlerin kullanıldığı bir yaklaşımdır. Bu yöntem, belirli kurallar ve algoritmalar aracılığıyla tasarım sürecini yönlendirmekte ve karmaşık desenlerin, motiflerin ve formların oluşturulmasını sağlamaktadır. Algoritmalar, tasarımın matematiksel temellerini belirlemekte ve tasarım sürecini sistematik bir şekilde yürütmektedir.

Bir problemin cevabının hesaplanmasına yardımcı olacak matematiksel talimatlar veya kurallar kümesine algoritma denir. Sonuç olarak, algoritmik tasarımı üretken tasarımdan ayırmak zordur. Aslında, bazı yazarlar ikisini birbirinin yerine kullanılabilir olarak görmektedirler (Garber, 2014 ve Humppi, 2015). Genetik algoritmalar ve evrimsel algoritmalar gibi algoritmik tasarımda tipik olarak kullanılan üretken tasarım örneklerinin (Mitchell ve Terzidis, 2004) olduğunu iddia ederler. Terimin literatürdeki önemini yansıtmak için, terimin üretken tasarım sınırları içinde daha açık bir anlama sahip olması gerektiği savunulabilmektedir. Bir algoritma, bir insan tarafından sağlanan talimatları bir bilgisayarın bir problemi çözmek için gerçekleştirebileceği eylemlere dönüştüren bir dizi kurallardan oluşmaktadır.

Algoritmik tasarım, algoritmalar tarafından sağlanan açıklamalardan mimari tasarımlar üretme süreci olarak bilinmektedir. Mimar, algoritmik tasarımı kullanarak dijital modelin kendisini değil, dijital modeli oluşturan programı oluşturmaktadır. Algoritmik tasarımı algoritmalar kullanarak modeller üreten bir tasarım paradigması olarak görmek ve bu nedenle onu üretken olarak da tanımlayabilmekteyiz. Ancak algoritmik tasarımda algoritma ile üretilen model arasında bir korelasyon vardır, bu da izlenebilirliğe olanak tanımakta ve kullanıcının algoritmanın hangi bölümlerinin

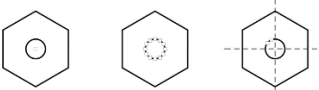
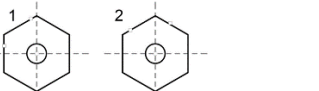
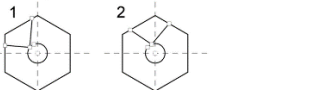
modelin belirli bir bölümünü ürettiğini bilmesini sağlamaktadır. Bazı şekillerde, algoritmik tasarımın yöntemi ve modeli izomorfiktir (Caetano vd., 2020). Bu kavram, algoritmik tasarımı üretken tasarımın bir alt kümesi olarak sınıflandırır; burada algoritmik geliştirme, daha az beklenmedik sonuç üretme pahasına istenen tasarımı önceliklendirir. Ancak, hata ayıklama ve bakım gibi işleri kolaylaştırarak daha ince bir kontrol düzeyi sunmaktadır. Bir sorunu sonlu sayıda adımda çözen bir hesaplama yöntemine algoritma denir. Düzenli mantık, soyutlama, genelleme, tümevarım ve tüm dengeli akıl yürütme kullanılmaktadır. Genel bir çözüm stratejisi geliştirmeyi ve mantıksal fikirleri metodik olarak çıkarmayı içermektedir. Tümevarımsal bağlantılar, değiştirilebilir modüller, evrensel ilkeler ve tekrarlayan kalıplar algoritmik tekniklerde kullanılmaktadır. Bir algoritmanın yeni bilgi çıkarma ve bazı bilişsel sınırların ötesine geçme kapasitesi onun entelektüel gücünü oluşturmaktadır (Terzidis, 2006).

Algoritmik tasarım, motif üretiminde matematiksel ve hesaplamalı yöntemlerin kullanılmasıyla karmaşık ve özgün desenlerin oluşturulmasını sağlamaktadır. Algoritmalar, parametrik sistemler ve yinelemeli işlemler aracılığıyla tasarım süreci sistematik bir şekilde yürütülür ve dinamik, estetik çözümler elde edilir. Bu yaklaşım, özellikle karmaşık desenlerin ve motiflerin yaratılmasında güçlü bir araçtır ve mimarlık, iç mekân tasarımı ve görsel sanatlarda geniş bir uygulama yelpazesine sahiptir.

3.4. Çalışma Örnekleri

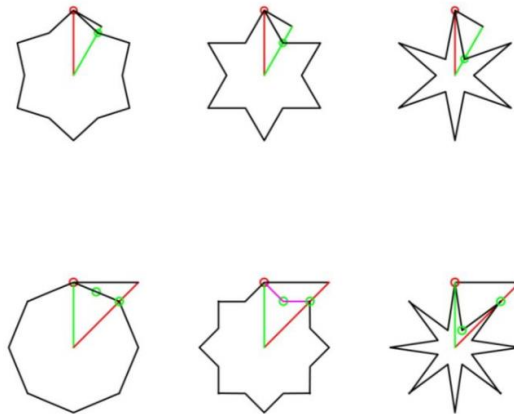
Motiflerde hesaplamalı tasarım, mimari ve tasarım alanlarında son yıllarda büyük bir devrim ortaya koymuştur. Bu yaklaşım, geleneksel tasarım yöntemlerini dijital teknolojilerle buluşturarak hem estetik hem de işlevsel açıdan son derece ilgi çekici ve yenilikçi çalışmaların ortaya çıkmasına yardımcı olmaktadır. Hesaplamalı tasarım, özellikle motiflerde karmaşık, tekrarlayan ve parametrik desenlerin oluşturulmasını mümkün kılmaktadır. Motiflerin oluşturulma sürecinde kullanılan parametrik, algoritmik ve üretken tasarım yaklaşımları, her biri farklı metodolojiler ve tekniklerle donatılmış olup, bu motiflerin şekillendirilmesinde önemli roller üstlenmektedir. Aşağıda bu yöntemlerle oluşturulmuş motif tasarımları çalışmalarından bazı örnekleri gösterilmektedir:

Ağırbaş (2020), Ahlat mezarlığındaki yıldız desenini algoritmik ayrıştırma ile 3B matematiksel analizini gerçekleştirmiş ve şekil grameri kuralları ile bir desen üretici oluşturmuştur. Bu çalışma, düğümleri içeren karmaşık 3B desenlerin incelenmesi için yol gösterici olmaktadır (Şekil 3.1).

Rule Series	Process	Overall view
RS 1		
RS 2		
RS 3		
RS 4		

Şekil 3.1 Ahlat mezarlığındaki yıldız deseninin şekil grameri ile kurallarının oluşturulması (Ağırbaş, 2020)

Barrios ve Alani (2015), parametrik bir model kullanarak geleneksel İslami Geometrik Desenler için dönüşümleri incelemektedir (Şekil 3.2). Burada bir model içerisindeki geometrik bileşenlerin tüm olası kombinasyonları keşfedilerek, belirli bir durum için istenen orantı sistemlerinin belirlenmesinin mümkün olduğu görülmektedir (Şekil 3.2).



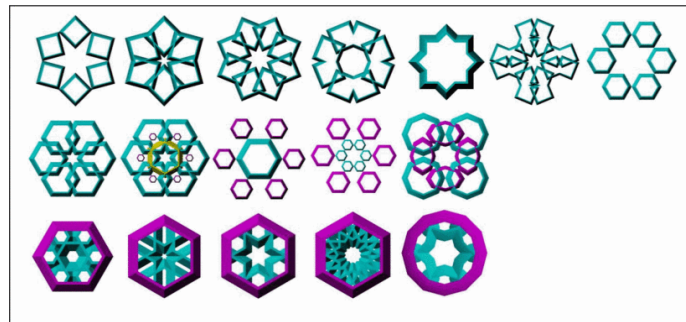
Şekil 3.2 Altı (6) ve sekiz (8) köşeli yıldızların hücrelerinin ve TB'lerinin parametrik varyasyonları (Barrios ve Alani, 2015)

Diğer bir çalışmada Zhang vd. (2020), çizilmesi emek ve zaman isteyen Mandala Thangka desenlerini yeniden üretmek için parametrik bir yaklaşım önermişlerdir. Bunun sonucunda dijitalleştirmeye katkıda bulunan bu çalışma ile Budizm’de kullanılan desenlerin verimli bir şekilde renkleriyle birlikte üretildiği sonucuna varılmıştır (Şekil 3.3).



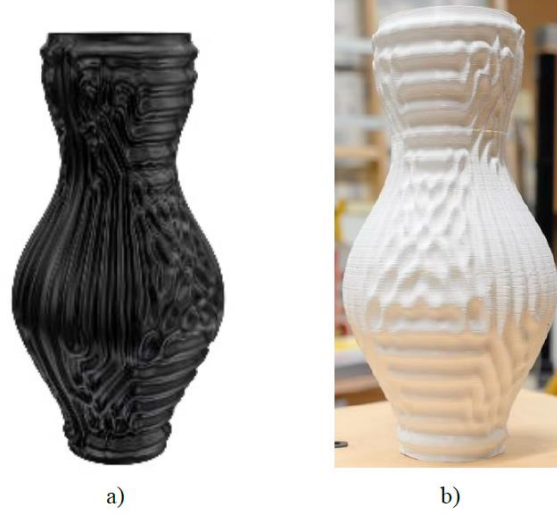
Şekil 3.3 Parametrik tasarım ile oluşturulmuş Mandala Thangka desenleri (Zhang vd., 2020)

Sayed vd. (2015), İslami Geometrik Desenleri oluşturmak için parametrelî şekil gramerleri yöntemini kullanarak yeniden üretim gerçekleştirmişlerdir. Bunun sonucunda her kural için parametrelendirme, çok sayıda orijinal İslami Geometrik Desen üretiminin anahtarı olduğu belirtilmiştir (Şekil 3.4).



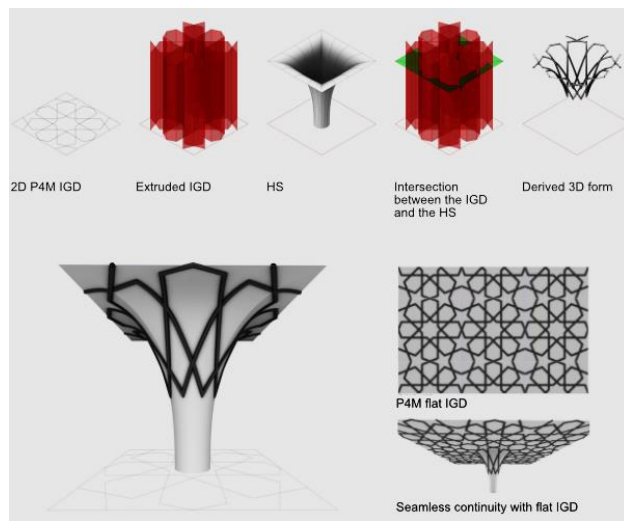
Şekil 3.4 4 ve 12 katlı motiflerin yeniden üretimleri (Sayed vd., 2015)

Francesca vd. (2023), görsel bir komut dosyası girdisi ile Gray Scott reaksiyon-difüzyon parametrik modeli kullanarak matematiksel modele dayalı üreteç oluşturmuş ve sonsuz nesne kataloğu oluşturmuştur (Şekil 3.5).



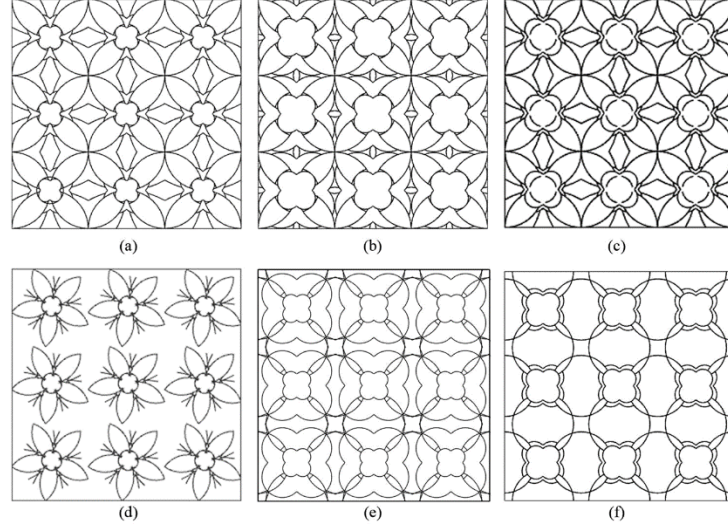
Şekil 3.5. 3B modelden prototip üretime geçiş (Francesca vd., 2023)

Alani ve Alaçam (2023), İslami geometrik tasarımların derinlemesine analizini yaparak öklid nokta ekstrüzyonu ve eğri yüzey uydurma yaklaşımları ile düz olmayan geometrik kompozisyonlarını türetmişlerdir. Sonuç olarak bu çalışma ile bu tür yapıların nasıl üretilebileceğine dair hesaplamalı yaklaşımları ortaya çıkarmayı ve bu süreçte keşfedilmemiş bölgeleri ziyaret ederek yeni formlar arayışını genişletmeyi amaçlamaktadır (Şekil 3.6).



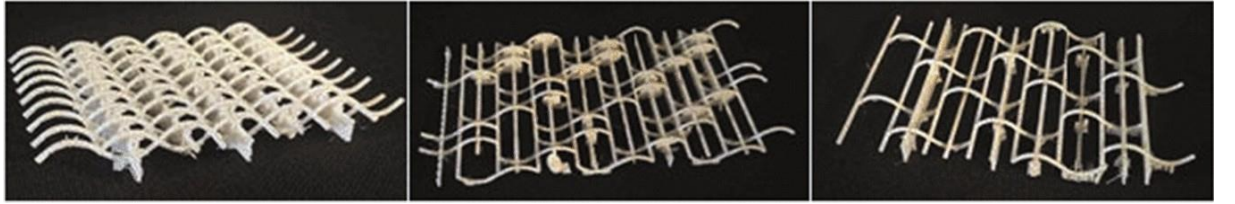
Şekil 3.6. Düz bir yüzey üzerindeki geometrik tasarımın üç boyutlu dönüşümü (Alani ve Alaçam, 2023)

Ma vd. (2024), Çin'deki müslüman topluluğunun bulunduğu köydeki İslami Geometrik Desenleri üretmek için parametrik bir yöntem kullanmıştır. Yapılan bu çalışma ile kültürler arasındaki diyalogu geliştirmede parametrik tasarım ve dijital teknolojinin potansiyelinin yüksek olduğunu göstermektedir (Şekil 3.7).



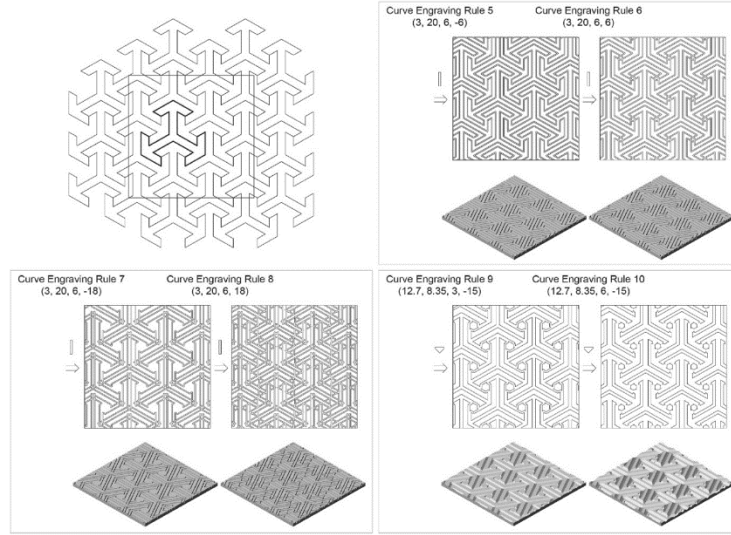
Şekil 3.7 Rastgele parametrelerle oluşturulmuş desenler (Ma vd., 2024)

Çevik vd. (2024), Anadolu'daki geleneksel dokuma desenlerinin gelenekselden dijitale doğru analizini gerçekleştirerek iki boyuttan üçüncü boyuta geçişi parametrelerle sağlamışlardır. Bu yöntemin yapısal elemanları üretmeye geçişte yardımcı olacağı sonucuna varmışlardır (Şekil 3.8).



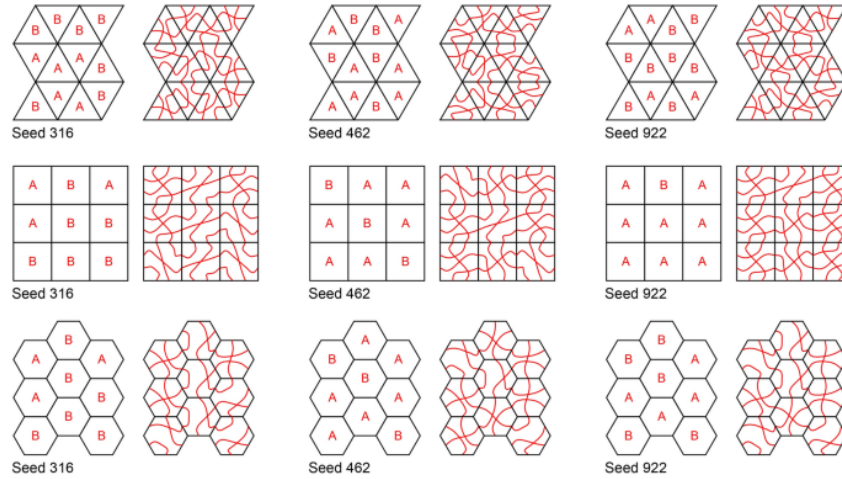
Şekil 3.8 3B baskıda dokuma teknikleriyle elde edilen dokuma desenlerinin perspektif görünümü (Çevik vd., 2024)

Hamzaoglu ve Özkar (2023), Anadolu'daki tarihi bir taş oyma zanaatının bilgisayar ortamındaki uygulamasını önermekte ve bunu dijital modellemenin iş akışlarına entegre etmektedirler. Bu çalışmanın sonucunda kural tabanlı temsillerle parametrik modellere atıfta bulunarak çıkarma adım dizilerini, manuel yapım bilgisini dijital yapımla birleştirebilmesi çıkarımlarına ulaşmışlardır (Şekil 3.9).



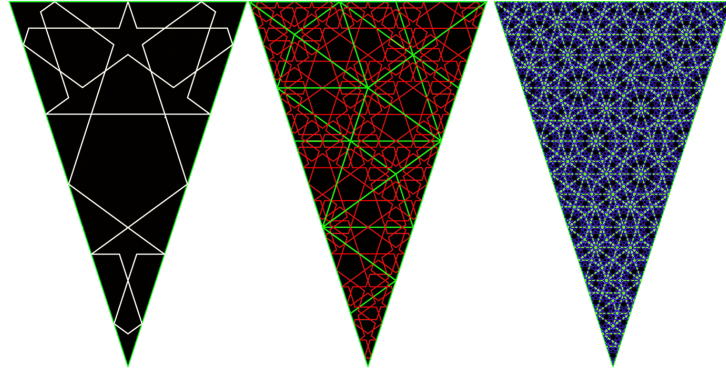
Şekil 3.9 Aynı referans geometrisi üzerinde farklı frezeleme kuralı uygulamalarıyla oluşturulan varyasyonlar (Hamzaoglu ve Özkar, 2023)

Wagiri vd. (2023), yumuşak malzeme kalıpları için hesaplamalı form bulma ve Truchet döşemelerini içeren prekast paneller için hibrit bir tasarım tekniği önermektedirler. Truchet kiremitlerine dayalı verimli ve etkili bir kumaş kalıp yöntemi gelecekteki çalışmalar referans olabilecek potansiyele sahiptir (Şekil 3.10).



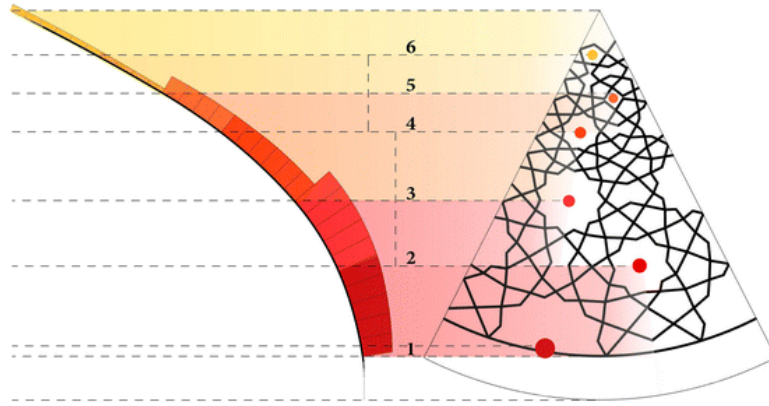
Şekil 3.10 Kalıp yöntemi ile rastgele panel üretimleri (Wagiri vd., 2023)

Khamjane vd. (2020), İslami geometrik desenleri matematiksel yöntemlerle kendi kendine benzer desenler inşa etmek için bir yöntem sunmuşlardır. Bu yöntem sonucunda elde edilen desenler altın ortalama üçgenlerinin ardışık bölümlerine dayandığı belirtilmektedir (Şekil 3.11).



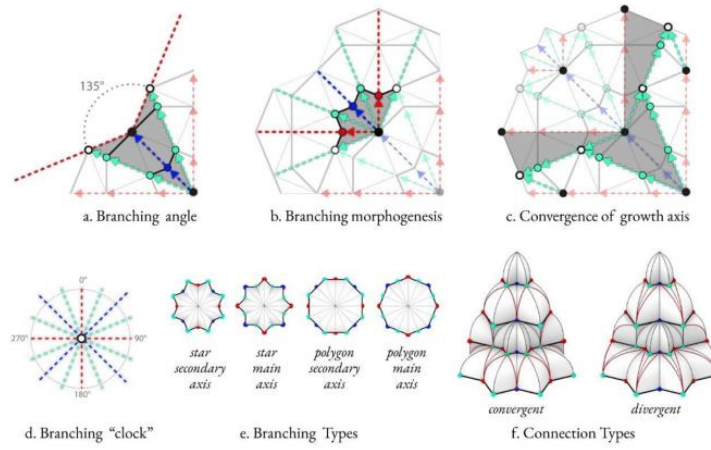
Şekil 3.11 Bir desenin birinci, ikinci ve üçüncü seviyeye göre üretimleri (Khamjane vd., 2020)

Kasrei vd. (2016), Girih'in kubbe benzeri eğimli yüzeylere eğriliklerine göre nasıl yerleştirildiğini anlamak için Dast-Gardan desenlerinin dijital yöntemlerle analizini gerçekleştirmişlerdir. Çalışma sonucunda yıldız çokgenlerinin nokta sayısı ile kubbe eğriliğinin değişimi arasında bir ilişki olduğu anlaşılmıştır (Şekil 3.12).



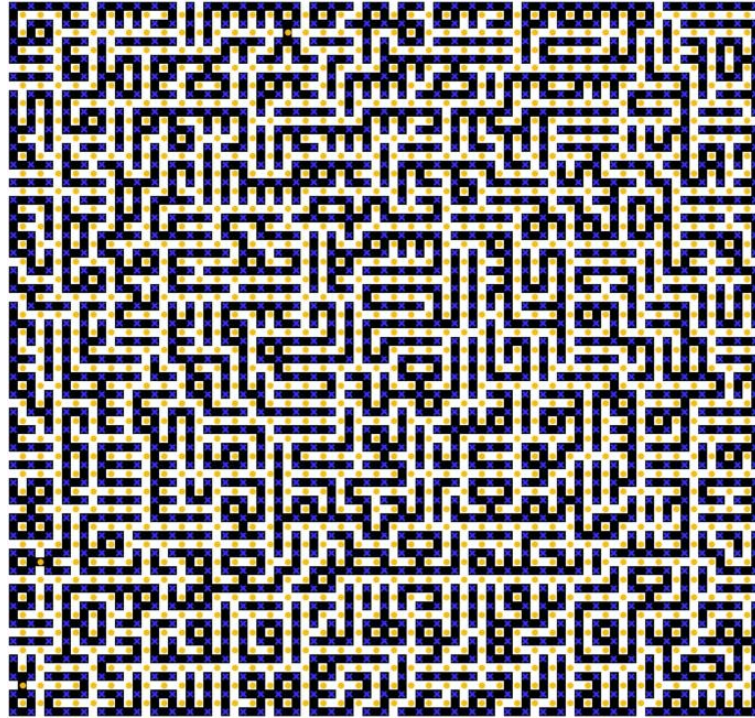
Şekil 3.12 Bir kubbenin yüzeyinin eğriliğindeki değişimin yıldız çokgenlerinin nokta sayısındaki değişime karşılık geldiğini göstermektedir (Kasrei vd., 2016)

Gökmen vd. (2023), 13. yy.'da inşa edilmiş olan Kayseri ve Sivas'taki Anadolu Selçuklu mimarisinde bulunan mukarnasların hesaplamalı analizini ve parametrik modelleri için algoritma tabanlı bir yöntem önermişlerdir. Çalışma sonucunda algoritmanın gelişimi, bölgedeki mukarnas geometrisinin anlaşılması ve sınıflandırılması için yeni bir bakış açısı sunabilecek potansiyele sahip olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 3.13).



Şekil 3.13 İncelenen mukarnas yapılarından çıkarılan yinelemeli kurallar (Gökmen vd., 2023)

Sabetfard ve Nedimi (2019), İslam kültüründe bir mimari süsleme sanatı olan kare Kufi yazı desenlerini algoritmalar ile oluşturmaktadırlar. Kullanılan bu yöntemin diğer yöntemlerle kıyaslandığında biçimsel analiz ve üretim açısından çok daha basit ve etkili olduğu sonucuna varılmıştır (Şekil 3.14).



Şekil 3.14 Algoritmalar ile oluşturulan Kufi yazı deseni (Sabetfard ve Nedimi, 2019)

Hesaplamalı tasarımın motiflerdeki uygulamaları, estetik zenginlik ve fonksiyonel bütünlük arasında bir denge kurarak, karmaşık ve dinamik desenlerin kolayca yönetilmesini sağlamaktadır. Parametrik, algoritmik ve üretken tasarım yaklaşımları,

hem geleneksel motiflerin modern yorumlarını sunmakta hem de sürdürülebilirlik ve malzeme kullanımında yenilikçi çözümler üretmektedir. Bu yöntemler, tasarım sürecini daha dinamik ve yaratıcı hale getirirken, aynı zamanda estetik ve işlevsellik açısından mimarlık ve tasarımda yeni olanaklar sunmaktadır. Sonuç olarak, hesaplamalı tasarım, modern mimariyi dönüştürme potansiyeline sahip güçlü bir araç olarak ön plana çıkmaktadır.

4. EHM MORFOLOJİSİNİN PARAMETRİK TANIMLAMASI

4.1. EHM'lerin Analizi

EHM, farklı kültürel yönleri ile Ermenilerin ve yabancı bilim adamlarının dikkatini çekmeyi başarmıştır. Bu motifler arkeologlar, tarihçiler ve mimarlar tarafından incelenmiş olup yapılan çalışmalar sadece metinsel düzeyde kalmamış farklı film ve dizilere de konu olmayı başarmıştır. Her bir Haçkar, motif tasarımcılarının hayal gücünün ve duygularının, benzeri olmayan süsleme motifiyle oluşturulan bir yansımasıdır. EHM, “Haçkarın sembolizmi ve işçiliği” başlığı altında, UNESCO'nun insanlığın somut olmayan kültürel mirası listesine dâhil edilmiştir (Mkhitarian ve Avedian, 2022).

EHM geometrilerinin kültürel miras alanında önem kazanması sebebiyle her geçen gün kaybolan bu değerli ve önemli işçiliklerin incelenmesi, sayısal analizlerinin yapılması ve kaydedilmesi bu anlamda önemli bir konu haline gelmektedir. Bu sebeple çalışmamız, bu analizleri yapma çabasıyla bu mirasın korunmasına, toplumların geçmişleriyle olan bağlarını sürdürmesine, kimliklerini güçlendirmesine ve gelecek kuşaklara aktarılmasına yardımcı olmaya çalışmaktadır. Bu bölümde de EHM'lerin simetri ve sayısal analizleri yapılarak parametrik ve simülasyon modeli oluşturulmuştur. Bunu yaparken geometrik ayrıştırma ile başlayıp ardından simetri grubunun bulunması ve matematiksel tanımlama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Daha sonra bu tanımlamalardan yola çıkılarak görsel programlama dili olan Grasshopper ortamında parametrik modeller oluşturulmuş (EK1) ve Python programlama dili Tkinter modülü ile simülasyon modeli oluşturulmuştur.

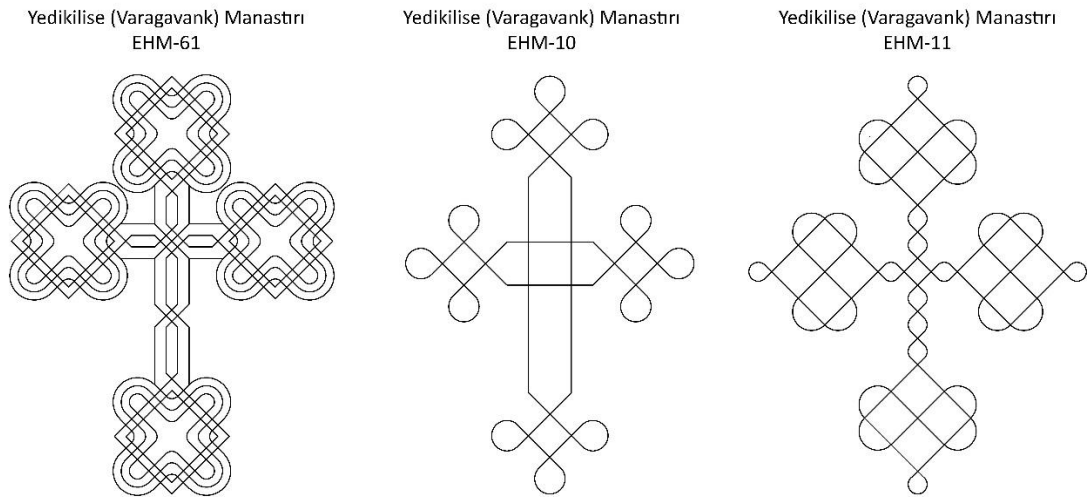
4.1.1. Geometrik Ayrıştırma

EHM, geometrik şekillerin ön planda olduğu ve bitkisel motiflerin de süslemede kullanıldığı öğelerdir. Bu araştırmanın ilk aşamalarında, Ermeni Manastır'larının duvar yüzeylerindeki EHM'lerin kapsamlı bir incelemesi ve fotoğraflama işleminden oluşan bir saha çalışması gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.1).

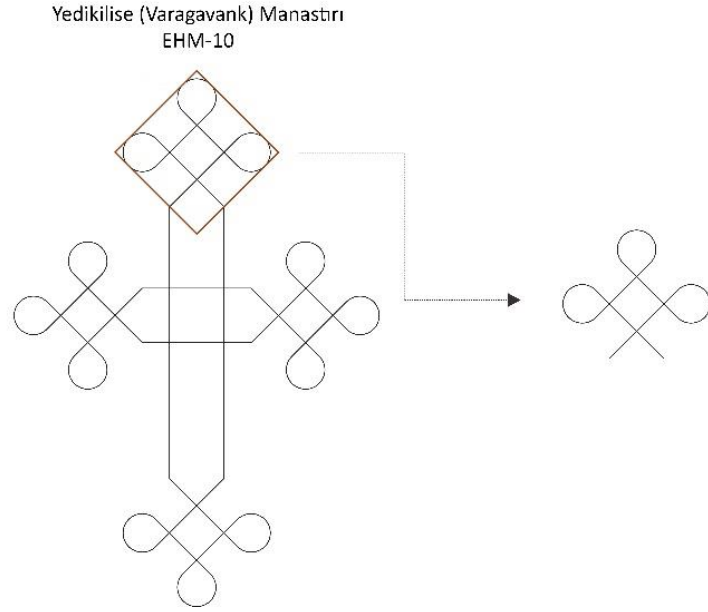


Şekil 4.1 Yedikilise (Varagavank) Manastırı duvar yüzeyinde bulunan EHM'ler (Fotoğraf: Semih Bayer, 2023).

Bu yöntem için Van'daki Ermeni yapılarından olan Yedikilise (Varagavank) Manastırı'ndan 127, Saint Jean (Ktouts) Manastırı'ndan 128 ve Akdamar Manastırı'ndan 15 adet olmak üzere toplamda 270 adet EHM geometrisi incelenmiştir. Duvar yüzeylerindeki geometrik motiflerin temsilleri için Rhinoceros® yazılımı (Rhino, 2023) kullanılarak iki boyutlu teknik çizim oluşturulmuştur (Şekil 4.2). EHM'lerin farklılaşan ve zengin geometrisine sahip olan Haçkar başlıkları ele alınmıştır (Şekil 4.3).

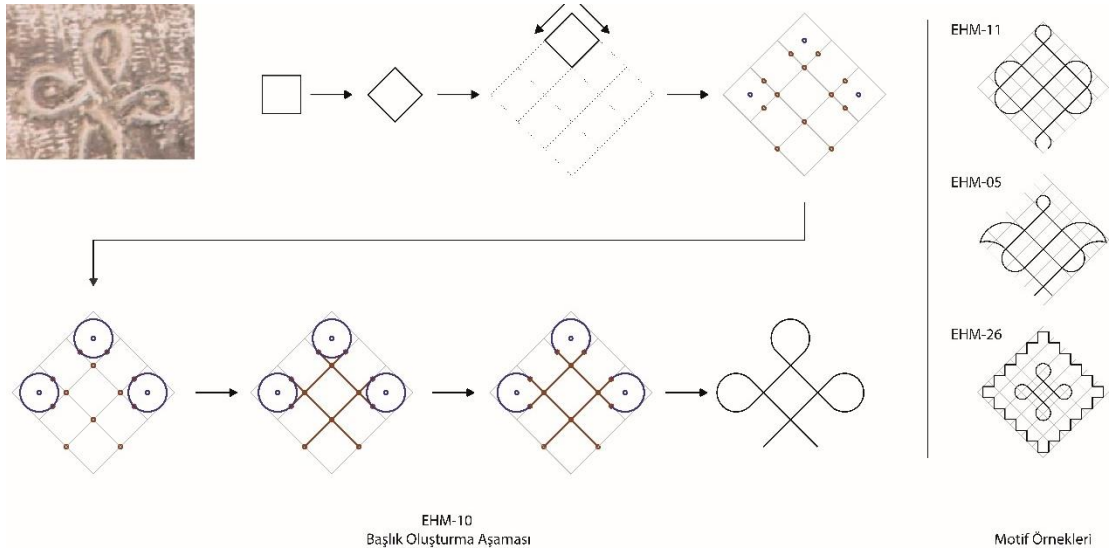


Şekil 4.2. EHM geometrilerinin iki boyutlu teknik çizimi



Şekil 4.3. EHM başlık gösterimi

EHM'ler incelenirken bu motiflerin geometrik bir kural doğrultusunda üretimlerinin yapıldığı anlaşılmıştır. Bu sebeple tüm EHM'lerin başlık geometrileri incelenmiş ve bu geometrileri oluşturmak için bir kural ortaya konulmuştur (Şekil 4.4). Bu kural için sırasıyla karelerden meydana gelen yatay veya 45 derecelik açıyla döndürülen gridler oluşturulmuş daha sonra bu gridler üzerinde, belirli konumlara noktalar yerleştirilmiştir. Bu noktalar çizgilerin başlangıç ve bitişini, yayların ise merkez konumlarını ifade etmektedir. Son aşamada ise bu noktalardan birleştirilmesi ile başlık geometrileri ortaya çıkarılmıştır. Bu kurallar doğrultusunda tüm EHM'lerin iki boyutlu teknik çizimleri oluşturulmuş ve isimlendirmeleri gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.4. EHM-10 geometrisi başlık oluşturma kuralı ve motif örnekleri

4.1.2. Temel Birim ve Duvar Kâğıdı Simetri Grupları

Çalışmanın bu bölümünde bir önceki bölümde üretilen EHM geometrisi analiz edilerek sahip olduğu simetri grubu bulunmaktadır. Bu yöntem ile geometriler arasındaki sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmektedir. Literatürde yapılan çalışmalara bakıldığında Grünbaum ve Shephard, üretimlerini kendi simetri grupları ile açıklamışlardır. Geometriler üzerine yapılan diğer çalışmalarda, grup teoremi (Abas ve Salman, 1992), temas halindeki çokgen prensibinden yola çıkan yöntem (Kaplan, 2005) ve grid yöntemi (Aljamali ve Banissi, 2003) gibi farklı yöntemler kullanılmıştır. Çoğunlukla örüntüler üzerine yapılan çalışmalarda matematiksel sınıflandırmalar sonucu simetri grupları yedi tip içeren friz ve on yedi tip içeren duvar kâğıdı grubundan oluşmaktadır.

Bu yöntemleri uygulayabilmek için öncelikle simetri kavramının açıklanması gerekmektedir. Matematik ve sanat alanlarında simetrinin etkisi sıklıkla görülmektedir. Bu anlamda Armstrong, simetriyi sayıların boyutu ve grupların da simetriyi gösterdiğini vurgulamaktadır. Simetri kavramı Türkçe’de “bakışım” olarak tanımlanmaktadır. Türk Dil Kurumu Sözlüğü’nde ise bu kavram için “İki veya daha çok şey arasında konum, biçim ve belirli bir eksene göre ölçü uygunluğu, simetri” ve “eksen olarak alınan bir doğrudan, benzer noktaları karşılıklı olarak aynı uzaklıkta bulunan iki benzer parçanın birbirine göre olan durumu, tenazur, simetri” şeklinde tanımlanmaktadır (URL7). Tüm tanımlamalarla beraber simetri sözcüğü, Yunanca’da

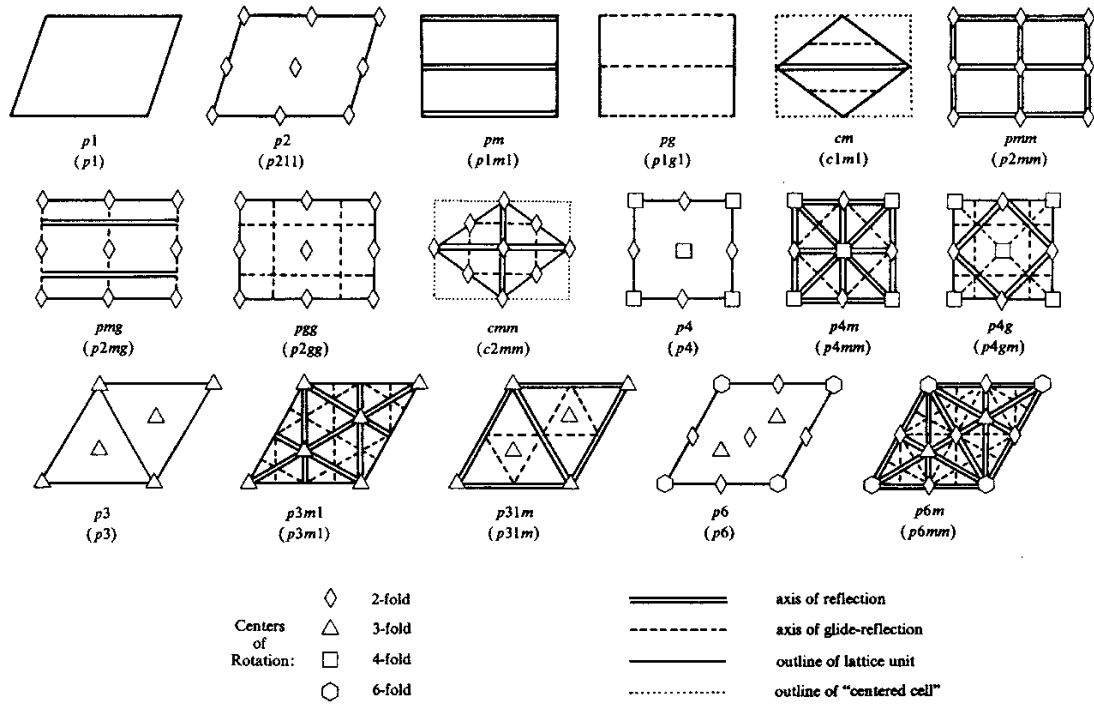
“işteşlik; ortak olma” anlamındaki bir ön ek olan “sym” ve “ölçü” anlamına gelen “metron” sözcüklerinin birleşiminden oluşmaktadır (Symmetry, 2021b).

Simetri grupları ile örüntüleri sınıflandırma düşüncesi ilk olarak Polya ve daha sonraları Speiser ve Weyl tarafından önerilmiştir (Ostromoukhov, 1998). BDT’de örüntüler incelenirken grupların kendilerine ait birer alanları ve onların türetimine yardımcı olacak özel komutların bulunduğu görülmektedir. Sonuç olarak simetri grupları örüntüyü oluşturan parçalar seti ve örüntünün oluşmasına yardımcı olan işlemler seti olmak üzere iki adet öğeden oluşmaktadır. Çalışmamızda bu iki öge “Temel Birim” ve “Hücre Birimi” olarak ayrılmaktadır. Bu sebeple çalışma kapsamında ele alınan EHM geometrileri on yedi duvar kâğıdı simetri grupları (DKSG) kullanılarak incelemeler gerçekleştirilecektir.

DKSG desenlerinde, minimum uzunluktaki doğrusal olan bağımsız iki öteleme, her grubun iki temel oluşturucusu olup grup için bir çokgen sınırı oluşturulmaktadır. İki üreteç tarafından 2 boyutlu alanın tamamını kapsayacak şekilde çevrilebilen en küçük birime Hücre Birimi (HB) adı verilir. Temel Birim (TB) ise en küçük tekrar eden simetrik yapı olarak tanımlanmaktadır. Şekil 4.5’te, on yedi duvar kâğıdı simetri gruplarını ve öteleme, dönme, yansıma ve kayma-yansıma simetrilerinin kurallarını anlatan bir diyagram gösterilmektedir. On yedi duvar kâğıdı simetri grubunun beş tür çokgen sınırı vardır. Bunlar:

- Paralelkenar: $p1$, $p2$
- Dikdörtgen: pm , pg , pmm , pmg , pgg
- Eşkenar dörtgen: cm , cmm ,
- Kare: $p4$, $p4m$, $p4g$
- Altıgen: $p3$, $p3ml$, $p3lm$, $p6$, $p6m$

olarak tanıtılmaktadır.



Şekil 4.5. Duvar Kâğıdı Simetri Grupları (Schattschneider, 1978).

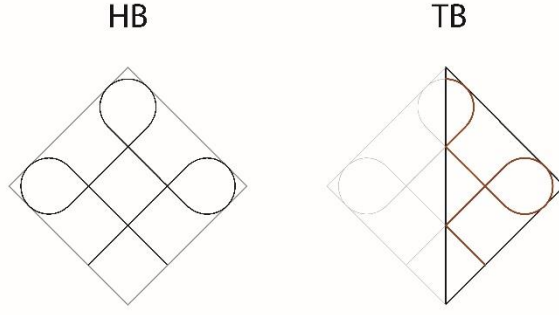
Bu beş çokgen sınırı genel olarak paralelkenarlardan oluşmaktadır. Kenarlar arasındaki açılar 90° ise dikdörtgen, iki kenarı aynı uzunluğa sahip ise eşkenar dörtgen olurlar. Kare ve altıgen sınırlar, bir çift bitişik kenar arasındaki açılar sırasıyla 90° ve 60° olduğunda eşkenar dörtgenin iki özel durumudur. Bu nedenle, tekrarlanan bir duvar kâğıdı deseninin sınırı açıkça verilmiş olsa bile, simetri grubu için hâlâ birden fazla olasılık kümesi bulunmaktadır. Örneğin, bir desenin kare sınırı olması, kare sınırlarının altındaki simetri gruplarından birine sahip olması gerektiği anlamına gelmemekte ve $p4$, $p4m$, $p4g$ 'nin simetri grubu $p2$ olabilmektedir. Başka bir deyişle, kare sınıra sahip olmak, karşılık gelen modelin $p4$ 'ten bir simetri grubuna sahip olması için gerekli ancak yeterli bir koşul değildir; $p4m$ veya $p4g$.

İncelemenin motif analizi öncesindeki geometrik ayrıştırma aşamasında, fotoğraflardan hareketle geometrilerin konumsal noktaları oluşturulmuştur. Daha sonra geometriler oluşturularak belirlenen merkez noktalarla çizilerek ve ardından bu bileşenler kopyalanarak düzenli bir şekilde teknik çizimler oluşturulmuştur. HB'nin ortaya çıkarılması, bu teknik çizimlerdeki merkezi noktaların referans olarak kullanılmasıyla gerçekleştirilmektedir. Bu sistematik yaklaşım, motif geometrilerinin ayrıştırılmasını kolaylaştırmakta ve simetri gruplarının ayırt edilmesi için gerekli TB geometrilerin tanımlanmasına yardımcı olmaktadır.

Motiflerin incelenmesinde önemli bir adım olarak, altta yatan hücre geometrilerinin incelenmesini ve bunların içsel simetrisinin ayırt edilmesini içerir. DKSG aşamasında, TB olan simetrik yapının ortaya çıkarılması gerekmektedir. Bu TB, Barrios ve Alani'nin 2015 yılında açıkladığı gibi kendi içinde kopyalanmama özelliği gösteren öğelerden oluşmaktadır (Barrios ve Alani, 2015). Simetrik bir grup tipik olarak kendini mükemmel şekilde tekrarlayan bir varlık olarak anlaşılabilir da çeşitli varyasyonlar oluşturmak için çeşitli geometrik dönüşümlere uğrayabilmektedir (Martin, 1982). Örneğin, DKSG belirli yüzeyler üzerinde geometrik veya mozaik desenler oluşturmada etkili olmakta ve öteleme, döndürme, yansıma ve kayma-yansıma içeren simetri işlemlerini yöneten yerleşik kurallara uyarlamaktadır. Bu işlemler sonucunda on yedi simetri grubu elde edilmektedir (Adanova ve Tari, 2014).

Çalışmada, EHM'ler matematiksel olarak analiz edilmeden önce ilk aşamada geometrik ayrıştırılması HB ve TB olarak ayrılmaktadır. İkinci aşamada TB üzerinden duvar kâğıdı simetri grubu tanımlanmaktadır. Daha sonra TB'nin matematiksel analizi yapılarak parametrik modeli oluşturulmaktadır. Parametrik modeli oluşturulan motifte yeni modeller oluşturmak için varyasyonlar yapmak mümkün hale gelmektedir. Koordinat sistemindeki noktaların parametreleri değiştirilerek geometride değişiklikler yapılabilmektedir.

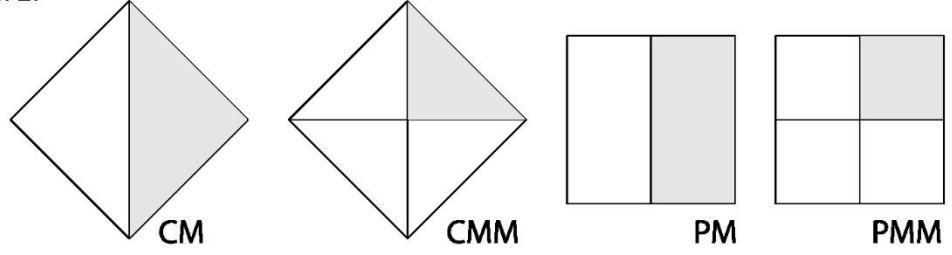
EHM'ler için iki katlı ve dört katlı olmak üzere beş farklı simetri grubu ortaya çıkarılmıştır. Bunlar P4M, CMM, PMM, CM ve PM simetri gruplarıdır. P4M, 90 derecelik döndürme simetrisinin yanında 45° - 45° - 90° üçgeninin kenarları doğrultusunda yansıma simetrisi ve bağımsız iki öteleme ile oluşturulmaktadır. CMM, 180 derecelik döndürme simetrisinin yanında birbirlerine dik doğrultularda iki yansıma ve iki kayma-yansıma simetrisi ve bağımsız iki öteleme ile oluşturulmaktadır. PMM, 180 derecelik döndürme simetrisinin yanında birbirlerine dik doğrultularda iki yansıma simetrisi ve bağımsız iki öteleme ile oluşturulmaktadır. CM, bir yansıma simetrisi ile ona paralel olan bir kayma-yansıma simetrisi ve bağımsız iki öteleme ile oluşturulmaktadır. PM, birbirlerine paralel doğrularda olan iki yansıma simetrisi ve bağımsız iki öteleme ile oluşturulmaktadır. Şekil 4.6'da EHM başlığı için HB ve simetrik olan TB gösterilmektedir.



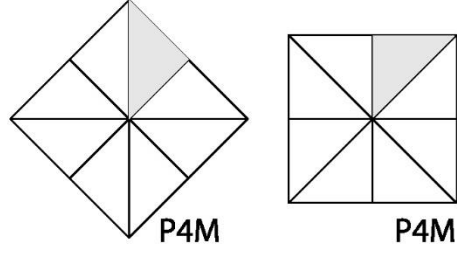
Şekil 4.6. EHM-10 geometrisi için HB ve TB

Boşluk bırakmadan bir yüzey üzerinde geometrik kompozisyonlar oluşturmak için DKSG kullanılarak periyodik desenler oluşturulmaktadır (Alani ve Alaçam, 2023). Pérez-Gómez (1987), Elhamra Sarayı'ndaki islami geometrik desenlerini oluşturmak için 17 farklı DKSG kullanmışlardır. Desenleri oluşturabilmek için bu simetri gruplarının özelliklerine sahip belli kurallar bulunmaktadır. Bu desenler öteleme, dönme, yansıma ve kayma-yansıma simetrileri kurallarından en az biri ile üretilmektedir. EHM için DKSG tanımlaması, bir periyodik yüzey oluşturmak için değil de başlık motifini oluşturulması için gereken simetri grubu kurallarını ele almaktadır. TB'si bulunan EHM'nin, DKSG'de hangisine karşılık geldiğini belirlemek ve matematiksel tanımlamasını yapabilmek için noktaların belirlenmesi ve konum verilerin oluşturulması gerekmektedir. Bunun için de Şekil 4.7'da gösterilen yöntem ile simetri grubu belirlenmektedir.

2 KATLI

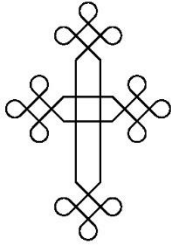


4 KATLI



Yedikilise (Varagavank)
Manastırı
EHM-10

CM



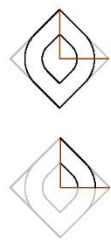
Yedikilise (Varagavank)
Manastırı
EHM-26

P4M



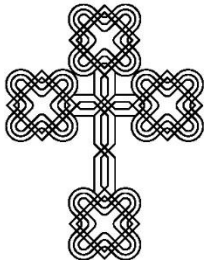
Yedikilise (Varagavank)
Manastırı
EHM-30

CMM



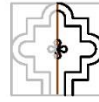
Yedikilise (Varagavank)
Manastırı
EHM-61

P4M



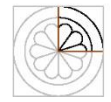
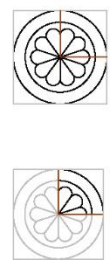
Yedikilise (Varagavank)
Manastırı
EHM-43

PM



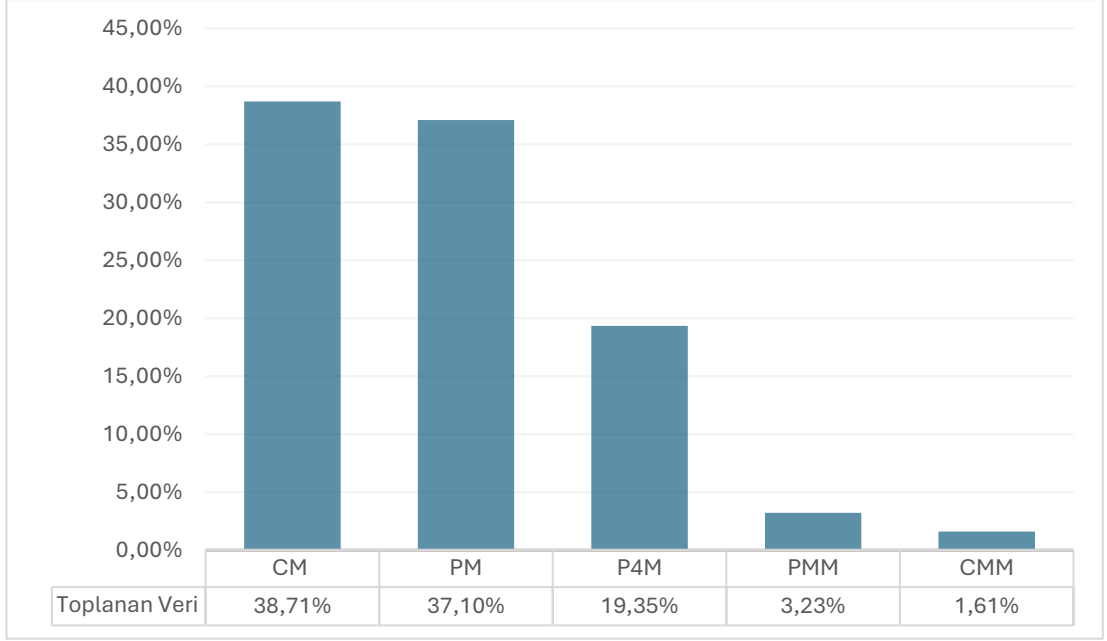
Saint Jean (Ktouts)
Manastırı
EHM-60

PMM



Şekil 4.7. EHM için DKSG belirleme adımları

İncelenen geometrilere benzersiz 62 farklı EHM olduğu tespit edilmiştir. Bu motiflerin 24 tane CM, 23 tane PM, 12 tane P4M, 2 tane PMM ve 1 tanesinin de CMM simetri grubuna sahip olduğu anlaşılmaktadır. Bu motiflerin yüzdelik dağılım grafiği Şekil 4.8’de gösterilmektedir.



Şekil 4.8 EHM geometrileri DKSG yüzdelik dağılım grafiği

4.1.3. Matematiksel Tanımlama

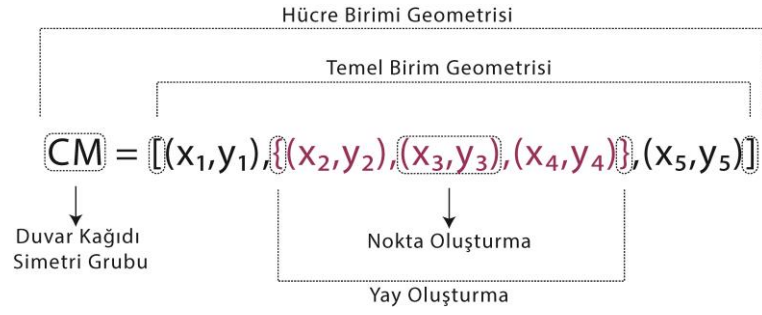
Geometrilerin matematiksel tanımlamasından önce morfolojik açıklamayı yapmak ve bunu tanımlamak gerekmektedir. Morfolojik açıklama, geometriyi oluşturmak için temsili kodlar kullanarak bir simülasyon modeli geliştirmeye yardımcı olmaktadır. Bunun için TB, DKSG ve yapısal bileşenleri sayısal olacak şekilde kullanmaktadır (Alani, 2018).

TB içindeki yapısal bileşenler matematiksel olarak tanımlanabilmektedir. EHM geometrisi için bu tanımlama yapılırken çizgiler ve yayların beraber kullanılması sebebi ile tanımlanması gerekmektedir. Örneğin Yedikilise (Varagavank) Manastırı'ndaki EHM tanımlaması şu şekilde yapılabilir:

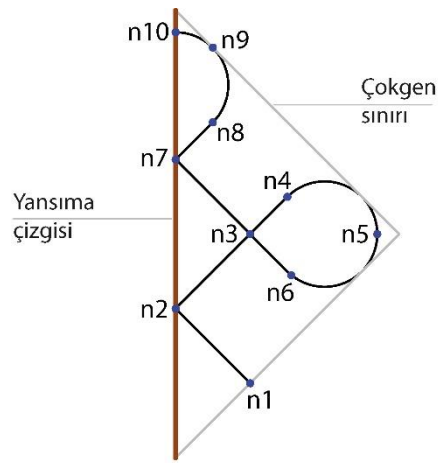
$$PL = [n1 \ n2 \ n3 \ \{n4 \ n5 \ n6\} \ n3 \ n7 \ \{n8 \ n9 \ n10\}]$$

PL çoklu çizgiyi ve n ise yapısal noktaları ifade etmektedir. Süslü parantez yayları ifade ederken içerisindeki bilgiler de bu yayların başlangıç, tepe ve bitiş noktalarını ve köşeli parantez ise buradaki çoklu çizginin başlangıcını ve bitişini göstermektedir. Fakat bu çalışma yalnızca TB içindeki geometriyi temsil etmektedir. Bu TB'ye simetri bilgisi eklenerek motifin geri kalan kısmının tamamlanması gerekmektedir. Böylece kod şu şekilde yazılabilmektedir:

$$PM: [n1\ n2\ n3\ \{n4\ n5\ n6\}\ n3\ n7\ \{n8\ n9\ n10\}]$$



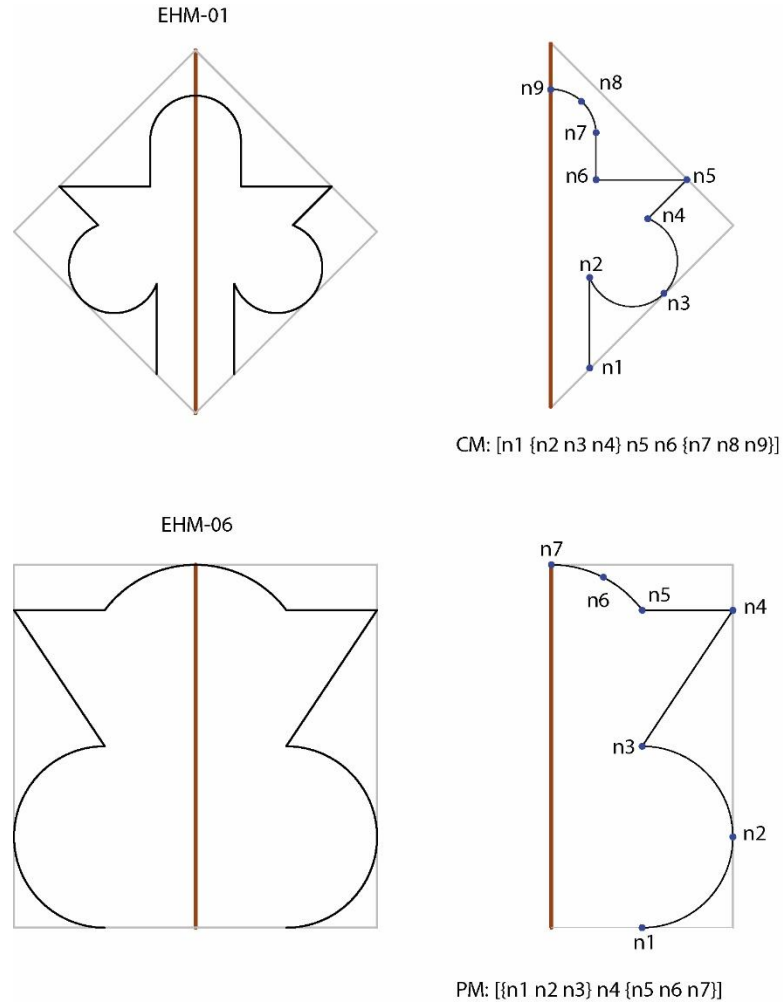
Şekil 4.9 Hücre Birim geometrisi için tanımlanan temsili kodun açılımı



$$CM: [n1\ n2\ n3\ \{n4\ n5\ n6\}\ n3\ n7\ \{n8\ n9\ n10\}]$$

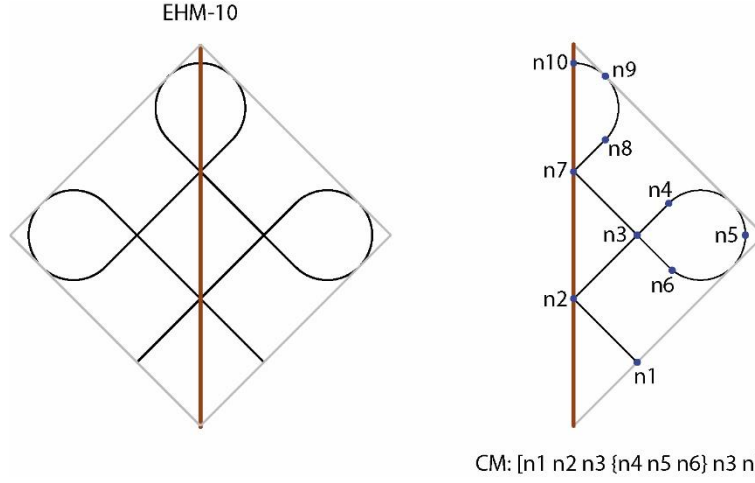
Şekil 4.10. EHM TB'si üzerinde matematiksel kodun tanımlanması

Bu kodları geometriler üzerinde gösterebilmek için (Şekil 4.10) TB geometrisi ele alınmaktadır. Bu sebeple yukarıdaki tanımlamalara ek olarak kırmızı renkteki çizgi TB'nin yansıma sınırı gri renkli çizgiler ise çokgen sınırı olarak tanımlanmaktadır.



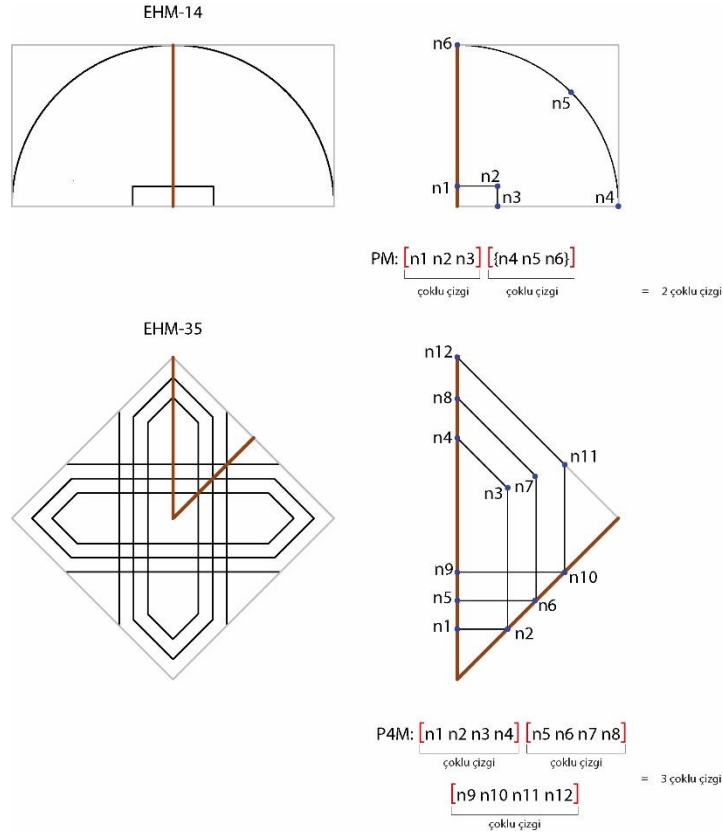
Şekil 4.11 EHM-01 ve EHM-06 geometrilerinin matematiksel kod tanımlaması

Çoklu yönetilebilir (değiştirilebilir) noktaya sahip geometriler, Şekil 4.11'daki EHM-01 ve EHM-06 numaralı geometrilere benzer şekilde kodlanabilmektedir. Bunun yanında çoklu çizgilerin kesiştiği noktalarda geometrik motifin kodu yine aynı şekilde tanımlanabilir. Ancak ortak nokta (n3 noktası) kodlamada iki kez ele alınmaktadır. Örneğin Yedikilise (Varagavank) Manastırı'ndaki EHM-10 numaralı geometrideki tanımlama Şekil 4.12'deki gibi gösterilebilmektedir.



Şekil 4.12 EHM-10 geometrisinde tekrar eden noktalar ile kod tanımlaması

Geometriler bir çoklu çizgiden oluştuğu gibi birden fazla çoklu çizgilerden de oluşabilmektedir. Çoklu çizgilerin birden fazla olması durumunda kodlama bu sayıya göre yan yana köşeli parantez içine gelecek şekilde eklenmektedir. Örneğin, Şekil 4.13'deki geometri şu şekilde tanımlanabilmektedir.



Şekil 4.13 Birden fazla çoklu çizgiye sahip EHM-15 ve EHM-35 geometrilerinin kod tanımlaması

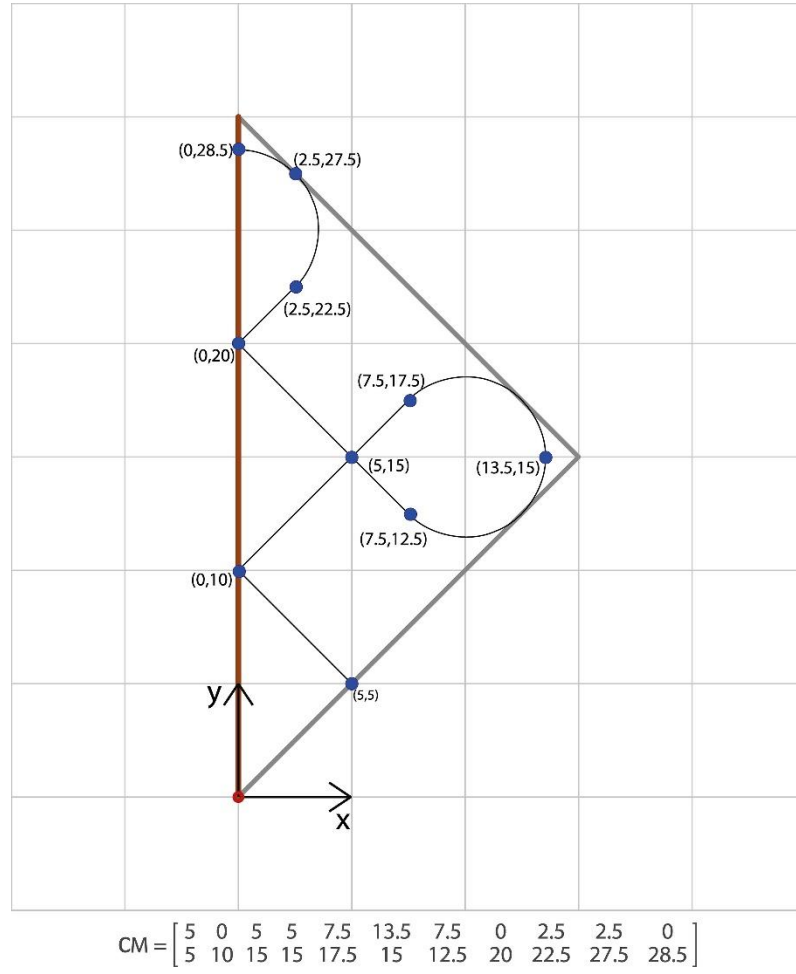
March ve Steadman (1974), yaptıkları çalışmada formları tanımlamak için matematiği kullanmışlardır. Form tanımlamaları için düzenli ve düzensiz olmak üzere iki yöntem uygulanmıştır. Düzenli form için kartezyen koordinat sistemi ile X, Y eksenleri üzerinde belirleyerek kullanılmıştır. Bir odanın matematiksel tanımlaması bu sistem ile gerçekleştirilmiştir. Düzensiz formlar için ise kartezyen koordinat sisteminde çizgi parçalarını ve çizgiler arasındaki açıların kullanması önerilmiştir. Alani (2018), yaptığı doktora tezinde İslami Geometrik Desenleri matematiksel olarak tanımlamak için kartezyen koordinat sisteminde çizgi parçalarının uzunluğunu (r) ve açıları ($\emptyset$) kullanmıştır:

$$Q = \begin{bmatrix} r1 & r2 & rn \\ \emptyset1 & \emptyset2 & \emptysetn \end{bmatrix}$$

Motif tasarımının doğru bir şekilde oluşturulması için bağlantı noktalarının konumlarının net bir şekilde ifade edilmesi gerekmektedir. Bu noktalar, kartezyen koordinat sistemindeki X, Y eksenleri üzerindeki noktalar ile tanımlanmaktadır. EHM için matematiksel tanımlama bu yöntem ile yapılmaktadır:

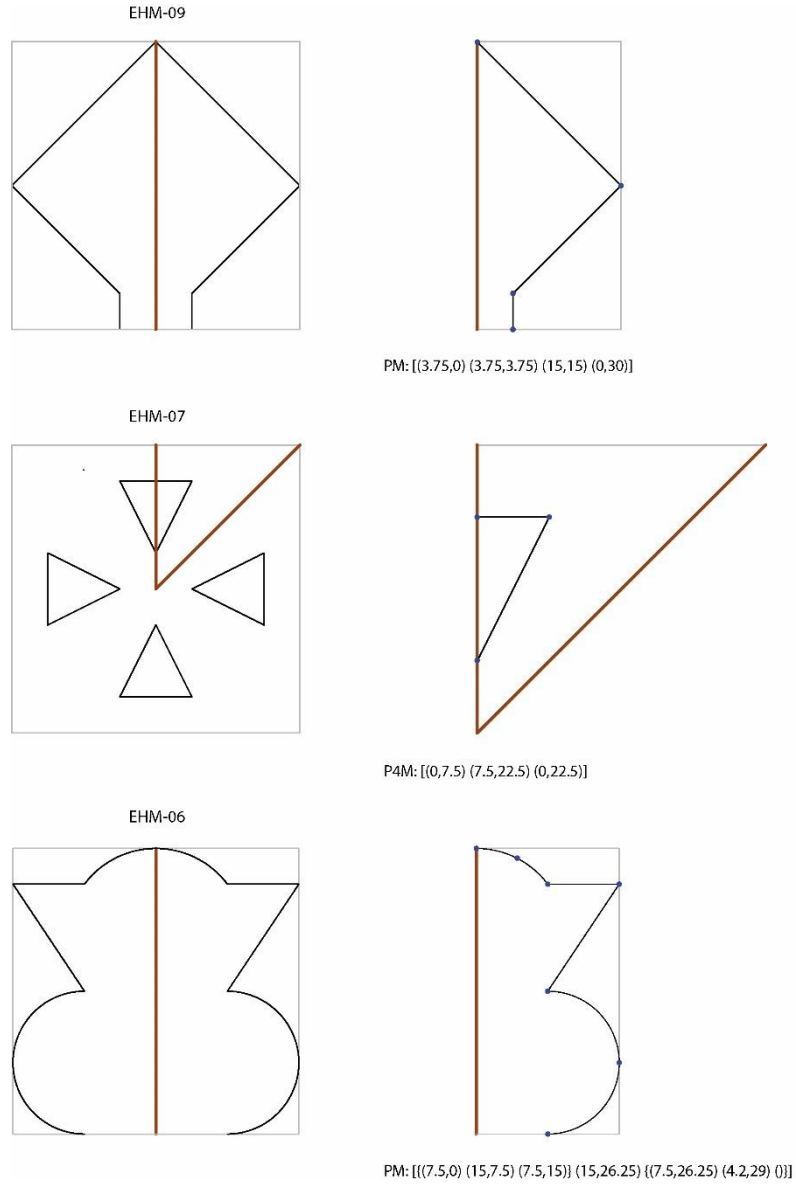
$$P = \begin{bmatrix} x1 & x2 & \dots & xn \\ y1 & y2 & \dots & yn \end{bmatrix}$$

Motifin parametrik tanımlanması, temsili kodun belirli girdiler sonucunda geometrik deseni ortaya çıkaran ve sonuç olarak var olan modeli oluşturmak için TB'lerin simetri gruplarını kullanmaktadır. Bu işlem noktalar ve bu noktalar arasındaki ilişkiler ile gerçekleştirilmektedir. Matematiksel tanımlama için simetri grubu ve yapısal noktaların konumu ifade edildikten sonra bir sonraki işlem olan koordinat sistemi üzerindeki tanımlama işlemini gerçekleştirmektir. EHM-10 geometrisinin matematiksel tanımlamasının kartezyen koordinat sistemi üzerindeki tanımlaması Şekil 4.14'de gösterilmektedir. Buradaki gridler üzerindeki kareler 5 birimden oluşmaktadır.



Şekil 4.14 EHM-10 TB geometrisinin kartezyen koordinat sistemi üzerindeki noktaların tanımlanması

Çalışma, EHM'nin sanal modelini temsil eden bir tanımlama modeli geliştirmek ve bu modellerden yeni modeller üretmek için tüm olasılıkları kapsayan bir model üretme çabası içerisinde. Bu sebeple EHM morfolojisini temsil eden 270 geometriden benzersiz olan 62 geometri modelinin tamamının kodlaması gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.15'te EHM geometrileri için çoklu çizgilerin matematiksel tanımlama işleminin belirlenen kurallar doğrultusunda kodlarının açılımları gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.15 EHM-09, EHM-07 ve EHM-06 geometrilerinin kartezyen koordinat sistemi ile tanımlanması

Yukarıda açıkladığımız gibi EHM'nin parametrik modelini oluşturmak için, tüm olasılıkları belirlemek ve birden fazla çoklu çizgi içeren tasarımları tanımlayabilmek önem kazanmaktadır. Bunun yanında, yapısal noktaların sıralarının korunması bu noktaların değişkenlikleri açısından gereklidir. EHM'lerin sanal modelinin oluşturulması işlemi için matematiksel kod şu şekilde ifade edilebilmektedir:

$$DKSG: [(x_{n_1} y_{n_1}) \dots (x_{n_a} y_{n_a})] [(x_{n_{a+1}} y_{n_{a+1}}) \dots (x_{n_{a+b}} y_{n_{a+b}})] \dots$$

$$[(x_{n_{a+b+\dots+1}} y_{n_{a+b+\dots+1}}) \dots (x_{n_{a+b+\dots+z}} y_{n_{a+b+\dots+z}})]$$

Yukarıdaki denklemde DKSG geometrinin simetri grubu ifade eder, a bir çoklu çizginin nokta sayısını, b ikili çoklu çizginin toplam nokta sayısını ve z ise n'ninci çoklu çizginin toplam nokta sayısını ifade etmektedir.

4.2. Parametreleştirme ve Üretim

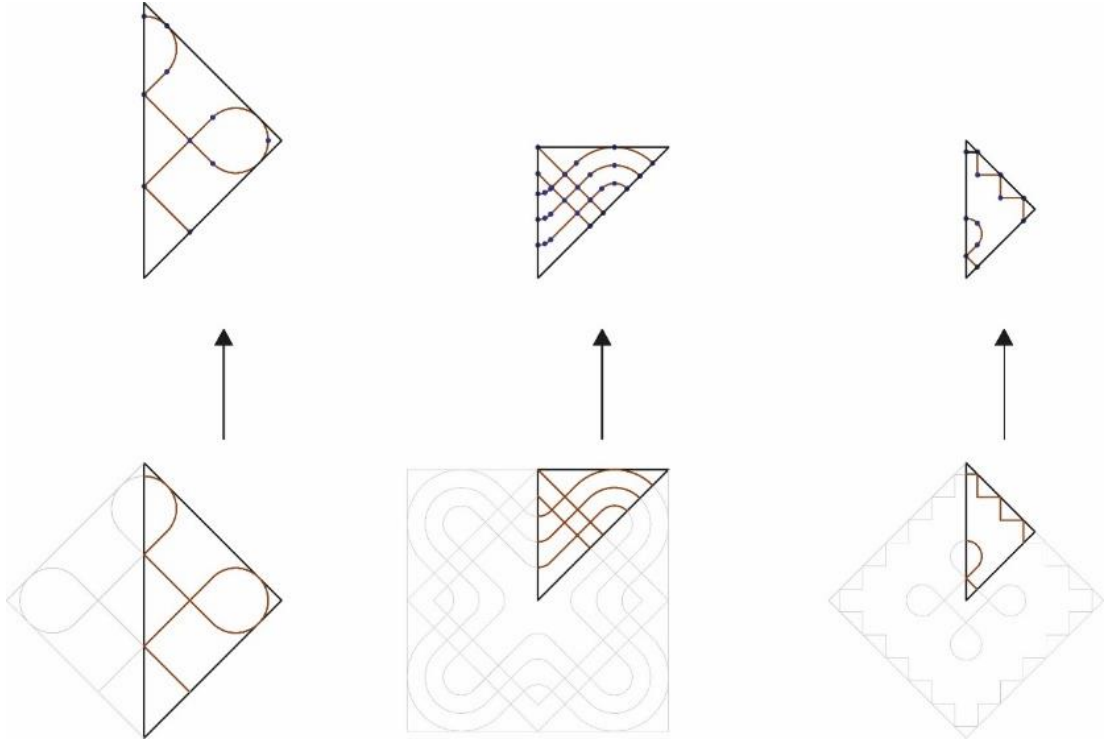
Parametrik tasarım, parametre ve parametrik kavramlarını barındıran bir tasarım düzenidir. Parametrik tasarımı anlayabilmek için bu iki kavramı tanımlamak gerekmektedir. Parametre kavramı, temelde bir durum için tanımlanmış ve değiştirilebilen bir nicelik olarak ifade edilirken parametrik kavramı, bu nicelik için bir veya birden çok durumu içinde barındırması ile ifade edilmektedir (Erbaş, 2013). Parametrik tasarım için önemli olan bu parametreler arasındaki ilişkiyi kurmak ve bu parametreleri isteğe göre yönetebilmektir.

Tanımdan da anlaşılacağı üzere tasarım kriterleri için bir dizi parametre oluşturulmakta ve sistematik olarak biçimler veya konumlar değiştirilerek farklı formlarda geometriler üretilmektedir. İstenen geometriye ulaşıncaya kadar parametreler değiştirilmeye devam etmektedir. Tasarımdaki parametreler geometriye, rüzgâra, ışığa veya kullanıcı sayısı vb. gibi nicelikleri temsil edebilmektedir. Bu tasarım sürecinde önemli olan parametreler arasındaki ilişkiyi doğru kurabilmek ve kontrolünü sağlayabilmektir. Bu sebeple çalışmada EHM geometrilerini üretebilmek için parametrik bir yöntem uygulanmaktadır.

Motif geometrileri ile yapılan çalışmalarda genelde motif üreteçleri bir bütün olarak düşünülüp geometriler bu bütünlük üzerine deformasyonlar ile gerçekleştirilmektedir. Diğer çalışmalarda ise sıfırdan motif üretimlerin oluşturulması sağlanmaktadır. Alani ve Barrios (2015), noktasal olarak parametrik model oluşturarak varyasyonlar üretmiştir. Fakat bu modeller genel olarak IGP motiflerinde lineer çizgilerden oluşan modelleri kapsamaktadır. Mevcut çalışmamızda çizgilerin yanında yayların bulunması bu noktada farklılaşmayı sağlamaktadır. Burada önerilen yöntem ile mevcut bir geometrinin tasarım sonrası analizini yapılmakta ve TB'nin geometrik öğeleri parametreleştirilerek farklı DKSG'ye uygulanarak aynı parametrik modelden yeni benzersiz tasarımlar üretilebilmektedir.

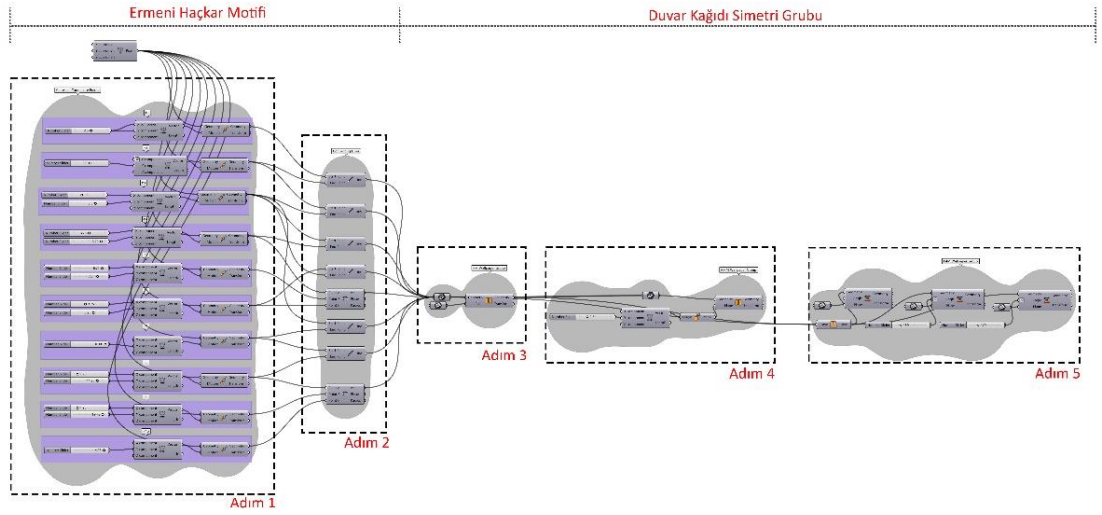
Başlangıçta EHM'nin TB'si, başlık geometrisinin tekrarlanmayan bileşenlere ayrıştırılmasıyla bulunmaktadır. TB bulunduktan sonra oluşturulması gereken noktalar

belirlenip kartezyen koordinat sisteminde karşılıkları ile parametrik model oluşturulmaktadır. Bu parametrik modele farklı simetri grupları uygulanarak tasarım varyasyonlarının keşfedilmesine izin veren değişken niteliklere sahip geometrik bir model ortaya konmaktadır. Şekil 4.16’de parametreleştirilmiş TB geometrisi gösterilmektedir.



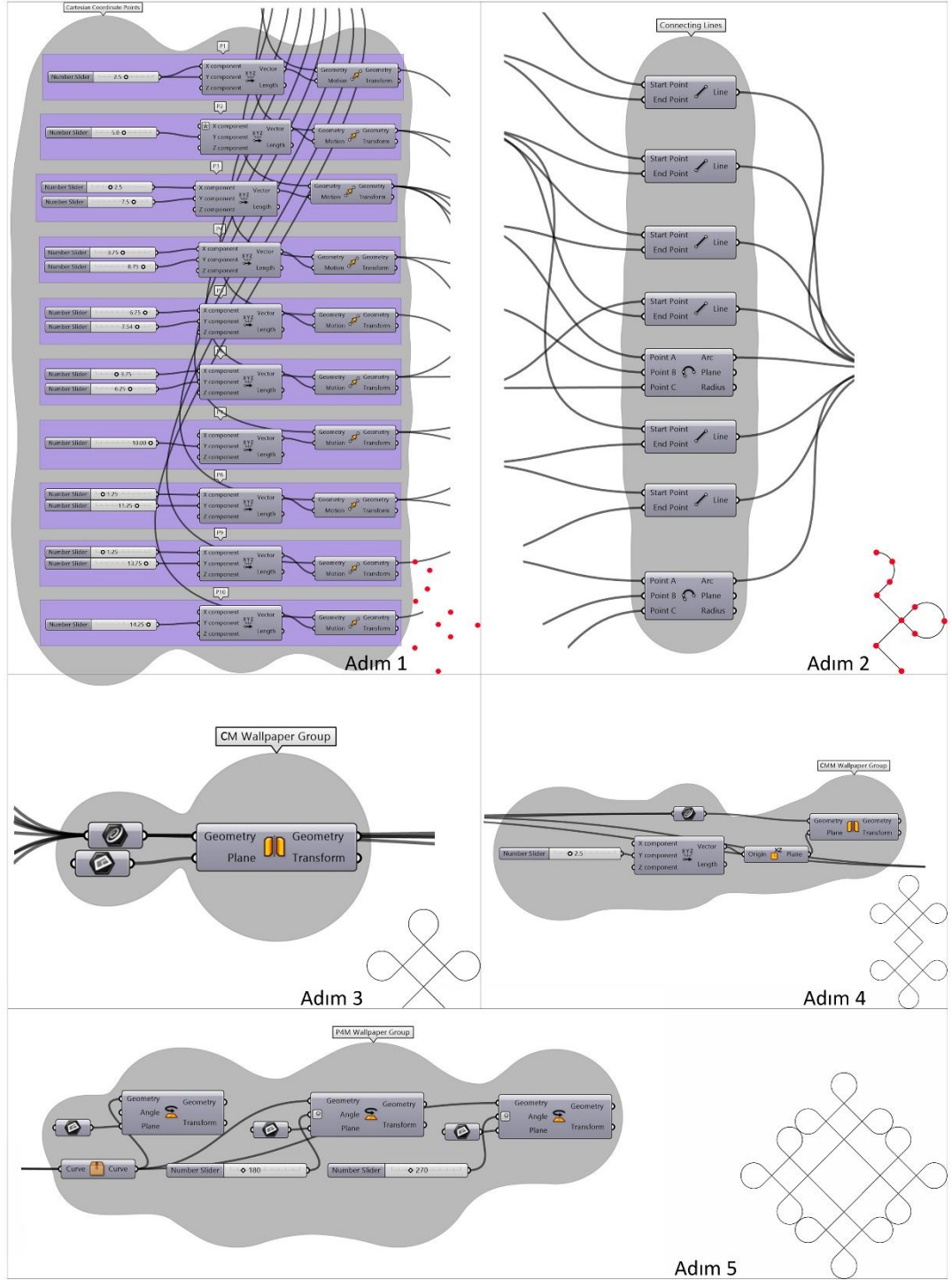
Şekil 4.16 EHM-10, EHM-60 ve EHM-26’nın TB geometrilerinin parametreleştirilmesi

Parametrik modeli oluşturulan geometrinin varyasyonlarını oluşturulabilmek için serbest noktaların konumlarını değiştirmek gerekmektedir. Bunun için Rhinoceros 3D içerisinde çalışan Grasshopper görsel programlama dili kullanılmaktadır. EHM’nin parametrik modelini oluşturmak için Grasshopper içerisinde noktaları X, Y eksenlerindeki karşılıklarına göre yerleştirilmekte ve bu noktalar geometriye göre çizgiler ve yaylar ile birbirine bağlanmaktadır (Şekil 4.17). Bu şekilde EHM’nin var olan tasarımlarının dönüşümü sağlanmakta ve yeni üretimler gerçekleştirilebilmektedir.



Şekil 4.17 EHM geometrisi için Grasshopper modeli

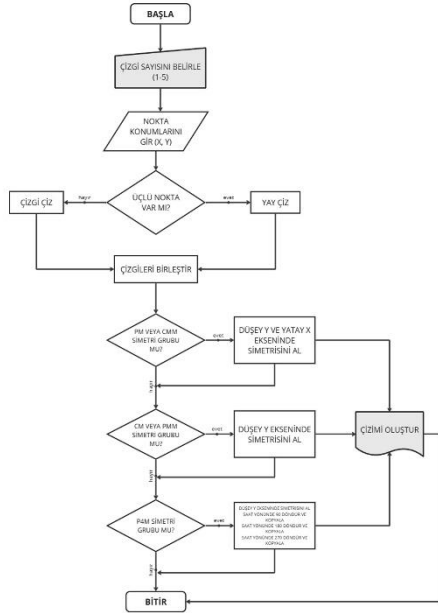
EHM'yi oluşturmak için TB'deki noktaların kartezyen koordinat sistemindeki karşılık değerleri girilerek nokta modeli oluşturulmaktadır (Şekil 4.18, adım 1). Oluşturulan noktaların sırasıyla bağlantılarını gerçekleştirmek için lineer çizgiler ve yaylar kullanılarak TB ortaya çıkarılmaktadır (Şekil 4.18, adım 2). TB ortaya çıkarıldıktan sonra tek yönlü ve dikey yansıma kuralı kullanılarak PM simetri grubuna ait motif oluşturulmaktadır (Şekil 4.18, adım 3). Daha sonra farklı duvar kâğıdı simetri grubuna ait motifler üretebilmek için PM simetri grubu üzerinden yatayda uygulanan yansıma kuralı ile PMM simetri grubu motifi üretilmektedir (Şekil 4.18, adım 4). Son olarak PM simetri grubuna yansıma ve döndürme kuralları uygulanarak P4M simetri grubu motifi oluşturulmaktadır (Şekil 4.18, adım 5).



Şekil 4.18 EHM için GH modelinin ayrıntıları

EHM üretimi yapmak için sırasıyla çizgi sayısının belirlenmesi, noktaların konumlarının belirlenmesi, konum bilgilerinin girilmesi, çoklu çizgi ve yayların çizilmesi ve çizgilerin birleştirilmesi gerekmektedir. Bunun sonucunda TB ortaya

çıkılmaktadır. Daha sonrasında simetri gruplarının belirlenmesiyle birlikte EHM geometrisi oluşturulmaktadır. Bu yöntemin açıklamasının yer aldığı akış diyagramı ve sözel kodlama aşağıda yer almaktadır (Şekil 4.19).



Sözel Kodlama

Başla

Girdi1: Çizgi sayısını belirle (1 ile 5 arası)

İşlem1: Noktaların konumlarını belirle

Girdi2: Orjin'e en yakın konumdan başlayarak sürekli olarak nokta konumlarını (X, Y) gir. (0 ile 30 arası)

Koşul İfadesi1: Üçlü nokta var mı?

İşlem2: Koşul ifadesi kontrol fonksiyonu

Evet1:

İşlem3: Yay çiz.

Hayır1:

İşlem4: Çizgi çiz

İşlem4: Çizgileri birleştir.

Koşul İfadesi2: PM veya CMM simetri grubu mu?

Koşul İfadesi3: CM veya PMM simetri grubu mu?

Koşul İfadesi4: P4M simetri grubu mu?

Evet2:

İşlem6: Düşey Y ekseninde simetrisini al

Yatay X ekseninde simetrisini al

Hayır2:

İşlem7: Koşul İfadesi3 e git

Evet3:

İşlem8: Düşey Y ekseninde simetrisini al

Hayır3:

İşlem9: Koşul İfadesi4 e git

Evet4:

İşlem10: Düşey Y ekseninde simetrisini al

Saat yönünde 90 derece döndür ve kopyala

Saat yönünde 180 derece döndür ve kopyala

Saat yönünde 270 derece döndür ve kopyala

Hayır4:

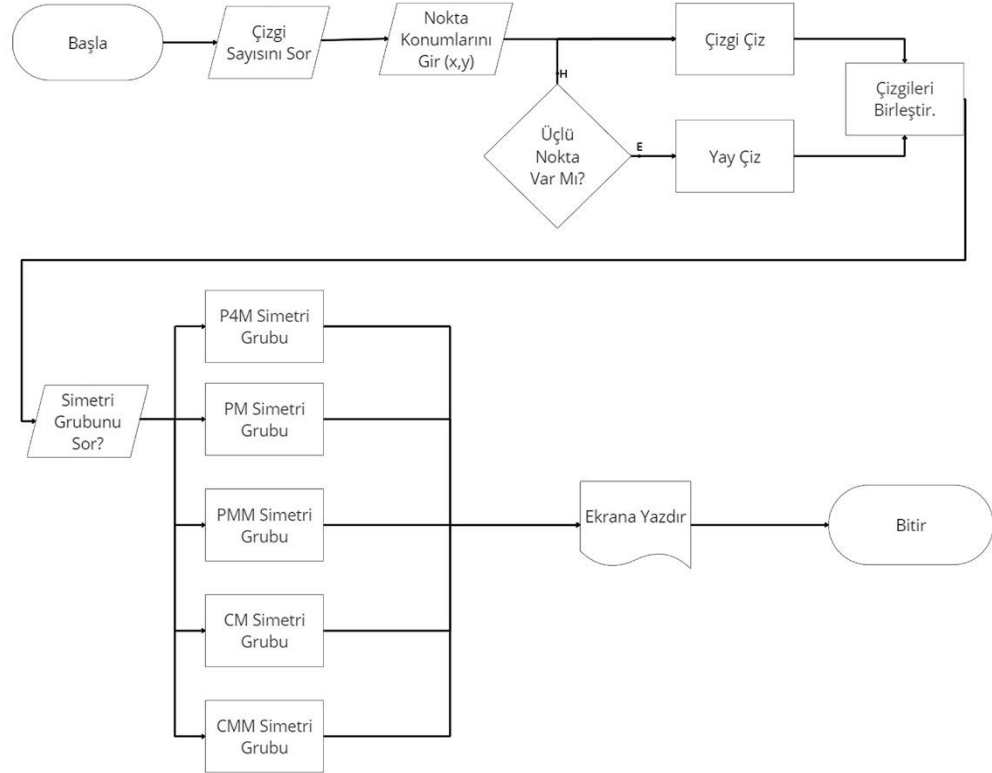
İşlem11: Koşul İfadesi2'ye geri dön.

Bitir.

Şekil 4.19 EHM üretimi için geliştirilen akış diyagramı ve sözel kodlama

4.3. Simülasyon Modeli

EHM geometrilerini tanımlama çalışmasını denemek için oluşturulan kodun nasıl çalıştığını ve tasarımı görselleştirebildiğini anlamak için bir simülasyon programı geliştirilmesi ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Bunu yaparken öncelik adım olan algoritma geliştirme işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.20).



Şekil 4.20 EHM simülasyon programı algoritması

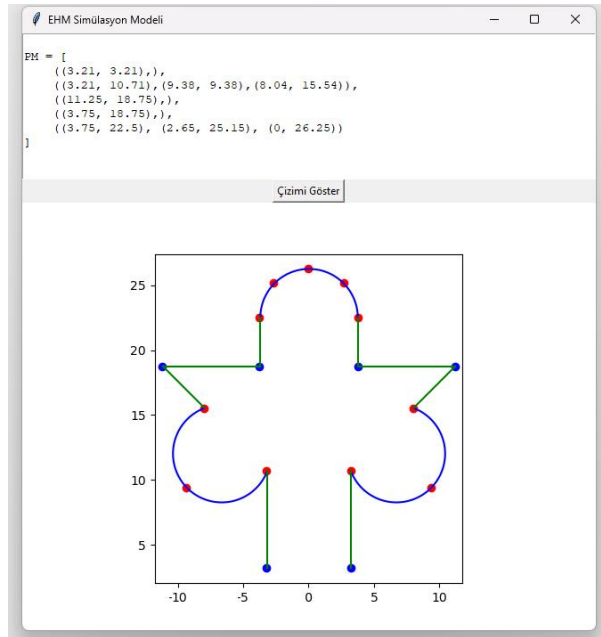
Oluşturulan algoritma, EHM için önemli olan belirli adımlar doğrultusunda tasarlanmış ve geliştirilmiştir. Algoritmamızda kaç adet çoklu çizgi var sorusu ile başlanmış daha sonrasında TB geometrisi için gerekli olan noktaların konumu istenmiştir. Bu noktaların üçlü olup olmama durumuna göre çizgi mi yoksa yay mı çizilmesine karar verilmiş ve bu çizgilerin birleşiminden geometri ortaya çıkarılmıştır. TB geometrisi ortaya çıktıktan sonra hangi DKSG'ye sahip olduğu sorusu ile devam edip çalışma kapsamındaki EHM geometrilerinin PM, CM, PMM, CMM ve P4M simetri gruplarından birinin seçilmesi ile HB yani EHM başlık geometrisi oluşturulmuş ve temsili görseli ekrana yazdırılmıştır.

Bu programda, EHM modelini oluşturabilmek için temsili kodların doğru bir şekilde girilmesi gerekmektedir. Çünkü EHM geometrilerinde çoklu çizgilerin sayısı bu anlamda kodun uzunluğunu ve sırasını belirlemektedir. Bu yüzden EHM'lerin TB geometrilerinde kaç adet çoklu çizgi sayısı olduğu tespit edilmiş Şekil 4.21'deki gibi diyagramı oluşturulmuştur.

	1 Ç	2 Ç	3 Ç	4 Ç	5 Ç
HB					
TB					
KOD	CM = [n1 (n2 n3 n4) n5 (n6 n7 n8)]	PM = [n1 (n2 n3 n4) (n5 n6 n7 n8) [n9 (n10 n11 n12)]]	PM = [n1 (n2 n3 n4) [n5 (n6 n7 n8) [n9 n10 n11]]]	P4M = [n1 n2 [n3 n4 [n5 n6 (n7 n8 n9) [n10 n11 (n12 n13 n14)]]]]	P4M = [[n1 n2 n3 (n4 n5 n6) [n7 n8 n9 (n10 n11 n12) [n13 n14 n15 (n16 n17 n18) [n19 n20 [n21 n22]]]]]]

Şekil 4.21 EHM'lerin TB geometrileri içerisinde yer alan çoklu çizgi sayılarının tanımlanması

Program arayüzündeki girdi bölümü temsili kodun çalıştırıldığı ve çıktı bölümü ise bu kod doğrultusunda ortaya çıkarılan görsel görüntülerin oluşumunu göstermektedir. Program çalıştırıldığı zaman kullanıcıdan temsili kodun girilmesi istenir ve bunun sonucunda EHM başlık geometrisi iki boyutlu gösterimi oluşturulmuş olur. Temsili kodda yer alan süslü ({}) parantez Python'da sözlüğe karşılık geldiğinden simülasyon modelinin çalışması için parantez ile değiştirilir. İstenildiğinde parametreleştirme bölümündeki gibi noktaların değerleri ile oynana bilinir ve yeni motifler üretilebilir.



Şekil 4.22 EHM simülasyon programında EHM-01 üretimi

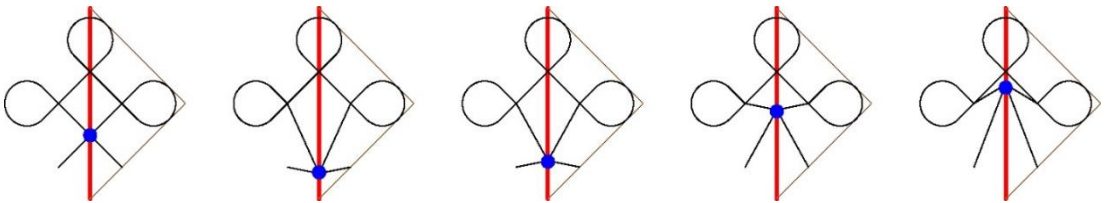
5. MORFOLOJİK İLİŞKİLER UYGULAMASI

Morfoloji, “biçimlerin bilimsel çalışması” olarak tanımlanan, sürekliliği ve form dönüşümünü vurgulayan bir kavramdır. Kelime aslen eski Yunanca morphē kavramından türetilmiş olup biçim anlamına gelmektedir. Bununla birlikte, morfoloji, animasyon ve hareketlilik kavramını da kapsamaktadır. Oxford İngilizce Sözlüğü'ne göre, bir fiil olarak morf, "küçük kademeli adımlarla bir görüntüden diğerine yumuşak bir şekilde geçmek" anlamına gelmektedir (Stevenson, 2010).

Dijital tasarım için çok sayıda şekil varyasyonu üreten sıralı dönüşümler gerçekleştirerek bir çözüm ailesinin keşfedilmesine izin veren tasarım çokluklarını üretmek için topolojik düşünme kullanılmaktadır. Dijital araçlar, sürece zaman kazandıran geometrik metamorfoz sürecini başlatmaya izin vermektedir. Böylece, geometrinin "anahtar şeklini" veya geometrinin belirli bir zamandaki durumunu ifade etmek mümkün hale gelmektedir (Kolarevic 2004). Bu da tasarım varyasyonlarını keşfetmek için uygun bir yol göstermektedir.

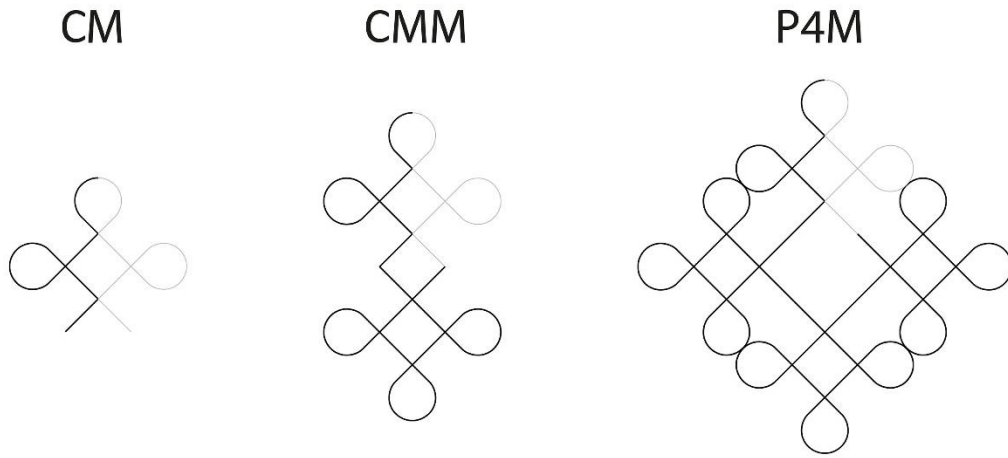
Morfoloji ve onunla ilişkili olan topoloji kavramı, dijital tasarım sürecindeki temel kavramlar olarak gösterilmektedir. Bu kavramlar tasarımların yalnızca çeşitliliklerini ve form optimizasyonunu keşfetmek için değil, bununla birlikte formların hem incelenmesinde hem de tasarım için önemli noktalardan biri olan formların kökenini ve evrimini anlamaya da yardımcı olmaktadır.

Bu aşamada, EHM için parametrik modelin varyasyonlarının geometrisi ve farklı DKSG ile oluşturulan motiflerin sonuçları keşfedilmektedir. Bu yöntem ile geleneksel motiflerin taklit edilerek üretilebildiği veya sıfırdan yeni motiflerin oluşturulabildiği bilinmektedir. Şekil 5.1’de EHM-10 geometrisinin P2 noktasındaki parametre değerinin değiştirilmesi ile gerçekleşen dönüşümler gösterilmektedir.



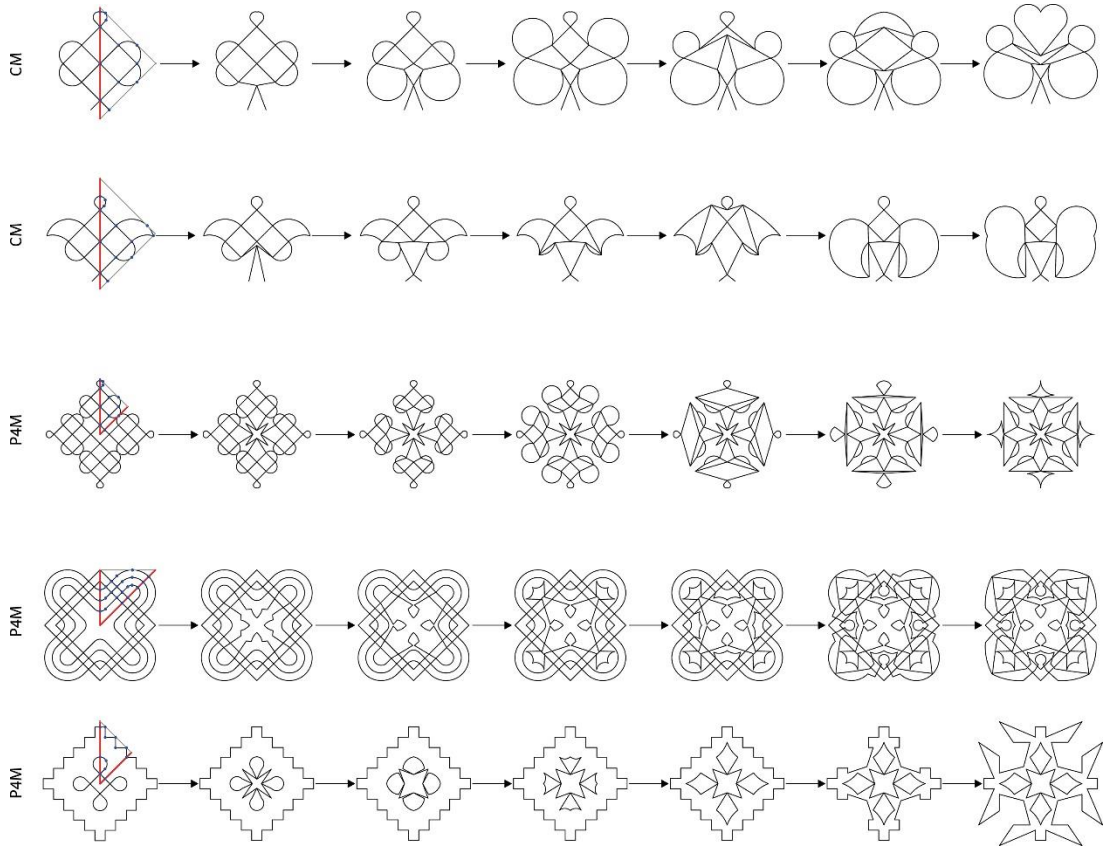
Şekil 5.1. EHM-10 geometrisinin ikinci noktadaki parametre değişimi

Parametrik modeli oluşturulan EHM için sadece var olan motifin dönüşümü gerçekleştirilmemektedir. Aynı zamanda motifteki TB için farklı simetri grupları da uygulanarak varyasyonların gerçekleştirilmesi mümkün olmaktadır. Şekil 5.2’deki gibi PM simetri grubundaki motif tek bir simetri eksenini ile oluşturulmaktadır. Bu motif ikinci bir simetri eksenini ile PMM simetri grubuna karşılık gelen motifi meydana getirmektedir. P4M modeli için ise bir simetri eksenini ve 90 derecelik açı ile üç defa döndürülme sonucunda meydana gelmektedir. Bu yöntem farklı motifler ile de sağlanabilmektedir.



Şekil 5.2. EHM-10 TB'sinin farklı simetri grupları ile oluşturulması

PM, PMM ve P4M simetri gruplarına sahip olan başka EHM motifleri sırasıyla noktasal parametrelerin değiştirilmesi ile sonsuz sayıda motif üretilebilmektedir. Fakat tüm varyasyonlar gösterilemeyeceğinden Şekil 5.3’de iç noktalardan başlayarak dış noktalara kadar parametre değişimi ile oluşturulan motif örnekleri görülmektedir.



Şekil 5.3. PM ve P4M simetri grubuna sahip EHM'lerin geometrik metamorfozu

5.1. Morfolojik Gruplar

Bu bölümde, Alani (2018)'nin doktora tezinde kullandığı İslami Geometrik Motifleri sınıflandırma yöntemi kullanılmıştır. EHM'lerin temsili kodları incelendi ve her geometri TB'sinde yer alan çoklu çizgi sayısına göre sınıflandırılıp veriler ayrıştırıldı. Çalışma kapsamında ele alınan 270 EHM geometrisi içerisinde benzersiz olan 62 farklı EHM başlığı bulunmaktadır. Bu veriler aşağıdaki gibi tanımlanabilmektedir.

Grup A – Bir Çoklu Çizgi: Nokta sınıfında TB içerisinde tek bir çoklu çizgi bulunmaktadır. Bu grup, dörtlü bağlantı noktası olarak da bilinen ve TB içerisinde dört segment oluşturan nokta sayısına (DN) bağlı olarak A0, A1, A2 ve A3 olmak üzere dört benzersiz morfolojik gruba (BMG) ayrılmaktadır. Buradaki A harfi çoklu çizgi sayısını sonraki sayı ise TB içerisinde tanımlanan DN sayısını göstermektedir. En çok kullanılan BMG, 8 tasarımla A0 grubu olarak gösterilebilmektedir.

Grup B – İki Çoklu Çizgi: Nokta sınıfı içerisinde TB içerisinde iki çoklu çizgi bulunmakta olup 21 farklı tasarım bu gruba girmektedir. Bu grup B0, B1, B2, B6 ve

B10 olmak üzere beş farklı BMG grubuna ayrılmaktadır. B0, 10 tasarımla en çok kullanılan BMG'dir.

Grup C – Üç Çoklu Çizgi: Nokta sınıfı içerisinde TB içerisinde üç çoklu çizgi bulunmakta olup 14 farklı tasarım bu gruba girmektedir. Bu grup C0, C1, C3, C6 ve C9 olmak üzere beş farklı BMG grubuna ayrılmaktadır. C0, 10 tasarımla en çok kullanılan BMG'dir.

Grup D – Dört Çoklu Çizgi: Nokta sınıfı içerisinde TB içerisinde dört çoklu çizgi bulunmakta olup 11 farklı tasarım bu gruba girmektedir. Bu grup D0, D1 ve D2 olmak üzere üç farklı BMG grubuna ayrılmaktadır. D0, 8 tasarımla en çok kullanılan BMG'dir.

Grup E – Beş Çoklu Çizgi: Nokta sınıfı içerisinde TB içerisinde beş çoklu çizgi bulunmakta olup 5 farklı tasarım bu gruba girmektedir. Bu grup E0, E3 ve E4 olmak üzere üç farklı BMG grubuna ayrılmaktadır. E0, 3 tasarımla en çok kullanılan BMG'dir.

Genel olarak benzersiz motiflerin 11 tanesi A, 21 tanesi B, 14 tanesi C, 11 tanesi D ve 5 tanesi de E grubuna girmektedir.

Morfolojik Grup A											
Morfolojik Grup B											
Morfolojik Grup C											
Morfolojik Grup D											
Morfolojik Grup E											

Şekil 5.4. Morfolojik gruplara göre EHM'ler

5.2. Algoritma Oluşturma

Çalışma kapsamında ele alınan EHM'lerden kaç tanesinin tekrar ettiği sorusu algoritma oluşturmada ve bunun sonucunda gruplara ayrılmasında sınıflandırma çalışmasına yardımcı olmaktadır. Bunun sonucunda özdeşlik ve yapısal eşdeğerlik olmak üzere iki farklı kategori oluşturulmuştur. Özdeşlik kategorisinde kopya tasarımlar tanımlanmasıyla ilgili olup yapısal eşdeğerlik kategorisi, tarihsel tasarımlar arasında paylaşılan morfolojik konfigürasyonların varlığını belirlemekle ilgilidir. Bu kategori aynı zamanda her biri kendi içerisinde sahip olduğu dört farklı seviyeden oluşmaktadır. Bu seviyeler, temsili kodlardaki noktaların sıralamaları, x veya y koordinatlarının benzerlikleri gibi karşılaştırmalardan kademeli olarak belirlenmektedir.

Tablo 5.1. EHM'lerin morfolojik ilişkilerinin belirlenmesinde kullanılan kategoriler

		Kategoriler				
		Tüm x, y koordinatları nın aynı olması	3 veya daha fazla benzer nokta bulunması	Nokta sayısı eşitliği	Benzersiz Morfolojik Grup	Morfolojik Grup
Özdeşlik Kategorisi		+	+	+	+	+
Yapısal Eşdeğerlik Kategorisi	Seviye 1	-	+	+	+	+
	Seviye 2	-	-	+	+	+
	Seviye 3	-	-	-	+	+
	Seviye 4	-	-	-	-	+

5.2.1. Arama Algoritmaları

Yukarıda oluşturduğumuz kategoriler için temsili kod girdileri EHM geometrilerinin veri tabanı ve var olan ilişkilerini karşılaştıran bir arama algoritması geliştirilmiştir. Ancak, karşılaştırma işleminin gerçekleştirilebilmesi için temsili kodların sıralanması gerekmektedir. Her temsili kod bir EHM geometrisinin karşıliğı olsa bile sıralamaların farklı olası durumları olduğu bilinmektedir. Yani her bir EHM, birden fazla temsili kod ile tanımlanabilmektedir. Bu da çizgilerin kesişmesi ve birden fazla çoklu çizgi bulundurmaları sebebi ile farklı şekillerde tanımlanabilmesinden kaynaklanmaktadır. Bu sebeple, eşleştirme algoritması ile kodları karşılaştırmadan önce, olası tüm temsili kodların tanımlanması gerekmektedir.

5.2.2. Sıralama Algoritmaları

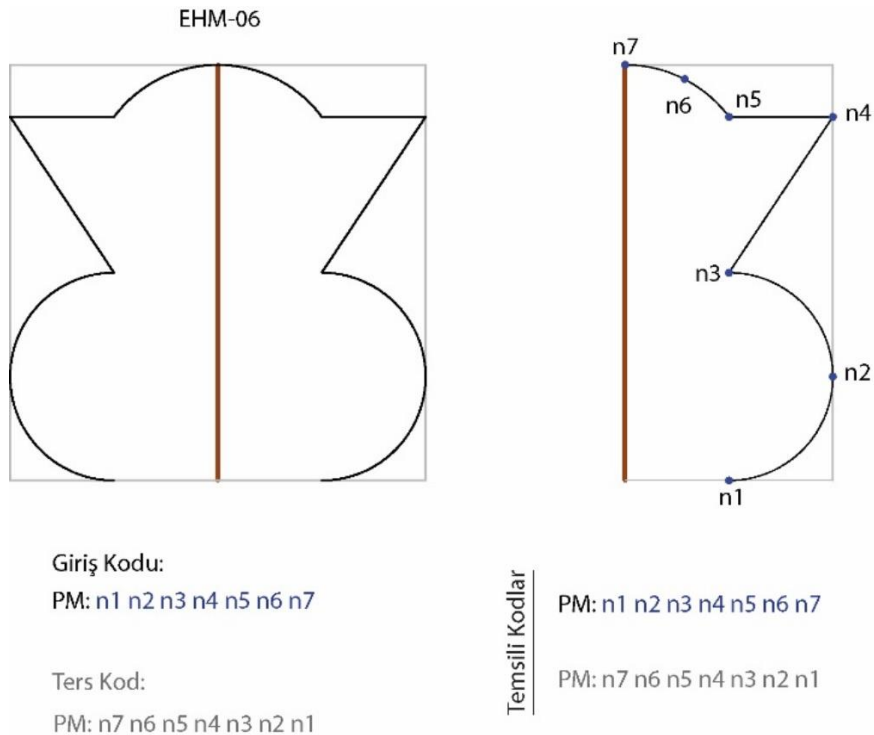
Özdeşlik kategorilerinin veya yapısal eşdeğerlik kategorilerinin birinci seviyedeki benzer tasarımların aranması için, nokta bilgilerinin değerlerinin ve sıralarının karşılaştırılması gerekmektedir. Bu nedenle aşağıdaki belirli morfolojik gruplar için bir sıralama algoritması geliştirilmiştir. A0, A1, B0 ve B1’de her grup için aynı çoklu çizgiye sahip geometriler bulunduğundan özdeş ve yapısal eşdeğerlik kategorileri için gösterilebilmektedir.

5.2.2.1. A0 BMG

Bölüm 5.1.’de anlatıldığı gibi A grubu, TB içerisinde tek bir çoklu çizginin olduğunu “0” sayısı ise herhangi bir DN’nin olmadığı EHM geometrilerini ifade etmektedir. Bu sebeple temsili kodu iki farklı şekilde tanımlayabilmekteyiz.

- n1’den başlayıp nn’e kadar
- nn’den başlayıp n1’e kadar

tanımlayabiliriz (Şekil 5.5).



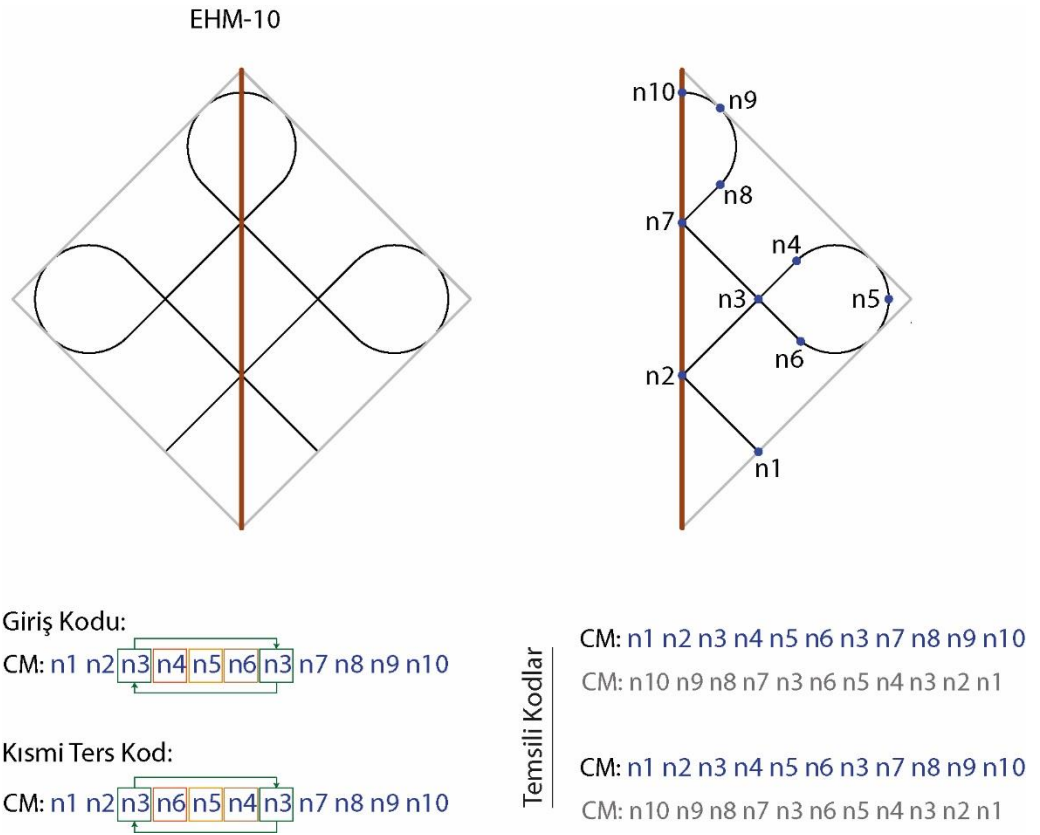
Şekil 5.5. A0 BMG temsili kodlarının belirlenmesi

5.2.2.2. A1 BMG

A1, TB içerisinde tek bir DN'ye sahip ve bir çoklu çizginin olduğunu ifade etmektedir. Bu sebeple temsili kodu dört farklı şekilde tanımlayabilmekteyiz.

- n1'den başlayarak nn'ye kadar sıralama,
- İlk kodun tersinin yazılması,
- DN arasına düşen noktaların sırasının tersine çevrilmesi
- Bir önceki kodun tersinin yazılması

şeklinde tanımlayabiliriz (Şekil 5.6).



Şekil 5.6. A1 BMG temsili kodlarının belirlenmesi

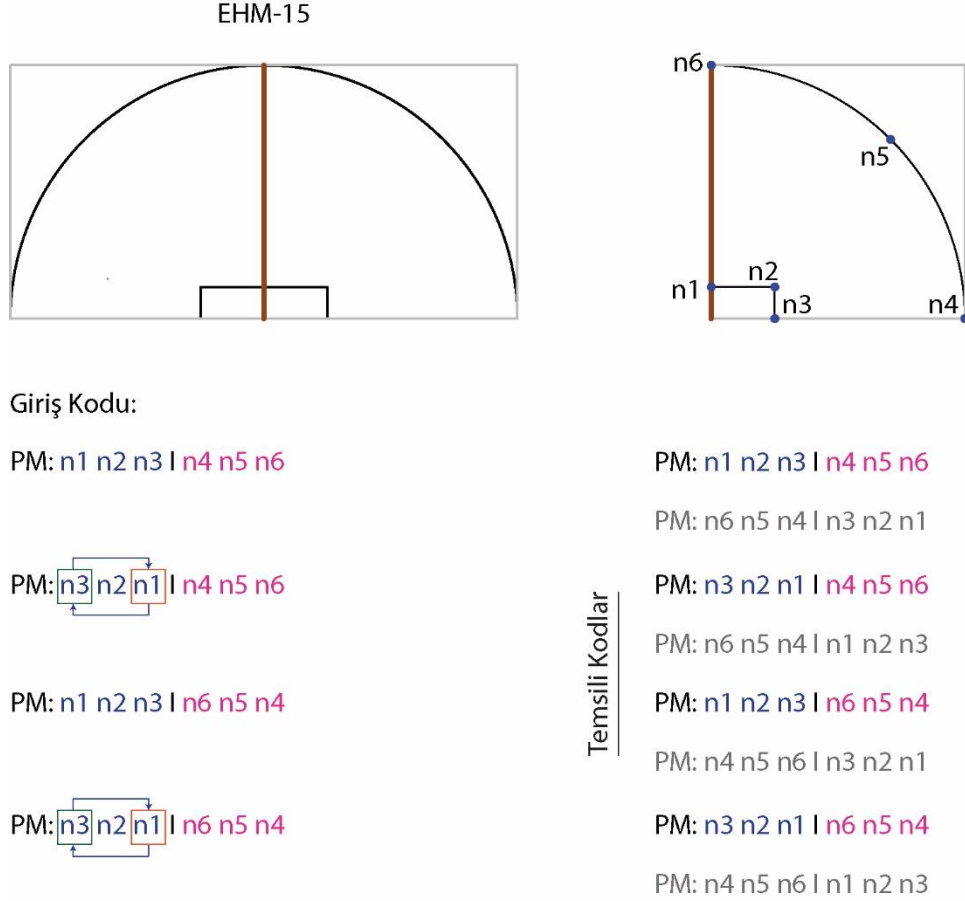
5.2.2.3. B0 BMG

Bu grupta iki çoklu çizgi bulunmakta olup DN bulunmamaktadır. Bunun için her çoklu çizgi içerisindeki noktaların sırasını çevirmek gerekmektedir. Bu kodlar şu şekilde açıklanabilir:

- İlk olası kod'un yazılması

- İlk kodun tersinin yazılması
- Çoklu çizgilerden birinin sabit tutulması ile diğerinin tersten yazılması
- Bir önceki adımda yazılan kodun tam tersinin yazılması
- 3. ve 4. adımdaki işlemlerinin tam tersinin yazılması

Şeklinde tanımlayabiliriz (Şekil 5.7).



Şekil 5.7. B0 BMG temsili kodlarının belirlenmesi

5.3. Eşleştirme Algoritmaları

Eşleştirme algoritması ile, iki farklı motif arasında temsili kodların karşılaştırması işlemi yapılır ve bunun sonucunda var olan morfolojik bağıntıları ortaya çıkarır. Bölüm 4.2.2.'deki EHM'lerin temsili kodlarının belirlenmesi işlemi eşleştirme algoritmasının sağlıklı çalışabilmesi için düzenlenmiştir. Eşleştirme algoritmaları, özdeşlik ve yapısal eşdeğerlilik kategorilerinden oluşmaktadır. Özdeşlik kategorisinde 270 motifin tamamı ele alınırken yapısal eşdeğerlilik kategorilerinde çalışma kapsamında ele alınan ve analizi gerçekleştirilen 62 EHM geometrisi ele alınmıştır.

5.3.1. Özdeşlik Kategorileri

Bu kategoride çalışma kapsamında ele alınan EHM'lerin kullanılma sıklıkları belirlenmektedir. Bu kategorideki EHM'lerin temsili kodlarının birebir eşleşmesi gerekmektedir. Veri tabanına kaydedilen EHM'lerin kodu kendi içerisindeki 270 geometri ile karşılaştırılmaktadır.

Çalışma kapsamındaki manastırlarda bulunan 270 geometrinin incelenmesi sonucunda 256 geometrinin temsili kodlarının en az bir başka geometri ile paylaştığı ve 14 geometrinin ise benzersiz olduğu tespit edilmiştir. Bu geometrilerden, kopya geometrileri %94,8 oranında olmakla beraber özgün geometrileri %5,2 oranında olduğu görülmektedir.

Tablo 5.2 Özdeşlik kategorilerindeki sınıflandırma

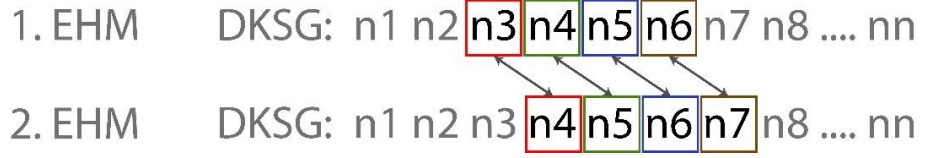
	Kopya Geometri	Kopya Geometri Yüzdesi	Benzersiz Geometri	Benzersiz Geometri Yüzdesi	Toplam
EHM	256	%94,8	14	%5,2	270

5.3.2. Yapısal Eşdeğerlilik Kategorileri

Bu kategoride, EHM'lerin morfolojik ilişkilerinden yola çıkarak, benzer tasarımların tanımlanması ve temsili kodlarda yer alan bilgiler doğrultusunda yapısal eşleştirme işlemleri gerçekleştirilmektedir. Bunu yaparken kademeli olarak beş seviye uygulanmaktadır. Bu seviyeler sırasıyla tüm x, y koordinatlarının aynı olan, üç veya daha fazla benzer nokta bulunan, nokta sayısı aynı olan, aynı BMG'ye sahip ve morfolojik grupta olmak üzere beş özellik altında incelenmektedir. Seviyeler ve sırası ile tanımlamaları aşağıda gösterilmektedir.

5.3.2.1. Seviye 1

Yukarıda bahsedilen seviyeler içindeki özelliklerden tüm x, y koordinatlarının aynı olması dışındaki özelliklerin ortak olduğu seviye grubunu temsil etmektedir. Geri kalan özelliklerin sırasıyla sağlandığı geometriler bu gruba girmektedir. Üç veya daha fazla benzer noktanın bulunduğu EHM'ler bu grubun belirlenmesinde son özellik olarak bilinmektedir (Şekil 5.8).



Şekil 5.8. Belirli noktaların aynı olduğu EHM'ler

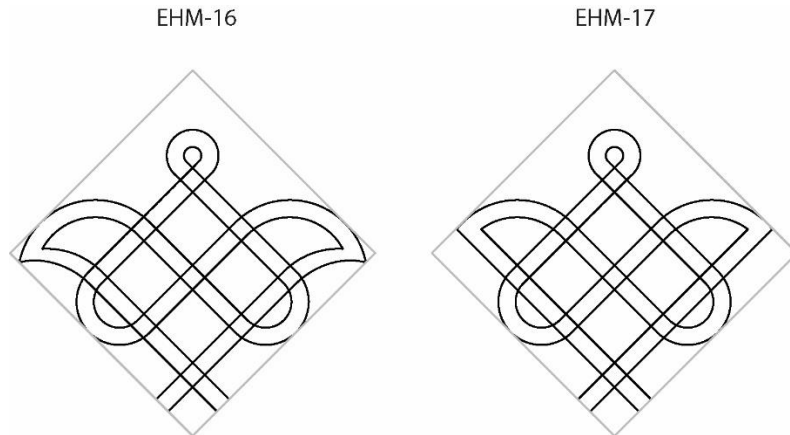
Seviye 1 içerisinde yer alan geometrileri belirlerken, tüm x, y koordinatlarının aynı olmadığı, üç veya daha fazla benzer noktanın bulunduğu, nokta sayısının aynı olduğu ve belirli morfolojik grupları içeren geometriler tanımlanmaktadır (Şekil 5.9).

```
# Seviye-1: Morfolojik Grup, BMG, Nokta Sayısı ve 3 veya daha fazla ortak noktaya sahip geometriler
print("Seviye-1:")
for BMG_key, nokta_dict in seviye_2_gruplar.items():
    for nokta_sayisi, group_dict in nokta_dict.items():
        for Mgroup, geometries in group_dict.items():
            matched_geometries = []
            for (id1, ad1, noktalar_list1), (id2, ad2, noktalar_list2) in combinations(geometries, 2):
                common_point_count = 0
                for noktalar1 in noktalar_list1:
                    for noktalar2 in noktalar_list2:
                        common_point_count += len(set(noktalar1) & set(noktalar2))
                if common_point_count >= 3:
                    matched_geometries.append((ad1, ad2))

            if matched_geometries:
                print(f"{BMG_key} (Nokta Sayısı: {nokta_sayisi})")
                for ad1, ad2 in matched_geometries:
                    print(f"{ad1}, {ad2}")
                print("-----")
```

Şekil 5.9. EHM'ler için Seviye 1 Python kısmi eşleştirme kodları

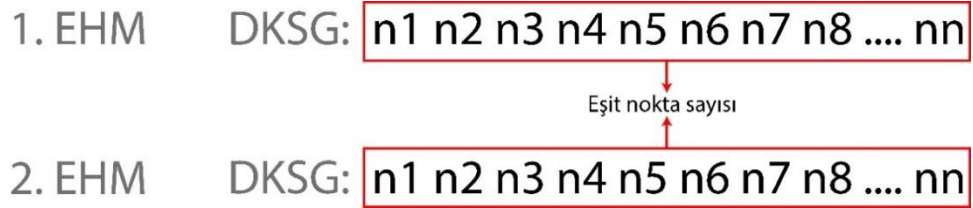
62 EHM geometrisinin %3,33'ü, temsili kodlardaki belirli sayıda nokta konumlarının en az bir diğer geometri ile aynı olduğu için seviye 1 olarak belirlenmektedir. Bu seviyedeki geometriler (Şekil 5.10) 9. yüzyıla ait olan Saint Jean (Ktouts) Manastırı içerisinde bulunmaktadır.



Şekil 5.10. Seviye 1'deki özelliklere sahip olan EHM'ler

5.3.2.2. Seviye 2

Bu seviye için özelliklerden tüm x, y koordinatlarının aynı olması ve üç veya daha fazla benzer noktanın bulunması dışındaki özelliklerin ortak olduğu seviye grubunu temsil etmektedir. Geri kalan özelliklerin sırasıyla sağlandığı geometriler bu gruba girmektedir. Temsili kodda yer alan eşit nokta sayısına sahip EHM'ler bu grubun belirlenmesinde son özellik olarak bilinmektedir.



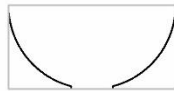
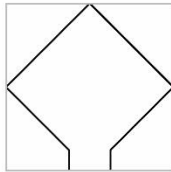
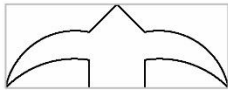
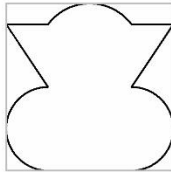
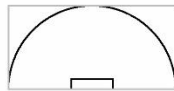
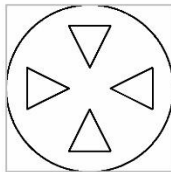
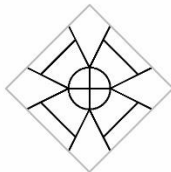
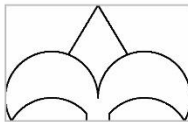
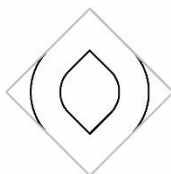
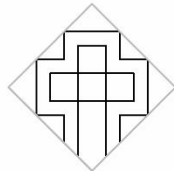
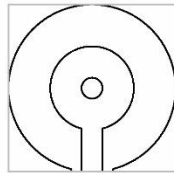
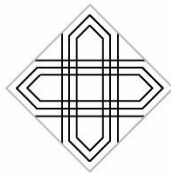
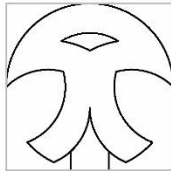
Şekil 5.11. Nokta sayılarının aynı olduğu EHM'ler

Seviye 2 içerisinde yer alan geometrileri belirlerken, tüm x, y koordinatlarının aynı olmadığı, nokta sayısının aynı olduğu ve belirli morfolojik grupları içeren geometriler tanımlanmaktadır (Şekil 5.12).

```
# Seviye-2: Morfolojik Grup, BMG ve Nokta Sayısı
print("Seviye-2:")
for BMG_key, nokta_dict in seviye_2_gruplar.items():
    for nokta_sayisi, group_dict in nokta_dict.items():
        for Mgroup, items in group_dict.items():
            print(f"{BMG_key} (Nokta Sayısı: {nokta_sayisi})")
            for id_, ad, noktalar_list in items:
                print(f"{ad}")
            print("-----")
```

Şekil 5.12. EHM'ler için Seviye 2 kısmi Python eşleştirme kodları

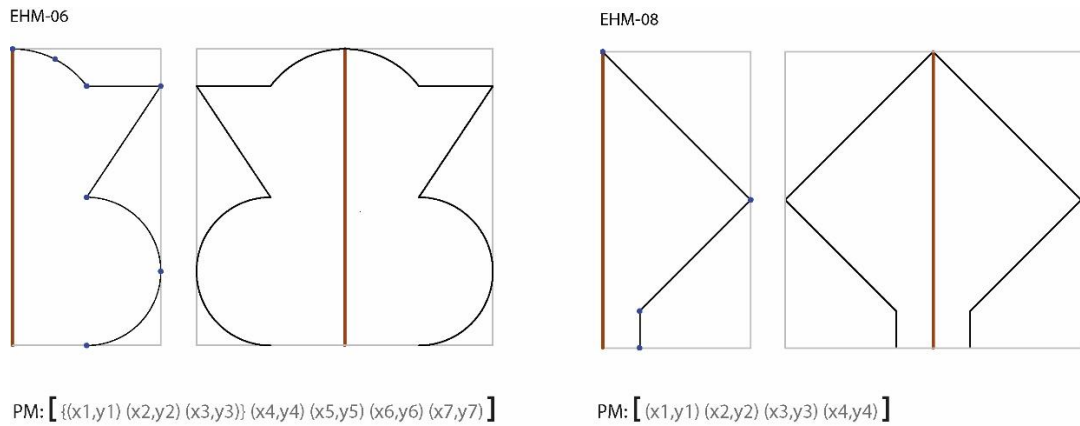
62 EHM geometrisinin %28,33'ü, temsili kodlardaki nokta sayısının en az bir diğer geometri ile aynı olduğu için seviye 2 olarak belirlenmektedir. Bu seviyedeki geometriler (Şekil 5.13) 9. yüzyıla ait Saint Jean (Ktouts) Manastırı ve 10. Yüzyıla ait olan Yedikilise (Varagavank) Manastırı içerisinde bulunmaktadır.

A GRUBU	4 nokta				
	7 nokta				
B GRUBU	6 nokta				
	8 nokta				
C GRUBU	14 nokta				
	11 nokta				
	18 nokta				

Şekil 5.13. Seviye 2'deki özelliklere sahip EHM'ler

5.3.2.3. Seviye 3

Bu seviye için özelliklerden tüm x, y koordinatlarının aynı olması, üç veya daha fazla benzer noktanın bulunması ve nokta sayısının aynı olması dışındaki özelliklerin ortak olduğu seviye grubunu temsil etmektedir. Geri kalan özelliklerin sırasıyla sağlandığı geometriler bu gruba girmektedir. Temsili kodlar ile benzersiz morfolojik grupları paylaşan geometriler aranarak karşılaştırma yapılmaktadır. Bunu yaparken bu seviyede, aynı morfolojik grupta olan ve TB içerisinde bulunan DN sayısının benzer olduğu geometriler tanımlanmaktadır.



Şekil 5.14. Seviye 3'teki özelliklere sahip geometriler

62 EHM geometrisinin %85,25'i, temsili kodlardaki DN sayısı en az bir diğer geometri ile aynı olduğu için seviye 3 olarak belirlenmektedir. Bu seviyedeki geometriler (Şekil 5.14) 9. yüzyıla ait Saint Jean (Ktouts) Manastırı ve 10. Yüzyıla ait olan Yedikilise (Varagavank) Manastırı içerisinde bulunmaktadır.

```
# Seviye-3: Morfolojik Grup ve BMG
print("Seviye-3:")
for BMG_key, nokta_dict in seviye_2_gruplar.items():
    for group_dict in nokta_dict.values():
        for Mgroup, items in group_dict.items():
            print(f"{BMG_key}")
            for id_, ad, noktalar_list in items:
                print(f"{ad}")
            print("-----")
```

Şekil 5.15. EHM'ler için Seviye 3 kısmi Python eşleştirme kodları

5.3.2.4. Seviye 4

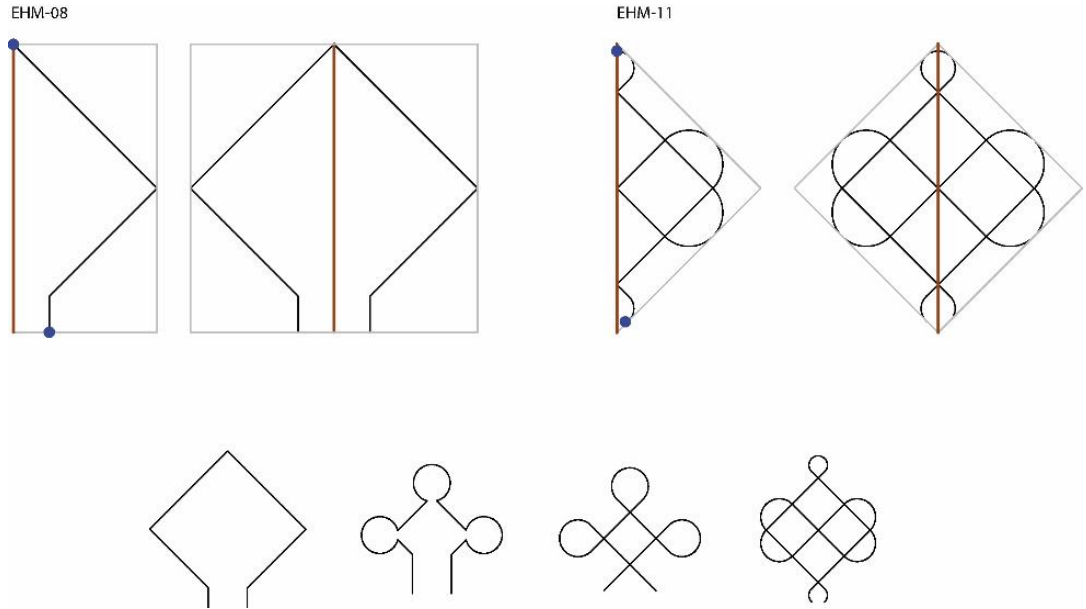
Bu seviye için özelliklerden tüm x, y koordinatlarının aynı olması, üç veya daha fazla benzer noktanın bulunduğu, nokta sayısının aynı olduğu ve TB içerisinde bulunan DN

sayısının benzerliği dışındaki çoklu çizgi sayısının ortak olduğu seviye grubunu temsil etmektedir. Temsili kodda yer alan çoklu çizgi sayısını paylaşan geometriler aranarak karşılaştırma yapılmaktadır. Bunu yaparken bu seviyede, aynı morfolojik grupta olan bulunan çoklu çizgi sayısının benzer olduğu geometriler tanımlanmaktadır (Şekil 5.16).

```
# Seviye-4: Morfolojik Grup
print("Seviye-4:")
for Mgroup, items in gruplar.items():
    print(f"{Mgroup}")
    for id_, ad, noktalar_list in items:
        print(f"{ad}")
    print("-----")
```

Şekil 5.16. EHM'ler için Seviye 4 kısmi Python eşleştirme kodları

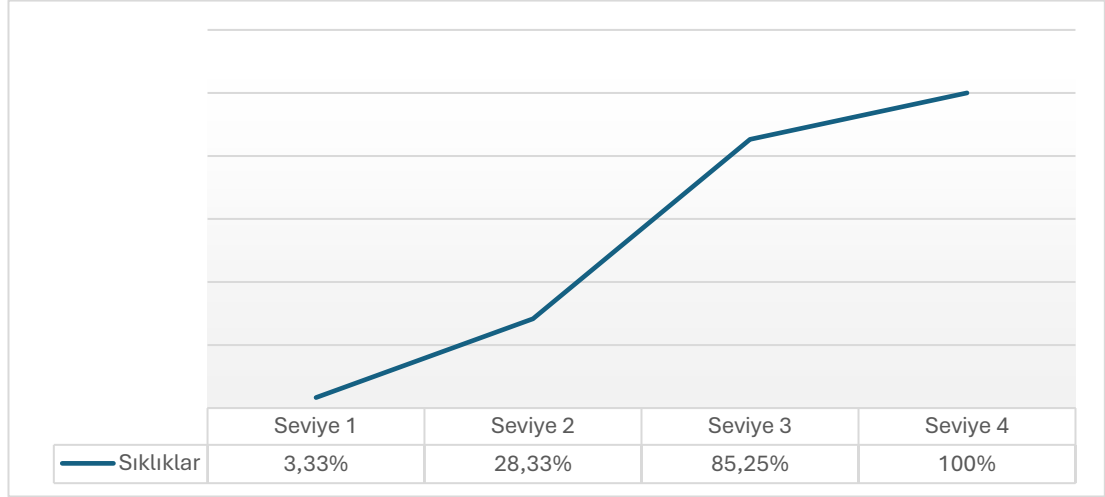
62 EHM geometrisinin %100'ü, çoklu çizgi sayısı en az bir diğer geometri ile aynı olduğu için seviye 4 olarak belirlenmektedir. EHM'ler içerisinde en sık görülen geometri, iki çoklu çizgi dizisidir. Bu seviyedeki geometriler 9. yüzyıla ait Saint Jean (Ktouts) Manastırı, 10. Yüzyıla ait olan Yedikilise (Varagavank) ve Akdamar Manastırı içerisinde bulunmaktadır. Şekil 5.17'de bu düzeyin yapısal eşdeğerliliğinden bir örnek gösterilmektedir.



Şekil 5.17. Seviye 4'teki özelliklere sahip EHM'ler

5.4. Morfolojik İlişkiler

Yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen veriler, EHM'ler arasındaki ilişkilerin Seviye 4'e yaklaştıkça arttığını göstermektedir. Şekil 5.18'de bu seviyeler arasındaki ilişkiler, yapısal eşdeğerlik kategorilerinin sıralı olarak dört seviyesi ile temsil edilmektedir.

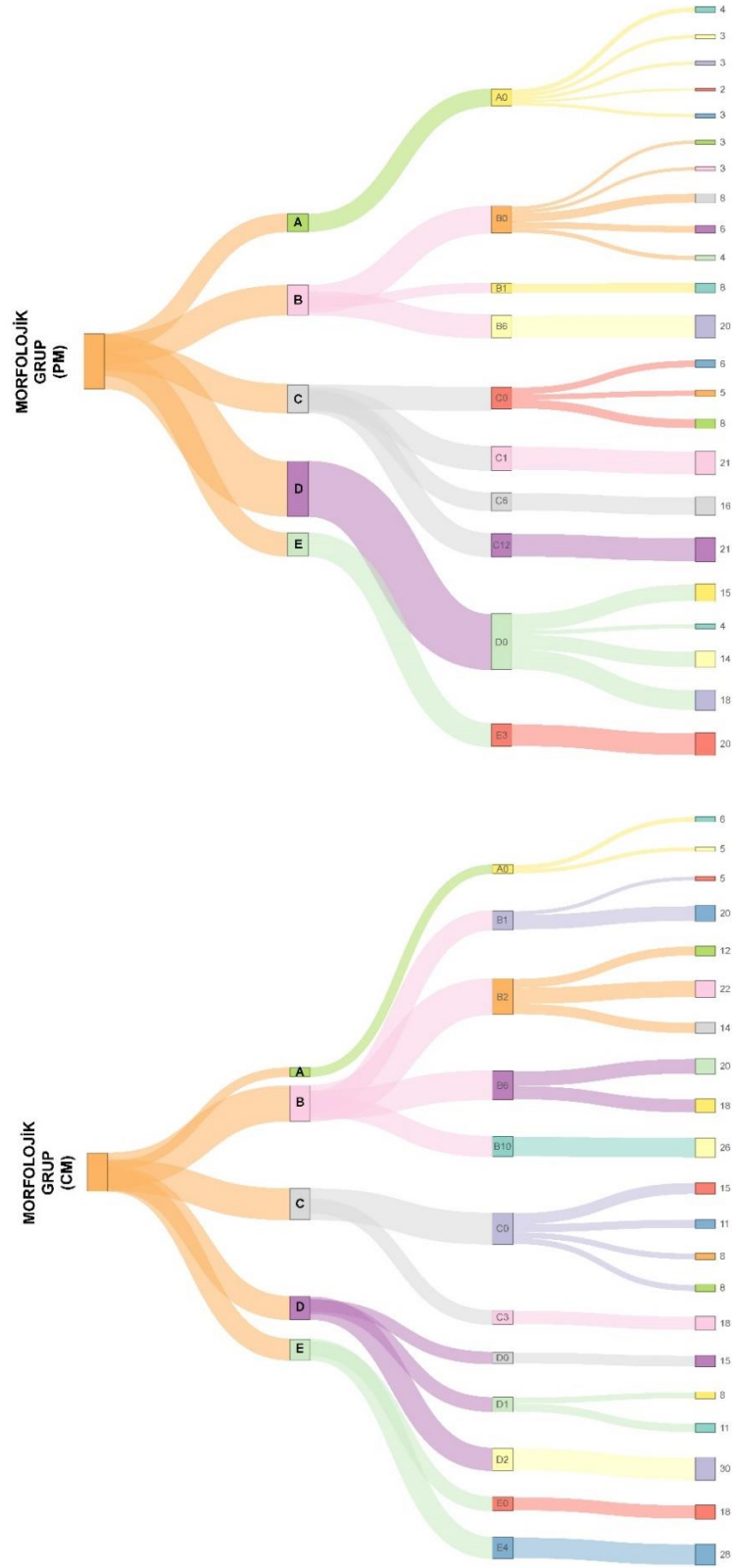


Şekil 5.18. EHM geometrilerinde farklı seviyelerdeki morfolojik ilişkilerin yüzdelik dağılımları

Önceki bölümde Şekil 5.17'de, basit bir geometrinin (çoklu çizgi sayılarının eşit olduğu) yapısal olarak daha karmaşık başka bir geometri ile eşleştiği görülmektedir. Bu da gösteriyor ki morfolojik ilişkileri bütüncül bir şekilde belirlemek için geometrileri kategorize etmek gerekmektedir. Şekil 5.19'da DKSG'nin morfolojik gruplara göre ayrıldığı ve bu grupların oluştuğu çoklu çizgilerdeki segment sayısının olduğu şema gösterilmektedir.

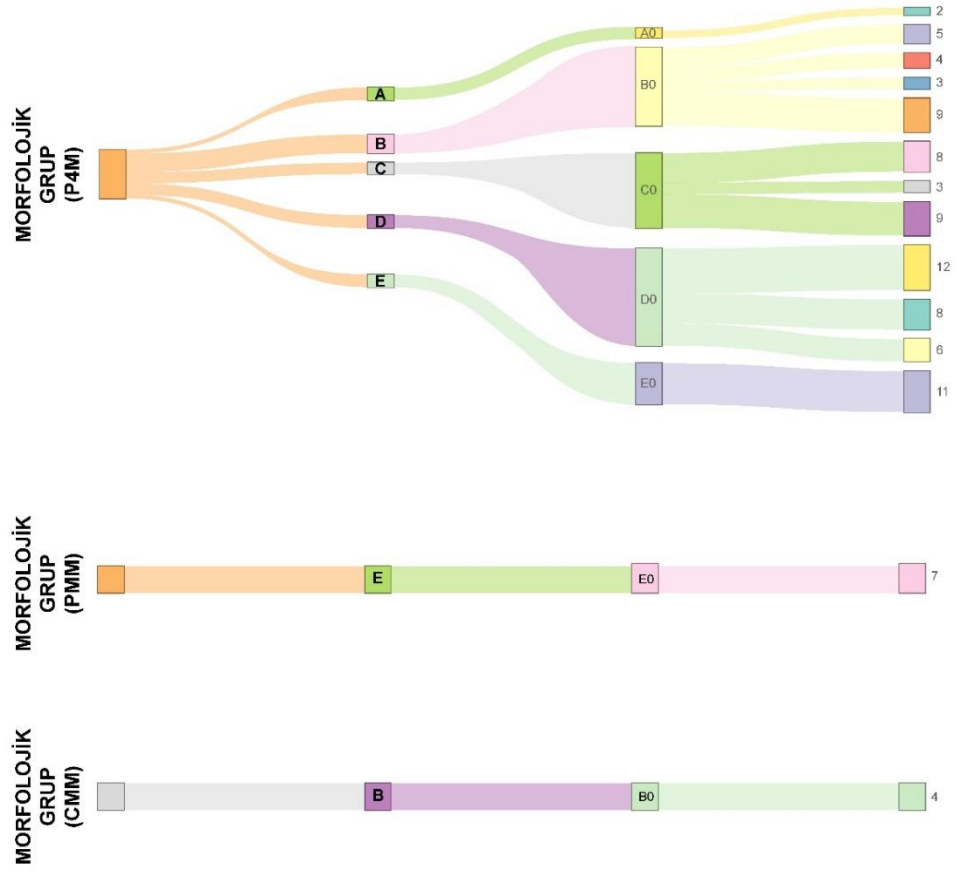
En sağda yer alan satır TB içerisinde yer alan segment sayısını göstermektedir. Şekildeki her sayısal değer sırasıyla geometrilerde bulunan segment sayısını tek tek temsil etmektedir. Bu şekil, PM, CM ve P4M simetri gruplarında minimum bir çoklu çizginin (Morfolojik Grup A), iki çoklu çizginin (Morfolojik Grup B), üç çoklu çizginin (Morfolojik Grup C), dört çoklu çizginin (Morfolojik Grup D) ve beş çoklu çizginin (Morfolojik Grup E) varlığını ve yalnızca PMM ve CMM'nin simetri grubunda yalnızca beş çoklu çizginin (Morfolojik Grup D) varlığını göstermektedir. Ayrıca şekil, iki segment geometrisinin yanı sıra maksimum 30 segmentli bir tasarımın

(BMG D2) varlığını göstermektedir. Bu anlatımlar ile gerçekleştirilen geometrilerin çoklu yapısal seviyelerde birbirleriyle nasıl ilişkili olduğunu gösterilmektedir.



Şekil 5.19. Her simetri grubunda bulunan morfolojik gruplar

Şekil 5.19' un devamı



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, simetri gruplarına dayalı olarak çalışma kapsamındaki EHM modellerini anlamak için bir yöntem sunmaktadır. İncelenen motiflerin dijital modelleri oluşturulmuş, noktasal konumları tanımlanmış, dönüşümleri gerçekleştirilmiş ve morfolojik ilişkiler ele alınarak sınıflandırma çalışmaları yapılmıştır. Çıkarılan sonuçlara göre EHM'ler belli kurallar doğrultusunda oluşturulmakta ve birbirleriyle olan ilişkilerini anlamak için morfolojik bağıntılar kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra çalışmanın genel amacı, kültürel mirasın hesaplamalı çalışmalarına yeni bir bakış açısı sunma potansiyeli sahip olan EHM'leri anlamak için hesaplamalı bir analiz anlayışı geliştirmektir.

“EHM'leri matematiksel olarak tanımlayabilir miyiz?” sorusu ile yola çıkan çalışmada, bu geometriler için matematik ve morfoloji nasıl kullanılabilir sorusunun cevabı olarak bu tanımlama yöntemi kullanılmıştır. Çalışma sürecinde tanımlamanın matematiksel olarak yapılabildiği gösterilmektedir. Aynı zamanda matematiksel tanımlama ile motiflerde farklı dönüşümlerin gerçekleştiği ve farklı simetri gruplarına da geçişlerin mümkün olduğu anlaşılmaktadır. Bu çalışma, EHM'nin matematiksel analizine dayanarak parametrik modellemesini yaptıktan sonra morfolojik ilişkilerin kullanımını göstermektedir. Deneysel sonuçlar, bu yöntemin geleneksel yöntemlerle oluşturulan motiflerle karşılaştırılabilir düzeyde EHM'lerin verimli bir şekilde üretilebildiğini ve farklı düzeylerde ilişkiler kurulabildiğini göstermektedir. Bu yaklaşım, çeşitli karmaşık detaylar içeren EHM motiflerinin incelenebilmesi avantajını sunmaktadır. Böylece, bu çalışmada olduğu gibi belli algoritmalarla aktarılan motiflerin parametreleştirilmesiyle değiştirilebilmesine, yeni üretimler gerçekleştirebilmesine ve belli grup geometrileri arasındaki ilişkilerin incelenebilmesine yardımcı olmaktadır. Konumları belirlenen noktaların hareket ettirilmesiyle, modelin sürekliliğinin bozulabileceği gibi farklı kesişme noktalarının da oluşturulmasıyla ilginç sonuçlar elde edilebilmektedir. Modeldeki geometrilerin tüm kombinasyonlarını keşfetmek, belirli bir durum için istenen orantı sistemlerini belirlemek mümkün olacaktır. Bu da Ermeni dini mimarisindeki zengin EHM'lerin çeşitlenmesine yardımcı olmaktadır.

Yapılan tarihsel analiz çalışmasında beş farklı simetri grubuna (PM, CM, P4M, PMM ve CMM) sahip EHM'lerden birini kullanan çoklu çizgilerin farklı sayılarda benzer

yapılarda geometriler kullandığını göstermektedir. Bir EHM geometrisinin, en az iki segmente sahip ve en az bir çoklu çizgi içerdiği belirlenmiştir. Bu ilişkilerin, farklı sayıdaki segment ve çoklu çizgi sayısı ile etkileşime girebildiği de anlaşılmaktadır. Bu ilişkiler gösteriyor ki tarihsel EHM geometrilerinin gerçekliği, sayısal ve parametrik yöntemlerle elde edilebilir.

Tarihsel EHM geometri modellerini oluşturmak ve yapısal ilişkileri belirlemede etkili olan temsili kodları üretmek için parametrik bir model geliştirilmiştir. Bu kodlar sayesinde tarihsel geometriler ve yenilikçi hesaplama araçları arasındaki iletişim etkili bir şekilde kullanılmış ve tarihsel geometriler arasındaki ilişkiler analiz edilmiştir.

Temsili kodlar, farklı EHM geometrileri arasındaki özdeş tasarımların bulunmasına ve geometriler arasındaki morfolojik ilişkilerin seviyeleri ile olan bağlantıların ortaya çıkarılmasına yardımcı olmuştur. Bu bağlantılar, mevcut tasarımların temeli olmakla beraber EHM'nin yeni tasarım çeşitliliğine yardımcı olmaktadır.

Çalışmada yer alan 62 benzersiz EHM geometrisinin %3,33'ü, Seviye 1 kategorisinde üç veya daha fazla benzer noktaya sahip, nokta sayısı eşit olan ve BMG'leri aynı olan geometrilerden oluşmaktadır. Motiflerin %28,33'ü ise Seviye 2'de, nokta sayısı eşit ve BMG'leri aynı olan en az bir diğer geometri ile benzerlik göstermektedir. Ayrıca, motiflerin %85,25'i Seviye 3'te BMG'leri aynı olan ve %100'ü Seviye 4'te en az bir başka tasarımla aynı morfolojik gruba sahip olan geometrilerden oluşmaktadır.

Morfolojik gruplar, temel "morfogenetik" özellikleri paylaşan tasarımları içeren modeller için bir sınıflandırma sistemi olarak kullanılmaktadır. Bunun için morfolojik grup A, morfolojik grup B, morfolojik grup C, morfolojik grup D ve morfolojik grup E olmak üzere beş farklı morfolojik grup oluşturuldu. Bu gruplama sistemi ile hem gerçek hem de sanal boyutları dikkate aldığından, çalışma kapsamındaki geometriler dışında farklı EHM geometrilerini de temsil etmektedir.

Bu çalışmadaki matematiksel tanımlama ve morfolojik analiz yaklaşımı sadece Van'daki EHM'lerin başlıkları için uygulanmıştır. Gelecekteki çalışmalarda EHM'lerin bütününe ya da farklı bölgelerdeki EHM'lere odaklanması planlanmaktadır. Bu yöntemin, deformasyon nedeniyle okunamayan çeşitli motiflerin yeniden oluşturulması ve kısa sürede birçok alternatif varyasyonun üretilebildiği geometrik tasarımlar için de uygulanabileceği düşünülmektedir. Aynı zamanda bu motiflerin taşın oyularak yapılması sebebiyle üçüncü boyutunun da incelenmesi ve

düğüm detaylarının da göz önünde bulundurulması ile önemli bir çalışma gerçekleştirilebilir. Van'daki Ermeni manastırlarının duvar yüzeylerindeki EHM geometrileri belli kurallar doğrultusunda üretilebilmektedir. Parametreleştirme ile üretilen yeni EHM'lerin bu kurallar ile ne derece benzerlik gösterdiği de farklı bir araştırma konusu olarak karşımıza çıkabilir.

7. KAYNAKLAR

Abas, S. J., & Salman, A. (1992). Geometric and group-theoretic methods for computer graphic studies of Islamic symmetric patterns. In *Computer Graphics Forum* (Vol. 11, No. 1, pp. 43-53). Edinburgh, UK: Blackwell Science Ltd.

Abas, S.J., & Salman, A.S. (1995). *Symmetries of Islamic geometrical patterns*, World Scientific.

Abdullahi, Y., & Embi, MRB (2013). İslami geometrik desenlerin evrimi. *Mimari Araştırmanın Sınırları*, 2 (2), 243-251.

Acara, M. (2004). Anadolu Medeniyetleri Müzesi koleksiyonunda bulunan bir Ermeni haçı. *Hacettepe Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Dergisi*, 21(1).

Adanova, V., & Tari, S. (2014). Beyond symmetry groups: A grouping study on Escher's Euclidean ornaments. In *SIGGRAPH Asia 2014 Creative Shape Modeling and Design* (pp. 1-8).

Ağırbaş, A. (2020). Geometrik İslami desenlerin algoritmik ayrıştırılması: Ahlat mezar taşlarında yıldız çokgen desenli bir örnek olay. *Nexus Ağ Günlüğü*, 22 (1), 113-137.

Alaçam, S., Guzelci O.Z., Gurer, E., & S.Z. Bacinoglu. 2017. Reconnoitring computational potentials of the vault-like forms: Thinking aloud on muqarnas tectonics. *International Journal of Architectural Computing* 15 (4): 285–303.

Alani, M., & Alaçam, S. (2023). Beyond Flat Surfaces Parametric Derivations of Historical Islamic Geometric Designs. *Architecture and Planning Journal (APJ)*, 28(3), 30.

Alani, M. W., & Barrios, C. R. (2015). A parametric description for metamorphosis of Islamic geometric patterns. In *Proceedings of the 20th International Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia CAADRIA* (pp. 20-22).

Alani, M. W. H. (2018). Computational investigation of the morphological design dimensions of historic hexagonal-based Islamic geometric patterns (Doctoral dissertation, Clemson University).

Albert, F., Gomis, J. M., Blasco, J., Valiente, J. M., & Aleixos, N. (2015). A new method to analyse mosaics based on Symmetry Group theory applied to Islamic Geometric Patterns. *Computer Vision and Image Understanding*, 130, 54-70.

Alcaide-Marzal, J., Diego-Mas, J. A., & Acosta-Zazueta, G. (2020). A 3D shape generative method for aesthetic product design. *Design studies*, 66, 144-176.

Aljamali, A. M. (2022). Gemartimetric Pattern Design in Islamic Architecture Using Computer Graphics.)

Aljamali, A., M., Banissi, E. (2003). Grid Method Classification of Islamic Geometric Patterns, Department of Computing, Information Systems & Mathematics South Bank University, London.

Al-Jameel, A. H., Younis, M. D., & M Hamed, R. (2013). Congregational Mosques Classification Using Pattern Recognition Method. *Al-Rafidain Engineering Journal (AREJ)*, 21(6), 71-87.

Ali, L. A., & Mustafa, F. A. (2023). Mosque Typo-Morphological Classification for Pattern Recognition Using Shape Grammar Theory and Graph-Based Techniques. *Buildings*, 13(3), 741.

Arik, M., & M. Sancak. 2007. Turkish-Islamic Art and Penrose Tilings. *Balkan Physics Letters* 15 (3): 84–95.

Armour, G. C., & Buffa, E. S. (1963). A heuristic algorithm and simulation approach to relative location of facilities. *Management science*, 9(2), 294-309.

Bachmann, W. (1913). *Kirchen und moscheen in Armenien und Kurdistan*, von *Walter Bachmann* (No. 25). JC Hinrichs.

Barrios, C., & Alani, M. (2015, July). Parametric analysis in Islamic geometric designs. In Proceedings of the 16th International Conference CAAD Futures (pp. 8-10).

Bonner, J. (2003). Three traditions of self-similarity in fourteenth and fifteenth century Islamic geometric ornament. In Meeting Alhambra, ISAMA-BRIDGES Conference Proceedings (pp. 1-12).

Buonamici, F., Carfagni, M., Furferi, R., Volpe, Y., & Governi, L. (2020). Generative design: an explorative study. *Computer-Aided Design and Applications*, 18(1), 144-155.

Caetano, I., Santos, L., & Leitão, A. (2020). Computational design in architecture: Defining parametric, generative, and algorithmic design. *Frontiers of Architectural Research*, 9(2), 287-300.

Chen, F., Dai, Q., & Yang, K. (2019). A Study on the Extraction of Texture from Ethnic Minorities by Shape Grammar. *DEStech Transactions on Social Science, Education and Human Science*, (mess).

Chen, X. (2005). Relationships between product form and brand: A shape grammatical approach (Doctoral dissertation, University of Leeds).

Corcuff, M. P. (2018). Jules Bourgoïn (1838–1908): A Forerunner of Generative Shape Grammars. In *Nexus Architecture and Mathematics 2018 Conference Book* (pp. 257-262).

Cotsonis, J. A. (1994). *Byzantine Figural Processional Crosses*, (ed. S.A. Boyd-H. Maguire), Washington, D.C.: Dumbarton Oaks Byzantine Collection Publications, No.10.

Cudzik, J., & Radziszewski, K. (2019). Parametric design in architectural education. *World Transactions on Engineering and Technology Education*, 17, 448-453.

Çelebi E. (1993). Seyahatname, (Çev. Tevfik Temelkural), III-IV, İstanbul, 624-626.;

Çevik, A. N., Oktan, S., & Vural, S. (2024). Analysis of Anatolian Traditional Weaving Technique in the Context of Computational Design. Nexus Network Journal, 1-18.

Demiriz, Y. (2017). İslam sanatında geometrik süsleme: bir envanter denemesi. HayalPerest Kitap.

Denny, W. B. (1987). Points of Stylistic Contact in the Architecture of Islamic Iran and Anatolia.

Dodd, E. Ç. (1987). Three Early Byzantine Silver Crosses,. Dumbarton Oaks Papers 41:165-179.

Donabédian, P. (2018). Can we call" khachkar" the Sudak cross-stones?

Epözdemir, D. (2014). Lim Manastırı Saint Georges Kilise Kompleksi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enst. Yayınlanmamış Lisans Tezi, Van, 2014, 22.

Erbaş, S. K. (2013). Mimaride Parametrik Tasarım ve Eğitimi. Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi, 14 (4): 119-124

Erzen A. (1992). Doğu Anadolu ve Urartular. Ankara, 27.

Francesca, B., Roberto, B., Eleonora, B., Francesco, D., Pietro, P., & Carmelo, S. (2023). Mathematical pattern for parametric design: the case study of Grey-Scott cross diffusion model. Procedia Computer Science, 217, 756-764.

Galavaris, G. (1994). The Cross in the Book of Ceremonies by Constantine Porphyrogenitus. Θυμίαμα στη μνήμη της Λασκαρίνας Μπούρα, 95-99.

Gallo G., Pellitteri G. ve Luigi Moretti (2018), “From History to parametric architecture” 23rd International Conference on Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA).

Garber, R. (2014). The digital states and information modelling. BIM Design: Realising the Creative Potential of Building Information Modelling. John Wiley & Sons Ltd, Chichester, West Sussex, United Kingdom, 122-131.

Georgopoulos, A. (2018). CIPA’s perspectives on cultural heritage. In Digital Research and Education in Architectural Heritage: 5th Conference, DECH 2017, and First Workshop, UHDL 2017, Dresden, Germany, March 30-31, 2017, Revised Selected Papers 1 (pp. 215-245). Springer International Publishing.

Gökmen, S., Aykin, Y., Basik, A., & Alacam, S. (2023). A recursive algorithm for the generative study of Seljuk muqarnas in Kayseri and Sivas. Nexus Network Journal, 25(3), 751-772.

Gross, J. L., & Tucker, T. W. (2011). A Celtic framework for knots and links. Discrete & Computational Geometry, 46, 86-99.

Grousset, R. (1973). Histoire de l'Arménie: des origines à 1071. Payot.

Gürkan, S. M. (2003). Manastır. İslam Ansiklopedisi. Ankara, 271- 338, TDV Yayınları.

Hamzaoglu, B., & Özkar, M. (2017). Hesaplamalı Örüntü Tasarımında Yapım Kuralları: CNC Frezeleme ile Bir Deneme. *MSTAS 2017*, 11-13.

Hamzaoglu, B., & Özkar, M. (2023). Zanaatın Sayısallaştırılması: Selçuklu Dönemi Oyma Taş Desenlerin Sayısal Üretim Araçları ile Yapımı.

Hayata, K. (2004). Generation of mandala patterns from texts that include sutras, poems and strings of words: Method and examples. *Forma*, 19(3), 233-264.

Hernandez, C. R. B. (2006). Thinking parametric design: introducing parametric Gaudi. *Design Studies*, 27(3), 309-324.

Hu, T., Xie, Q., Yuan, Q., Lv, J., & Xiong, Q. (2021). Design of ethnic patterns based on shape grammar and artificial neural network. *Alexandria Engineering Journal*, 60(1), 1601-1625.

Humppi, H., & Österlund, T. (2016). Algorithm-aided BIM. In *Complexity & simplicity—Proceedings of the 34th eCAADe conference* (pp. 601-609).

Hon, G. ve Goldstein, B. R. (2008). *From Summetria To Symmetry: The Making Of A Revolutionary Scientific Concept* (C. I. Jed Z. Buchwald, Dreyfuss Professor of History & U. of Technology, Pasadena, CA (Eds.); Archimedes). 2008 Springer Science+Business Media B.V.

Holding, D., & Allen, T. (2018). *Armenia: With Nagorno Karabagh*. Bradt Travel Guides.

Saraçoğlu, H. (1989). Doğu Anadolu Bölgesi. Millî Eğitim Bakanlığı.

Jabi W. (2013). *Parametric Design for Architecture*. Laurence King Publishing Ltd, London, UK.

Thierry J. M. (1965). Notes Sur Des Monuments Armeniennes en Turquie. *REA*, II, Paris, 1965, 177 – 178.

Jaubert, P. A. (1821). *Voyage en Arménie et en Perse fait dans les années 1805 et 1806 par P. Amédée Jaubert*. Pélicier.

Johns, J. (2019). Ornamentations around the symbol of the cross: A comparative overview. *Explore research journal*, 10(1), 45-52.

Kalay, H. A., & Yıldız, S. (2017). Akdamar Anıt Müzesi'nin (Kilisesi) tarihsel süreçleri ve kültürel miras turizmi açısından önemi. *Bitlis Eren Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(1), 121-136.

Kaplan, M., & Cohen, E. (2003). Computer generated celtic design. *Rendering Techniques*, 3, 9-19.

Kaplan, C. S. (2005). Islamic star patterns from polygons in contact. In *Proceedings of Graphics Interface 2005* (pp. 177-185).

Karaca, Y., & Kızılgın, E. E. (2021). Yedikilise Manastırı (Varagavank) Girişleri ve Süsleme Özellikleri Üzerine Bir Değerlendirme.

Karaca, Y. (1996). Van ve çevresindeki manastır kiliseleri (Master's thesis, Sosyal Bilimler Enstitüsü).

Karaca, Y. (1998). Ortaçağda El Yazma Kitapların Önemli Üretim Merkezlerinden Biri Adır Adası. *Dünyada Van*, XI, İstanbul, 4-7.

Karaca, Y. (2008). Albayrak Köyü Saint Bartholomeus Manastırı. III. Uluslararası Van Gölü Sempozyumu, Ankara, 273-274.

Kasraei, M. H., Nourian, Y., & Mahdavinnejad, M. (2016). Girih for domes: analysis of three Iranian domes. *Nexus Network Journal*, 18, 311-321.

Karapetian, S. (2010). The Condition Of Armenian Monuments In Western Armenia. *RAA. Duty Of Soul*, II, Yerevan.

Khamjane, A., & Benslimane, R. (2018). A computerized method for generating Islamic star patterns. *Computer-Aided Design*, 97, 15-26.

Khamjane, A., Benslimane, R., & Ouazene, Z. (2020). Method of construction of decagonal self-similar patterns. *Nexus Network Journal*, 22(2), 507-520.

Khan, S., & Awan, M. J. (2018). A generative design technique for exploring shape variations. *Advanced Engineering Informatics*, 38, 712-724.

Kılıçoğlu, S., & Pilehvarian, N. K. (2017). Emevi ve Abbasi sanatında geometri. *Megaron*, 12(4), 605-618.

Kılıç, O. (1997). XVI. ve XVII. yüzyıllarda Van, 1548-1648 (No. 6). Van Belediye Başkanlığı.

Kızgın, E. E. (2018). Van Yedikilise Manastırı (Varagavank) Saint Croix Kilisesi Haçkar Örnekleri. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, (40), 319-348.

Kolarevic, B. (2004). Architecture in the digital age: design and manufacturing. taylor & Francis.

Lalayan, E. (1910). Couvents celebres du Vaspurakan. Azgagrakan Handes.

Layard, A. H. (1859). Discoveries in the ruins of Nineveh and Babylon: with travels in Armenia, Kurdistan, and the Desert: being the result of a second expedition undertaken for the trustees of the British Museum. Harper & Brothers.

Lionel, M., & Philip, S. (1974). Geometry of Environment: An Introduction to Spatial Organisation in Design.

Lynch H. F. B. (1901). Armenia Travels and Studies, Vol.II, London, 57.

Martin, G. E. (1982). Space and Symmetry. Transformation Geometry: An Introduction to Symmetry, 198-224.

Ma, Y., Mohd Ariffin, N. F., Abdul Aziz, F., He, X., Tong, Q., & Yu, M. (2024). Innovative Design of Islamic Geometric Patterns in Living Spaces: Parametric and Digital Design with Grasshopper and ControlNet. Nexus Network Journal, 1-24.

Mitchell, W. J., & Terzidis, K. (2004). Expressive form: A conceptual approach to computational design. Routledge.

Mkhitarian, N. E., & Avedian, S. A. (2022). Architecture Stages and Features of Compositional Formations of Khachkars. Journal of Architectural and Engineering Research, 2, 52-58.

Mnatsakanyan, L. (2017). The Stone Lab: Decoding Shikahogh Khachkars (Doctoral dissertation, University of Westminster).

Mülayim, S. (1984). Selçuklu palmet motiflerinin tipolojisi. Anadolu, (20).

Müller, E. (1944). *Gruppentheoretische und strukturanalytische Untersuchungen der maurischen Ornamente aus der Alhambra in Granada*. Buchdruckerei Baublatt ag..

Naserabad, A. A., & Ghanbaran, A. (2023). Presenting a Method to Generate Existing and Novel Girihs (Islamic Geometric Patterns) for All Systems and Families Based on 7-Fold Patterns. Computer-Aided Design, 154, 103418.

Necipoğlu, G. (1996). The Topkapi scroll: geometry and ornament in Islamic architecture. Getty Publications.

Ocón, D. (2021). Digitalising endangered cultural heritage in Southeast Asian cities: preserving or replacing?. International Journal of Heritage Studies, 27(10), 975-990.

Ostromoukhov, V. (1998). Mathematical Tools for Computer-Generated Ornamental Patterns, Ecole Polytechnique Federale, Lausanne, Switzerland, pg. 193 - 223.

Ostwald, M. J. (2024). Geometric Traces: from Historical Interpretations to Complex Constructions. Nexus Network Journal, 1-5.

Oxman, R., & Oxman, R. 2014, Theories of the Digital in Architecture, Routledge.

Ögel, S. (1966). Anadolu Selçukluları'nın taş tezyinatı. (No Title).

Özcan, H. Ö. (2010). Van ve Çevresindeki Hristiyanlık Dönemi Yapıların Plan Açısından Değerlendirilmesi. Sanat Dergisi, (6).

Pars Tuğlacı, Osmanlı Şehirleri, İstanbul, 1985, 302.;

Pavlidis, G., Koutsoudis, A., Arnaoutoglou, F., Tsioukas, V., & Chamzas, C. (2007). Methods for 3D digitization of cultural heritage. *Journal of cultural heritage*, 8(1), 93-98.

Pérez-Gómez, R. A. F. A. E. L. (1987). The four regular mosaics missing in the Alhambra. *Computers & Mathematics with Applications*, 14(2), 133-137.

Petrosyan, H. (2008). Khachkar: the origins, symbolism and applications.

Rice, T. T., & Altınok, B. (1998). Bizans' ta günlük yaşam: Bizans'ın mücevheri Konstantinopolis. Göçebe.

Rigby, J. (2005). A Turkish Interlacing Pattern and the Golden Ratio: Whirling Dervishes and a Geometry Lecture in Konya. *Mathematics in School*, 16-24.

Robinson, T. (2007). Extended pasting scheme for kolam pattern generation. *Forma*, 22(1), 55-64.

Sabetfard, M., & Nadimi, H. (2020). Generating Square Kufic patterns using cellular automata. *Nexus Network Journal*, 22(2), 275-290.

Sayed, Z., Ugail, H., Palmer, I., Purdy, J., & Reeve, C. (2015). Parameterized shape grammar for generating n-fold Islamic geometric motifs. In 2015 International Conference on Cyberworlds (CW) (pp. 79-85). IEEE.

Sehnaz, C. S., & Cagdas, G. (2007). A Shape Grammar Study: Form Generation with Geometric Islamic Patterns. In Istanbul: 10th Generative Art Conference GA.

Schattschneider, D. (1978). The plane symmetry groups: their recognition and notation. *The American Mathematical Monthly*, 85(6), 439-450.

Schumacher, P. (2008). Parametricism as style: parametricist manifesto. In: The Darkside Club, 11th Architecture Biennale, Venice, 11 September.

Seppälä, S. (2021). The Struggle for Memory: The Khachkar Field of Julfa and Other Armenian Sacred Spaces in Azerbaijan. *Review of Ecumenical Studies Sibiu*, 13(2), 185-213.

Stevenson, A. 2010, Oxford dictionary of English, Oxford University Press, USA.

Subramanian, K. G. (2007). P systems for array generation and application to kolam patterns. *Forma*, 22(1), 47-54.

Sutherland, I. E. (1964). Sketch pad a man-machine graphical communication system. In *Proceedings of the SHARE design automation workshop* (pp. 6-329).

Symmetry. (2021b). Online Etymology Dictionary. <https://www.etymonline.com/> içinde “symmetry”; “sym-”; “meter”; Erişim Tarihi: 04.09.2019

Taylor, L. D. (2009). Decorative Knotting Using Trigonometric Parametrizations. In *Visual Mathematics* (No. 42, pp. 0-0). Mathematical Institute SASA.

Terzidis, K. (2006). *Algorithmic architecture*. Routledge.

Thierry, J. M. (1964). *Notes Sur Des Monuments Armeniennes en Turquie*.

Thierry, J. M. (1973). Monasteres Armeniens Du Vaspurakan VII. *Revue des Etudes Armeniennes*, 10, 191-232.

Thierry, J. M. (1975). Monastères Arméniens du Vaspurakan – VIII. *REA*, XI, Paris.

Thierry, J. M. (1989). DONABEDĪAN, Patrick; *Armenian Art*, New York.

Tuğlacı P. (1985). Osmanlı Şehirleri, İstanbul, 302.

Umetani, N., Igarashi, T., & Mitra, N. J. (2012). Guided exploration of physically valid shapes for furniture design. *ACM Trans. Graph.*, 31(4), 86-1.

Ünal, R. H. (1982). Osmanlı öncesi Anadolu-Türk mimarisinde taçkapılar (No. 14). Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi.

Waring, T. M. (2012). Sequential encoding of Tamil kolam patterns. *Forma*, 27, 83-92.

Wagiri, F., Shih, S. G., Harsono, K., & Lin, J. Y. (2023). Application of Fabric Formwork based on a Truchet Tiling Pattern for Planar Surfaces. *Nexus Network Journal*, 25(4), 867-885.

Wilson, E. 1988. *Islamic Designs*. London: The British Museum Press.

Yıldız, E. (2017). Van Çarpanak Adası Ktouts-Ktuc Manastırı Saint Jean Baptiste Kilisesi Kubbe Kasnağı Plastik Süslemeleri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (34).

Yıldız, E. (2020). Van Gölü Çarpanak Adası'ndaki Saint Jean Baptiste Kilisesi'nin Yazıt Çözümlemeleri ile Birlikte Taş Bezemeleri. *History Studies*, 12(6), 3425-3457.

Zhang, J., Zhang, K., Peng, R., & Yu, J. (2020). Parametric modeling and generation of mandala thangka patterns. *Journal of Computer Languages*, 58, 100968.

URL1: <https://tr.wikipedia.org/wiki/Efkaristiya> üzerinden Erişim Tarihi: 26.05.2024

URL2: <https://www.collectif2015.org/tr/100Monuments/L-Ermitage-ou-le-Desert-de-Lim-ou-Limn/> üzerinden Erişim Tarihi: 03.10.2024

URL3: <https://www.collectif2015.org/en/100Monuments/Le-Monastere-de-Saint-Barthelemy/> üzerinden Erişim Tarihi: 03.10.2024

URL4: <https://team-aow.discuforum.info/t22249-Van-Baskale-Soradir-Surp-Ecmiazin-Ermeni-Kilisesi.htm> üzerinden Erişim Tarihi: 03.10.2024

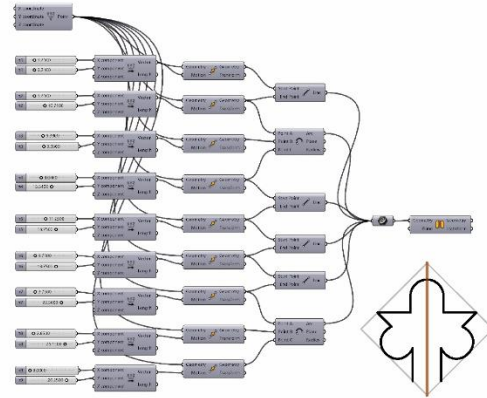
URL5: <https://www.collectif2015.org/tr/100Monuments/L-Ermitage-ou-le-Desert-de-Gdouts/> üzerinden Erişim Tarihi: 03.10.2024

URL6: <https://www.collectif2015.org/tr/100Monuments/Le-Monastere-et-Siege-Catholicossal-de-la-Sainte-Croix-d-Aght-amar/> üzerinden Erişim Tarihi: 03.10.2024

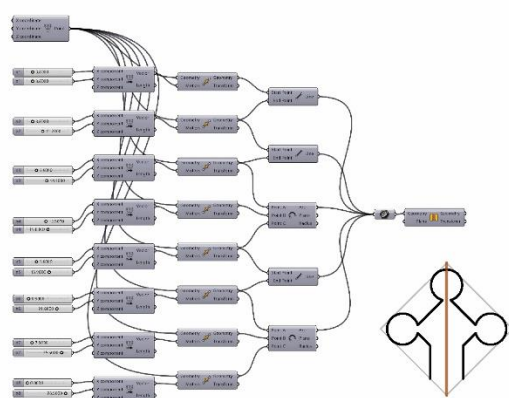
URL7: <https://www.etymonline.com/search?q=symmetry> üzerinden “symmetry” Erişim Tarihi: 15.03.2024

EK1 – EHM'LERİN PARAMETRİK MODELLERİ

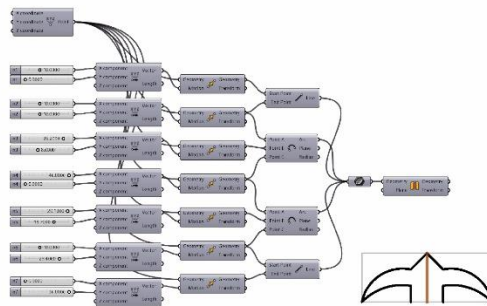
EHM-01



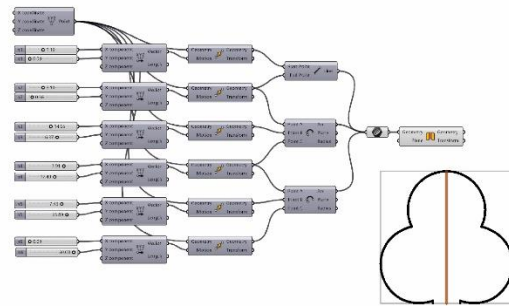
EHM-02



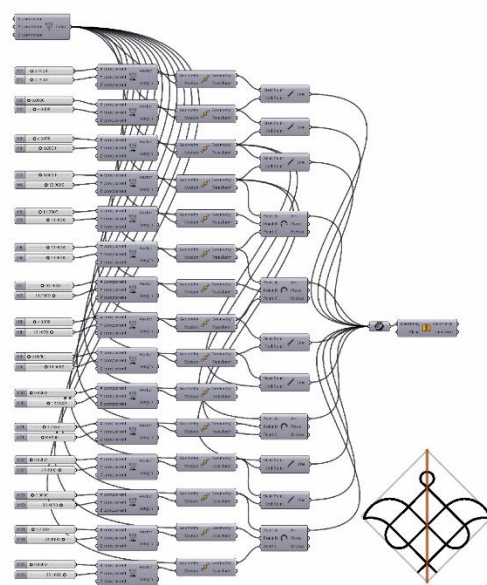
EHM-03



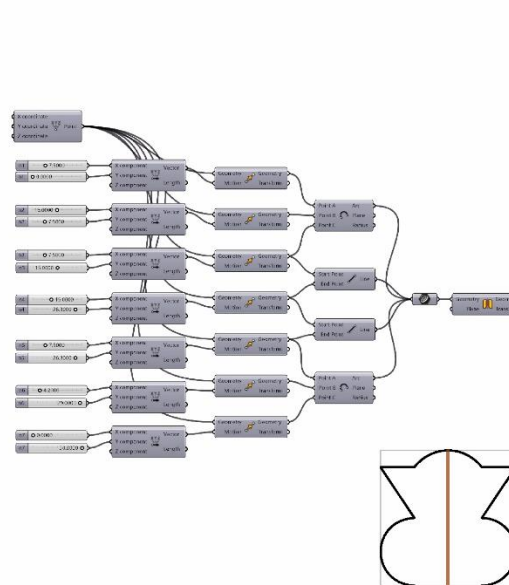
EHM-04



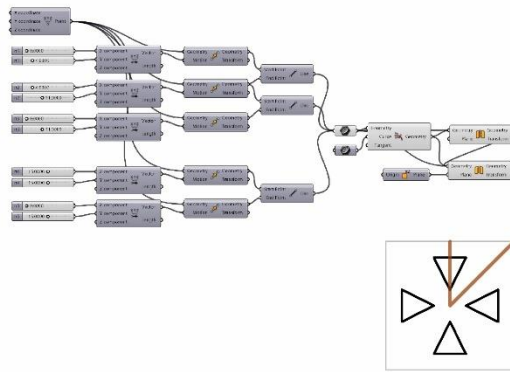
EHM-05



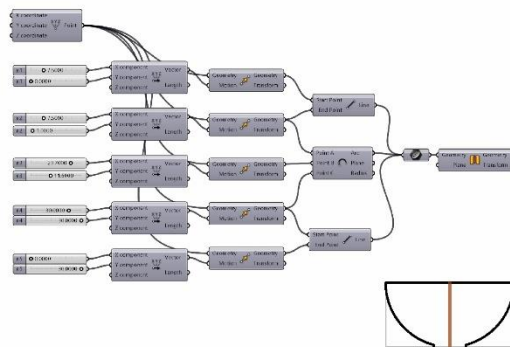
EHM-06



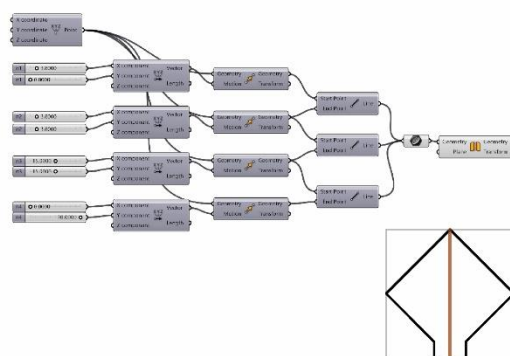
EHM-07



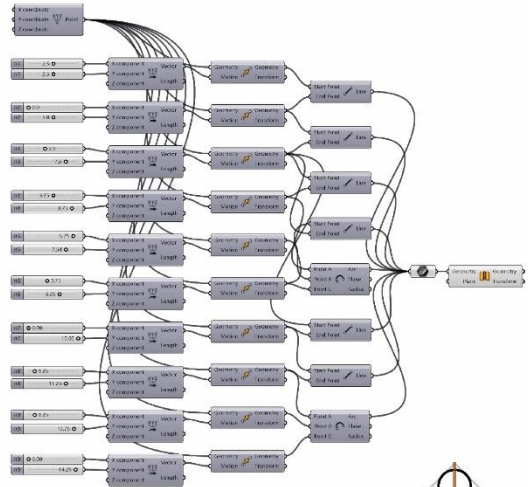
EHM-08



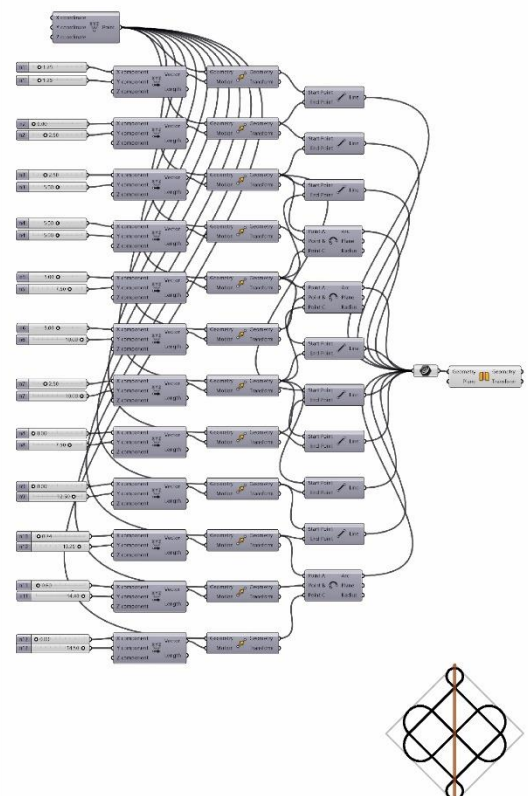
EHM-09



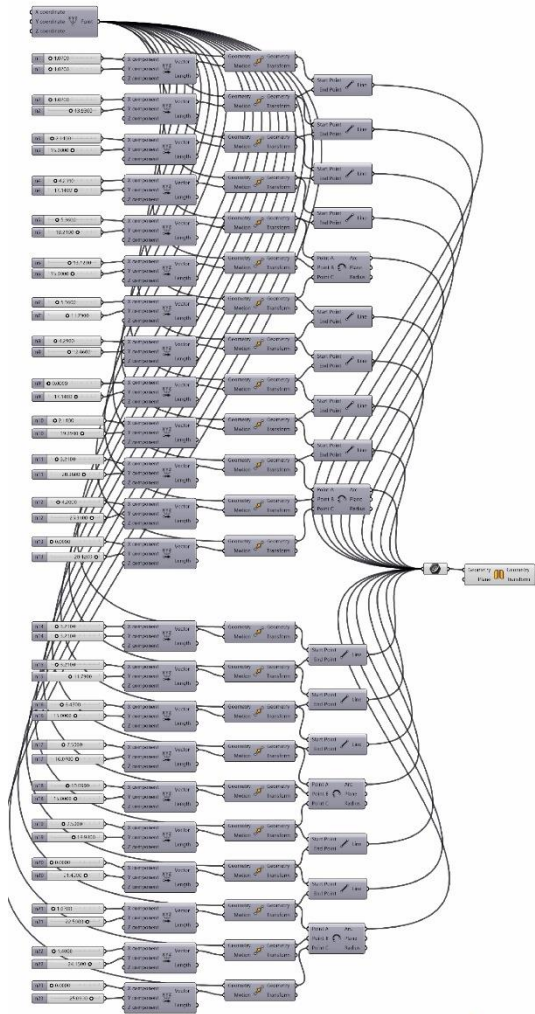
EHM-10



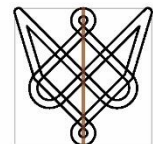
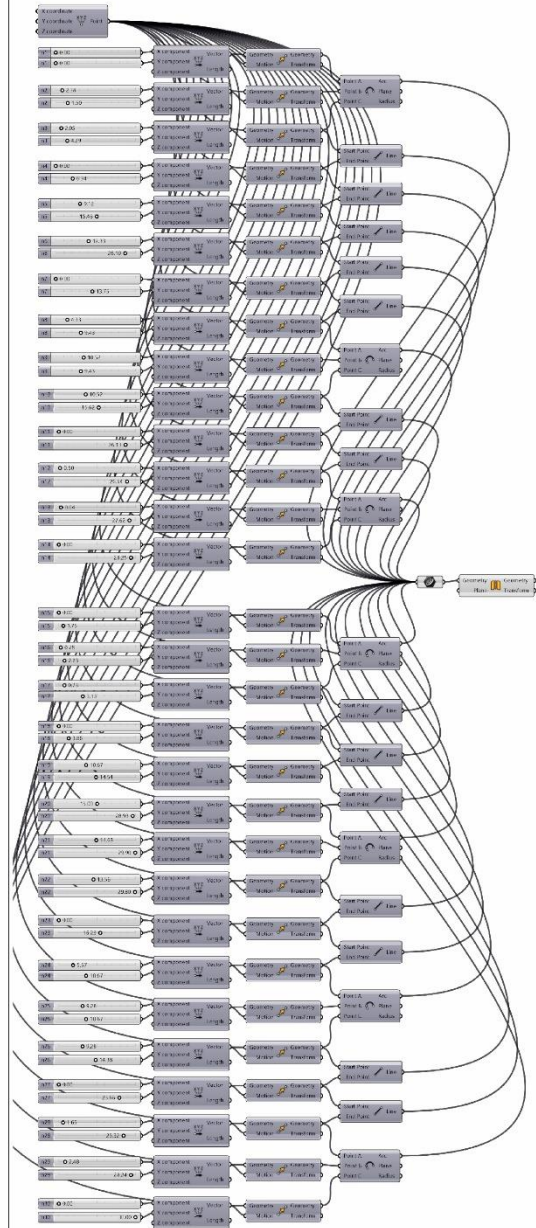
EHM-11



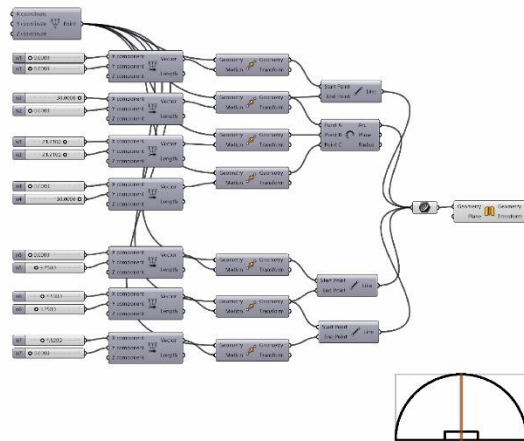
EHM-12



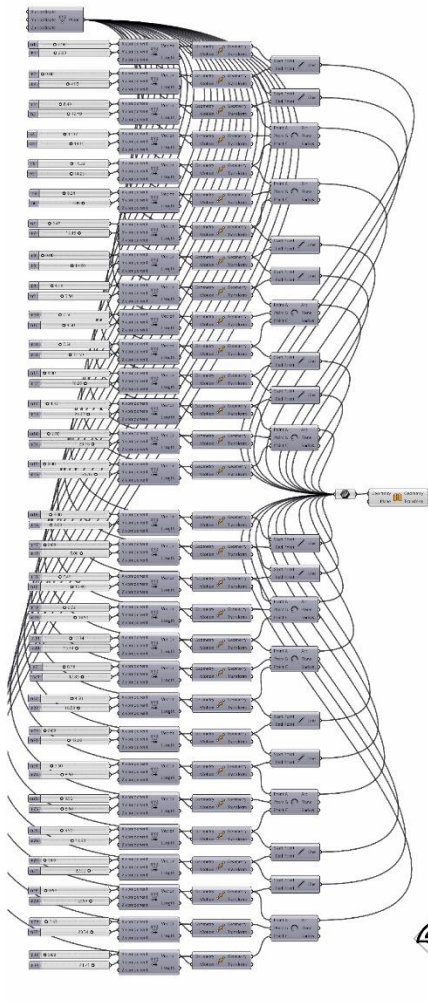
EHM-13



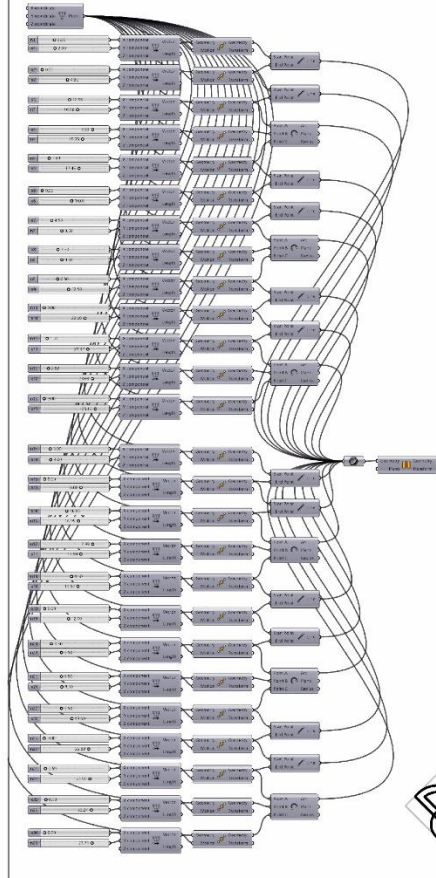
EHM-14



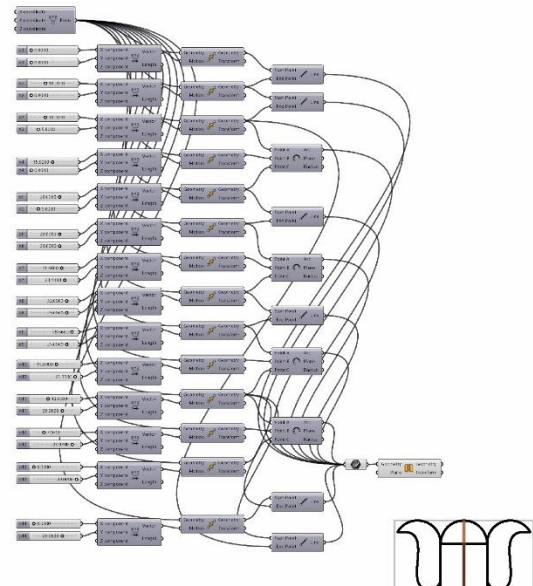
EHM-15



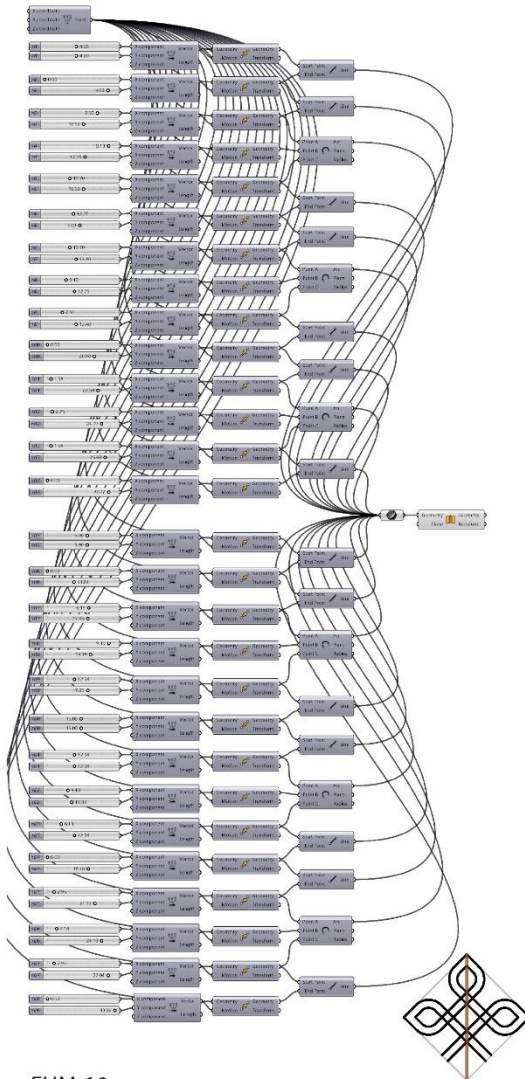
EHM-16



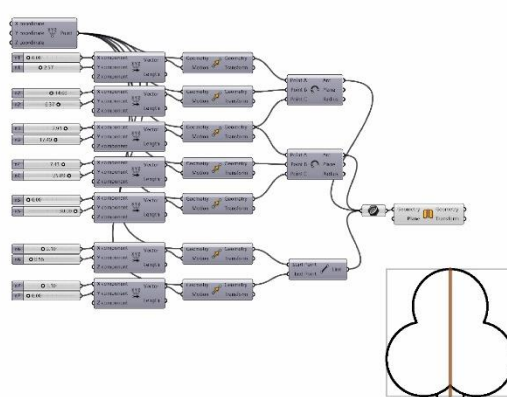
EHM-17



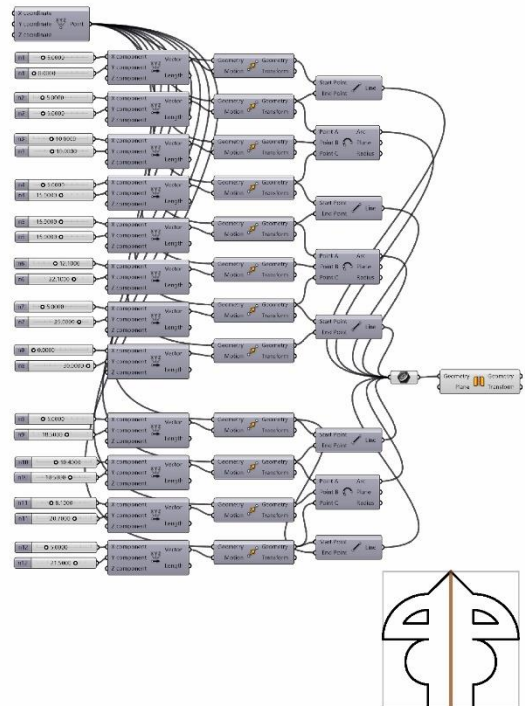
EHM-18



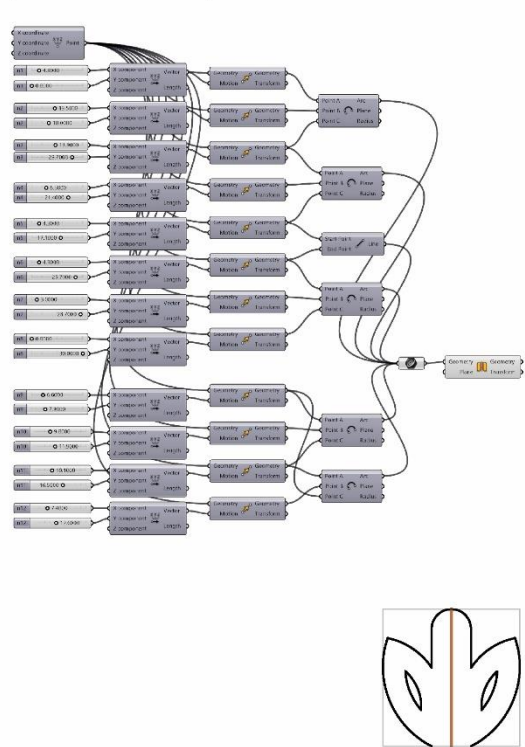
EHM-19



EHM-20



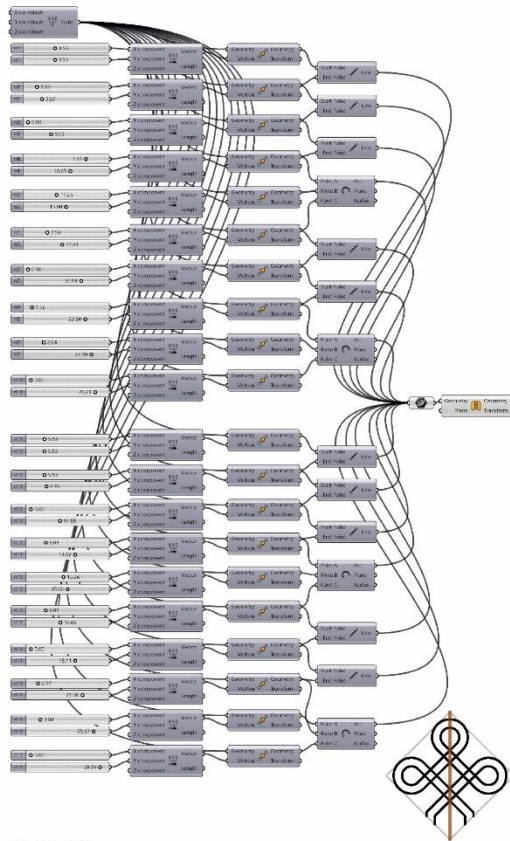
EHM-21



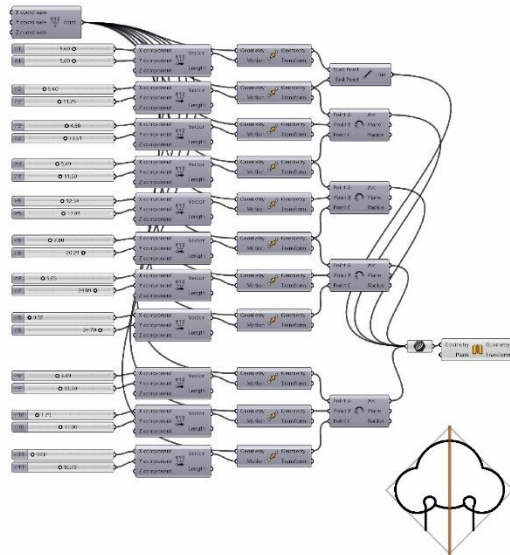
The diagram illustrates the system architecture, showing a flow from a Commander to Sub-commanders, then to Sensors and Actuators, which are managed by a Controller and connected to Data Storage. A legend at the bottom right defines the symbols used in the diagram.

The diagram illustrates the EHM-25 system architecture. It features a central processing unit (EHM-25) connected to various input and output modules. The inputs include a 24-pin D-sub connector, a 15-pin D-sub connector, and a 9-pin D-sub connector. The outputs include a 24-pin D-sub connector, a 15-pin D-sub connector, and a 9-pin D-sub connector. A diamond-shaped connector is also shown at the bottom right.

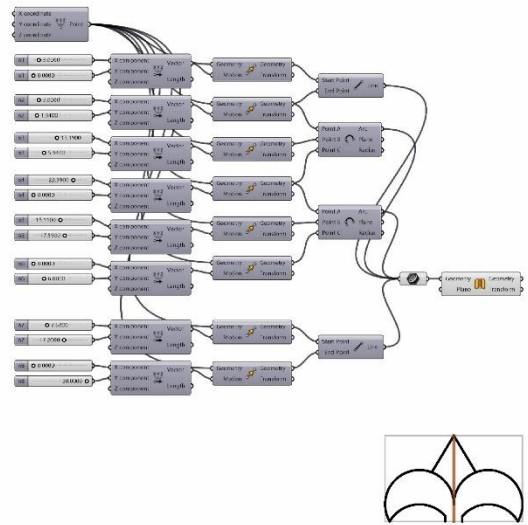
EHM-27



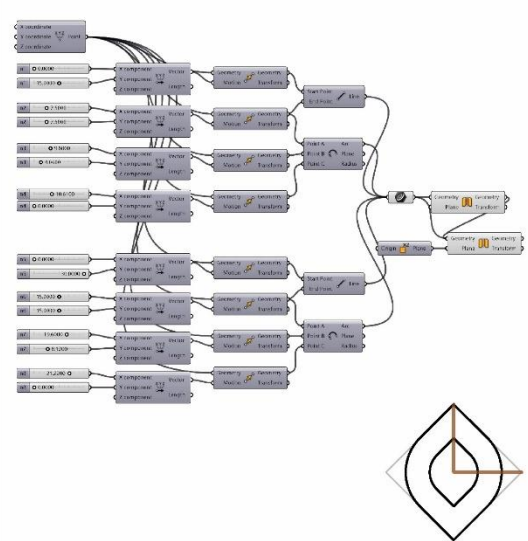
EHM-28



EHM-29



EHM-30



EHM-31



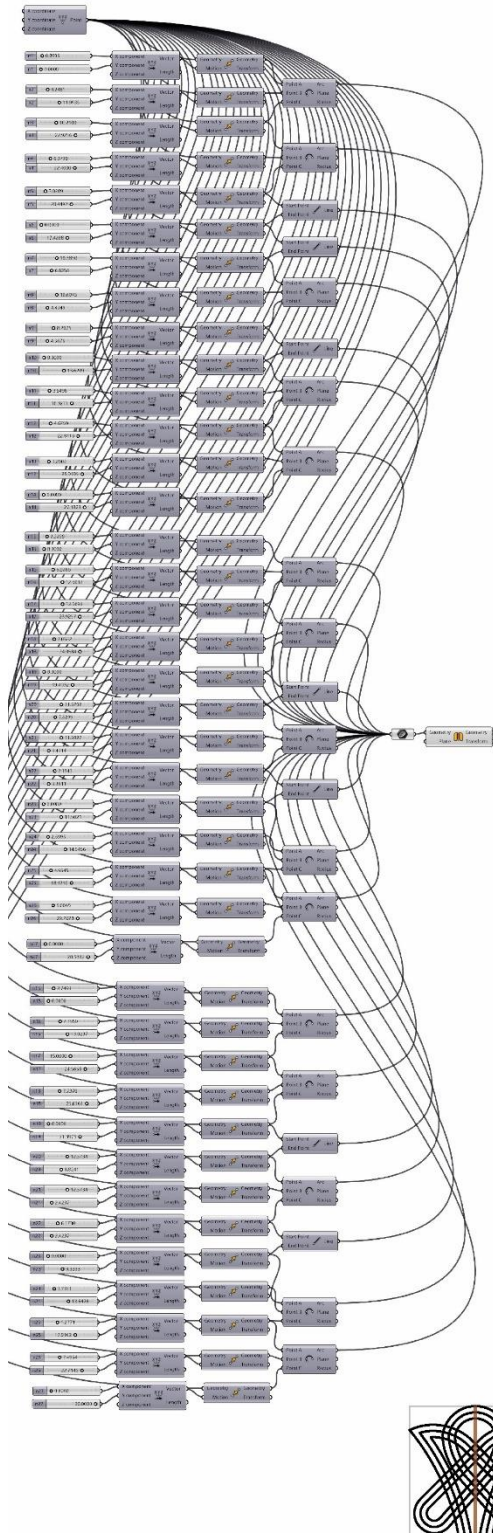
EHM-32



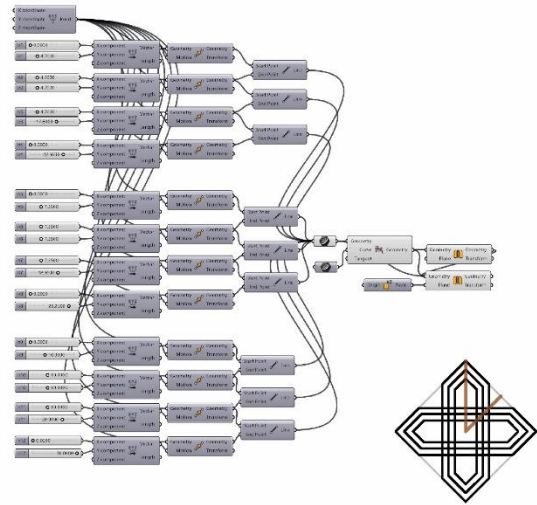
EHM-33



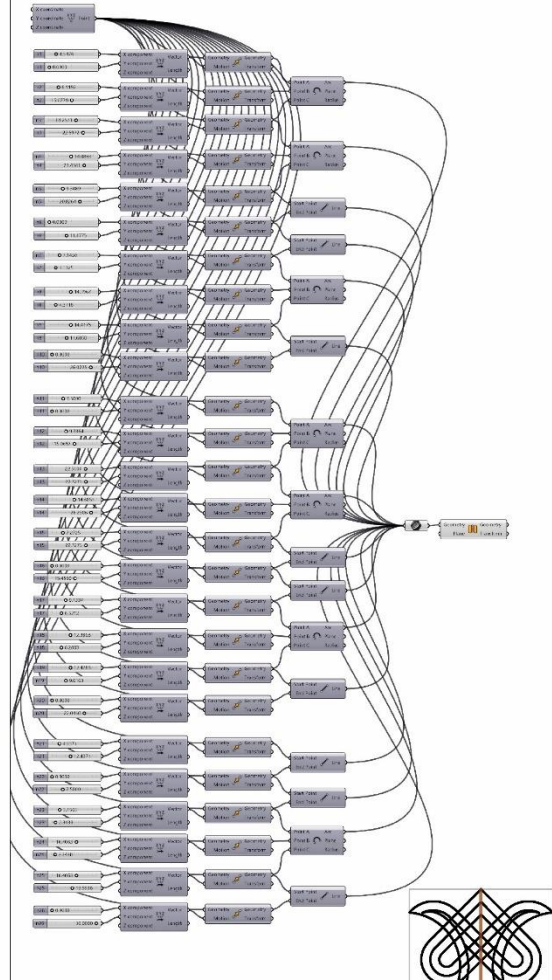
EHM-34



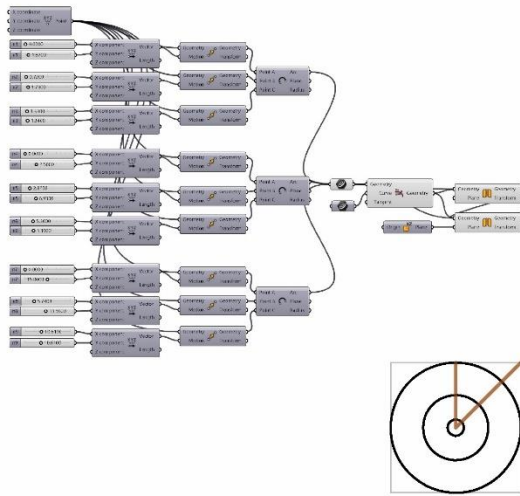
EHM-35



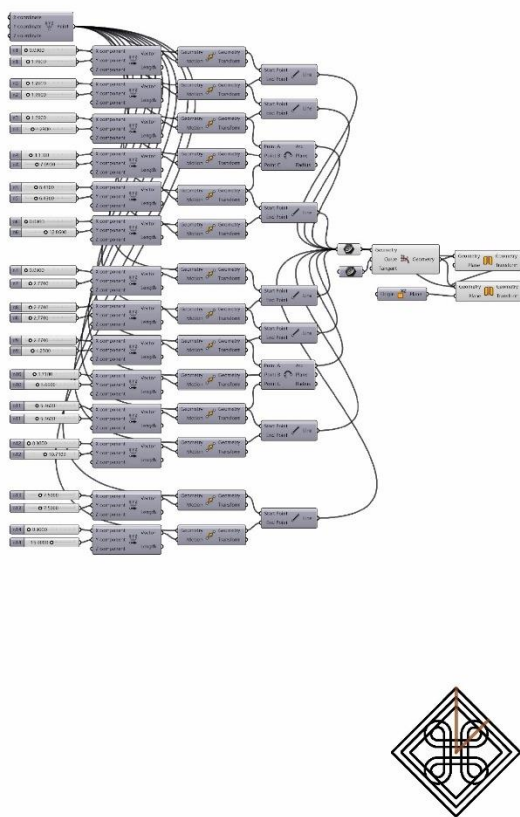
EHM-36



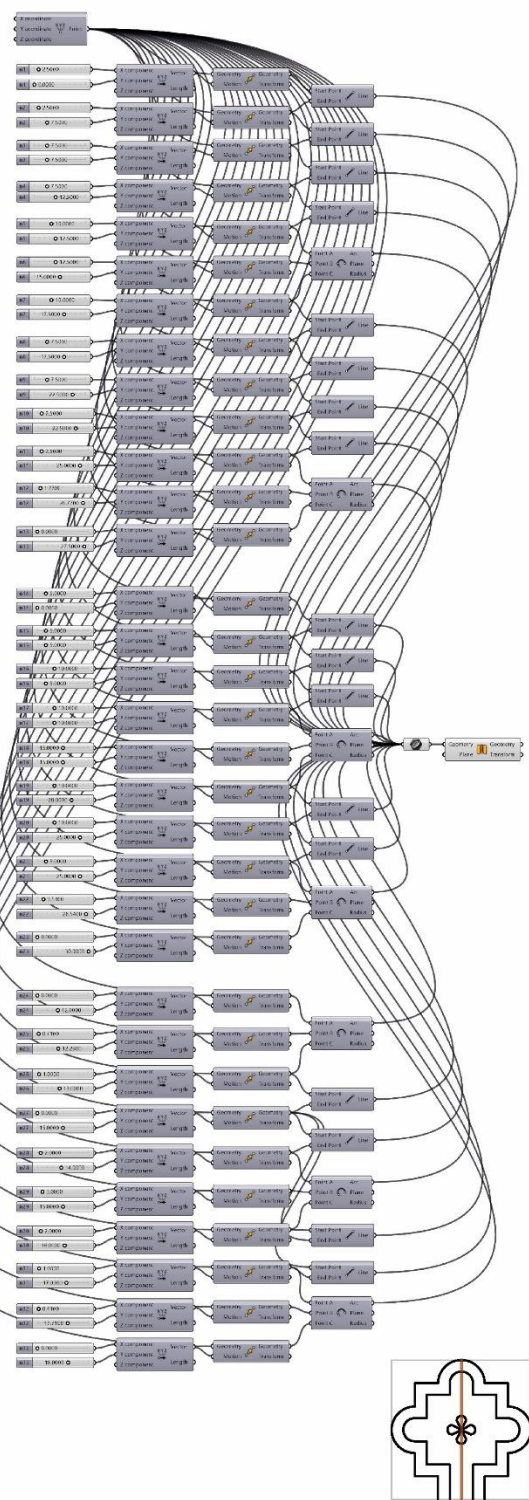
EHM-41



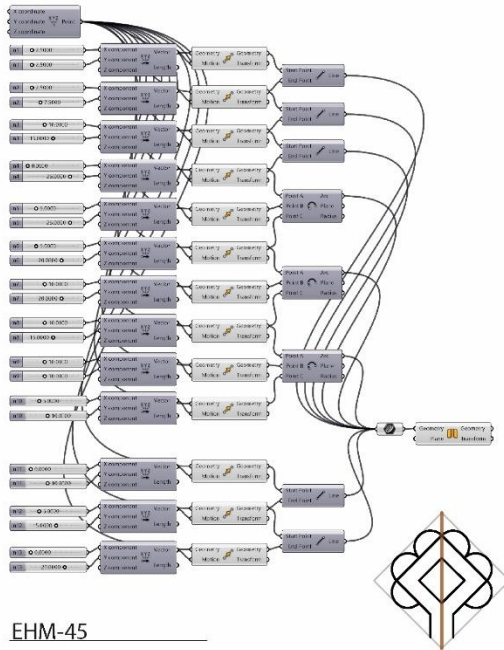
EHM-42



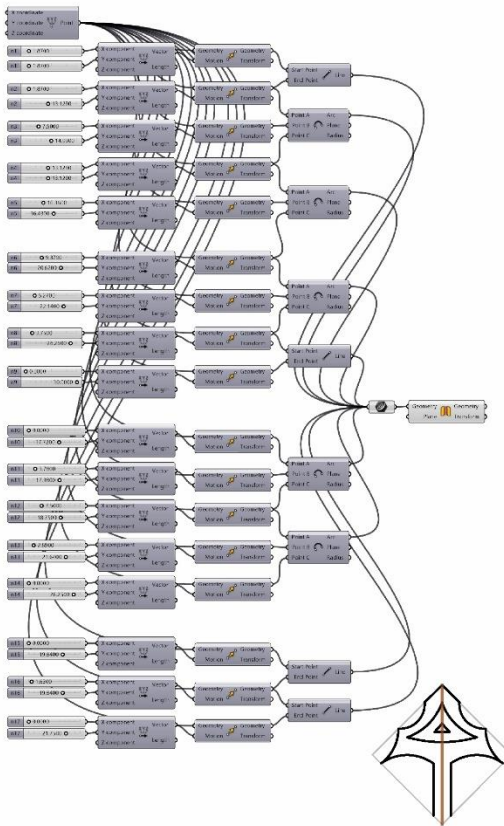
EHM-43



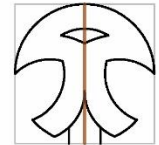
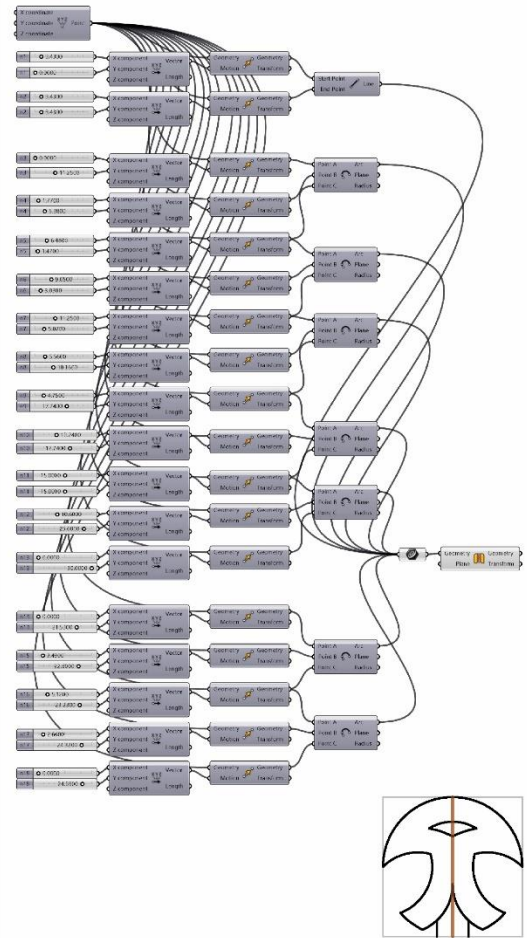
EHM-44



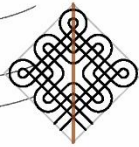
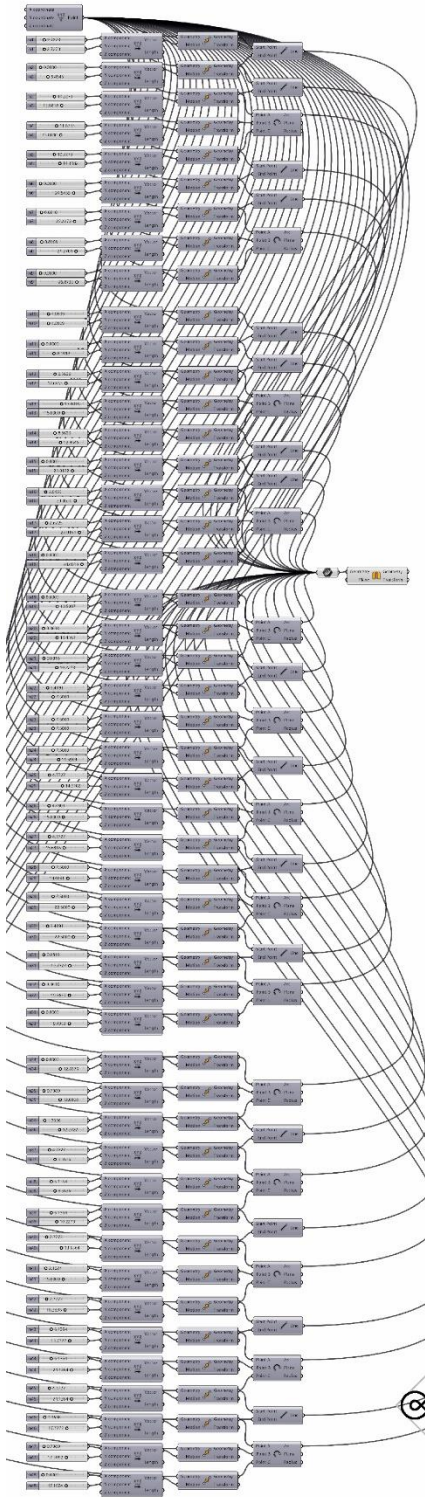
EHM-45



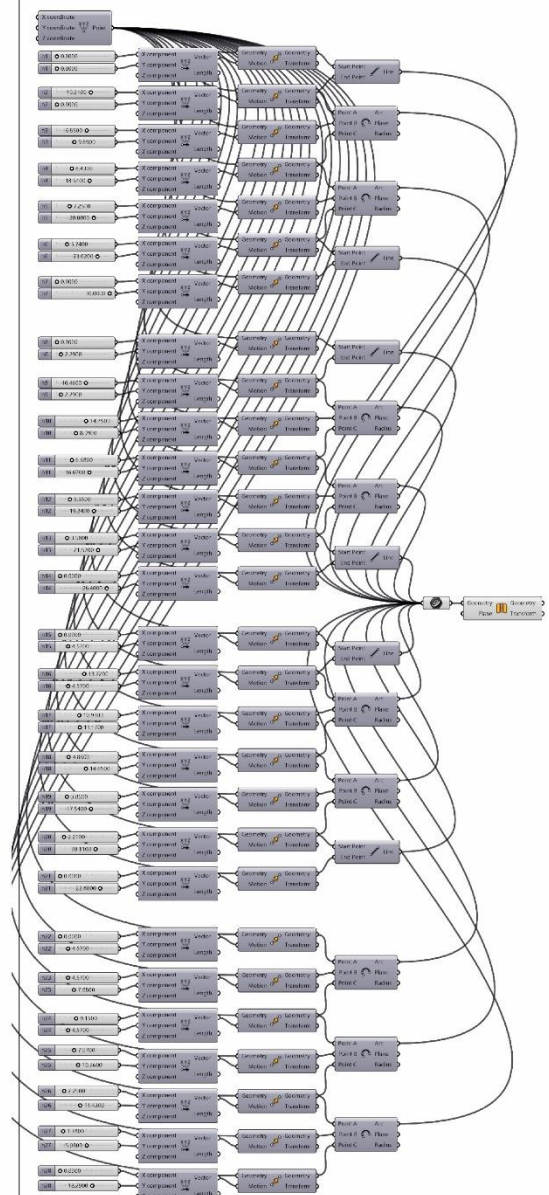
EHM-46



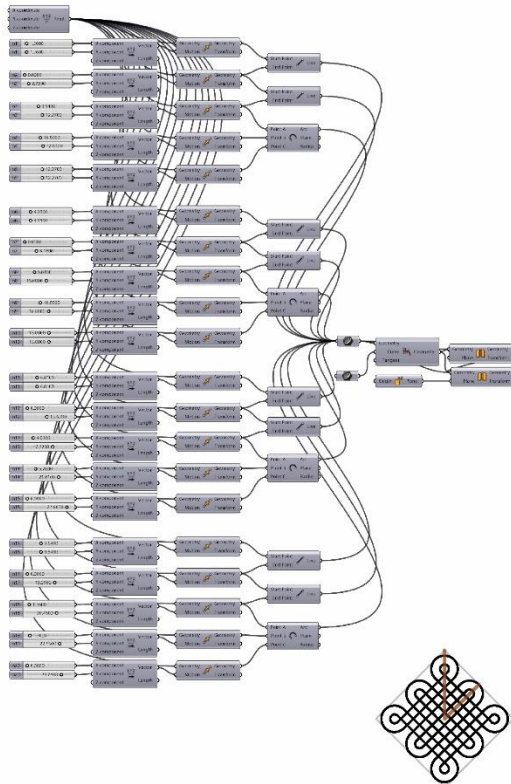
EHM-47



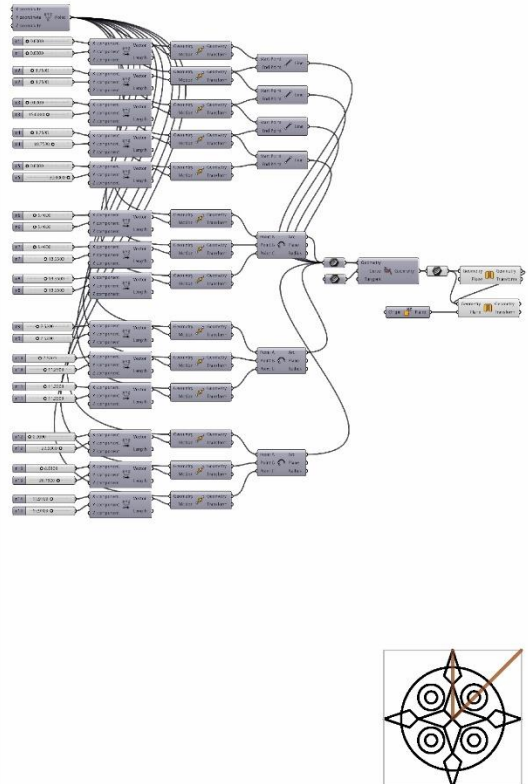
EHM-48



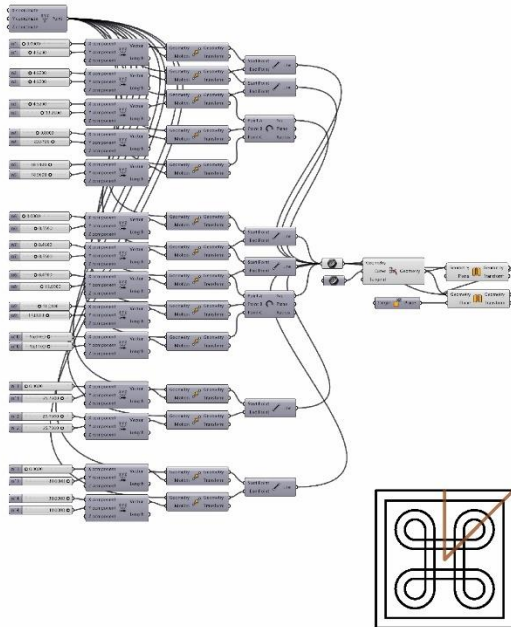
EHM-49



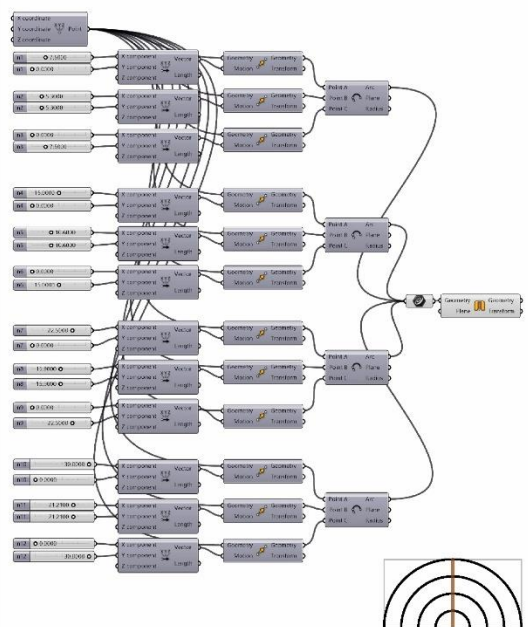
EHM-51



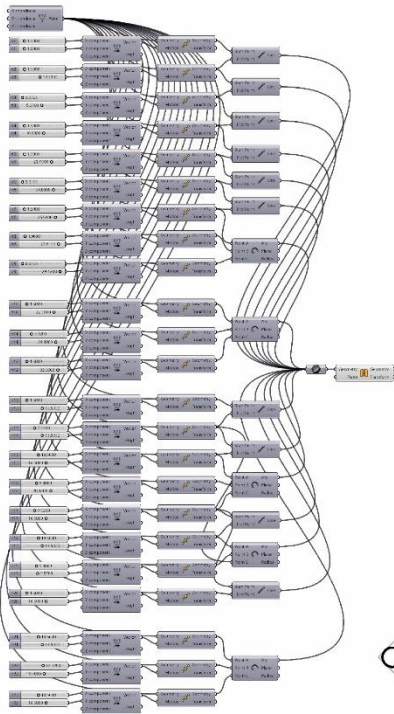
EHM-50



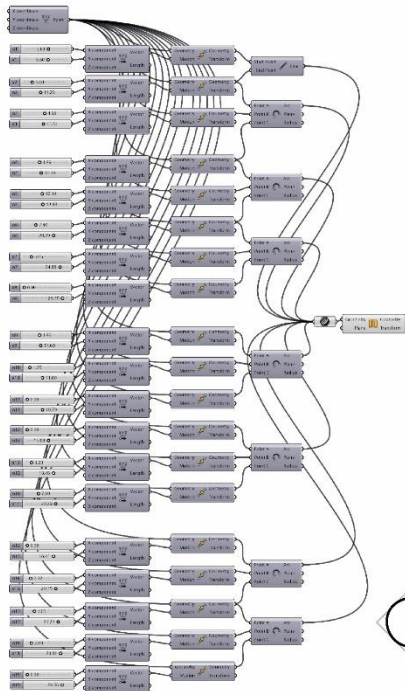
EHM-52



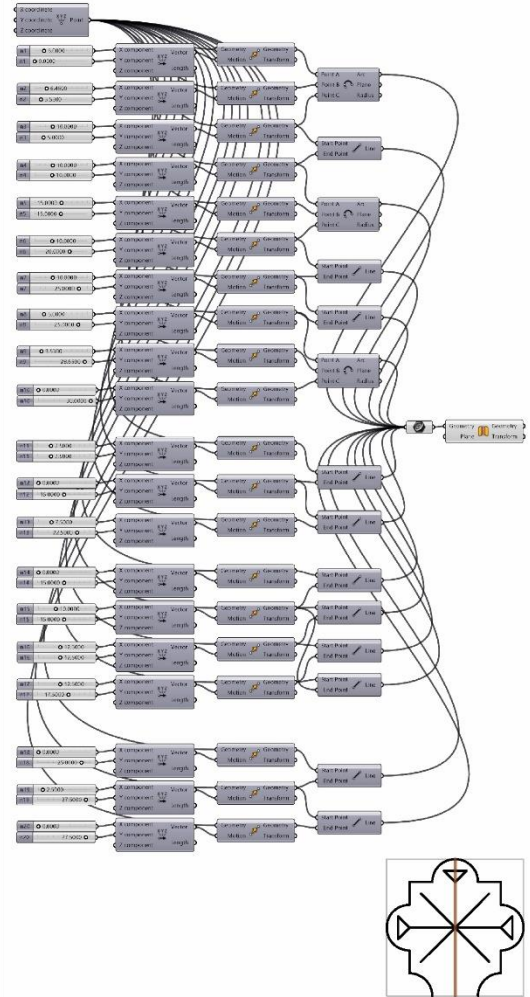
EHM-53



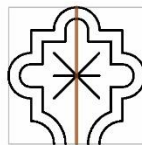
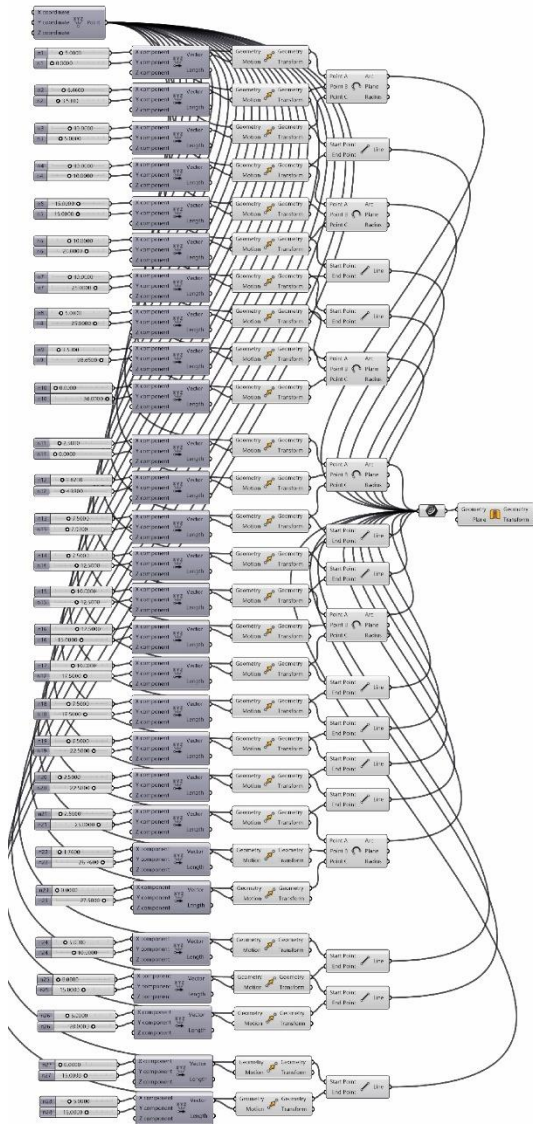
EHM-54



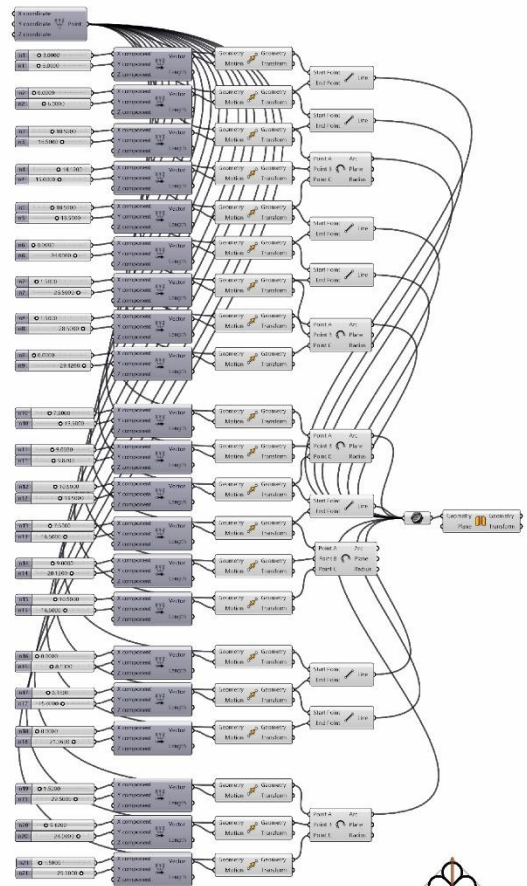
EHM-55



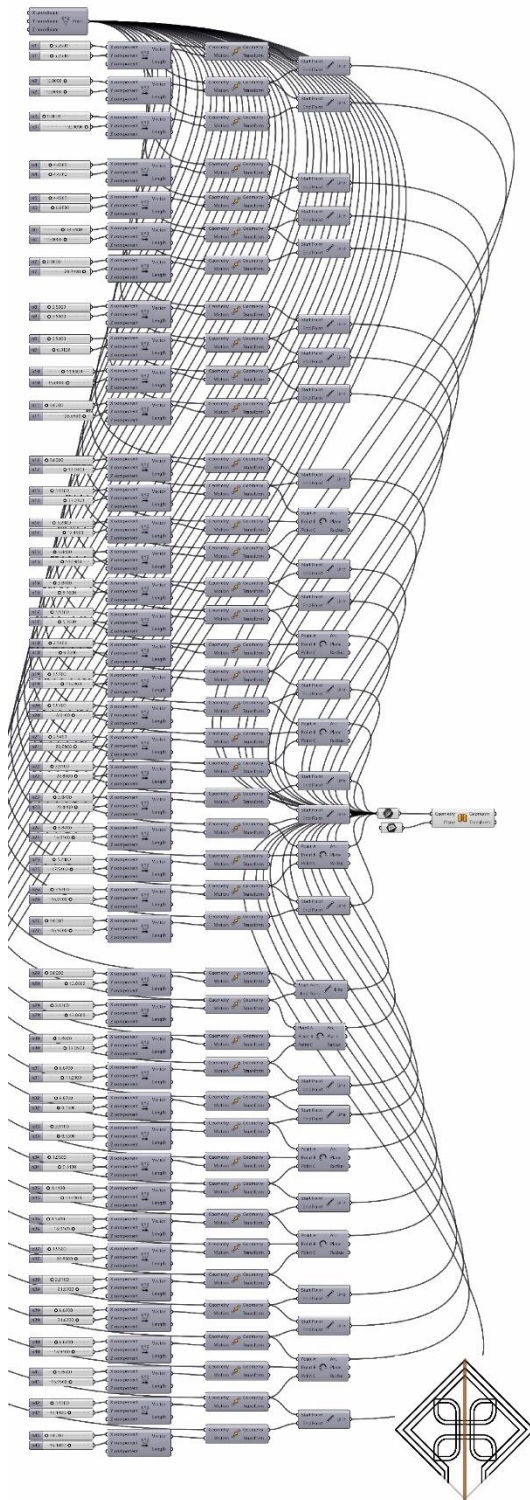
EHM-56



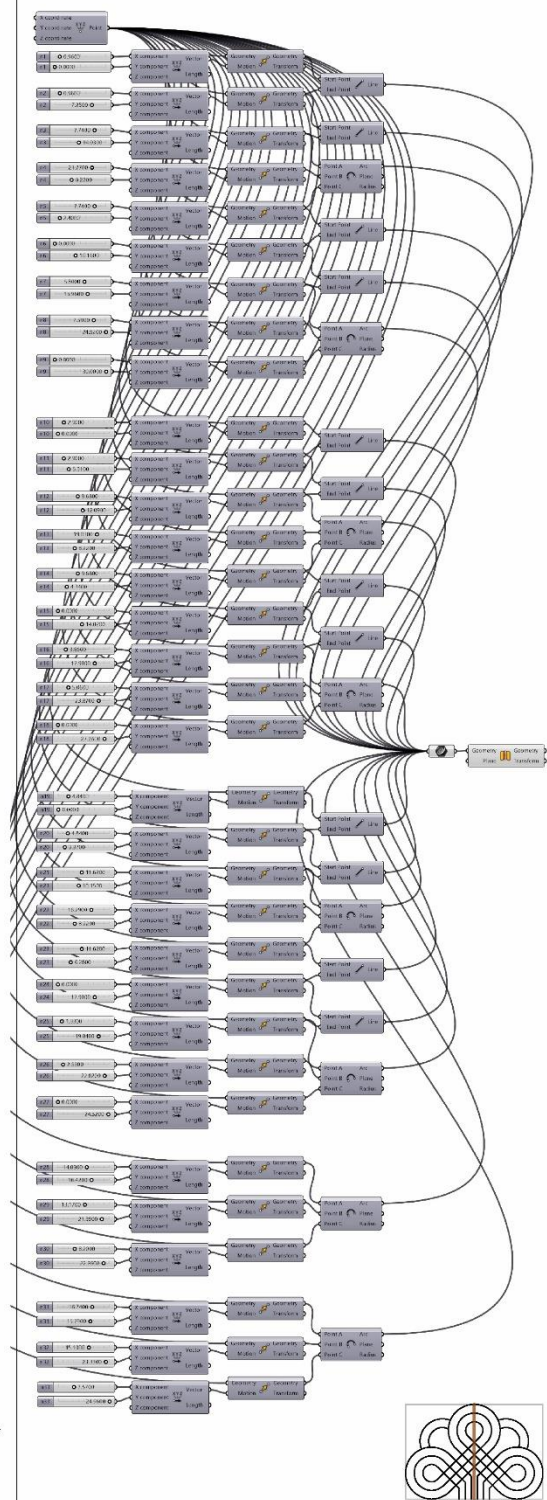
EHM-57



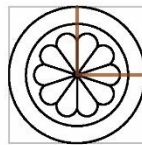
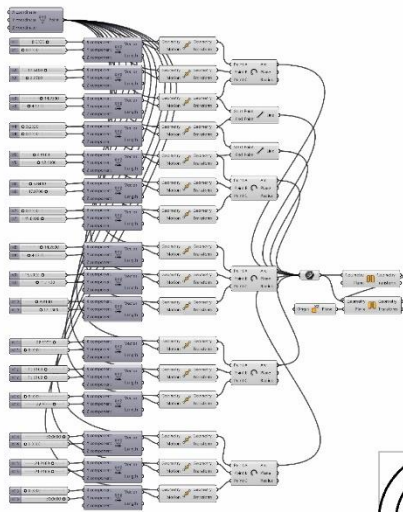
EHM-58



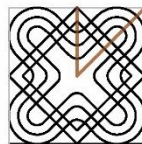
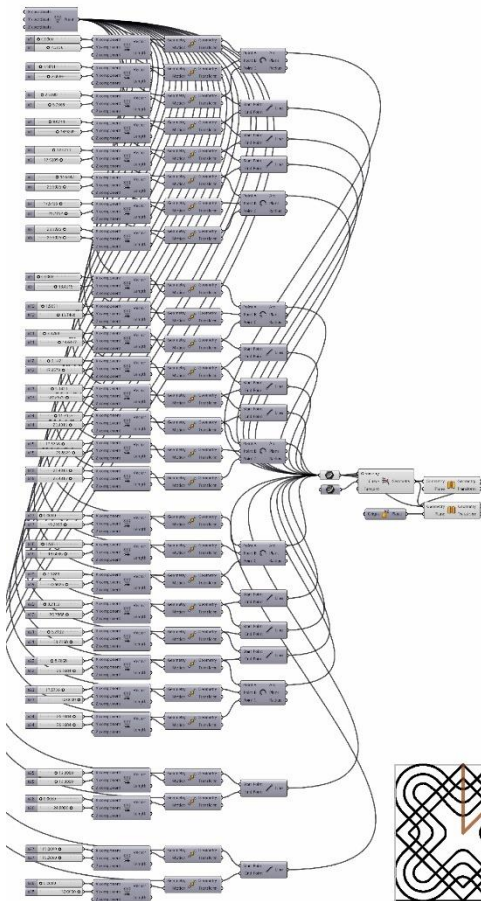
EHM-59



EHM-60



EHM-61



EHM-62

