T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PROSEDÜREL MİMARİ TİPOLOJİLERİ İLE KULLANICI ETKİLEŞİMLİ KENT MODÜLÜ TASARIMI: AMSTERDAM KANAL EVLERİ

Tuğçe ŞEN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mimarlık Anabilim Dalı

Bilgisayar Ortamında Mimarlık Programı

Doç. Dr. Togan TONG

Mart, 2025

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PROSEDÜREL MİMARİ TİPOLOJİLERİ İLE KULLANICI ETKİLEŞİMLİ KENT MODÜLÜ TASARIMI: AMSTERDAM KANAL EVLERİ

Tuğçe ŞEN tarafından hazırlanan tez çalışması 07.03.2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Bilgisayar Ortamında Mimarlık Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Togan TONG
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Togan TONG, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Doç. Dr. Senem KAYMAZ, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Doç. Dr. Bülent Onur TURAN, Üye
Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi _____

Danışmanım Doç. Dr. Togan TONG sorumluluğunda tarafımca hazırlanan "Prosedürel Mimari Tipolojileri ile Kullanıcı Etkileşimli Kent Modülü Tasarımı: Amsterdam Kanal Evleri" başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Tuğçe ŞEN

İmza



Aileme

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın her aşamasında yakın ilgi ve desteğini esirgemeyen, çalışmalarımın yönlendirilmesi ve sonuçlandırılmasında büyük katkıları olan değerli tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Togan TONG'a en içten teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, kodlama konusunda sağladığı değerli destekler ve tezimin yöntem kısmının geliştirilmesindeki yardımlarıyla Almanya'daki Erasmus dönemimde tezim üzerinde önemli katkılarda bulunan Sayın Prof. Dr. Michael FROEHLICH'e minnettarım. TÜBİTAK 2211 bursiyeri olarak, bilimsel çalışmalar için sağladıkları değerli destek için TÜBİTAK Bilim İnsanı Destekleme Daire Başkanlığı'na içten teşekkürlerimi sunarım. Son olarak, Erasmus programı kapsamında geçirdiğim iki dönem boyunca hem maddi hem manevi anlamda her zaman yanımda olan sevgili aileme sonsuz teşekkürlerimi ifade etmek isterim.

Tuğçe ŞEN

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ vii
KISALTMA LİSTESİ viii
ŞEKİL LİSTESİ ix
TABLO LİSTESİ xii
ÖZET xiii
ABSTRACT xv
1 GİRİŞ 1
1.1 Tezin Amacı ve Önemi 2
1.2 Tezin Yöntemi 3
1.3 Tezin Kapsamı 3
1.4 Hipotez 4
2 PROSEDÜREL MİMARİ 5
2.1 Prosedürel Mimarinin Tanımı ve Tarihçesi 5
2.2 Prosedürel Mimarinin Teknikleri 6
2.2.1 Parametrik Tasarım 6
2.2.2 Üretken Algoritmalar 6
2.2.3 BDM(CGA) Şekil Kural Tabanlı Sistemler 7
2.2.4 Simülasyon Tabanlı Teknikler 8
2.3 Mimari Tipolojiler 9
2.3.1 Amsterdam Kanal Evleri Mimari Tipolojilerinin İncelenmesi 9
2.4 Prosedürel Mimariye Mimari Tipolojilerin Entegrasyonu 13
2.4.1 Prosedürel Mimariye Mimari Tipolojilerin Entegrasyonu: Kullanılan Uygulamalar 14
2.4.2 Prosedürel Mimaride Mimari Tipolojilerin Entegrasyonu: Sayısal Ortamda Oluşturulmuş Örnek İncelemeler 16
3 SAYISAL ORTAMDA SAHNE OLUŞTURMA 28
3.1 Sahne Oluşturma Türleri 29
3.1.1 Statik Sahneler 29

3.1.2 Animasyonlu Sahneler 30

3.1.3 Gerçek Zamanlı Sahneler 31

3.1.4 Sanal Gerçeklik (VR) Sahneleri 32

3.1.5 Arttırılmış Gerçeklik (AR) Sahneleri 33

3.1.6 Prosedürel Sahneler 34

3.1.7 Kural Tabanlı Algoritmik Sahneler 36

3.1.8 Dinamik Sahneler 37

3.2 Sahne Oluşturma Türlerinin Mimari Alanda Uygulamaları 38

3.2.1 Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD) ve 3B Modelleme 38

3.2.2 Sanal Gerçeklik (VR) ve Artırılmış Gerçeklik (AR) 38

3.2.3 Bina Bilgi Modellemesi (BIM) ile Sahne Oluşturma 39

3.2.4 Simülasyonlar ve Etkileşimli Mekânsal Deneyimler 39

4 PROSEDÜREL MİMARİ TİPOLOJİLERİ İLE KULLANICI ETKİLEŞİMLİ KENT MODÜLÜ TASARIMI: AMSTERDAM KANAL EVLERİ 40

4.1 Metodoloji 56

4.1.1 Kullanıcılar Tarafından Oluşturulmuş Kent Modülleri 65

4.2 Amsterdam Kanal Evlerinin Dinamik Modelleri İş Akış Diyagramı 70

4.3 Anket Sonuçları ve Bulgular 74

5 SONUÇ 89

KAYNAKÇA 93

A ANKET SORULARI 96

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR 98

SİMGE LİSTESİ

C++	Nesne yönelimli ve yüksek performanslı bir programlama dili
#	Python kodu sessize alma

KISALTMA LİSTESİ

2B	2 Boyutlu
3B	3 Boyutlu
3DS	3ds formatı
AR	Arttırılmış Gerçeklik
BIM	Bina Bilgi Modelleme
CAD	Bilgisayar Destekli Tasarım
CGA	Bilgisayar Destekli Mimari (BDM)
CGI	Bilgisayarda Oluşturulan Görüntüler
FBX	Fbx formatı
OBJ	Object formatı
PCG	Prosedürel içerik üretimi
VR	Sanal Gerçeklik

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 L sistemleri 7
Şekil 2.2 Genetik algoritma tabanlı sistem 7
Şekil 2.3 BDM(CGA++) ile oluşturulan kod) 8
Şekil 2.4 BDM(CGA++) sonucu oluşturulabilen olasılıklar 8
Şekil 2.5 Voyvodina'nın tuna bölgesinde 1900 yılı civarında inşa edilen neo-gotik şapellerin tarihi açıdan doğru bir şekilde yeniden inşası 9
Şekil 2.6 Amsterdam evlerinin referans tiplerinin temel özellikleri 10
Şekil 2.7 Amsterdam kanal evi cephe tipolojisi 11
Şekil 2.8 Cephe görünümü (Stadsarchief Amsterdam, 1989) otantik unsurlarla .. 12
Şekil 2.9 Dövme demir sac ankrajları 13
Şekil 2.10 Gül tankeri (Rosetankers) 13
Şekil 2.11 Buildfy 1.0 iş akış diyagramı 17
Şekil 2.12 Geometri nodları ile prosedürel binalar iş akış diyagramı 18
Şekil 2.13 Hızlı anime şehri ver2.1 (3/3 update "0") iş akış diyagramı 19
Şekil 2.14 City X: çoklu ajan iş akışı 20
Şekil 2.15 Prosedürel bina oluşturucu 2 iş akış diyagramı 21
Şekil 2.16 Prosedürel Amsterdam kanal evi 22
Şekil 2.17 Houdini ile oluşturulmuş prosedürel Amsterdam kanal evi iş akış diyagramı 23
Şekil 2.18 Prosedürel Amsterdam kanal evleri houdini yazılımı ile oluşum diyagramı 24
Şekil 2.19 Prosedürel modelleme ile oluşturulmuş binalar 25
Şekil 2.20 Prosedürel modelleme ile oluşturulmuş antik bizans yapıları 25
Şekil 3.1 Sahne oluşturma aşaması 28
Şekil 3.2 Modül bazında oluşturulmuş statik sahne 30
Şekil 3.3 Animasyonlu sahne üretme şeması bisiklete binme ve bisikletle yürüme animasyonu 31
Şekil 3.4 Gerçek zamanlı sahneler 32
Şekil 3.5 BlenderVR mimarisi grafiği (sağda) bge kare tabanlı diziciye entegre edilmiş 3 ana işlemi gösteriyor 33
Şekil 3.6 LEARN SIGN geliştirme metodolojisi 34

Şekil 3.7 Geometri nodları ile prosedürel binalar 34
Şekil 3.8 Buildfy 1.0 ile oluşturulmuş prosedürel sahne 35
Şekil 3.9 Hızlı anime şehri ver2.1 ile oluşturulmuş prosedürel sahne 35
Şekil 3.10 Prosedürel bina oluşturucu 2 ile oluşturulmuş prosedürel sahne 35
Şekil 3.11 Tipolojik özelliklerden parametrik bir model belirlemeye yönelik iş akışı 37
Şekil 3.12 Rail Clone ile oluşturulmuş cephe 37
Şekil 3.13 Mimari sahnenin oluşturulma yöntemi 39
Şekil 4.1 UNESCO Dünya Mirası listesi 17. yüzyıl kanalları 40
Şekil 4.2 Amsterdam kanal evleri kuş bakışı seçilen alan 41
Şekil 4.3 Amsterdam kanal evleri: seçilen alanın harita üzerindeki yeri 42
Şekil 4.4 Amsterdam evleri cephe boyun çatı örneği 42
Şekil 4.5 Geleneksel Amsterdam kanal evleri tipoloji diyagramı 43
Şekil 4.6 Geleneksel Amsterdam kanal evleri seçilen alanda bulunan tipolojiler. 44
Şekil 4.7 Reguliersgracht 70-92 numaralı evleri giriş katı tipolojileri 45
Şekil 4.8 Bina 4 tipolojisi 47
Şekil 4.9 Bina 8 tipolojisi 47
Şekil 4.10 Caddeden giriş örnekli cepheler 'Bina1&2' 48
Şekil 4.11 Bina 5 tipolojisi 48
Şekil 4.12 Reguliersgracht 70-92 numaralı evleri tip kat tipolojileri 49
Şekil 4.13 Reguliersgracht 70-92 numaralı evleri çatı tipolojileri 51
Şekil 4.14 Çan çatı tipolojisi 'Bina 12' 52
Şekil 4.15 Boyunlu çatı tipolojisi 'Bina 3' 52
Şekil 4.16 Basamaklı çatı tipolojisi 'Bina 4 varyasyonu' 53
Şekil 4.17 Çan çatı tipolojisi 'Bina 3 varyasyonu' 54
Şekil 4.18 Keizersgracht 564 1 üniteli tipoloji örneği 55
Şekil 4.19 Keizersgracht 651 caddesi 1 üniteli cephe örneği 55
Şekil 4.20 Amsterdam geleneksel evleri çatı örneği 56
Şekil 4.21 Metodoloji diyagramı 56
Şekil 4.22 Metodoloji Diyagramı 2 58
Şekil 4.23 Google haritalardan alınan fotoğraflar 59
Şekil 4.24 2B Amsterdam kanal evleri 59
Şekil 4.25 3B Amsterdam kanal evleri modüler birimleri 60
Şekil 4.26 3B Amsterdam kanal evleri çatı modüler birimleri 60
Şekil 4.27 3B Amsterdam kanal evleri dokulu modüler birimleri 61

Şekil 4.28 3B Amsterdam kanal evleri dokulu modelde tekneden bakış 62
Şekil 4.29 Python kodu ile oluşturulmuş arayüz 64
Şekil 4.30 Python Blender arayüz 64
Şekil 4.31 Kullanıcı 1 tarafından oluşturulan sahne 65
Şekil 4.32 Kullanıcı 2 tarafından oluşturulmuş sahne 65
Şekil 4.33 Kullanıcı 3 tarafından oluşturulan sahne 66
Şekil 4.34 Kullanıcı 4 tarafından oluşturulmuş sahne 66
Şekil 4.35 Kullanıcı 5 tarafından oluşturulan sahne 67
Şekil 4.36 Kullanıcı 6 tarafından oluşturulan sahne 67
Şekil 4.37 Kullanıcı 7 tarafından oluşturulan sahne 68
Şekil 4.38 Kullanıcı 8 tarafından oluşturulan sahne 68
Şekil 4.39 Kullanıcı 9 tarafından oluşturulan sahne 69
Şekil 4.40 Amsterdam kanal evlerinin oluşturma iş akış diyagramı 70
Şekil 4.41 Anket sorusu 1 sonucu 74
Şekil 4.42 Anket sorusu 2 sonucu 75
Şekil 4.43 Anket sorusu 3 sonucu 75
Şekil 4.44 Anket sorusu 4 sonucu 76
Şekil 4.45 Anket sorusu 5 sonucu 77
Şekil 4.46 Anket sorusu 6 sonucu 77
Şekil 4.47 Anket sorusu 7 sonucu 78
Şekil 4.48 Anket sorusu 8 sonucu 78
Şekil 4.49 Anket sorusu 9 sonucu 79
Şekil 4.50 Anket sorusu 10 sonucu 79
Şekil 4.51 Anket sorusu 11 sonucu 80
Şekil 4.52 Anket sorusu 12 sonucu 80
Şekil 4.53 Anket sorusu 13 sonucu 81
Şekil 4.54 Anket sorusu 14 sonucu 81
Şekil 4.55 Anket sorusu 15 sonucu 82
Şekil 4.56 Anket sorusu 16 sonucu 82
Şekil 4.57 Anket sorusu 17 sonucu 83
Şekil 4.58 Anket sorusu 18 sonucu 84
Şekil 4.59 Anket sorusu 19 sonucu 85
Şekil 4.60 Anket sorusu 20 sonucu 86
Şekil 4.61 Anket sorusu 21 sonucu 87
Şekil 5.1 Metodoloji geri bildirim diyagramı 91

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1 Modelleme Programları 15

Tablo 2.2 Tez çalışmasının özelliklerinin literatürdeki mevcut çalışmalarla karşılaştırmalı analizi 26

Tablo 4.1 Prosedürel Amsterdam kanal evleri ve prosedürel mimari tipolojileri ile kent modülü tasarımı: Amsterdam kanal evleri çalışmalarının benzerlikleri 71

Tablo 4.2 Prosedürel Amsterdam kanal evleri ve prosedürel mimari tipolojileri ile kent modülü tasarımı: Amsterdam kanal evleri çalışmalarının farklılıkları 71

Tablo 4.3 Prosedürel Amsterdam kanal evleri ve bu tez çalışmasının karşılaştırmalı analizi 73

Tablo 4.4 Açık uçlu anket sorularının tablolaştırılması 88

Tablo 5.1 Tez bulgularının hipotezlerle değerlendirilmesi 91

ÖZET

Prosedürel Mimari Tipolojileri ile Kullanıcı Etkileşimli Kent Modülü Tasarımı: Amsterdam Kanal Evleri

Tuğçe ŞEN

Mimarlık Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Togan TONG

Bu tez, prosedürel mimari tipolojilerin kent modülü oluşturma sürecine entegrasyonunu inceleyerek, düşük poligonlu sahne üretimi ve kullanıcı etkileşimli tasarım süreçlerine yönelik katkılarını araştırmaktadır. Araştırmada, mimari tipoloji olarak Amsterdam'ın tarihi ve karakteristik kanal evleri vaka çalışması olarak ele alınmaktadır. Bu yapıların mimari özellikleri detaylı bir şekilde analiz edilerek, prosedürel modelleme teknikleri ve kullanıcı etkileşimli bir arayüz aracılığıyla tipoloji varyasyonlarının nasıl çeşitlendirilebileceği incelenmiştir. Çalışmanın temel amacı, mimari tipolojilerin kent modülü tasarımına entegrasyonunu incelemek ve düşük poligonlu modelleme ile dinamik kent modellerinin oyun tasarımında optimizasyonu gibi alanlarda prosedürel modellemenin potansiyel faydalarını ve karşılaşılan zorlukları değerlendirmektir. Araştırma, prosedürel mimari ve dinamik sahne oluşturma tekniklerini kapsayan kapsamlı bir literatür incelemesiyle başlamaktadır. Vaka çalışması kapsamında, Amsterdam'ın Reguliersgracht sokağında 70 ve 92 numaraları arasındaki kanal evleri seçilmiştir. Bu sokak, farklı mimari tipolojilerin bir arada bulunması ve her iki taraftaki köprülerle diğer sokaklara bağlanması gibi özellikleriyle dinamik bir sahne oluşturma süreci için uygun bir örnek teşkil etmektedir. Metodoloji bölümünde, Amsterdam kanal evlerinin özgün mimari özelliklerine dayalı prosedürel modeller

tasarlanmış ve Blender yazılımında Python programlama dili kullanılarak tanımlanmıştır. Yapılar, birimsel elemanlar halinde tasarlanmış ve bu birimlerin yan yana getirilmesi algoritmik kurallar ile programlanmıştır. Ayrıca, kullanıcı etkileşimli bir arayüz geliştirilerek sahnelerin kolayca özelleştirilmesi sağlanmıştır. Kullanıcı arayüzünün sunduğu otomasyon ve çeşitlilik, hızlı sahne üretimi ve tekrarlanabilirlik gibi avantajlar sağlarken; karmaşıklık, kontrol ve gerçekçiliği koruma gibi zorluklar da ele alınmıştır. Sonuç olarak, prosedürel mimari tipolojilerin kent modülü oluşturma süreçlerine entegrasyonu, mimari tasarımda öğrenme, optimizasyon ve hızlı üretim konularında önemli bir potansiyel taşımaktadır. Bu çalışma, kullanıcı etkileşimi odaklı yaklaşımın mimari tasarım, oyun geliştirme ve kentsel modül oluşturma alanlarındaki uygulama olanaklarına dair değerli bilgiler sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Prosedürel modelleme, Kent modülü tasarımı, Kullanıcı arayüzü ve etkileşimi, Mimari tipolojiler, Blender ve python yazılımı

ABSTRACT

User-Interactive Urban Module Design with Procedural Architectural Typologies: Amsterdam Canal Houses

Tuğçe Şen

Department of Architecture
Master of Science Thesis

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Togan TONG

This thesis investigates the integration of procedural architectural typologies into the urban module generation process and investigates their contributions to low poly scene generation and user interaction design processes. In the research, the historical and characteristic canal houses of Amsterdam are taken as a case study as an architectural typology. The architectural features of these structures are analyzed in detail and how typology variations can be diversified through procedural modeling techniques and a user interaction interface is examined. The main purpose of the study is to examine the integration of architectural typologies into urban module design and to evaluate the potential benefits and challenges of procedural modeling in areas such as low poly modeling and optimization of dynamic urban models in game design. The research begins with a comprehensive literature review covering procedural architecture and dynamic scene generation techniques. As a case study, the canal houses between numbers 70 and 92 on the Reguliersgracht street in Amsterdam were selected. This street constitutes a suitable example for a dynamic scene generation process with its characteristics such as the

coexistence of different architectural typologies and the fact that it is connected to other streets by bridges on both sides. In the methodology section, procedural models based on the original architectural features of Amsterdam canal houses were designed and defined using the Python programming language in Blender. The structures were designed as unitary elements and the juxtaposition of these units was programmed with algorithmic rules. In addition, a user-interactive interface was developed to allow easy customization of the scenes. While the automation and variety offered by the user interface provide advantages such as fast scene generation and repeatability, challenges such as complexity, control and preserving realism were also addressed. In conclusion, the integration of procedural architectural typologies into urban module generation processes has significant potential in terms of learning, optimization and rapid production in architectural design. This study provides valuable information on the application possibilities of the user interaction-oriented approach in the fields of architectural design, game development and urban module generation.

Keywords: Procedural modelling, Urban module design, User interface and interaction, Architectural typologies, Blender and python software

1

GİRİŞ

Prosedürel mimarinin dijital platformlarda kullanımı, tasarım ve modelleme süreçlerinde devrim niteliğinde bir dönüşüm sağlamıştır. Bu yaklaşım, karmaşık, parametrik ve kural tabanlı mimari formların otomatik olarak oluşturulmasını mümkün kılmak için algoritmaların ve hesaplama tekniklerinin gücünden faydalanarak verimlilik, tutarlılık ve yaratıcı potansiyelin ideal bir birleşimini sunmaktadır. Bu tez, prosedürel yapı oluşturma yöntemlerini incelemekte, bu yöntemlerin hız ve çeşitlilik kazandırma potansiyellerini analiz etmeyi amaçlamaktadır. Araştırma, kapsamlı bir literatür taraması ile desteklenmiş ve prosedürel modelleme süreçlerinin teorik arka planını inceleyerek güçlendirmiştir.

Prosedürel yapıların oluşturulma sürecini anlamak hem bir sanatçının hem de bir yazılım geliştiricisinin perspektifine ihtiyaç duyan çok yönlü bir yaklaşımı gerektirmektedir. Kullanıcıların, bu yapıların oluşum süreçlerini kavramakta zorluk yaşayabilecekleri göz önünde bulundurularak, araştırmanın temel hedeflerinden biri, kolay anlaşılabilir ve etkili bir uygulama arayüzü geliştirmektir. Bu bağlamda, Blender yazılımı Python programlama dili desteği ile kullanılarak kullanıcı etkileşimli bir arayüz tasarlanmış; bu arayüz aracılığıyla özelleştirilebilir yapıların dinamik bir şekilde oluşturulması sağlanmıştır.

Bu tez, prosedürel mimari tipolojilerin kent modülü oluşturma süreçlerine entegrasyonunu derinlemesine incelemekte ve tarihsel ve mimari açıdan önemli bir örnek olan, UNESCO Dünya Mirası Listesi'nde yer alan Amsterdam kanal evlerini vaka çalışması olarak ele almaktadır. Vaka çalışmasında, farklı tipolojileri barındıran ve iki köprü arasında yer Reguliersgracht 70-92 numaralı sokak tercih edilmiştir. Bu seçimin temel nedeni, sınırlı sayıda bina içermesine rağmen çok çeşitli mimari tipolojileri bir arada barındırarak analiz ve modelleme açısından

uygun bir örnek teşkil etmesidir. Çalışma, prosedürel modelleme ile mimari tipolojilerin varyasyonlarını üretilmesini değerlendirmektedir.

1.1 Tezin Amacı ve Önemi

Bu çalışmanın temel amacı, prosedürel modelleme teknikleri kullanarak, kullanıcı etkileşimiyle seri şekilde kent modülü oluşturma sürecini incelemektir. Bu süreç, mimari tipolojilerin öğrenilmesini uygulamalı bir yaklaşım aracılığıyla gerçekleştirmeyi hedeflemektedir. Çalışmada Amsterdam kanal evleri, vaka çalışması olarak seçilmiş ve bu yapıların özgün mimari özellikleri ile tipolojik yapılarına dair derinlemesine bir inceleme yapılmıştır. Seçilen yapıların tarihi zenginlikleri ve ayırt edici mimari özellikleri, prosedürel tasarımın sunduğu olanaklar ve karşılaşılan zorluklar açısından ideal bir araştırma konusu sunmaktadır. Bu bağlamda, çalışma, prosedürel mimari tekniklerin kullanıcı etkileşimli modelleme süreçlerine entegrasyonunun pratik faydalarını ve potansiyel uygulamalarını ortaya koymayı amaçlamaktadır. Ayrıca, oyun tasarımı aşamasında mimari yapıların çevre elemanlarıyla birlikte prosedürel olarak seri bir biçimde oluşturulmasına dair bir örnek teşkil etmektedir. Hızlı üretim, varyasyon çeşitliliği ve farklı mimari tipolojilerin uygulama alanlarındaki potansiyeli, çalışmanın önemini vurgulayan ana noktalar arasında yer almaktadır.

Bu çalışma, prosedürel tasarım anlayışını, arayüzdeki seçeneklerin çeşitlendirilmesi yoluyla, mimari yapıların öğrenilmesi veya modellenmesi aşamasındaki zorlukları aşmayı ve kullanıcıların öğrenme süreçlerini iyileştirmeyi hedeflemektedir. Özellikle, mimarlık tarihi gibi geleneksel eğitim yöntemleriyle kalıcı bir biçimde öğrenilmesi güç olan bilgilerin, görsel ve etkileşimli uygulamalarla öğrenilmesi, öğrencilerin bu bilgileri hafızalarında daha uzun süre tutmalarını sağlama potansiyeline sahiptir. Ayrıca, prosedürel modelleme teknikleri kullanılarak düşük poligonlu sahneler oluşturulması, mimarlık öğrencilerine hem hızlı üretim hem de çeşitlilik sağlama açısından büyük kolaylıklar sunmaktadır. Düşük poligonlu modelleme, oyun tasarımı ve dijital görselleştirme alanlarında da önemli bir rol oynamaktadır; çünkü bu yapılar, daha az veri gereksinimi ile hızlı sahne üretimine olanak tanır ve oyun motorlarında daha verimli çalışarak gerçek zamanlı performansı arttırmaktadır. Bu modelleme türü, özellikle oyun dünyasında büyük önem taşır çünkü görsel estetik ile işlevsellik arasında denge kurarak, oyun

ortamlarının hızla oluşturulmasına ve daha geniş dünyaların inşa edilmesine imkân verir. Bu çalışmanın önemi, mimarlık öğrencilerine teorik bilgilerin daha kalıcı bir şekilde öğrenilmesine olanak tanıyacak bir öğrenme yöntemi sunmasında yatmaktadır. Aynı zamanda, prosedürel modellemenin eğitimdeki rolü ve katkısı ile akademik literatüre önemli bir ekleme sağlamaktadır

1.2 Tezin Yöntemi

Çalışma kapsamında öncelikle literatür araştırması gerçekleştirilmiş ve benzer çalışmalar, iş akış diyagramları kullanılarak ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Literatür taramasının ardından, Amsterdam kanal evlerinin dijital ortamda prosedürel teknikler ve kullanıcı etkileşimi yoluyla modellenmesi, vaka çalışması olarak ele alınmış ve ilgili çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Grafik uygulama aracı olarak Blender yazılımı tercih edilmiştir. Bu yazılım programı, açık kaynaklı ve erişilebilir bir yazılım olmasıyla birlikte, Python desteği sayesinde prosedürel algoritmalar ile arka planda çalışan özelleştirilmiş yapıların oluşturulmasına olanak tanımaktadır. Geliştirilen kullanıcı arayüzü, geleneksel Amsterdam kanal evlerinin parametrik olarak kişiselleştirilmesine ve kullanıcılar tarafından özelleştirilmiş versiyonlarının kolayca tasarlanmasına imkân sağlamaktadır. Vaka çalışmasının uygulanabilirliğini değerlendirmek amacıyla, geliştirilmiş kullanıcı arayüzü tez kapsamında paylaşılarak seçilen alan bazında kent modülü kullanıcılar tarafından oluşturulmuştur. Kullanıcılardan geri bildirim toplamak amacıyla tamamlanan projeler Blender dosyası formatında arşivlenmiş ve ilgili ekran görüntüleri kaydedilmiştir. Son aşamada, kullanıcı deneyimini değerlendirmek üzere anket yöntemi uygulanmış ve katılımcılardan nitel ve nicel veriler toplanmıştır. Elde edilen veriler doğrultusunda çalışmanın pratikteki etkinliği ve kullanıcı deneyimi analiz edilmiştir.

1.3 Tezin Kapsamı

Bu araştırma, tarihsel ve karakteristik açıdan önemli olan Amsterdam kanal evlerine odaklanmaktadır. Çalışma kapsamında, Blender yazılımı ve Python programlama dili kullanılarak sayısal ortamda modelleme gerçekleştirilmiştir; diğer yazılım programları ve yöntemler kapsam dışında bırakılmıştır. Vaka çalışması olarak, Amsterdam'ın Reguliersgracht Caddesi üzerindeki 70-92 numaraları arasındaki

kanal evleri seçilmiştir. Bu sokak, tek bir siluette farklı mimari tipolojilerin bir arada bulunması nedeniyle tercih edilmiştir. Bu çalışma, prosedürel modelleme teknikleri ve kullanıcı etkileşimi yoluyla bu yapıların dijital ortamda nasıl oluşturulabileceğini incelemektedir. Çalışmada yalnızca Reguliersgracht 70-92 numaraları arasındaki kanal evleri ele alınacak olup, diğer mimari tipolojiler ya da coğrafi bölgelerdeki yapılar araştırmanın kapsamı dışında bırakılmıştır. Amsterdam kanal evlerinin tipolojileri detaylı olarak incelenmiş fakat düşük poligonlu modelleme nedeni ile cephe detaylarından bazıları kapsam dışı bırakılmıştır. Bu bağlamda çalışmada, pencere doğraması üzerinde yer alan dikey olarak sıralanmış taşlar ve ortasında bulunan kilit taşı, yapıların taş duvarlarını ahşap kirişlere bağlayan ve dekoratif amaç taşıyan gevelankers olarak adlandırılan demir süslemeler ele alınmamış olup, tez kapsamında değerlendirme dışı bırakılmıştır. Ayrıca, geleneksel Amsterdam kanal evlerinde yaygın olarak bulunan ve yük taşıma amacıyla kullanılan hijsbalk veya hijshaak (makara kancası) da çalışmanın kapsamı dışında bırakılmıştır. Ayrıca, çalışma anketi uluslararası katılım göz önünde bulundurularak İngilizce dilinde hazırlanmıştır.

1.4 Hipotez

Bu tezde prosedürel mimari tipolojilerinin dinamik sahneye entegrasyonunda Amsterdam kanal evlerinin karakteristik özelliklerinin etkili bir şekilde sahnede oluşturulabileceği varsayılmaktadır. Araştırma özellikleri şunları öne sürmektedir.

Mimari tipolojilere dayalı kurallar Blender uygulamasında kullanılabilen Python ile oluşturulan kullanıcı arayüzü sayesinde, Amsterdam Kanal evlerini doğru ve verimli bir şekilde üretebilir.

Kent modülü tasarımı için prosedürel mimarinin kullanılması, tutarlılık ve çeşitlilik açısından önemli avantajlar sunacaktır.

Oluşturulan bu arayüzün diğer mimari tipolojiler için de uygulanabilirliğini gösterecek ve çok yönlü bir çerçeve sağlayacak, kullanıcının kontrol sahibi olacağı arayüz ile kent modülü oluşturmada kullanılabileceğini göstererek literatürdeki bu boşluğu doldurmayı amaçlamaktadır.

Bu hipotezler dinamik sahnelerin arka planda oluşturulan model birimlerinin Amsterdam kanal evleri üzerinde ayrıntılı bir şekilde test edilecektir.

2
PROSEDÜREL MİMARİ

2.1 Prosedürel Mimarinin Tanımı ve Tarihçesi

Prosedürel mimari, prosedürel oluşturmanın mimari formlar açısından gerçekleştirilmesini temsil etmektedir. Mimari formlarda yer alan mimari tipolojilerin belli kuralları vardır ve prosedürel mimari bu kuralları algoritmik yöntemlerle önümüze sunmaktadır. Prosedürel mimari, yapı tasarımlarında, yapı düzenlerini belirlemede, cephelerini ve şehir planlaması dahil olmak üzere çeşitli tasarım alanlarına uygulanabilir ve dinamik çözümlere olanak tanımaktadır. Bu, mimarların ve tasarımcıların önemli ölçüde daha az çabayla büyük hacimli karmaşık şekilleri modellemesine olanak tanıyan bir programlama yaklaşımına dayanan bir tasarım yöntemidir (Alkaim, 2017, s.1).

Prosedürel mimarinin tarihçesi, algoritmalarla çalışılmaya başlanıldığı 1960'lı yıllara kadar gitmektedir. Bilgisayarların mimari tasarıma entegre edilmesi ile başlamaktadır ve bunun ilk örneği Ivan Sutherland'ın geliştirdiği Sketchfab isimli uygulama ile başlamaktadır. Bu sistem bilgisayar destekli tasarımın temelini atmaktadır. Prosedürel içerik üretimi (PCG) 2000'li yıllarda bilgisayarın hayatımızdaki yerinin daha çok önem kazanması ile popülerleşmiştir. 1999 yılında Esri's CityEngine büyük şehirlerin prosedürelleştirilerek oluşturulmasına olanak tanıyan bir yazılım olarak tanıtılmıştır. Bunun dışında Minecraft oyunu 2009 senesinde prosedürel dünya yaratma üzerine kurulu bir oyun olarak popülerlik kazanmıştır. Daha sonrasında prosedürel evrenlerden oluşan No Man's Sky adlı oyun 2016 senesinde dünyaya tanıtılmıştır. Prosedürel mimari, mekân tasarımının oyun tasarımındaki yerinin de önemini bu örneklerde görülmektedir. Video oyunu dışında film prodüksiyonu gibi alanlarda da uygulanmaktadır. Bu çalışmalardan yola çıkan Müller ve arkadaşları, mimari binaların prosedürel modellemesi için bir şekil grameri dili olan BDM(CGA) şeklini tanıttı (Schwarz, 2015). 2000'lere gelindiğinde, daha gelişmiş yazılım araçlarının geliştirilmesi ve çeşitlendirilebilir

tasarım çözümlerine olan talebin artması ile prosedürel mimari, mimari tasarım ve şehir planlamada öne çıkmaya başlamıştır. Modern prosedürel mimari gelişmiş algoritmaları ve simülasyon tekniklerini entegre ederek mimarların ve tasarımcıların yeni olasılıkları oluşturmalarını sağlamaktadır.

2.2 Prosedürel Mimarinin Teknikleri

Prosedürel mimari teknikler, mimari formları algoritmik olarak yani kural tabanlı oluşturmak ve işlemek için kullanılan yöntemlerdir. Aşağıdaki bölümlerde teknikler daha detaylı açıklanmıştır.

2.2.1 Parametrik Tasarım

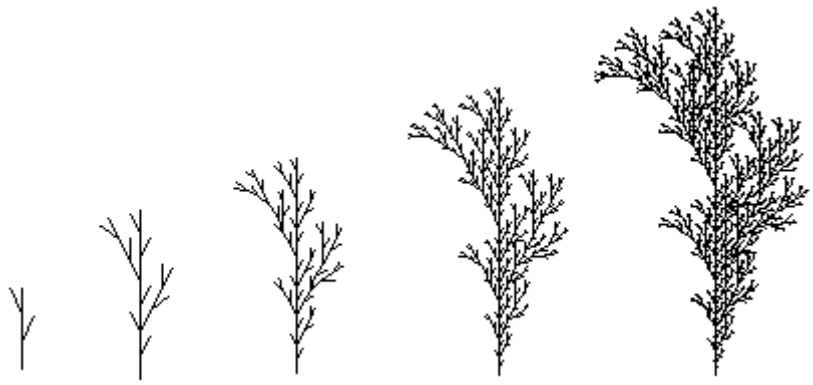
Günümüzde güçlü parametrik araçlar, prosedürel olarak kontrol edilen bir ağ içerisinde hem geometrik modelleme hem de analiz işlevlerini bir arada sunmaktadır (Tang & Aksamija, 2012, s. 259). Mimari elemanların parametreler ve kurallar aracılığıyla tanımlanmasını içermektedir ve değişen girdilere göre tasarımların otomatik olarak ayarlanmasına ve değiştirilmesine olanak tanımaktadır. Konsept parametrik tasarımda, belirli bir tasarımın şekli değil, parametreleri tanımlanır (Stavric & Marina, 2011 s. 11).

2.2.2 Üretken Algoritmalar

Üretken algoritmalar önceden tanımlanmış kurallara dayalı mimari formlar oluşturmak için kullanılan algoritmalardır. Örnekler arasında fraktallar, L sistemleri ve genetik algoritmalar bulunmaktadır.

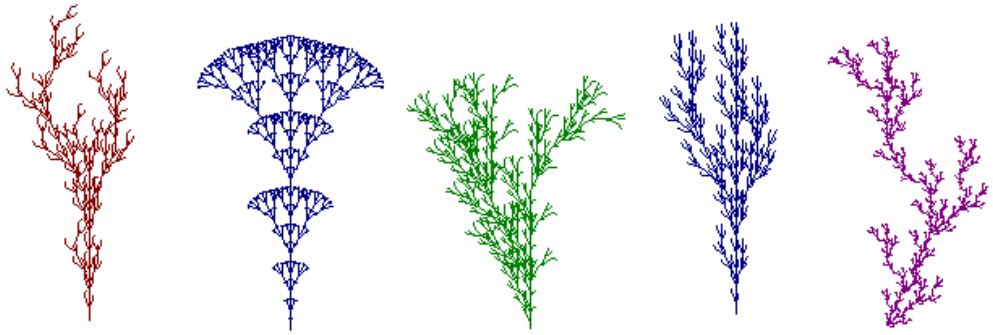
Örneğin Ron Eglash'ın Afrika mimarisindeki fraktal düzenlemeler üzerine yaptığı çalışmada Afrikalı toplulukların şehir planlamasında ve bina yapılarında, fraktal ilkeler kullanıldığını ortaya koymaktadır (Eglash, 2012).

L sistemleri ise bitki yapılarının ve doğal formların simülasyonu için kullanılan bir algoritmadır. Örneğin Lindenmayer Sistemlerine Giriş (An Introduction to Lindenmayer Systems) adlı çalışmada amaç, L-sistemleri çerçevesini kullanarak alglerden ağaçlara kadar pek çok bitkide bulunan dallanma yapılarını resmen tanımlamaktır (Ochoa, 1998) (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 L sistemleri (Ochoa, 1998)

Genetik algoritmalar, genetik prensiplerden esinlenen bir optimizasyon tekniğidir. Aşağıda Şekil 2.2'deki görsel, L-sistemlerinden esinlenerek genotipleri olan bir Genetik Algoritma kullanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur (Ochoa, 1998).



Şekil 2.2 Genetik algoritma tabanlı sistem (Ochoa, 1998)

2.2.3 BDM(CGA) Şekil Kural Tabanlı Sistemler

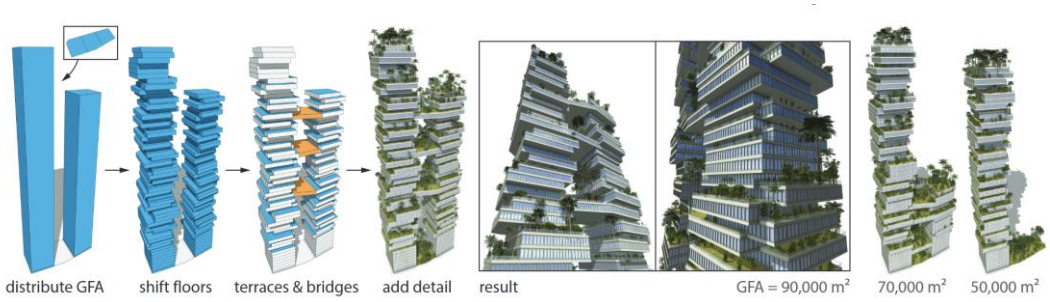
Bu sistemler tasarım sürecini kontrol etmek için bir dizi kural kullanır ve çeşitli mimari formların oluşturulmasını sağlamaktadır. Örneğin aşağıdaki çalışmada farklı yazılım sistemi oluşturulmuştur. CGA++ mevcut bir şekle başvurmak için birden fazla seçenek sunmaktadır (Müller vd., 2015). Bu çalışmada parsel bazında gidilip parselin bölünmesi deha sonrasında binanın yüksekliklerinin belirlenmesi katların yükseklikleri belirlenmesi gibi genelden özele gidilmiştir. Ayrıca parsel birleştirme, ayırma, cephe farklılıkları gibi çeşitli kurallar tanımlanmıştır. Arka planda kodlar ile bu tanımlamalar ve fonksiyonlar ile adımlar gerçekleştirilmiştir. Şekil 2.3'te bunun oluşumu kod olarak Şekil 2.4'te ise şematik olarak gösterilmiştir.

```
Parcel -->
  split("x") { ~1: BldArea | ~1: GreenSpace | ~1: BldArea }
BldArea --> event(DistributeGFA)
  extrude(get("nFloors") * floorH) Tower

event DistributeGFA = with(
  A = map(s : $nodes, area(s)),
  n1 = numFloors(A[0], GFA),
  n2 = numFloors(A[1], GFA - A[0] * n1),
  map(n : list(n1, n2), %< set("nFloors", n) >))

func numFloors(shapeArea, targetFloorArea) =
  min(ceil(targetFloorArea / shapeArea),
      floor(maxH / floorH))
```

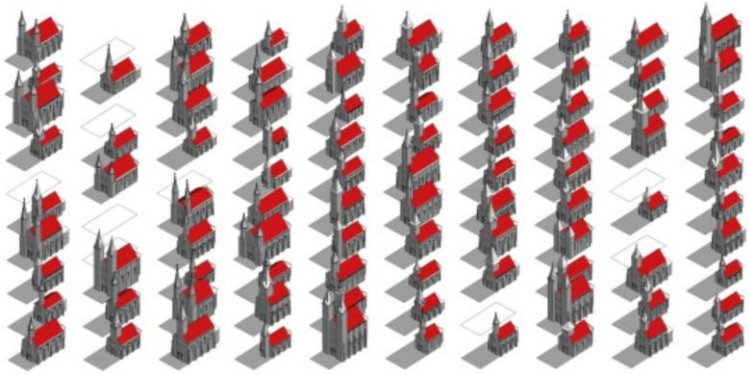
Şekil 2.3 BDM(CGA++) ile oluşturulan kod (Müller vd., 2015)



Şekil 2.4 BDM(CGA++) sonucu oluşturulabilen olasılıklar (Müller vd., 2015)

2.2.4 Simülasyon Tabanlı Teknikler

Güneş ışığı, rüzgar ve yapısal performans gibi çevresel koşulların tasarım üzerindeki etkisini gözlemlemek için simülasyonların kullanılmasını ve tasarımları geliştirmeyi sağlamaktadır. Bu teknikler, gerçek dünyadaki olayları ve süreçleri sayısal ortamda taklit ederek araştırmacıların çeşitli senaryoları test etmelerini sağlamaktadır. Bu yaklaşım, geleneksel 3B simülasyona göre daha fazla esneklik sunmaktadır. Model, güncellenmiş matematiksel modellerle uyarlanabilmekte ve iyileştirilebilmektedir. Daha fazla istatistiksel örnek ekleyerek, mimari unsurlar, süslemeler ve malzemeler arasındaki yeni ilişkileri keşfetmeye olanak tanımaktadır. Başka bir çalışmada simülasyon tabanlı teknik kullanılmıştır. BDM (CGA) kodu, yıkılmış ve ciddi şekilde zarar görmüş binaların olası şekillerini oluşturmak için uygulanmaktadır. Bu, söz konusu bina hakkında başka veri bulunmadığında, bu yaklaşımın bina simülasyonu için verimli ve tarihsel olarak güvenilir bir yöntem olduğunu kanıtlamaktadır (Tepavčević vd., 2013). Sonuç olarak veriler ile çeşitli varyasyonları oluşturulmuştur (Şekil 2.5).



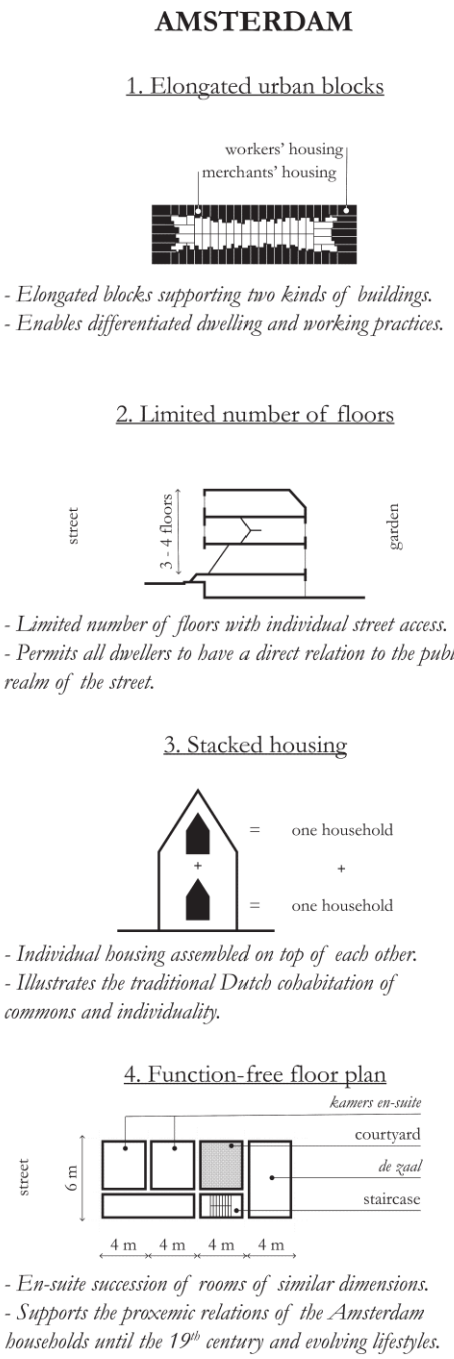
Şekil 2.5 Voyvodina'nın tuna bölgesinde 1900 yılı civarında inşa edilen neo-gotik şapellerin tarihi açıdan doğru bir şekilde yeniden inşası (Tepavčević vd., 2013).

2.3 Mimari Tipolojiler

Mimari tipolojiler, yapıların işlevlerine, formlarına, malzemelerine ve kültürel bağlamlarına göre sınıflandırılmasını ifade eder. Bu sınıflandırma, mimarlık disiplininde yapıları daha iyi anlamak, analiz etmek ve tasarım süreçlerini yönlendirmek amacıyla kullanılmaktadır. Örneğin fonksiyon temelli tipolojiler konut, ticari yapılar, kamusal yapılar, dini yapılar, endüstriyel yapılar gibi işlevine göre sınıflandırılan yapılardır. Yapısal ve malzeme temelli tipolojiler ise yapının malzemesine göre ahşap, taş, betonarme, çelik gibi kullanılan yapı malzemelerine dayalı sınıflandırılabilir. Biçim ve mekân organizasyonu tipolojileri ise plan şemaları, modüler sistemler ve mekânsal düzenlemeler üzerinden yapılan sınıflandırmalardır. Kültürel ve tarihsel tipolojiler ise geleneksel, modern, postmodern ve çağdaş mimari akımlarına dayalı sınıflamalardır.

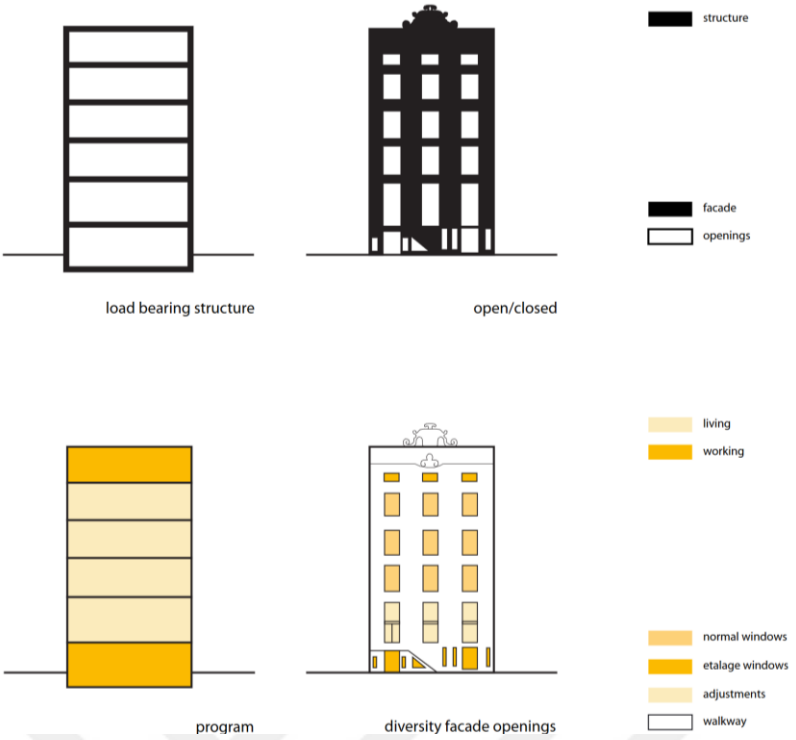
2.3.1 Amsterdam Kanal Evleri Mimari Tipolojilerinin İncelenmesi

Tez çalışması kapsamında tipoloji olarak Amsterdam Kanal Evlerinin tipolojisi incelenmiştir. Öncelikle Amsterdam'ın kentsel tasarımı, 17. yüzyılda arazi büyüklüğüne bağlı olarak ödenen yüksek vergiler nedeniyle evlerin dar parsellere yerleştirilmesiyle sıra dışı bir özelliğe sahiptir (Moscatelli, 2024). Bu durum, dar ve yüksek katlı yapıların oluşumuna zemin hazırlayan temel bir etken olarak öne çıkmaktadır. Amsterdam'ın genel konut fonksiyonları ve tipolojilerine ilişkin detaylar, ilgili kaynağın sunduğu veriler doğrultusunda incelenebilir. Bu tipolojiler, kentsel dokunun morfolojik ve işlevsel özelliklerine dair önemli bilgiler sağlamaktadır.



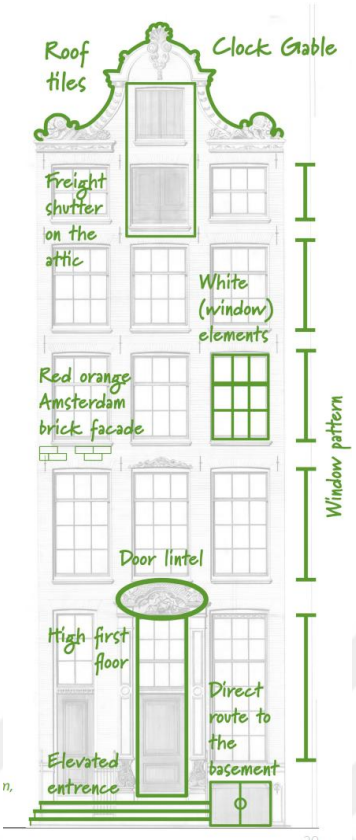
Şekil 2.6 Amsterdam evlerinin referans tiplerinin temel özellikleri (Ledent vd., 2019)

Bu referans tipleri, geleneksel Amsterdam kanal evlerinin genel olarak 3-4 katlı, yaklaşık 6 metre genişliğe ve 16 metre derinliğe sahip olduğu varsayılmaktadır. Bu özellikler doğrultusunda, bu yapıların plan şeması ve planın fonksiyonel dağılımı detaylı bir şekilde ele alınmıştır (Şekil 2.6).



Şekil 2.7 Amsterdam kanal evi cephe tipolojisi (De Bos vd., t.y.)

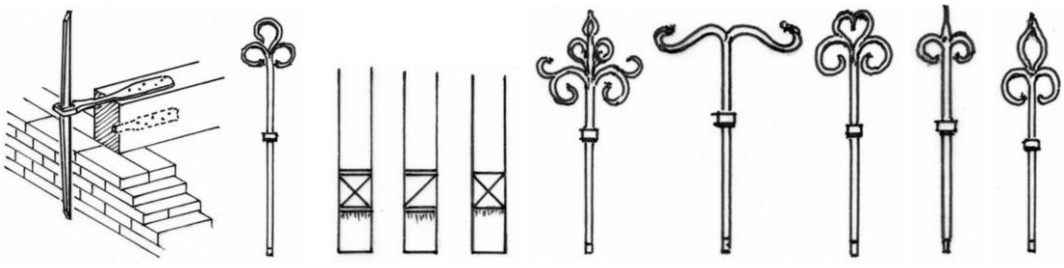
Bu kaynakta bir adet kanal evinin cephe tipolojisi basit bir şekilde sentezden geçirilmiştir (Şekil 2.7). Kanal evlerinin en karakteristik özelliği yüksek girişleridir (De Bos vd., t.y.). Buradaki cephede etaj pencereleri ve normal pencereler olarak ayrılmıştır. Giriş katları, orta katlar ve çatı katları arasındaki farklılıklar dikkat çekmektedir.



Şekil 2.8 Cephe görünümü (Stadsarchief Amsterdam, 1989) otantik unsurlarla (Holtus, 2024)

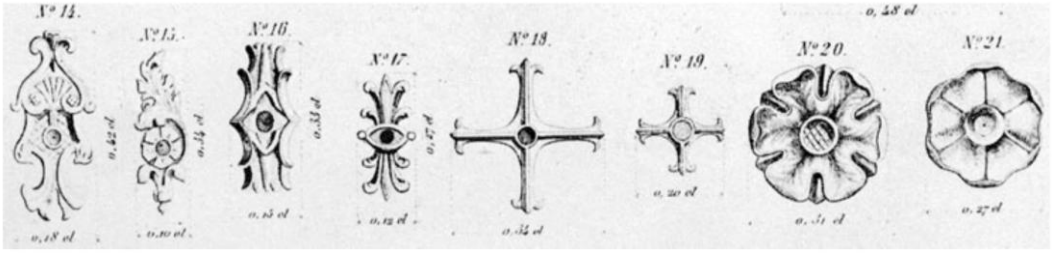
Başka bir kaynakta cephe tipolojisi incelenirken, saat çatılı beyaz doğrama elemanlarına sahip, kırmızı-turuncu tuğla cephesine sahip, yüksek girişli ve kapı lentosu süslemeli bir cephe tipolojisi örneği sunulmaktadır (Şekil 2.8). Bu cephe tipolojisinde, görselde de net bir şekilde gözlemlenebileceği üzere, giriş katı diğer katlardan daha yüksek bir konumda yer almakta, ardından ara katlar eşit yükseklikte düzenlenmektedir. Çatı etajı ise, diğer katlara kıyasla daha düşük pencerelerle belirginleşmekte, böylece cepheye görsel çeşitlilik ve hiyerarşi kazandırılmaktadır.

Ara katlarda bir üst kata çıkıldıkça doğramaların yüksekliklerinin azaldıklarını görülmektedir. Bunun dışında ara katlarda cephe süslemeleri bulunmaktadır. Bu demir süslemeler genellikle "gevelankers" olarak adlandırılır ve yapıların taş duvarlarını ahşap kirişlere bağlayan demir çubukların uçlarını süslemek amacıyla kullanılmaktadır. Hem yapısal bir işlev görürler hem de dekoratif unsurlar olarak cepheye estetik bir katkı sağlarlar. Gevelankers, genellikle farklı şekillerde ve motiflerde tasarlanır, bu da her binaya özgün bir görünüm kazandırır.



Şekil 2.9 Dövme demir sac ankrajları (Amsterdamse Binnenstad, t.y.)

Şekil 2.9'da dövme demir sac ankrajlarının örnekleri görülmektedir. Bunların dışında gül tankeri (Rosetanker) çeşitleri de yer almaktadır (Şekil 2.10).



Şekil 2.10 Gül tankeri (Rosetankers) (Amsterdamse Binnenstad, t.y.)

Bu geleneksel çatılarda karakteristik bir öge daha bulunmaktadır yük taşıma kancası anlamına gelen hijsbalk veya hijshaak makara kancası anlamına gelir. Bu kanca hem işlevsel hem de tarihi bir öğedir. Kanal evleri dar ve yüksek olduğu için eşyaların merdivenlerden taşınması zor olduğundan dolayı büyük veya ağır eşyalar (mobilyalar, ticari mallar, tahıl çuvalları) makara kancası aracılığıyla doğrudan üst katlara çekilir. Halat ve makara sistemiyle çalışan bu kancalar, malları pencereden veya özel bir depo kapısından içeri almayı sağlardı. Aynı zamanda bu kanca, ticaret mallarının depolanması için hayati bir rol oynuyordu.

Tez çalışması kapsamında ele alınan Reguliersgracht caddesindeki 70-92 numaralı evlerin tipolojisi Bölüm 4'te detaylı olarak açıklanmıştır.

2.4 Prosedürel Mimariye Mimari Tipolojilerin Entegrasyonu

Mimari tipoloji, benzer işlevsel, estetik ve yapısal özelliklere sahip binaların sınıflandırılması ve kategorize edilmesiyle oluşturulan bir tasarım türüdür. Örneğin Amsterdam kanal evlerinin tipolojilerini incelendiğinde her katın kendisine özgü bir tipolojisi vardır. Prosedürel mimari ise algoritmik yöntemler kullanarak bu tipolojileri tanımlamaktadır. İlk olarak tipolojinin karakteristik özellikleri

belirlenerek arka planda birimler halinde modellenmektedir. Ardından, bu tipolojiler arasındaki bağlantı kod veya geometri nodları ile oluşturulur ve bu birimler bir binayı oluşturacak şekilde yan yana gelmesi sağlanmaktadır. Bu süreçte, belirli mimari elemanların (duvarlar, pencereler, kapılar vb.) nasıl bir araya geleceği ve nasıl düzenleneceği gibi unsurlar belirlenmektedir. Örneğin Geleneksel Mimaride Prosedürel Bilgilerin Entegrasyonu (The Integration of Procedural Information in Traditional Architectural Design) adlı çalışmada geleneksel mimarinin tasarım aşamasında ve inşaat aşamasında prosedürel bilgilerin entegrasyonunu ele alınmıştır. Bu çalışma, Güney Fujian'daki geleneksel mimarinin ahşap işçiliği üzerine oluşturulan modellerde, geleneksel inşaat ilkelerinin kuralları çıkartılmıştır ve bu ölçüler prosedürel bilgilerinin nasıl entegre edileceğini incelemektedir. (Wu & Wang, 2019).

Bu yaklaşım, farklı mimari tipolojilerinin dinamik olarak üretilmesini sağlarken, tasarım sürecinde daha fazla çeşitlilik ve özelleştirilebilirlik sunar. Örneğin, Amsterdam kanal evleri için evlerin geleneksel tipolojileri çıkartılarak, bu tipolojilerin farklı şekillerde bir araya geldiği yeni tasarımlar oluşturulabilir. Sonuç olarak, bu entegrasyon, mimari tasarımda daha yenilikçi ve özgün çözümler sunarak, sayısal ortamda yapıların daha esnek bir şekilde temsil edilmesine olanak tanımaktadır. Ayrıca, prosedürel teknikler sayesinde, mimari tipolojilerin stilleri değiştirilebilmektedir.

2.4.1 Prosedürel Mimariye Mimari Tipolojilerin Entegrasyonu: Kullanılan Uygulamalar

Bu bölümde, prosedürel modelleme ve mimari tipolojilerin sayısal ortamda sahnede temsil edilmesine yönelik uygulama yazılımları incelenmektedir. Literatür taramasında prosedürel modellemede kullanılan uygulamalar ile ilgili bir tablo oluşturulmuş ve Blender uygulamasının niçin tezin amacına katkı sağladığına değinilmiştir. Bunun yanı sıra Blender dışında benzer amaçlarla kullanılmış uygulamalardaki örneklere de değinilerek niçin bu programının bu tez için daha uygun olduğundan bahsedilmiştir. Tezin literatür araştırmasında öncelikle Blender programının niçin bu araştırma için seçildiğini örneklendiren bir tablo ile başlamaktadır (Tablo 2.1).

Tablo 2.1 Modelleme Programları

Uygulamalar	Lisans Fiyatı	Arayüz (Kendi Kontrol Arayüzü hangi araç ile oluşturulabilir?	Gerçek Zamanlı Render	Yazılım Desteği	Kullanıcı Etkileşimli Kent Modülü Oluşumu
Blender	Ücretsiz	Python	Eevee	Python	+
3ds Max	1.620 $/yıl	MaxScript	Arnold	Eklentiler	+
Maya	1.620 $/yıl	MEL veya Python	+	Eklentiler	+
Cinema 4D	999 $/yıl	-	+	Eklentiler	+
Unity	Ücretsiz (Kişisel), Pro: 1.500 $+/yıl	C++	+	Eklentiler	+
Unreal Engine	Ücretsiz	Blueprint veya C++	+	Blueprint sistemi	+
Revit	2.545 $/yıl	-	-	BIM özellikleri	-
ArchiCAD	2.545 $	-	-	BIM özellikleri	-
CityEngine	1.800 $/yıl	CGA (Bilgisayar Destekli Mimari)	-	Kentsel prosedürel modelleme	+
Houdini	199 $/ay veya 1.995 $/yıl	HScript veya Python	+	Simülasyon modelleme	+
Rhino	995 $ (süresiz lisans)	Grasshopper	-	Grasshopper	+
Sketch Up	Pro 119 $/yıl	-	+	Eklentiler	+

Öncelikle Tablo 1.1 de görüldüğü üzere birçok modelleme programı lisanslıdır ve ücret talep etmektedir. Ekonomik olarak bu konuda Blender, Unity ve Unreal Engine yazılım programları avantajlı görünmektedir. Bunların arasında hem geniş çaplı modelleme imkânı sunan hem de arayüzü kod ile oluşturulmasını sağlayan tek program Blender yazılımıdır. Aynı zamanda gerçek zamanlı render gibi imkanları sağlıyor olması bu programın tekrardan bu tez için uygunluğunu kanıtlamaktadır.

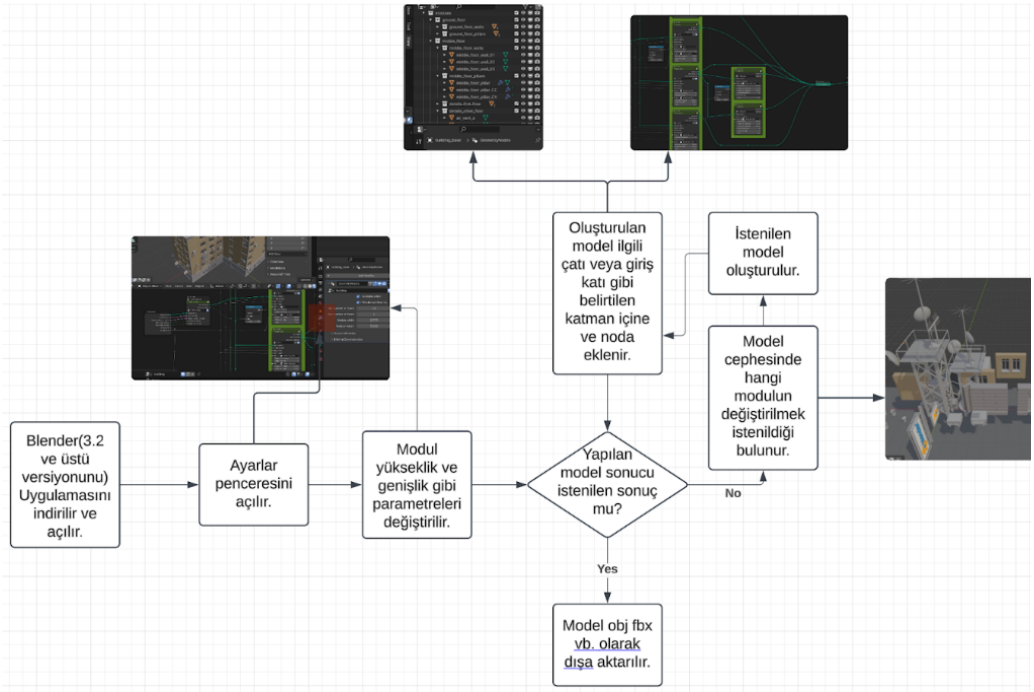
Bu programların tamamı, kullanıcı etkileşimli sahne oluşturma süreçlerine önemli katkılar sağlamaktadır. Kullanıcı etkileşimli sahne oluşumunun uygulama alanları geniş bir yelpazeye yayılmakta olup, başlıca oyun tasarımı, animasyon üretimi ve

artırılmış gerçeklik (AR) gibi disiplinlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu alanlar, kullanıcı etkileşimi ve görsel anlatım açısından dinamik ve etkileşimli ortamların yaratılmasında büyük bir rol oynamaktadır. Tezin sonraki aşamalarda oyun tasarımında veya arttırılmış gerçek sahnelerinde katkı sağlayabileceği göz önünde bulundurulmaktadır. Bu bağlamda Blender grafik uygulaması açık kaynak yapısı, kullanıcı ve geliştirici topluluğunun özgürce erişim ve modifikasyon yapabilmesine olanak tanıyarak, oyun endüstrisindeki inovasyonu hızlandırmıştır. Günümüzde bu program birçok tezde modelleme, simülasyon, gerçek zamanlı görselleştirme ve 3B baskı gibi araştırmalarda kullanılmaktadır. Ender-3 3B yazıcısının çeşitli parçalarının 3B CAD modelleri Blender yazılımı kullanılarak oluşturulmuş ve parçalar arasında göreceli hareketi sağlamak ve doğru prosedürün simülasyonunu yapmak için birleştirilmiştir (Bakkiyaraj vd., 2021). Başka bir çalışmada hem simülasyon hem de modelleme için Blender programı kullanılmıştır. 3B model Blender programında tasarlanabilir (Pivoňka & Přeučil, 2021). Önerilen yöntemin başlıca avantajlarından biri, Blender'ın 3B model oluşturmadan kamera simülasyonuna kadar tüm işlem hattını işlemek için gereken tek yazılım olmasıdır (Pivoňka vd., 2021). Başka bir çalışmaya göre Blender yalnızca Python betiğiyle yönetilen sanal bir simülatör ve görselleştirme aracı olmanın yanı sıra, aynı zamanda gerçek deneylerde ihtiyaç duyulan nesnelerin modelleme ve tasarımında da faydalı olduğu belirtilmektedir (Hattori vd., 2020).

2.4.2 Prosedürel Mimaride Mimari Tipolojilerin Entegrasyonu: Sayısal Ortamda Oluşturulmuş Örnek İncelemeler

Öncelikle bu bölümde prosedürel mimaride mimari tipolojilerin entegrasyonu ile ilgili yapılmış çalışmalar incelenmektedir. Öncelikle tez çalışmasında da kullanılan Blender programı ile ilgili yapılmış çalışmalara yer verilmiştir. Aşağıdaki çalışmalar Blender forumlarında bulunmuştur. Bu çalışmalar şunlardır: Buildify 1.0 (Oliva, t.y.), Geometri Nodları ile Prosedürel binalar (Del Rio, t.y.), Hızlı Anime Şehri Ver2.1 (GGenebrush, t.y.), Prosedürel Bina Oluşturucu (Waltin, t.y.) ve Prosedürel Bina Oluşturucu 2 (Waltin, t.y.). Prosedürel Bina Oluşturucu ve Prosedürel Bina Oluşturucu 2 adlı çalışmalar incelendiğinde kullanıcılara belli cephe stilleri sunulmuş ve kullanıcılar Blender başlangıç seviyesinde basit modelleme yöntemleri ile prosedürel modüller oluşturmuştur.

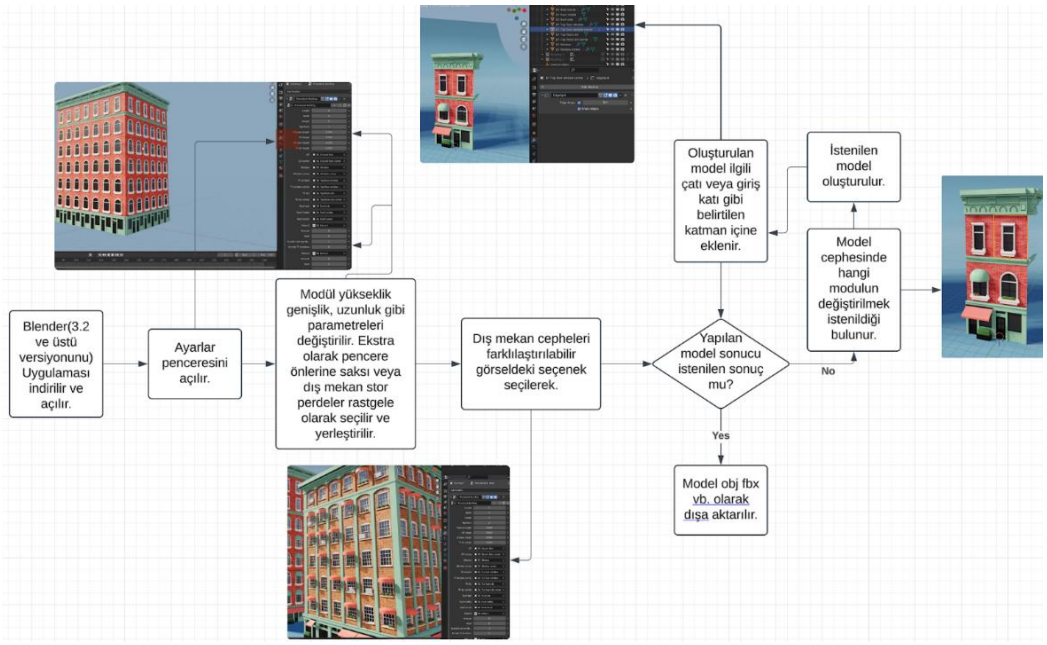
Daha detaylı bir şekilde çalışmalar incelendiğinde aşağıdaki Şekil 2.11'de Buildfy 1.0 adlı çalışmanın iş akış diyagramı görülmektedir.



Şekil 2.11 Buildfy 1.0 iş akış diyagramı

Buildfy 1.0, Blender'ın 3.2 ve üstü sürümlerinde kullanılan bir modelleme eklentisinin iş akışını açıklamaktadır. İlk adımda Blender yazılımının 3.2 veya üstü sürümü bilgisayara indirilir ve çalıştırılır. Blender programı açıldıktan sonra, Blender programı içerisinde hazır olarak kullanıcı arayüzünde bulunan ayarlar penceresi açılır. Bu pencerede, modelleme için gerekli parametreler ayarlanır. Modülün yüksekliği, genişliği gibi spesifik parametreler bu aşamada kullanıcı tarafından ayarlanır. Oluşturulan model, ilgili katmanlar içerisine eklenir. Örneğin, çatılar veya giriş katları gibi katmanlar belirlenir ve bunlara uygun nodlar eklenir. Modelleme süreci boyunca istenilen model, bu nodlar ve katmanlar aracılığıyla şekillendirilir. Oluşturulan modelin istenilen sonuçları verip vermediği değerlendirilir. Eğer sonuçlar istenen şekilde değilse, model üzerinde değişiklikler yapılır. Eğer model istenen sonuçları veriyorsa, model çeşitli formatlarda dışa aktarılır. Bu süreç, modelin tasarımından son haline kadar olan tüm adımları kapsar ve kullanıcıların modellerini özelleştirip dışa aktarmalarına olanak tanır. Bu çalışmanın bu tez ile olan benzerlikleri başlıca Blender programının kullanılıyor olmasıdır. Modül bazında gidilmiştir. Özelden genele gidilmiştir. Modüller değiştirilebilir bu sayede cephe tipolojisi değişebilir.

Farklılıkları ise bu projenin geometri nodları ile çalışıyor olması fakat bu tezdeki çalışmada arka planda Python programı ile oluşturulmuştur. Buildfy 1.0 geometri nodları için oluşturulduğundan dolayı minimum ve maksimum değerler tanımlanmış olsa bile rastgelelikten kaçınılamamaktadır. Bu çalışmada oluşturulmak istenilen spesifik bir cephe istenilirse kolayca özelleştirilip katman içerisine ve geometri nodlarında ait olan yere eklenmesi gerekmektedir. Bu da Blender programını başlangıç seviyede bilen birisi için bile zor bir aşamadır. Kullanıcının izleyeceği aşama belgelendirme edilip takip edilmesi noktalar açıklanmalıdır. Bu tezde ise oluşturulan caddede yer alan tipolojiler dışında farklı bir tipoloji oluşturulup entegre edilmek istenirse bu aşamada kullanıcının Python bilgisine ihtiyacı vardır. Bunun için kullanıcı kullanmak istediği modüle bir ad verir ve Python programında ilgili alana (örneğin 1. Kat soldan ikinci pencere tipolojisi) ismini tanımlar bu şekilde havuza tanımlanır ve arayüzde seçimler kısmında ortaya çıkar. Bunun dışında Blender 'da modelleme ile istenilen özelleştirilmiş tasarım oluşturulabilir. Ayrıca Buildfy 1.0'da çatı seçeneği tek tiptir ve değiştirilememektedir. Giriş katında dış stor perdeli yapılmak istenildiğinde rastgele olarak atanmaktadır. Bu tezde ise bu modüllerin hepsi seçilebilir şekilde oluşturulmuştur.

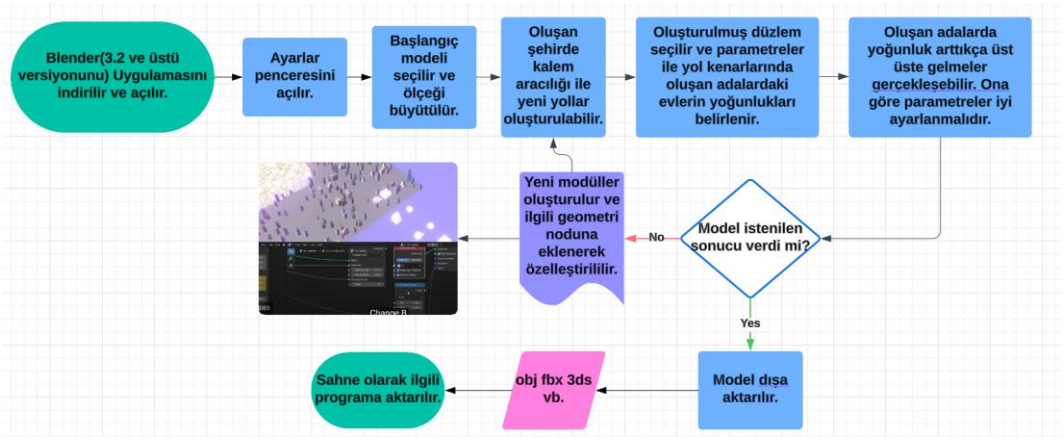


Şekil 2.12 Geometri nodları ile prosedürel binalar iş akış diyagramı

Geometri Nodları ile Prosedürel Binalar çalışmasında bir önceki çalışmaya ilk adımlar neredeyse aynıdır ve Şekil 2.12'de belirtilmiştir. Blender programında

oluşturulmuştur ve bu şekilde transfer edilmektedir. Fakat bu çalışmada cephe için daha fazla seçenek oluşturulmuştur. Çatı tipi, doğrama tipi ve giriş katlarında çeşitlilik çoğaltılmıştır. Fakat maalesef bu çalışmada da rastgeleliğin önüne geçilememiştir. Dış stor perdeler görselde görüldüğü gibi cephede rastgele olarak atanmaktadır. Benzerlikleri yine modül bazında gidilmesi ve bu modüllerin arka planda tanımlanmasıdır. Bu çalışmada yine geometri nodları kullanıldığı için birçok cephe elemanları rastgele olarak çalışmaktadır.

Başka bir çalışmada Blender ve geometri nodları ile prosedürel şehir oluşturulmasına odaklanılmıştır. Şekil 2.13'te bu çalışmanın iş akış diyagramı oluşturulmuştur.

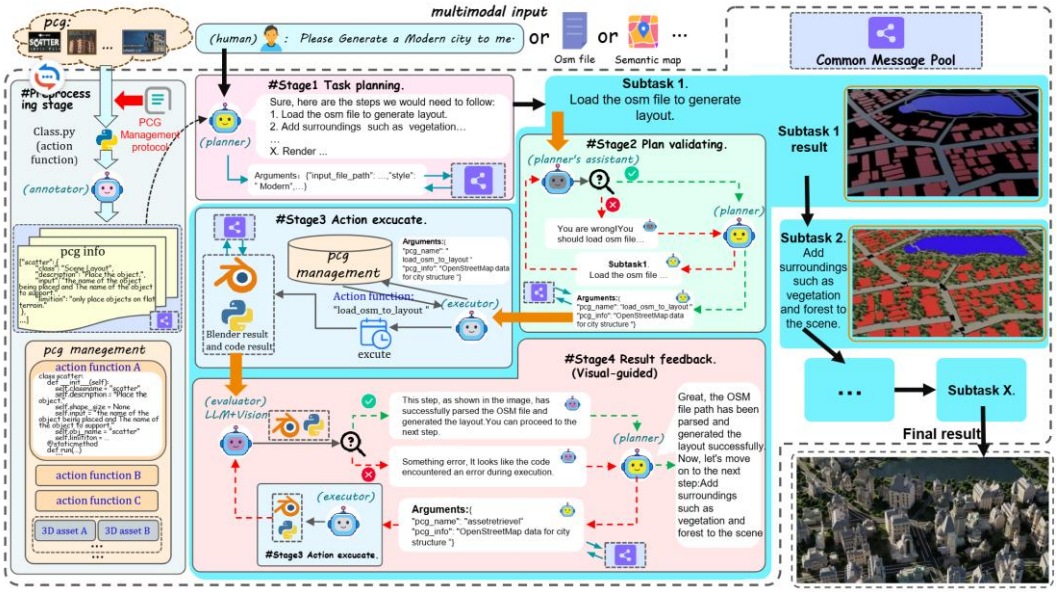


Şekil 2.13 Hızlı anime şehri ver2.1 (3/3 update "0") iş akış diyagramı

Bu diyagram, Blender 3.2 ve üstü sürümünü kullanarak bir şehir modelleme sürecini adım adım açıklamaktadır. Blender uygulamasının indirilmesi ve açılması ile başlanır. Programdaki ayarlar penceresi açılır ve modelleme süreci için gerekli ayarlar yapılır. Bir başlangıç modeli seçilir ve bu model şehir ölçeğinde çalışmaya uygun hale getirilmek için büyütülür. Şehirde, kalem aracı kullanılarak yeni yollar çizilebilir ve bu yollar şehir düzenini belirler. Şehirdeki yol kenarlarında bulunan evlerin yoğunlukları, oluşturulmuş düzen ve parametreler ile belirlenir. Oluşan adalarda yoğunluk, üst üste binen yerleşim yerlerini düzenlemek amacıyla optimize edilir ve gerekli parametreler ayarlanır. Yeni modeller oluşturulur ve ilgili geometri nodlarına eklenerek daha fazla özelleştirme yapılır. Modelin istenen sonucu verip vermediği kontrol edilir. Eğer model beklenen sonucu vermiyorsa, düzenlemeler yapılır. Model istenen sonucu verdiğinde istenilen formatlarda dışa aktarılır.

Bu süreç, şehir modellemesi için gerekli adımları sistematik bir şekilde açıklayarak, detaylı ve etkili bir modelleme süreci sağlar. Bu çalışma diğerlerinden farklı olarak şehir bazında çalışılmıştır ve geometri nodları ile Blender programında önceki çalışmalar gibi prosedürel bir şekilde çalışmaktadır. Blender programında geometri nodları ile çalışıldığında rastgeleliğin önüne bir kere daha geçilemediği bu çalışmada görülmektedir. Ada yoğunlukları arttırıldığında üst üste binaların bindiği görülmektedir. Fakat bu tezde belirlenen tipolojiler ile bir kent modülü tasarımı amaçlanmıştır.

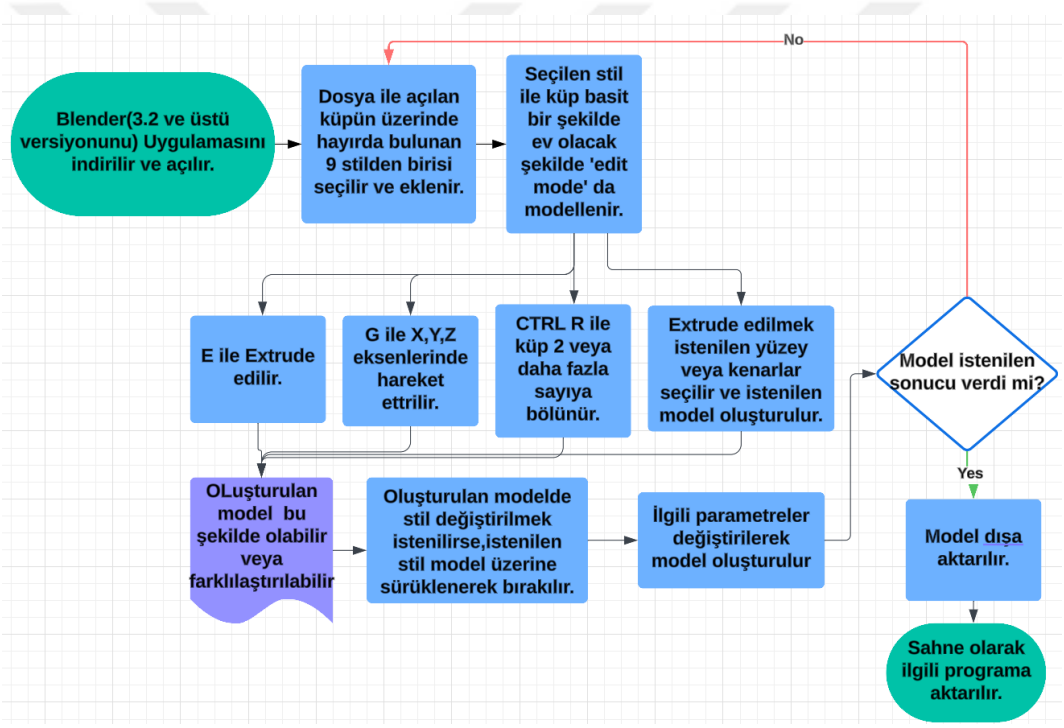
Başka bir çalışmada CityX: Sınırsız 3B Şehirler için Kontrol Edilebilir Prosedürel İçerik Üretimi (CityX: Controllable Procedural Content Generation for Unbounded 3D Cities) prosedürel şehir üretimi (PCG) için geliştirilmiş bir Çoklu Ajan Çerçevesi ile çalışan bir proje görülmektedir. Bu çerçeve esas olarak dört etkenden oluşur: açıklayıcı, planlayıcı, uygulayıcı ve değerlendirici. (Zhang vd., 2024).



Şekil 2.14 City X: çoklu ajan iş akışı (Zhang vd., 2024)

Şekil 2.14'teki iş akış diyagramına göre ilk olarak kullanıcı, sisteme metinsel bir komut, semantik harita veya başka bir veri sağladığında, Çoklu-Ajan Çerçevesi devreye girer. Planner (Planlayıcı), kullanıcının isteğini analiz ederek bir iş akışı oluşturur ve bu işlemleri adımlara böler. Bu adımlar, Annotator (Etiketleyici) tarafından kategorilere ayrılarak ortak mesaj havuzunda saklanır. Daha sonra, Executor (Uygulayıcı), etiketlenmiş eylemleri Blender ortamında gerçekleştirir, örneğin, semantik haritadan bina yerleşimi yapar veya nesneleri düzenler. İşlemler

tamamlandığında, Evaluator (Değerlendirici) Blender'dan aldığı sahne bilgileriyle sonuçların doğruluğunu kontrol eder ve kullanıcı gereksinimlerini karşılayıp karşılamadığını değerlendirir. Eğer bir hata tespit edilirse, süreç Planner'a geri bildirilir ve iş akışı yeniden düzenlenir. Tüm gereksinimler karşılandığında, kullanıcıya hedeflenen şehir sahnesi sunulur. Bu çerçeve, karmaşık işlemleri döngüsel geri bildirimle optimize ederek kullanıcıya kolaylık sağlar. Bu projede ajan sistem yardımı ile yazılan komutlar ile 3 boyutlu gerçekçi bir şehir modellemesi sunmaktadır. Bu çalışma gerçekte olan bir harita verisi üzerinden gerçekleşmektedir, yaratıcılığı veya öğrenme metodunu desteklememektedir. Bu tezin amaçlarından birisi olan kullanıcıların öğrenme ve uygulama yolu ile kullanıcıların tipolojilere ait bilgi sahibi olması hedefinden uzaktır.

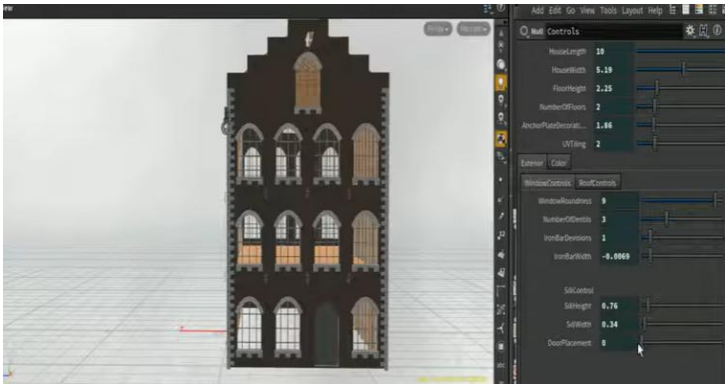


Şekil 2.15 Prosedürel bina oluşturucu 2 iş akış diyagramı

Prosedürel bina oluşturucu 2 adlı çalışmanın 2.15'te iş akış diyagramı yazar tarafından oluşturulmuştur. Bu çalışma ücretlidir ve içerisinde tanımlanan 9 adet stil vardır. Bu çalışma diğerlerinden farklı olarak bina bazında ve binaya ait olabilecek elemanlar ile prosedürel bir şekilde geometri nodları ile çalışmaktadır. Diyagramdaki resimlere bakıldığında bu çalışmanın da rastlantısallıktan kaçınılamamıştır. Bir yandan Blender programında modelleme için komutları bilmek ve programa hâkim olmak gerekmektedir. Yüzeyler seçilerek farklı cephe tipolojileri eklenilmesi esneklik kazandırmıştır bunun için düzenleme moduna

geçilmesi ve klavye ile birkaç komut kullanılması gerekmektedir. Bu çalışma da eksiklikler önceki çalışmalar gibi yapı elemanlarının rastgele biçimde yüzeye dağıtılmış olmasıdır.

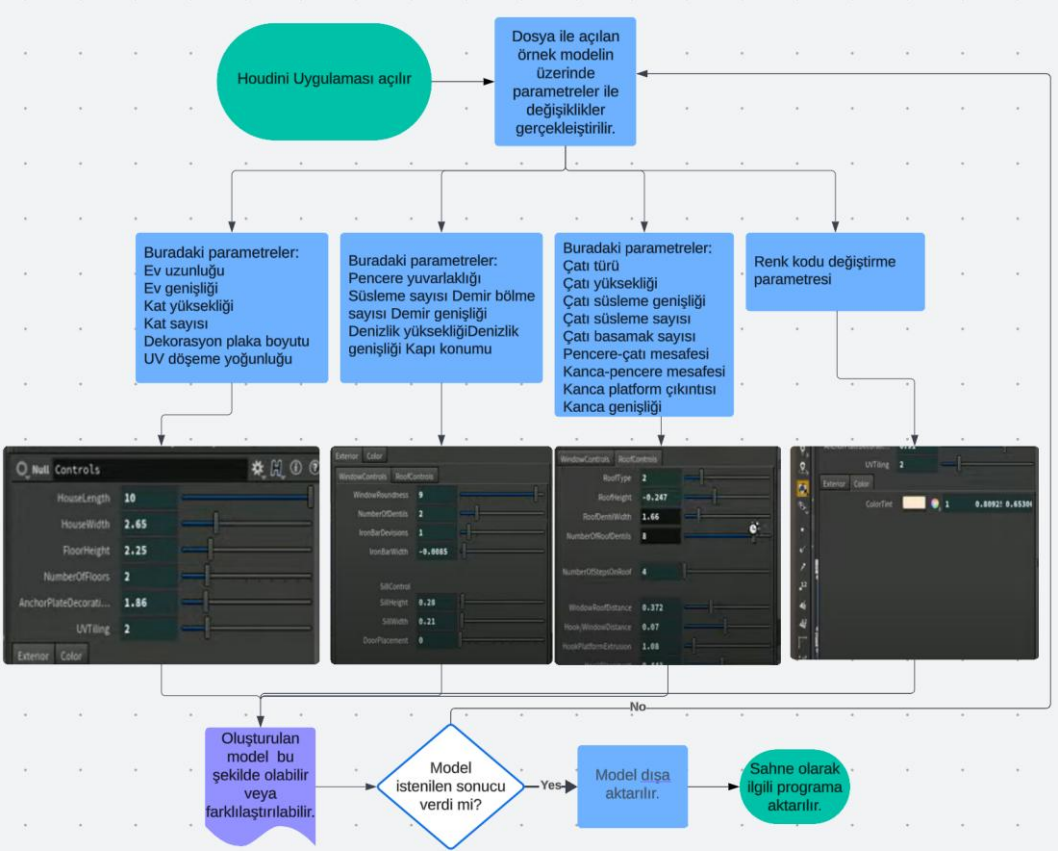
Başka bir çalışmada Blender ve Python yazılımı ile modern evlerin prosedürel bir şekilde modellenmesi amaçlanmıştır. Bu proje, BDM(CGA) şekil gramerleri kullanarak 3B ev modelleri oluşturmayı hedefleyen bir uygulama geliştirmeyi amaçlamaktadır. Evi Blender arayüzünde manuel olarak modellemek için önce 3B şekiller eklenip temel form oluşturulur, ardından UV düzenleme kullanılarak dokular uygulanır (Andújar Gran, 2021). Kullanıcı tarafından tanımlanan kurallar temelinde, basit 3B şekillerden başlayarak yüzeyi büyütmek, bölme işlemleri ve prefabrik eklemelerle karmaşık ev modelleri oluşturulur ve arka planda çalışan Python kodu kurallarına göre modelleme yapılmaktadır. Burada kullanıcının arayüze erişimi yoktur ve başlangıç seviyesinde Blender kullanması gerekmektedir. Bu tezde, Blender programında tanımlanan arayüzler sayesinde kullanıcının herhangi bir objeyi manuel olarak ölçeklendirmesine veya konumlandırmasına gerek kalmamaktadır. Bunun nedeni, arayüzde belirlenen kurallar ve seçimlerin net bir şekilde tanımlanmış olmasıdır. Böylece, kullanıcı etkileşimi belirli parametreler doğrultusunda yönlendirilerek, tasarım süreci daha sistematik ve verimli bir hale getirilmiştir.



Şekil 2.16 Prosedürel Amsterdam kanal evi (Chardakov, 2019)

Başka bir çalışmada Amsterdam kanal evlerinin prosedürel bir şekilde üretimi Houdini programı aracılığı ile gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada kullanıcıya sağlanılan faydalar doğrama aralıklarının kat yüksekliklerinin değiştirilebiliyor olması ve Amsterdam kanal evlerine özgü olan cephe elemanlarının da eklenmiş olmasıdır. Bir kent modülü oluşumu için yeteli tipoloji ve seri bir şekilde üretimi

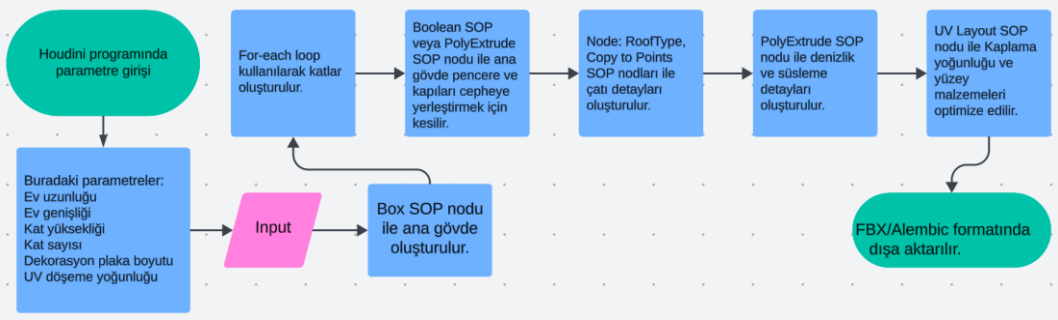
görülememektedir. Şekil 2.16'da Houdini programı ile yapılmış Prosedürel Amsterdam Kanal Evi adlı çalışmaya yer verilmiştir. Chardakov tarafından oluşturulan Prosedürel Amsterdam Kanal Evleri parametrelerinin iş akış diyagramı Şekil 2.17'de görülmektedir. Bu evlerin tasarım sürecinde, ahşap konstrüksiyon temel alınmıştır. Öncelikle, yapıların iskeleti oluşturulmuş, ardından cephe elemanları eklenerek modelleme süreci tamamlanmıştır. Örneğin bu çalışmada geleneksel Amsterdam kanal evlerinin giriş katı, ara kat ve çatı tipolojisinin farklılaşmamaktadır. Çatı tipi olarak düz çatı, üçgen alınlıklı çatı veya basamaklı çatı tipi oluşturulabilir. Pencere tiplerinde ızgaraların sayısı arttırılıp azaltılabilir. Pencereler kemerli veya dikdörtgen bir şekilde oluşturulabiliyor fakat yay kemerli pencere örneği görülmemektedir. Bu çalışmada geleneksel Amsterdam kanal evlerinde görülen cephede dekoratif demir şekilli 'gevelankers' prosedürel olarak cepheye entegrasyonu bulunmaktadır.



Şekil 2.17 Houdini ile oluşturulmuş prosedürel Amsterdam kanal evi iş akış diyagramı

Bu evlerin tasarım sürecinde, ahşap konstrüksiyon temel alınmıştır. Öncelikle, yapıların iskeleti oluşturulmuş, ardından cephe elemanları eklenerek modelleme

süreci tamamlanmıştır. Örneğin bu çalışmada geleneksel Amsterdam kanal evlerinin giriş katı, ara kat ve çatı tipolojisinin farklılaşmamaktadır. Çatı tipi olarak düz çatı, üçgen alınlıklı çatı veya basamaklı çatı tipi oluşturulabilir. Pencere tiplerinde ızgaraların sayısı arttırılıp azaltılabilir. Pencereler kemerli veya dikdörtgen bir şekilde oluşturulabiliyor fakat yay kemerli pencere örneği görülmemektedir. Bu çalışmada geleneksel Amsterdam kanal evlerinde görülen cephede dekoratif demir şekilli 'gevelankers' prosedürel olarak cepheye entegrasyonu bulunmaktadır.

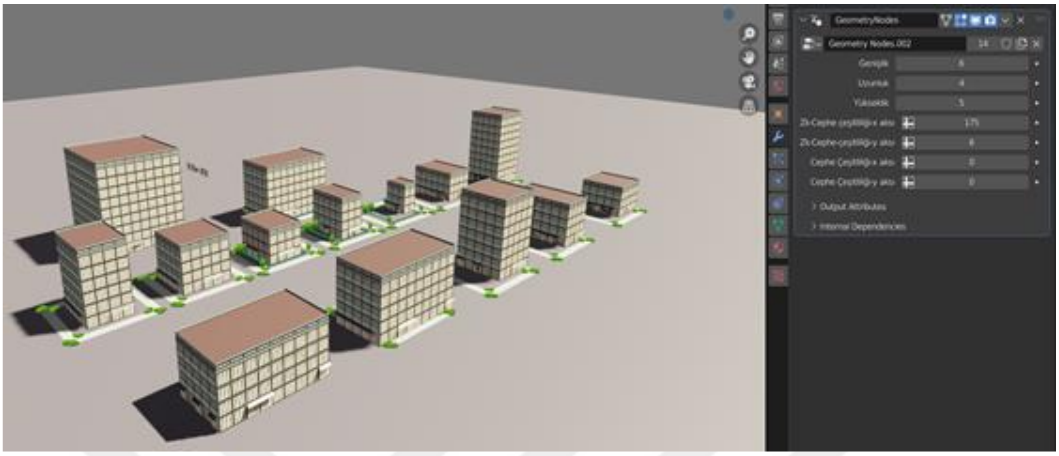


Şekil 2.18 Prosedürel Amsterdam kanal evleri houdini yazılımı ile oluşum diyagramı

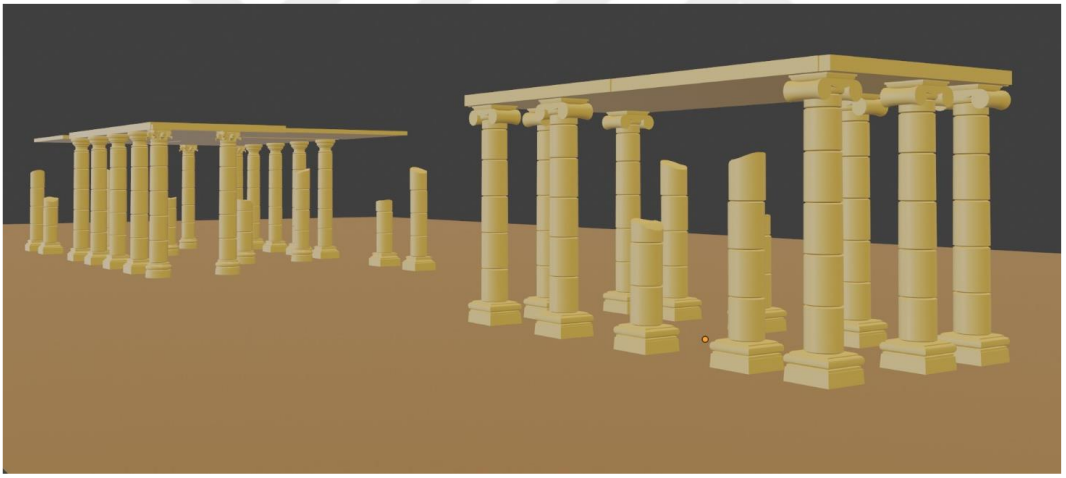
Şekil 2.18'de bu çalışmanın oluşturulma aşaması yazar tarafından diyagram ile temsil edilmiştir. Houdini programında bir bina modelleme sürecini açıklamaktadır. Süreç, kullanıcıdan çeşitli parametrelerin girilmesiyle başlar. Girilen parametreler arasında ev uzunluğu, ev genişliği, kat yüksekliği, kat sayısı, dekorasyon plaka boyutu ve UV döşeme yoğunluğu gibi detaylar bulunur. Bu parametreler, modelin ana yapısını belirlemek için temel girdi olarak kullanılır.

Literatür araştırmasında ilgili olan araştırmalar incelenmiştir ve prosedürel içerik üretimi ile yenilikçi bir yaklaşım sunarak tasarımcıların çeşitli mimari formları hızla üretmesini sağlanabildiği gözlenmiştir. Örneğin Blender 2.93 Geometri Düğümleriyle Prosedürel Bir Bina Oluşturma (Blender3D- Creating a procedural Building with Blender 2.93 Geometry Nodes) adlı çalışmada (Chong 3D, 2021) yer alan oluşturma süreci takip edilip farklı geometri nodları ile ilerletilmiştir. Proje ilerledikçe, sistemin seçim özgürlüğünün kısıtlandığı gözlemlenmiştir. Kullanıcı arayüzü ile kullanıcılar, basit bir şekilde yapılandırma işlemlerini gerçekleştirebilmektedir. Ancak, örneğin ikinci katın sağ tarafındaki üçüncü birimin yalnızca değiştirilmesi istenildiğinde, bu tür bir erişimin henüz mümkün olmadığı anlaşılmıştır. Bununla birlikte, kullanıcılar serbest bir şekilde yapı

oluşturma imkânına sahiptir. Bu çalışmada, projenin mevcut durumu Şekil 2.19 ve Şekil 2.20'de görsel olarak sunulmuştur. Bu doğrultuda, tez çalışması kapsamında geometri nodları kullanımı yerine Python kodu ile baştan bir çözüm geliştirilmiş ve elde edilen çalışma Bölüm 4'te detaylı olarak açıklanmıştır.



Şekil 2.19 Prosedürel modelleme ile oluşturulmuş binalar



Şekil 2.20 Prosedürel modelleme ile oluşturulmuş antik bizans yapıları

Bu çalışma, prosedürel içerik üretiminin mimari yapılarla oyun geliştirme süreçlerine entegrasyonunu teşvik ederek gelecekteki araştırmalar için öneriler sunmaktadır. Böylece hem teorik bilgi sağlamayı hem de pratik uygulamaları göstermeyi amaçlayan tez, mimari yapıların dijital dünyalarda temsili konusunda hem akademik hem de endüstriyel alanda önemli katkılar sağlamayı hedeflemektedir. Ayrıca araştırmalar sonucunda yapılan tezin başka araştırmalarda olan açıkları kapatacağını ve literatüre katkıda bulunacağı öngörülmüştür.

Tablo 2.2 Tez çalışmasının özelliklerinin literatürdeki mevcut çalışmalarla karşılaştırmalı analizi

Çalışma İsimleri	Kullanıcı arayüzü mevcut mu?	Kullanıcıya parametrelerini değiştirme olanağı sağlanıyor mu?	Kullanıcı modülleri seçebilir mi?	Kopyala yapıştır komutu olmadan kent modülü tasarlanabilir mi?	Blender/geo nod.ile mi oluştu?	Blender/Python ile mi oluşturuldu?	Diğer yazılımlar (ör. Houdini) ile mi üretildi?	Kullanıcıya seçtiği parametreler hakkında bilgi sunuluyor mu? (sadece değiştirme özelliği dışında)	Kullanıcı seçimleri ile tipoloji hakkında bilgi sahibi oluyor mu?	Farklı tipolojilere uyarlanabilir mi?
Buildfy 1.0	+	+	-	-	+	-	-	-	-	+
Geometri nodları ile Prosedürel Binalar	+	+	-	-	+	-	-	-	-	+
Hızlı anime Şehri Ver2.1	+	+	-	+	+	-	-	-	-	+
City X	+	-	-	+	+	+	-	-	-	-
Prosedürel Bina Oluşturma 2	+	+	-	-	+	-	-	-	-	+
Prosedürel model kullanarak ev oluşturma kuralları	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Prosedürel Amsterdam Kanal Evi	+	+	-	-	-	+	-	-	-	+
Prosedürel mimari tipolojiler ile kullanıcı etkileşimli kent modülü tasarımı: Amsterdam kanal evleri	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+

Tablo 2.2 incelendiğinde, tez çalışmasının literatürdeki çalışmalardan belirgin bir şekilde ayrıştığı ve öne çıktığı görülmektedir. Öncelikle, kullanıcı etkileşimi ve kontrolü açısından diğer çalışmaların genellikle bu özelliği yeterince sağlayamadığı, ancak tez çalışmasının prosedürel yöntemleri kullanarak kullanıcıya kontrol imkânı sunduğu anlaşılmaktadır. Bu özellik, Blender programı üzerinden modelleme süreçlerinde kullanıcının aktif bir rol almasını sağlayarak hem akademik hem de uygulamalı bir katkı sunmaktadır.

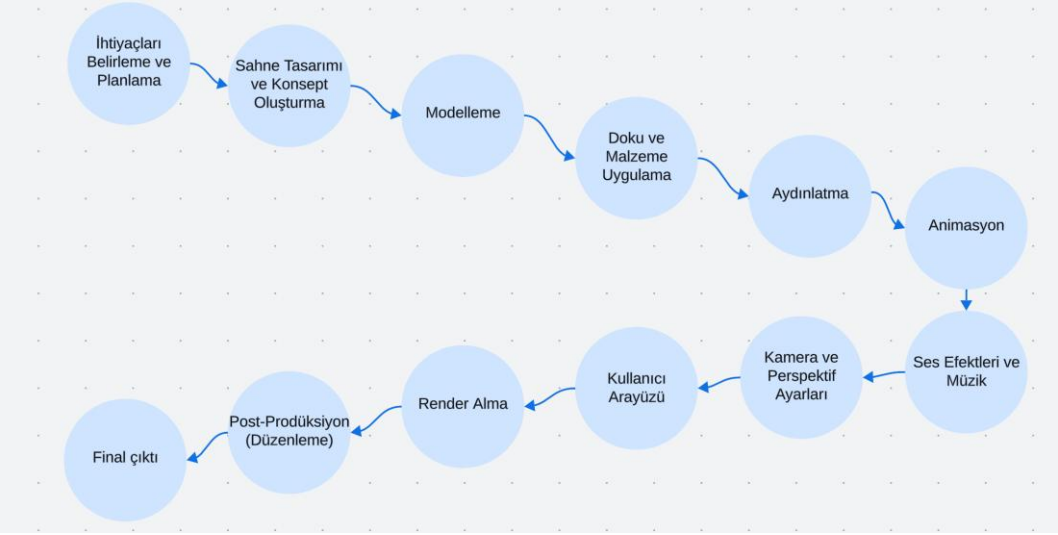
Tez çalışması, spesifik alanlara odaklanma bakımından da dikkat çekicidir. Literatürdeki birçok çalışma daha genel konulara yönelirken, bu tez Amsterdam kanal evleri gibi tarihi ve karakteristik bir mimari örneği detaylı bir şekilde ele almıştır. Bu odaklanma hem mekânsal hem de kültürel özelliklerin öğrenilmesi ve dijitalleştirilmesi açısından önemli bir yenilik sunmaktadır. Aynı zamanda, prosedürel yöntemlerle dinamik sahne oluşturma gibi uygulamalar, bu çalışmayı diğerlerinden farklılaştırarak daha ileri bir noktaya taşımaktadır.

Eğitimsel ve disiplinler arası katkılar açısından bakıldığında, tez çalışması mimarlar, tasarımcılar ve akademisyenler için kullanıcı odaklı bir arayüz geliştirmeyi hedeflemiştir. Literatürde benzer projelerin bu yönü genellikle eksik kalırken, tez çalışması hem eğitim hem de profesyonel alanlarda kullanılabilecek bir araç sunarak bu boşluğu doldurmayı amaçlamaktadır. Bu sayede, sadece teknik bir çözüm değil, aynı zamanda pedagojik bir yaklaşım da geliştirilmiştir.

Son olarak, teknolojik katkılar ve prosedürel modelleme süreçleri açısından tez çalışması, literatürdeki diğer örneklerden ayrışmaktadır. Özellikle Blender programı üzerinden geliştirilen prosedürel yöntemler hem yazılımın sınırlarını zorlamakta hem de modelleme süreçlerini daha verimli ve esnek hale getirmektedir. Tez, bu yönüyle yalnızca teknik bir başarı değil, aynı zamanda uygulamalı bir rehber olarak da öne çıkmaktadır. Özellikle dinamik ve tipolojik olarak zengin sahne oluşturma hedefi, bu çalışmayı literatürdeki diğer projelerin çok ötesine taşımaktadır.

3
SAYISAL ORTAMDA SAHNE OLUŞTURMA

Sayısal ortamda sahne oluşturmak 3B nesnelerin yazılım programları kullanarak tasarlanması sürecidir. Bu süreç, mimariden oyun tasarımına, sanal gerçeklikten animasyona kadar geniş bir yelpazeyi kapsamaktadır. Sayısal sahne oluşturma, birkaç önemli bileşeni ve teknolojiyi içerir: modelleme, malzeme uygulaması, ışık ve atmosfer, kullanıcı etkileşimi. Sayısal sahneler genellikle etkileşimli hale getirilir. Oyun motorları (Unity, Unreal Engine gibi) kullanılarak, kullanıcıların sahneyle etkileşim kurmasını sağlayacak animasyonlar ve dinamikler oluşturulur. Partikül veya rüzgar efektleri kullanılarak sahne daha gerçekçi ve ilgi çekici hale getirilir. Şekil 3.1'de sahne oluşturma sürecini şematik olarak sıralaması görülmektedir.



Şekil 3.1 Sahne oluşturma aşaması

Sayısal sahne oluşturma sürecinde ilk olarak, ihtiyaçları belirleme ve planlama aşamasında, sahnenin amacı (örneğin oyun, film veya eğitim) ve kullanılacak araçlar netleştirilir. Ardından, sahne tasarımı ve konsept oluşturma adımıyla, sahnenin genel yapısı ve teması belirlenir; eskizler ya da dijital tasarımlar yapılır.

Bu tasarımlara uygun şekilde, sahnedeki nesneler modelleme sürecinde 3B olarak oluşturulur. Modelleme tamamlandıktan sonra, nesnelere gerçekçi görünümler kazandırmak için doku ve malzeme uygulama işlemi gerçekleştirilir. Bir sonraki adımda, sahnenin atmosferini ve derinliğini oluşturmak için aydınlatma düzenlenir. Eğer sahnede hareketli nesneler veya karakterler varsa, animasyon süreci devreye girer ve nesnelerin hareketleri planlanır. Bu hareketler tamamlandıktan sonra, kamera ve perspektif ayarları yapılır; bu, sahnenin nasıl görüntüleneceğini ve kameranın hareketlerini belirler. Bu hazırlıkların ardından, sahnenin tamamı render alma adımıyla dijital bir görüntü veya video haline getirilir. Render işlemi tamamlandıktan sonra, sahne üzerinde post-prodüksiyon (düzenleme) işlemleri gerçekleştirilir; renk düzeltmeleri yapılır ve ek efektler eklenir. Bu sürecin ardından, sahne dikkatlice incelenir ve inceleme ve geri bildirim aşamasında hatalar düzeltilir. Son olarak, gerekli düzenlemeler tamamlanarak, sahne final çıktı aşamasında kullanıma veya yayına hazır hale getirilir. Bu süreç, her adımın bir sonrakine bağlı olduğu sistematik bir akış izler.

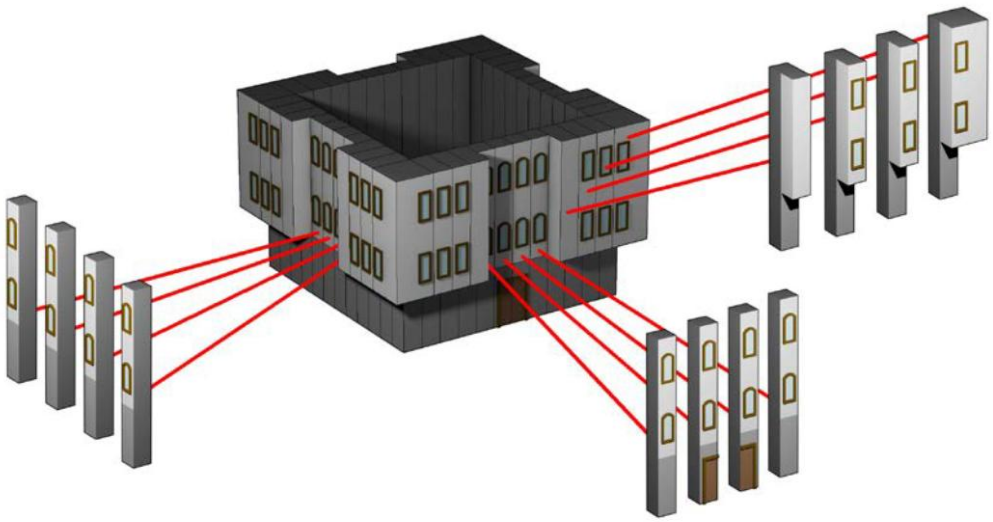
3.1 Sahne Oluşturma Türleri

Sahne oluşturma türleri şu şekilde sıralanabilir: Statik sahne, animasyonlu sahne, dinamik sahne, gerçek zamanlı sahne, sanal gerçeklik sahnesi, artırılmış gerçeklik sahnesi, prosedürel sahne ve kural tabanlı sahne. Bu tür sahne oluşturma yöntemleri, mimari eğitim, oyun tasarımı ve video oyunları ile film sahnelerinin hazırlanmasında kullanılmaktadır. Örneğin bir makalenin amacı, Unity 3B'de eğitim ve kültürel oyunlar için gelişmiş bir ara sahne (cutscene) düzenleyicisi tasarlamak ve uygulamaktır (Kaźmierczak vd., 2024). Bu çalışmada, farklı sahneler arasında geçişleri mümkün kılan bir arayüz eklentisi kullanılmıştır. Söz konusu arayüzün, sahneler arasındaki geçişleri hızlandırdığı ve üretim sürecinde yaratıcılık potansiyel üzerinde olumlu bir etki yaratabileceği öngörülmektedir.

3.1.1 Statik Sahneler

Statik Sahneler animasyon veya hareket içermeyen sabit sahnelerdir. Genellikle 3B model oluşturulur aydınlatma materyal gibi unsurlar ayarlanır ve sabit bir şekilde ayarlanan kameradan render alınır. Safranbolu evlerinin bilgisayar oyunları için modüler bir set olarak oluşturulması ve kullanılabilirlik testi (Üney, 2016) adlı tezde oluşturulan örnekler statik sahneye örnek olarak verilebilir. Burada cephe

tipolojisine göre elemanlar modül şeklinde modeller (assetler) oluşturulmuş ve kullanıcılar ile varyasyonları oluşturulmuştur. Sonuç olarak 3B oluşturulmuş modellerden karakteristik Safranbolu evleri oluşturulmuştur. Statik sahne oluşumunda hareket veya animasyon veya arayüz ile dinamik bir şekilde sahne değişimi yoktur. Şekil 3.2'de modüllerden oluşturulmuş statik sahne örneği görülmektedir.

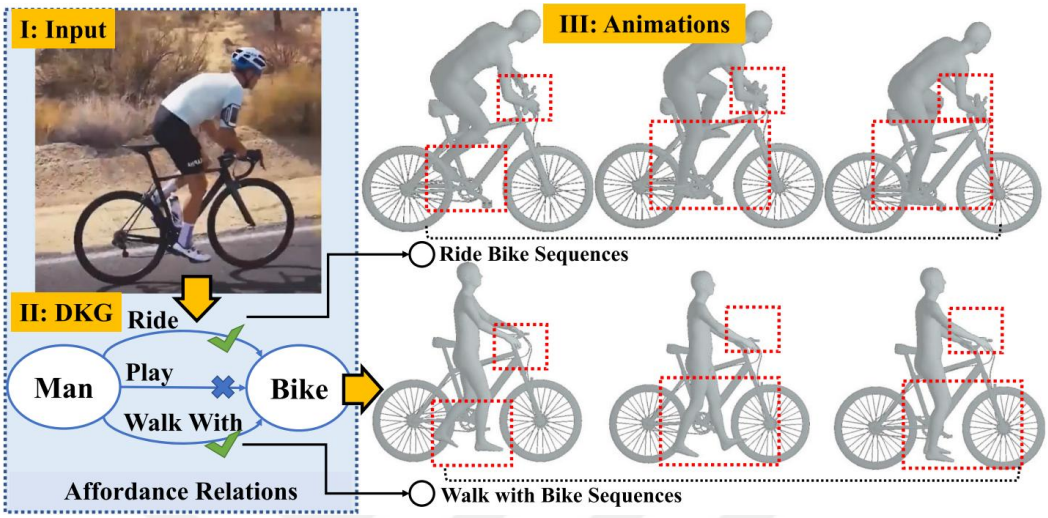


Şekil 3.2 Modül bazında oluşturulmuş statik sahne (Üney, 2016)

3.1.2 Animasyonlu Sahneler

Animasyonlu sahnelerde karakterde çevrede veya kamerada hareket vardır ve genel olarak video oyun tasarımı alanında kullanılmaktadır. Animasyonlu sahneler oluşturulması sürecinde konsept ve planlama aşamasında animasyonlu sahnenin hikâyeye, temaya veya oyuna nasıl hizmet edeceği belirlenir. Sahne, oyuncuya bir olay anlatabilir, bir karakterin hikayesini gösterebilir veya bir atmosfer yaratabilir. Bu bir senaryo taslağı olarak oluşturulur daha sonrasında animasyonun eklenmek istediği obje veya karakter (asset olarak) modellenir. Karakterlerin, nesnelerin ve kameranın hareket rotaları kaba hatlarıyla belirlenir. Karakterin veya objenin bulunduğu çevrenin modellemesi gerçekleştirilir. Dokular materyaller tanımlanır daha sonrasında karakterlerin hareket edebilmesi için bir kemik sistemi (rig) oluşturulur. Bu, karakterlerin veya nesnelerin iskelet yapısını ve deformasyonlarını kontrol etmeyi sağlar. Pozlar oluşturulur aydınlatma, ses ve görsel efektler eklenir.

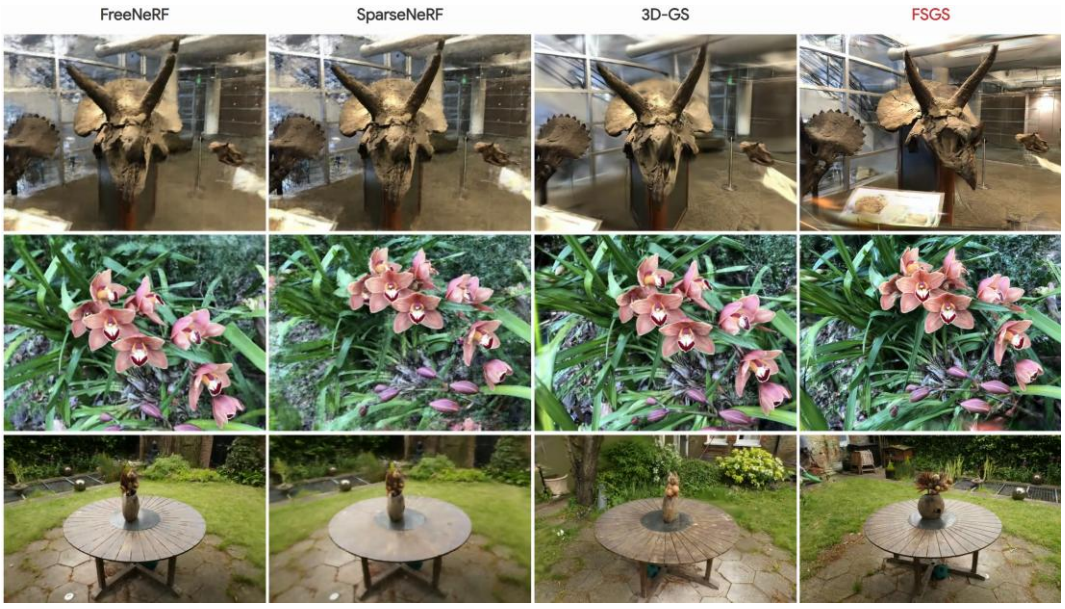
Oluşturulan animasyon kullanılan temaya göre başka bir programa aktarılır. Aşağıdaki şekilde sahne oluşumu için alınan örneklerin girdi olarak ve sahne kurgusu olarak tasarlandığı görülmektedir. Şekil 3.3'te animasyon sahne kurgusunun açıklanmasını diyagram olarak görülmektedir.



Şekil 3.3 Animasyonlu sahne üretme şeması bisiklete binme ve bisikletle yürüme animasyonu (Song vd., 2023)

3.1.3 Gerçek Zamanlı Sahneler

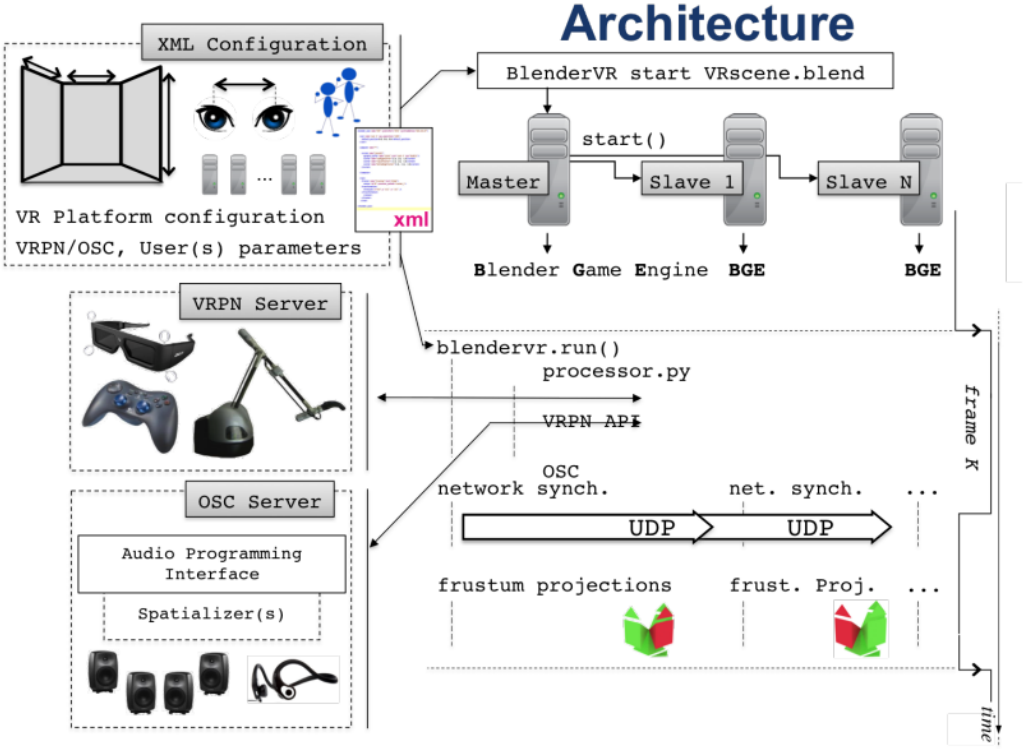
Gerçek zamanlı sahneler, anında görüntülenebilen ve sahne içerisinde gezinebilen sahnelerdir. Oyun motorları (Unreal Engine, Unity, Blender) genellikle bu tür sahnelerle çalışmaktadır. Blender programının sağladığı Eeeve Render motoru ile de sahneyi gerçek zamanlı bir şekilde görüntülemek mümkündür. Bu sahneler örnek olarak sanal gerçeklik sahnesi ve arttırılmış gerçeklik sahnesi verilebilir. Bu sahne oluşumunda sahne için kullanılacak 3B modeller oluşturulur. Gerçek zamanlı sahnelerde, yüksek çözünürlüklü modeller yerine düşük poligon sayısına sahip optimize edilmiş modeller tercih edilir. Sahne ışıkları dinamik olarak hesaplanır. Örneğin, bir meşale hareket ettiğinde, çevresindeki gölgeler de anında değişir. Şekil 3.4'te gerçek zamanlı sahne örneklerinin karşılaştırmasını görülmektedir. Bu çalışmada gerçek zamanlı oluşturulan birkaç sahnenin karşılaştırması ve proje sahibinin kendisine ait oluşturduğu gerçek zamanlı çalışmayı görülmektedir. Bu ikilemi ele almak için, asgari sayıda eğitim görünümünden gerçek zamanlı, foto-gerçekçi sentezlemeyi kolaylaştıran 3B Gauss Splatting'e dayalı bir Few-Shot görünüm sentezleme çerçevesi sunulmaktadır (Zhu vd., 2025).



Şekil 3.4 Gerçek zamanlı sahneler (Zhu vd., 2025)

3.1.4 Sanal Gerçeklik (VR) Sahneleri

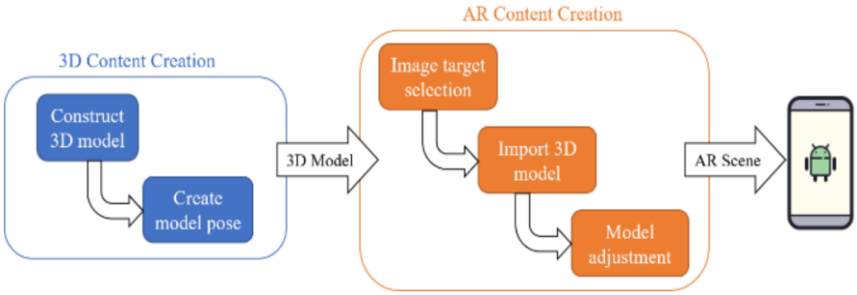
Sanal gerçeklik (VR) sahnesi, kullanıcının tamamen içine girebileceği bir 3B dünya yaratmayı amaçlamaktadır. Bu sahnede diğer sahne oluşumlarından farklı olarak VR sahnesinde kullanıcı, sanal dünyayı kendi gözleriyle görmektedir (birinci şahıs perspektif). Bu yüzden her şeyin ölçeği, perspektifi ve konumu doğru ayarlanmalıdır. Olay örgüsü kullanıcı kontrolünde gerçekleşir VR sahnesinde kullanıcı çevresine bakabilir, etrafında dolaşabilir ve sahneye fiziksel olarak dokunuyormuş gibi hissedebilir. Bu, geleneksel 3B sahnelerde sınırlıdır ve genelde bir kamera hareketi veya klavye/fare kontrolüyle sağlanır. VR' de fiziksel olarak yürüyen, dönen veya uzanarak bir objeye erişen kullanıcılar için bir deneyim tasarlanır. Diğer sahne tasarımlarında ise kullanıcı genelde dışarıdan izleyicidir. Kullanıcının bir şeye dokunduğunda titreşim hissetmesi gibi fiziksel geri bildirimler sağlanabilir. Bunun dışında kullanıcının yaklaştığı objeler yüksek detaylı, uzaktakiler ise düşük detaylı görülecek şekilde otomatik optimizasyon yapılır. BlenderVR projesi, artırılmış ortamlarda Sanal Gerçekliğe adanmış uygun fiyatlı sahne oluşturma yazılımının eksikliğine yanıt olarak, popüler Blender Oyun Motoruna dayalı yeni bir sahne grafik düzenleyicisi uygulayarak oluşturuldu (Katz, vd., 2015). Bu proje aynı zamanda açık kaynaklıdır. Şekil 3.5'te Blender VR projesinin akış diyagramı görülmektedir.



Şekil 3.5 BlenderVR mimarisi grafiği (sağda) bge kare tabanlı diziciye entegre edilmiş 3 ana işlemi gösteriyor (Katz vd., 2015)

3.1.5 Arttırılmış Gerçeklik (AR) Sahneleri

Artırılmış gerçeklik (AR) sahneleri, gerçek dünya ortamı üzerine yer alan dijital nesneleri içerir. Gerçek zamanlı olarak AR sahnesinde yerleştirilmiş tasarlanmış objelerle etkileşimde bulunabilir. Kullanıcı, AR gözlükleri, telefon kamerası veya tablet ekranı aracılığıyla hem fiziksel hem de dijital dünyayı aynı anda görür ve sahne gerçek dünyadaki yüzeyler veya objeler ile sürekli olarak senkronize çalışmalıdır. Kullanım amacı genellikle daha çok gerçek dünyayı geliştirmek veya bilgi eklemek için kullanılır. Örneğin eğitim, mimari tasarım alanında veya endüstriyel tasarım alanında kullanılabilmektedir. Örneğin iç mimari projelerde mobilyanın odada nasıl durduğunu göstermede veya endüstriyel ürünlerin makine parçalarının gerçek bir prototipe yerleştirerek hareketlerini gözlemlemek için ideal bir ortamdır. Aşağıdaki örnek çalışmada, işaret dili kullanıcıları ile işitme engeli olmayan bireyler arasında iletişimi kolaylaştırmayı amaçlayan LEARNSIGN adlı bir sistem geliştirmiştir. Sistem, artırılmış gerçeklik ve konuşma tanıma teknolojilerini birleştirerek işaret dilini görsel ve sesli olarak çevirebilmektedir. Şekil 3.6'da bu projenin oluşturulma aşamasının diyagramı görülmektedir.



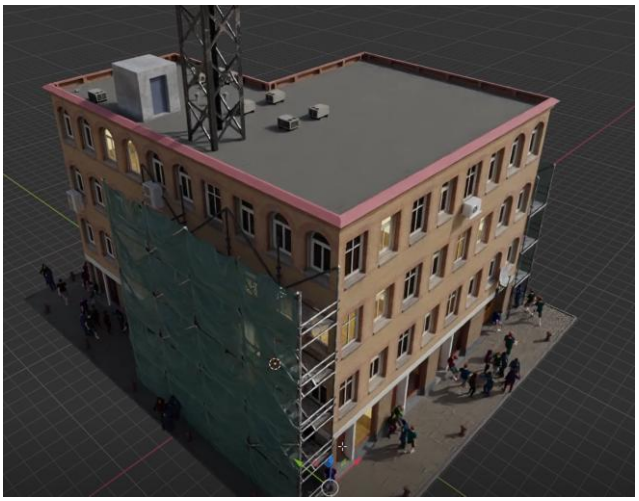
Şekil 3.6 LEARN SIGN geliştirme metodolojisi (Mohd Rum & Boilis, 2021)

3.1.6 Prosedürel Sahneler

Prosedürel sahneler, algoritmalar kullanılarak otomatikleştirilerek oluşturulan sahnelerdir. El ile modellemeye ihtiyaç duymamayı amaçlar ve bu sayede geniş, detaylı sahneler üretilebilir. Bu sahneler dinamik ve esnektir yani parametrelerle kolayca değiştirilebilir. Örneğin, bir ormanın boyutu, ağaçların yoğunluğu veya bir şehrin bina düzeni bir kaydırıcı ile anında değiştirilebilir. Bu sahnelerin oluşturulma amaçlarından birisi zaman ve kaynaktan tasarruf etmektir. Özellikle büyük ve karmaşık sahneler için elle modelleme yerine prosedürel yöntemler ciddi zaman tasarrufu sağlar ama dezavantaj olarak rastlantısallık avantaj olarak da çeşitliliğe sahiptir. Tek bir algoritma, her çalıştırıldığında farklı sonuçlar üretebilir. Bu, sahnelerin benzersiz olmasını sağlar. Prosedürel sahnelere örnek olarak aşağıdaki Şekil 3.7'den 3.10' a kadar görseller gösterilebilir.



Şekil 3.7 Geometri nodları ile prosedürel binalar (Del Rio, t.y.)



Şekil 3.8 Buildfy 1.0 ile oluşturulmuş prosedürel sahne (Oliva, t.y.)



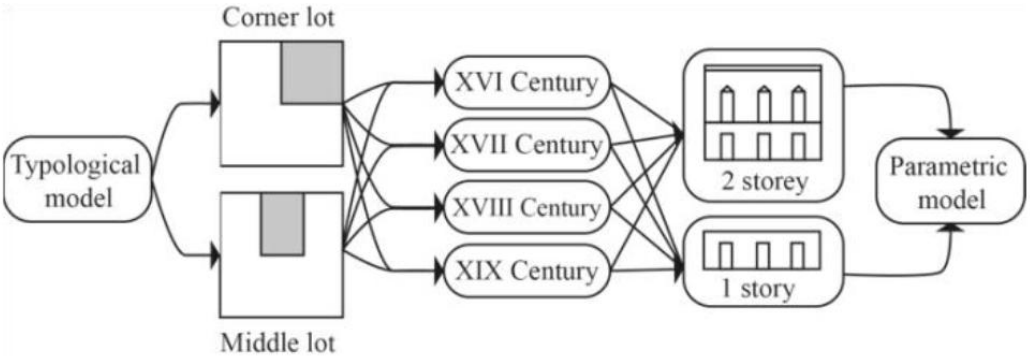
Şekil 3.9 Hızlı anime şehri ver2.1 ile oluşturulmuş prosedürel sahne (Ggenebrush, t.y.)



Şekil 3.10 Prosedürel bina oluşturucu 2 ile oluşturulmuş prosedürel sahne (Waltin, t.y.)

3.1.7 Kural Tabanlı Algoritmik Sahneler

Kural tabanlı algoritmik sahneler belirli kurallara, prosedürlere veya algoritmalara dayanarak sahnelerin otomatik veya yarı otomatik olarak oluşturulmasını ifade eder. Bu yöntem, özellikle büyük ve detaylı sahnelerin manuel olarak tasarlanmasının zor veya zaman alıcı olduğu durumlarda kullanılır. Prosedürel modelleme tekniklerinden de yararlanılmaktadır. Burada kuralları iyi bir şekilde tanımlayarak olmaması gereken çakışmaları ve rastgelelik oranları belirlenmektedir. Örneğin RailClone, 3ds Max programı içerisinde kullanılan güçlü bir prosedürel modelleme ve kural tabanlı sahne oluşturma aracıdır. RailClone, özellikle parametrik ve tekrar eden yapıları hızlı ve esnek bir şekilde oluşturmak için kullanılmaktadır. Bu araç, tam anlamıyla kural tabanlı algoritmik sahne oluşturma yöntemine dayanır, çünkü kullanıcı tanımlı kurallar ve parametrelerle sahne elemanlarını otomatik olarak oluşturur ve düzenler. İlk olarak kılavuz hat (spline) tanımlanır. RailClone'un temel işleyişi, bir spline üzerinden nesnelerin veya modellerin yerleştirilmesine dayanmaktadır. RailClone, bu spline'ı bir kılavuz olarak kullanarak sahneyi inşa etmektedir. Buradaki sahne, temel geometri modülleri üzerinden oluşturumaktadır. Örneğin bir bina cephesi için: pencere, kapı, sütun gibi modüller belirlenmektedir. Sahne oluşturmadan önce tanımlı kurallar uygulanmaktadır. Öncelikle pencere kapı korkuluk gibi modellerin kılavuz hat boyunca nasıl yerleştirileceğini belirlemektedir. Bu geometri modülleri kılavuz hat uzunluğuna veya kullanıcının belirlediği parametrelere göre otomatik olarak ayarlanmaktadır. Uzun kılavuz hat boyunca modüllerin düzenli veya rastgele bir şekilde tekrar edilmesini sağlamaktadır. Sahne tamamen dinamik bir yapıdadır ve kılavuz hat üzerinde yapılan değişiklikler, sahneyi otomatik olarak güncellemektedir. Örnek olarak Meksika ülkesinde yer alan Merida şehrinde kaybolan miras, tipolojik ve parametrik bir yaklaşımla 3B modelleme kullanılarak yeniden tanımlanması adına Railclone ile yapılan bir çalışma gösterilebilir. Gerekli parçaların üç boyutlu modellemesi için Itoo Yazılım Şirketi'nden RailClone (Demo Modu) eklentisi Autodesk'in 3D Studio MAX'ine uygulandı (modellerin tüm parçalarını entegre etti) (Rodriguez, 2017).



Şekil 3.11 Tipolojik özelliklerden parametrik bir model belirlemeye yönelik iş akışı (Rodriguez, 2017)



Şekil 3.12 Rail Clone ile oluşturulmuş cephe (Rodriguez, 2017)

3.1.8 Dinamik Sahneler

Dinamik sahneler oluşturulurken kullanıcı etkileşimli sahneler göz önünde bulundurulur ve sayısal ortamdaki platformda kullanıcıların aktif olarak dahil olduğu, seçimler yaparak veya aksiyonlar gerçekleştirerek oluşturulan senaryonun ilerlemesine katkıda bulunduğu dinamik sahneler veya arayüzlerdir. Bu sahneler, genellikle dijital medya, oyun, eğitim platformları, simülasyonlar ve etkileşimli hikaye anlatımı gibi alanlarda kullanılır. Bu bir fiziksel sahne olabilir, duvarların yıkılıyor olması gibi veya kullanıcının parametreleri kullanarak sahnede yer alan

objelerin konumlarını kontrol etmesi de dinamik bir şekilde kullanıcı sahne iletişimini örneklenmektedir. Örneğin karar verme anında kullanıcı eğer bir oyunda ise hangi yolu seçeceği belirlemektedir. Eğer bir eğitim simülasyonu ise kullanıcı arayüzde yer alan seçimler doğrultusunda karar vermektedir. Tez çalışması kullanıcı etkileşimin yüksek olduğu dinamik sahne örneklerindendir.

3.2 Sahne Oluşturma Türlerinin Mimari Alanda Uygulamaları

Mimari alanda sahne oluşturmak, tasarım süreçlerinde ve kullanıcı deneyimini geliştirmede önemli bir rol oynamaktadır. Bu bağlamda kullanıcı etkileşimli sahne oluşturma yöntemleri, özellikle bilgisayar destekli tasarım (CAD), sanal gerçeklik (VR), artırılmış gerçeklik (AR) ve bina bilgi modellemesi (BIM) gibi teknolojilerle entegre edilerek kullanılmaktadır.

3.2.1 Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD) ve 3B Modelleme

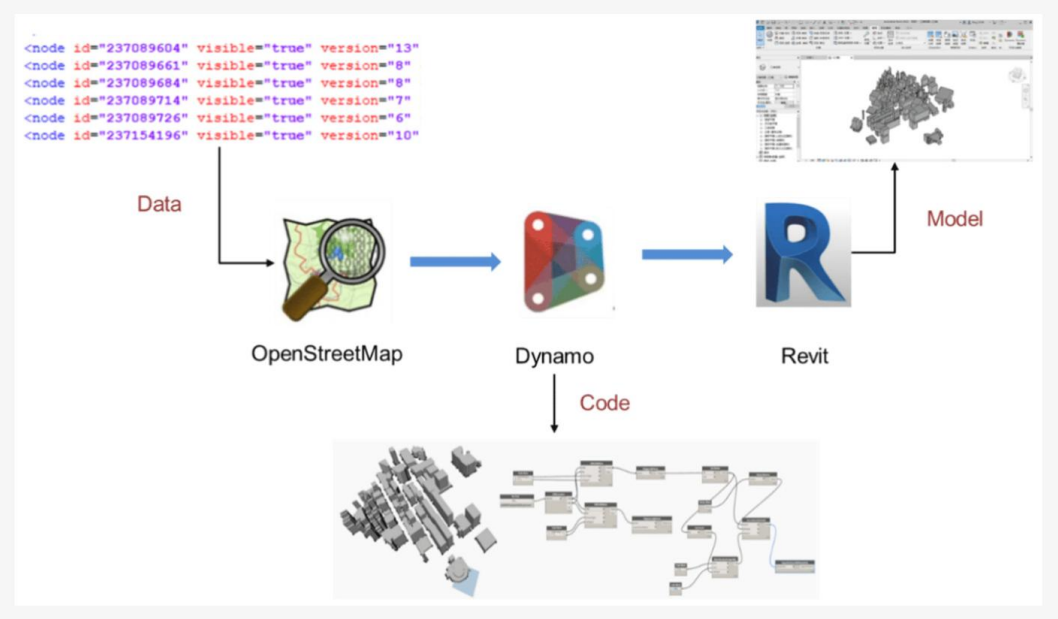
Mimari projelerde Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD) tabanlı sahne oluşturma yaygındır. CAD yazılımları, mimarlar için dijital ortamda 3B sahnelerde kullanıcıların binaların dış ve iç mekânlarını sanal olarak deneyimlemelerine olanak tanımaktadır. Örneğin Kim, Lee ve Oh (2017) tarafından, mimaride CAD tabanlı sahnelerin etkili kullanımı üzerine bir çalışma yapılmıştır. Araştırmada, 3B CAD modellemelerinin, tasarım sürecinin erken aşamalarında görsel iletişimi nasıl güçlendirdiği ve müşterilerin projeye dair daha net bir anlayış geliştirmelerine nasıl katkı sağladığı tartışılmıştır.

3.2.2 Sanal Gerçeklik (VR) ve Artırılmış Gerçeklik (AR)

VR ve AR teknolojileri, etkileşimli sahne oluşturma süreçlerinde günümüzde devrim yaratmıştır. Özellikle pandemi döneminde Metaverse adlı evrenin oluşturulması bütün dünya tarafından ilgi toplamıştır. Bu teknolojiler, tasarımın içerisine entegre olmamızı sağlamaktadır. Mimarlıkta öğrenmeyi, gerçekleştirmek istediğimiz tasarımların dijital ortamlarda deneyerek ve gözlemleyerek daha da tasarımımızı geliştirmemizi destekleyen sahnelerdir. Özellikle VR, kullanıcıların mimari mekânları gerçekçi bir biçimde deneyimlemelerine olanak tanır. Tezde oluşturulan geleneksel Amsterdam kanal evlerinin sanal gerçeklik veya arttırılmış gerçeklik sahnesi oluşturularak karakteristik özelliklerini farklı bir öğrenme metodu ile deneyimlenebileceği öngörülmüştür.

3.2.3 Bina Bilgi Modellemesi (BIM) ile Sahne Oluşturma

BIM tabanlı sahne oluşturma, mimari projelerde yer alan tüm yapı bilgilerini içeren modellerin oluşturulmasına dayanmaktadır. Bu modeller yapının mühendislik, malzeme özelliklerini de kapsamaktadır. BIM, sahne oluşturma süreçlerinde projelerin çok daha ayrıntılı bir şekilde arka planda ele alınmasını sağlamaktadır.



Şekil 3.13 Mimari sahnenin oluşturulma yöntemi (Gan vd., 2022)

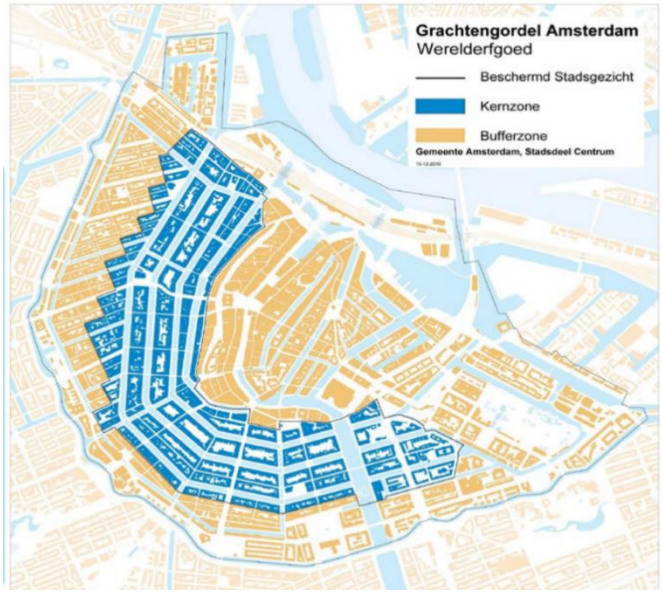
Yukarıdaki şekilde bina bilgi modelleme sistemi ile oluşturulmuş mimari sahnenin oluşturulma diyagramını görebiliriz.

3.2.4 Simülasyonlar ve Etkileşimli Mekânsal Deneyimler

Simülasyonlar, özellikle bina performansının, güneş ışığı analizi, enerji tüketimi gibi unsurların test edilmesi için kullanılır. Etkileşimli sahne oluşturma bu noktada kullanıcıya, tasarımın farklı koşullardaki performansını görme ve olası sonuçları deneyimleme olanağı sağlamaktadır. Sonuç olarak mimari alanda sahne oluşturma türlerinin kullanımı hem tasarım süreçlerinde hem de kullanıcı deneyiminde önemli gelişmeler sağlamaktadır. CAD, VR, AR, BIM ve simülasyon teknolojilerinin kullanımı, mimarlık öğrencileri, akademisyenleri ve profesyonelleri için sahne oluşturmayı daha etkileşimli ve verimli hale getirmektedir. Ayrıca, bu teknolojiler kullanıcıların mimari mekânlarla dinamik bir iletişim halinde olarak daha iyi anlamalarını sağlamaktadır. Bu tezde CAD kullanılarak dinamik ve kullanıcı etkileşimli bir sahne oluşturulmuştur.

4
PROSEDÜREL MİMARİ TİPOLOJİLERİ İLE KULLANICI ETKİLEŞİMLİ KENT MODÜLÜ TASARIMI: AMSTERDAM KANAL EVLERİ

Bu bölüme kadar prosedürel mimaride tipolojilerin entegrasyonuna ve sayısal ortamda sahne oluşturmaya değinilmiştir. Bu bölümde vaka çalışması olarak alınan Amsterdam kanal evleri ile tezin metodunun oluşma süreci en başından sonuna kadar açıklanmaktadır. Tezin uygulanabilirliğini sağlamak amacıyla, çalışmaya uygun bir kentsel alan belirlenmiştir. Öncelikle Şekil 4.1'de görüldüğü üzere UNESCO tarafından Amsterdam bölgesinde 17. yüzyıl kanal bölgesi olarak belirlenmiş alanlar görülmektedir.



Şekil 4.1 UNESCO Dünya Mirası listesi 17. yüzyıl kanalları (City of Amsterdam, 2023)

Bu kanalların her birinin karakteristik özellikleri vardır. Mevcut şehre en yakın olan kanal olan Herengracht, ulaşım için kullanıldı ve depo olarak da kullanılan dar evlerle çevriliydi. Keizersgracht, biraz daha az trafiğe ve daha geniş evlere sahip

bir geçiş kanalıydı. Şehirden en uzak kanal olan Prinsengracht, en seçkin olanıydı (Dark, 2020). Seçilen alan Prinsengracht ile Keizersgracht arasında yer alan Reguliersgracht 70-92 sokağındadır. Bu alanların içerisinde vaka çalışması alanı seçilirken, iki köprü arasında yer alarak Amsterdam'ın karakteristik kanallarını birbirine bağlayan bir konumda bulunması ve aynı türden yapıların sıralanmadığı, farklı cephe tipolojilerinin bir arada görülebildiği çeşitli bir mimari doku sunması gibi nitelikler dikkate alınmıştır. Seçilen sokakta, test etme süresi göz önünde bulundurularak, minimum sayıda konut birimi ile maksimum çeşitlilik arasında bir denge sağlanmıştır. Bu denge, hem tasarımın fonksiyonel etkinliğini test edebilmek hem de katılımcıların farklı ihtiyaç ve tercihlerine uygun çeşitli seçenekler sunabilmek amacıyla özenle belirlenmiştir. Bu yaklaşım, söz konusu sokak üzerinde gerçekleştirilecek uygulama testlerinin, tasarımın uygulanabilirliği ve kullanıcı memnuniyeti üzerindeki etkilerini doğru bir şekilde değerlendirmeye olanak tanımaktadır. Sonuç olarak seçilen bölge Şekil 4.2 ve 4.3'te gösterilmiştir.

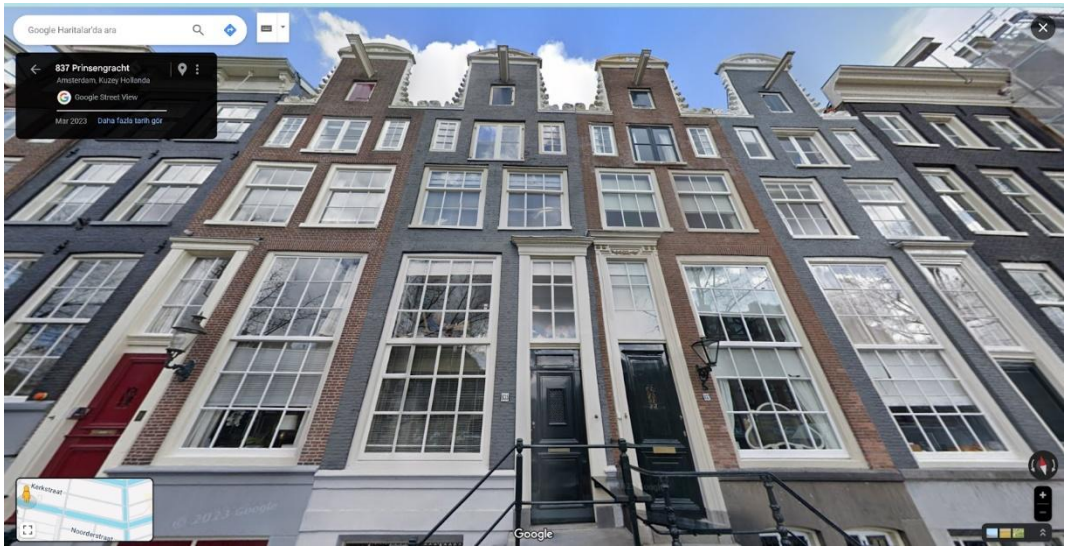


Şekil 4.2 Amsterdam kanal evleri kuş bakışı seçilen alan (Google, t.y.)



Şekil 4.3 Amsterdam kanal evleri: seçilen alanın harita üzerindeki yeri (Google, t.y.)

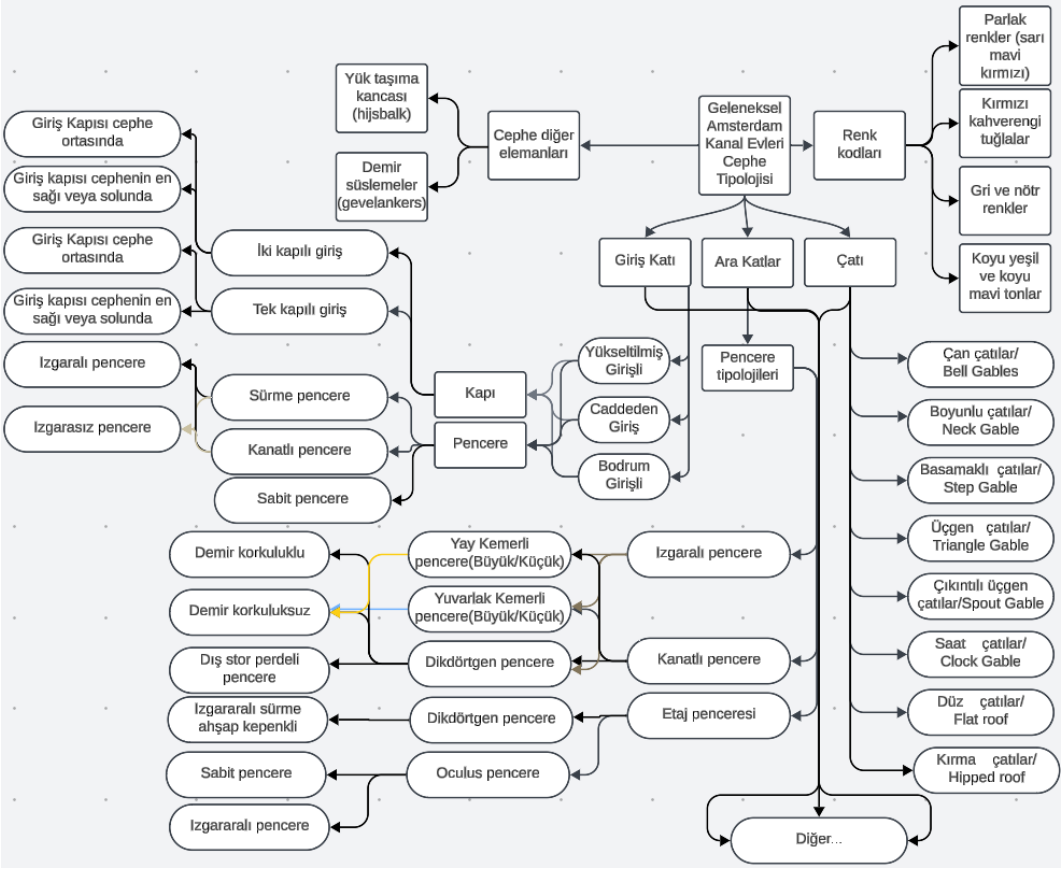
Örneğin Şekil 4.4'te görülen birbirinin simetrik versiyonu olan sokak tiplerinden kaçınılmıştır.



Şekil 4.4 Amsterdam evleri cephe boyun çatı örneği (Google, t.y.)

Geleneksel Amsterdam Kanal Evlerinin tipolojileri öncelikle Şekil 4.5' te şematik olarak gösterilmiştir. Bu diyagramın oluşturulmasından önce, literatürde Amsterdam kanal evlerinin cephe tipolojilerine ilişkin yapılan araştırmalar

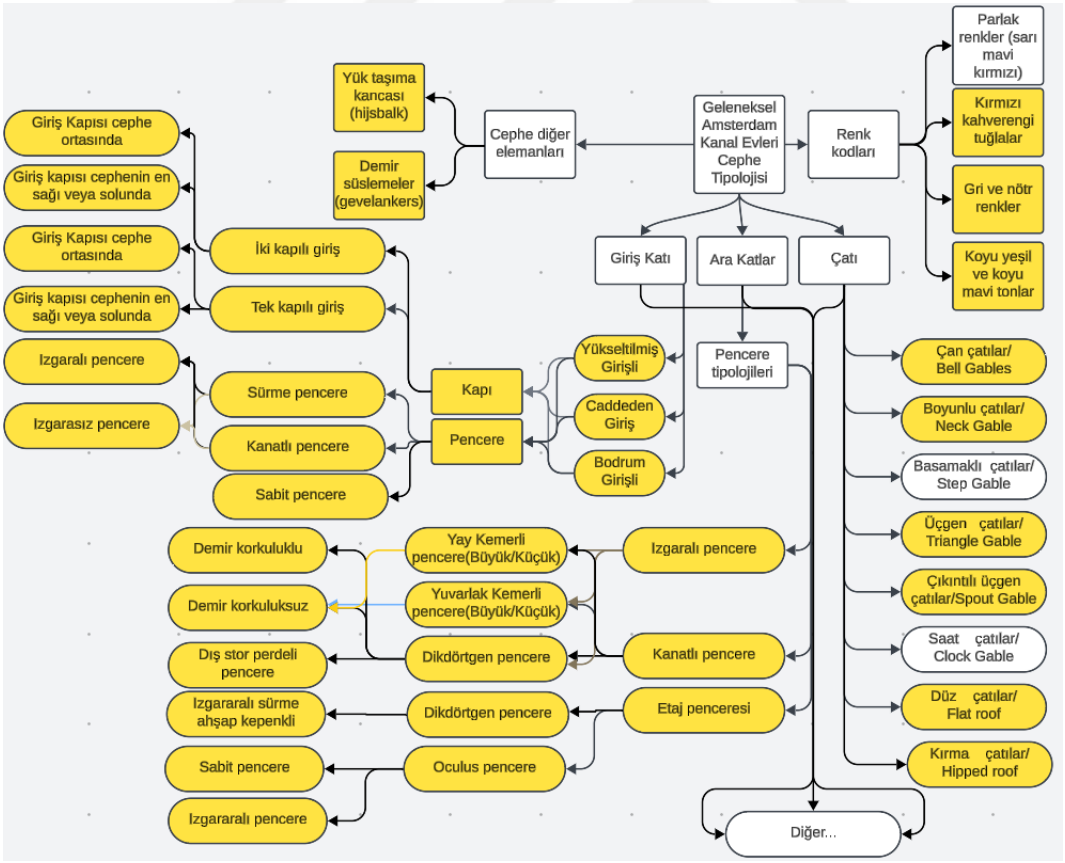
incelenmiştir. İncelenen çalışmalarda, özellikle yüksek girişli Amsterdam kanal evlerine dair geniş bir literatür bulunduğu tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra, diğer giriş tipolojilerine ilişkin veriler de Google Haritalar üzerinden yapılan saha araştırmalarıyla toplanmış ve analiz edilmiştir. Söz konusu diyagramda yer alan cephe tipolojileri, literatürdeki örneklerle desteklenerek görsel bir şekilde sunulmuştur.



Şekil 4.5 Geleneksel Amsterdam kanal evleri tipoloji diyagramı

Bu diyagram, Geleneksel Amsterdam Kanal Evleri Cephe Tipolojisini detaylandırarak farklı cephe elemanlarını, pencere ve kapı tiplerini, çatı biçimlerini ve renk kodlarını sınıflandırmaktadır. Giriş katı tipolojisi kapsamında, girişler yüksek girişli, caddeden girişli bodrum girişli sınıflandırılabilir daha sonrasında kapılar cephe ortasında veya cephe sağında/solunda konumlanabilmektedir. Pencereler ise ızgaralı ve ızgarasız olarak iki temel gruba ayrılmaktadır. Kapılar iki kapılı giriş veya tek kapılı giriş olarak farklılaşırken, pencere tipleri sürme, kanatlı ve sabit pencere olarak sınıflandırılmaktadır. Ticari amaçlı kullanılan evler genellikle cadde seviyesindeki kottan bağlanmıştır. Henry Adams'a göre, Harlem'deki yüksek stooplar on dokuzuncu yüzyılın sonlarında su baskınlarına

karşı koruma amaçlı kullanılıyordu (Adams, 2002). Ara katlarda kullanılan pencere tipolojileri daha ayrıntılı olup yay kemerli, yuvarlak kemerli, dikdörtgen ve oculus pencereler olmak üzere dört ana gruba ayrılmaktadır. Bu pencereler ayrıca demir korkuluklu/korkuluksuz, dış stor perdelikli, ızgaralı sürme ahşap kepenkli, sabit veya ızgaralı olabilmektedir. Etaj penceresi ise tipolojik çeşitliliğin bir diğer parçasıdır. Çatı tipolojisi, Amsterdam'ın mimari kimliğinde önemli bir yere sahiptir. Geleneksel kanal evlerinde çan çatılar (Bell Gables), boynuzlu çatılar (Neck Gable), basamaklı çatılar (Step Gable), üçgen çatılar (Triangle Gable), çıkıntılı üçgen çatılar (Spout Gable), saat çatılar (Clock Gable), düz çatılar (Flat Roof) ve kırma çatılar (Hipped Roof) gibi çeşitli çatı formları bulunmaktadır. Aşağıdaki Şekil 4.6'da vaka çalışması alanında yer alan tipolojiler sarı ile işaretlenmiştir. Cepheye ait diğer elemanlar arasında yük taşıma kancası (hijsbalk) ve demir süslemeler (gevelankers) bulunmaktadır. Renk kodları açısından, parlak renkler (sarı, mavi, kırmızı), kırmızı ve kahverengi tuğlalar, gri ve nötr renkler, koyu yeşil ve koyu mavi tonlar tercih edilmektedir.



Şekil 4.6 Geleneksel Amsterdam kanal evleri seçilen alanda bulunan tipolojiler



Şekil 4.7 Reguliersgracht 70-92 numaralı evleri giriş katı tipolojileri

Şekil 4.7'de Amsterdam'daki Reguliersgracht bölgesinde bulunan binaların giriş katı kapı ve pencere tipolojilerini incelemektedir. Yapılan analizde kapılar, giriş seviyelerine ve yapısal özelliklerine göre sınıflandırılmıştır. Yükseltilmiş girişli kapılar, caddeden belirli bir yükseklikte yer almakta ve genellikle küçük bir merdivenle ulaşılmaktadır. Bu tür kapılar, tarihi binalarda sıkça görülmekte olup, geleneksel Amsterdam mimarisinin karakteristik bir unsurudur. Caddeden doğrudan girişli kapılar ise genellikle ticari veya kamusal kullanıma sahip yapılarda tercih edilmektedir. Bodrum girişli kapılar kategorisinde ise tabloda örnek yer almamakla birlikte, bu tür girişlerin daha çok hizmet ve depo alanlarına açılan kapılar olduğu bilinmektedir.

Kapılar aynı zamanda tek kapılı ve iki kapılı girişler olarak da sınıflandırılmıştır. İki kapılı girişler, cephe genişliğine bağlı olarak daha büyük yapılarda tercih edilirken, tek kapılı girişler dar cepheli konutlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Çalışmada yer alan çizimler ve fotoğraflar, bu tipolojilerin detaylarını belgeleyerek bölgedeki mimari çeşitliliği ortaya koymaktadır.

Pencereler ise açılma mekanizması ve bölme özelliklerine göre gruplandırılmıştır. Sürme pencereler, üst üste kayarak açılan geleneksel pencere tiplerinden olup, özellikle tarihi binalarda karşımıza çıkmaktadır. Izgarasız pencereler, yani bölmesiz veya geniş cam yüzeylere sahip pencereler, daha modern bir görünüm sunmakta ve çağdaş restorasyon projelerinde tercih edilmektedir. Kavaklı pencereler, açılır kanatlara sahip olup, özellikle konut yapılarında yaygın bir kullanım alanına sahiptir. Sabit pencereler ise açılma özelliği olmayan, büyük cam yüzeylerden oluşan ve genellikle vitrin ya da geniş görüş sağlayan mekânlarda kullanılan pencere tipleridir. Şekil 4.8'de giriş katı yükseltilmiş ve bodrum girişli ızgara pencereli, birinci katı ızgara dikdörtgen pencereli, çatı katında oculus ve ızgara penceresi olan üçgen alınlıklı çatısı (spout gable) olan tipoloji örneği görülmektedir.



Şekil 4.8 Bina 4 tipolojisi (Google, t.y.)

Şekil 4.9'da bodrum girişli ve tip katları ızgaralı ve demirli korkuluklu pencerlerden oluşmaktadır.



Şekil 4.9 Bina 8 tipolojisi (Google, t.y.)



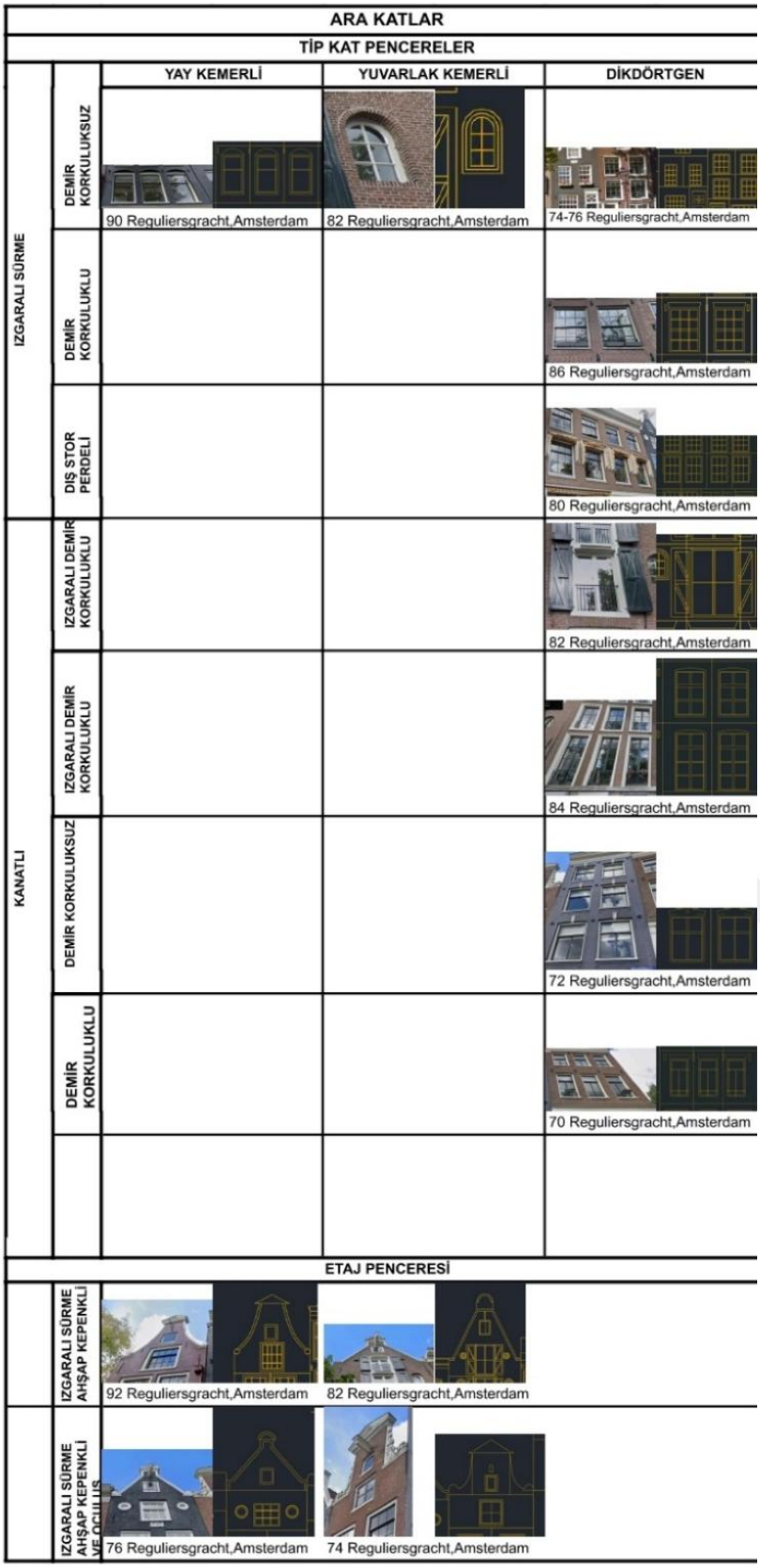
Şekil 4.10 Caddeden giriş örnekli cepheler ‘Bina1&2’(Google, t.y.)

Şekil 4.10’da caddeden girişli örnekler yer almaktadır. Giriş kapısı cephenin ortasında veya bir tarafında yer almaktadır. Buna göre eğer yüksek girişli ise merdiven iki taraftan veya tek taraftan olacak şekilde tasarlanmıştır. Giriş kapısının ortada olduğu cepheler genel olarak yatay 4 pencere düzeni (4 üniteli cephe) ve daha fazlasında yer almaktadır. Bunun dışında merdivenler direkt caddeden veya yan taraftan giriş şeklinde farklılaşmaktadırlar. Şekil 4.11’de caddeden girişli, birinci katında ızgara dikdörtgen büyük doğramalı, dış stor perdeli, ikinci katı dikdörtgen ve ızgaralı olan kırma çatılı cephe tipolojisi görülmektedir.



Şekil 4.11 Bina 5 tipolojisi (Google, t.y.)

Giriş katındaki pencereler genel olarak ikiye ayrılmaktadır. Bunlar sürme ve kanatlı pencere olarak ikiye ayrılmaktadır. Sürme pencereler Amsterdam geleneksel evleri genel sokaklarına bakıldığında tipoloji olarak daha çok kullanıldığı kolayca fark edilmektedir. Giriş katındaki pencerelerin yüksekliği genelde 3-4 metreye çıkabilmektedir. Bu pencereler aynı zamanda ızgaralı olabilmektedir. Bu ızgaralar 3-6-9 bölme ile farklılık gösterebilmektedir. 2-4-6 ise genellikle hem kanatlı hem sürme pencerelere ait kategoriye girebilmektedir.



Şekil 4.12 Reguliersgracht 70-92 numaralı evleri tip kat tipolojileri

Şekil 4.12, Amsterdam'ın Reguliersgracht bölgesinde bulunan binaların ara kat ve etaj pencerelerinin tipolojik analizini içermektedir. Burada pencereler, şekil (yay kemerli, yuvarlak kemerli ve dikdörtgen), özellikler (demir korkuluklu veya korkuluksuz, ızgaralı sürme mekanizmalı, dış stor perdelikli gibi) ve konum (ara kat veya etaj penceresi) açısından sınıflandırılmıştır. Ara kat pencereleri yay kemerli, yuvarlak kemerli ve dikdörtgen olmak üzere üç temel gruba ayrılmaktadır. Bu pencereler, demir korkuluklu veya korkuluksuz, ızgaralı sürme mekanizmasına sahip veya dış stor perdelikli olarak detaylandırılmıştır. İncelenen örnekler arasında 90, 82, 74-76, 86, 80, 84, 72 ve 70 numaralı Reguliersgracht adreslerinde bulunan pencereler yer almaktadır. Etaj pencereleri ise genellikle ızgaralı sürme mekanizmasına ve ahşap kepenklere sahiptir. Bu kategoriye giren pencereler, 92, 82, 76 ve 74 numaralı Reguliersgracht adreslerinde tespit edilmiştir. Çalışma, Amsterdam'ın geleneksel pencere tasarımlarını analiz ederek mimari kimliğin korunması, geleneksel pencere tiplerinin restorasyonu ve yerel tasarım kodlarının oluşturulmasına katkı sağlamaktadır. Aynı zamanda, cephe elemanlarının zaman içindeki değişimi ve binaların özgünlük seviyelerinin değerlendirilmesi açısından da önemli veriler sunmaktadır. Doğrama tiplerinde ise genelde beyaz doğramalar ahşap çerçeveler kullanılmıştır. Pencere, dış sabit çerçevesi beyaz, açılabilir iç kanatları ise koyu renkli yeşil, lacivert, gri veya siyah renkli olacak şekilde iki renkli bir düzene sahiptir. Denizlikleri bazen gri bazense beyaz renklidir.



Şekil 4.13 Reguliersgracht 70-92 numaralı evleri çatı tipolojileri

Şekil 4.13’te çatı tipolojisinde başlıca 7 geleneksel çatı tipolojisi bulunmaktadır. Bunlar aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır.

Çan çatılar (Bell Gables / Klokgevel) yani üst kısmı çan şeklinde kıvrımlı olan bu çatılar, kavisli hatlar ve süslemelerle dikkat çeker. Özellikle Barok dönemin etkisiyle daha süslü bir görünüm kazanmışlardır. Kavisli yapısı sayesinde cepheye zarif bir görünüm kazandırır ve çatının uç kısmında genellikle dekoratif bir öge bulunur. Şekil 4.14’te bu çatı tipolojisinin örneği görülmektedir.



Şekil 4.14 Çan çatı tipolojisi ‘Bina 12’ (Google, t.y.)

Boyunlu çatılarda (Neck Gables / Halsgevel) çatının tepe noktasında dikey bir boyun benzeri çıkıntı bulunur ve ismini buradan almaktadır. Genellikle daha küçük bir süsleme ile biten bu çıkıntı, sade ama zarif bir görünüm sağlamaktadır. Şekil 4.15’te bu çatı tipinin örneği görülmektedir.



Şekil 4.15 Boyunlu çatı tipolojisi ‘Bina 3’ (Google, t.y.)

Basamaklı çatılar (Step Gables / Trapgevel) çatının üst kısmı basamak şeklinde yükselmektedir. Yani çatı tepeye çıkana kadar her iki yanından basamaklı bir görünüm sunmaktadır. Bu tasarım, Gotik mimariden esinlenmiştir ve geleneksel bir görünüm sunmaktadır. Basamaklı yapı cepheye güçlü bir karakter kazandırır. Seçilen alanda bu çatı tipolojisi bulunmamaktadır. Bu nedenle, tez çalışması

kapsamında geliştirilen arayüzün varyasyon oluşturma kapasitesini göstermek amacıyla, söz konusu çatı tipolojisinin Bina 4 üzerinde bir varyasyonu oluşturulmuştur. Şekil 4.16'da bu çatı tipolojisi görülmektedir.

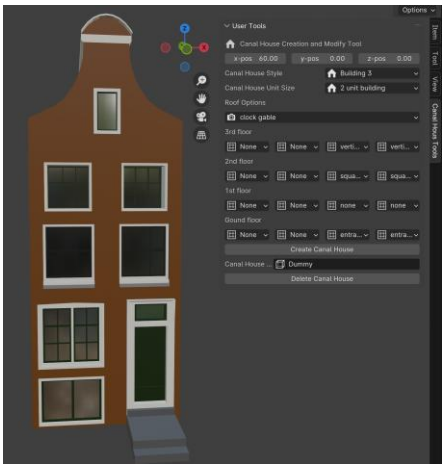


Şekil 4.16 Basamaklı çatı tipolojisi 'Bina 4 varyasyonu'

Üçgen çatılar (Triangle Gables / Tuitgevel) daha sade ve düz bir yapıdadır. Çatının üst kısmı klasik üçgen şeklindedir. Sade, klasik bir tarz sunmaktadır.

Çıkıntılı üçgen çatılar (Spout Gables / Flesgevel) çatının üst kısmı biraz daha genişleyerek sanki bir keman veya sürahi ağzı gibi açılmaktadır. Bu çatılar geniş ve zarif bir görüntü sunmaktadır. Görünümü ile zenginliği ve zarafeti temsil etmektedir.

Saat çatılar (Clock Gables/Klokgevel) üst kısımlarındaki saat şeklinde kavislenen kıvrımlı hatlarıyla dikkat çekmektedir. Çatı kavisleri yukarı doğru kıvrılarak estetik bir form oluşturmaktadır. Bu çatılar Barok mimarisinden ilham almıştır. Şekil 4.17'de bu tipoloji örneği görülmektedir.

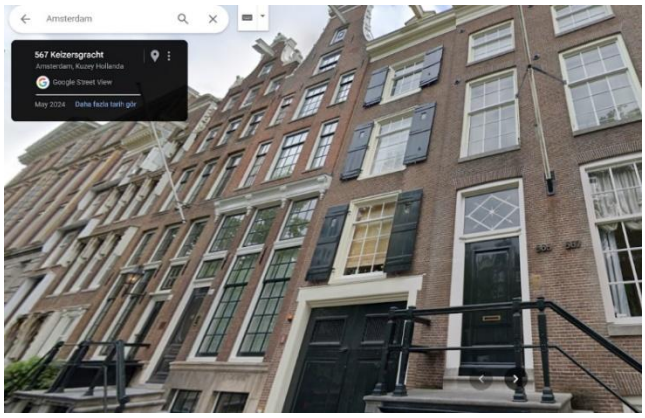


Şekil 4.17 Çan çatı tipolojisi ‘Bina 3 varyasyonu’

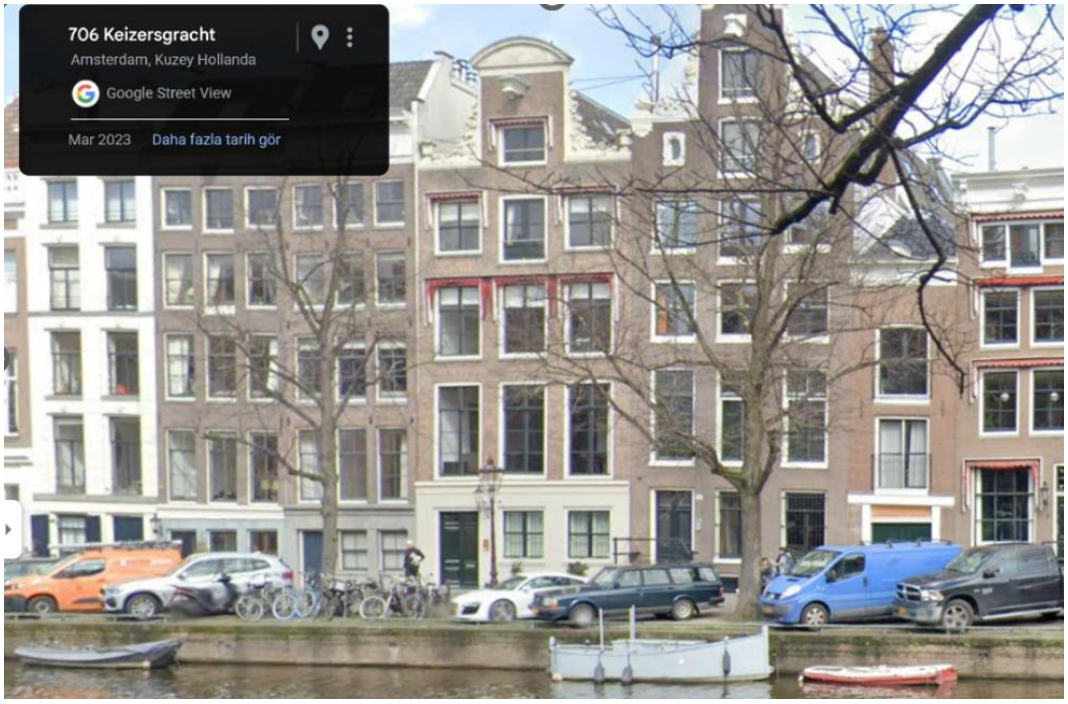
Düz Çatılar (Flat Roof) diğer çatı türlerinin aksine, düz çatılar genellikle tamamen düz bir yüzeye sahiptir ve yağmur suyunu tahliye etmek için hafif bir eğimle yapılır.

Bunun dışında renk kodları ile ilgili kaynaklarda renk paletleri daha detaylı olarak açıklanmıştır. Amsterdam'daki renk paletleri, kırmızı ve kahverengi tuğla cepheler gibi geleneksel tonların yanı sıra, gri ve nötr tonlarla kontrast sağlanarak oluşturulmuştur. Modern ve yenilenmiş alanlarda sarı, mavi ve yeşil gibi parlak renk vurguları kullanılarak şehre canlılık kazandırılmıştır. Ayrıca, kanallar boyunca koyu lacivert ve koyu yeşil gibi zengin renk vurguları, su yüzeyiyle dramatik bir kontrast oluşturarak şehirde derinlik ve karakter kazandırır (Shaporeva & Smolyaninova, 2024).

Amsterdam kanal evlerinin minimum ve maksimum kat verilerini toplamak için Google Haritalar üzerinde caddeler ve sokaklar gezilmiştir. Bunun sonucunda minimum bir üniteli maksimum 6 üniteli olacak şekilde örnek tipolojiler gözlemlenmiştir. Kat sayısı olaraksa minimum iki katlı maksimum 5 katlı olduğu görülmektedir. Öncelikle bir birim olanlardan başlayalım. Şekil 4.18 ve 4.19’da görüldüğü gibi tek üniteli cepheye sahip tipolojilerin iki kanatlı geniş bir girişi bulunmakta uzun dikey kanatlı pencereleri ve çatıları genellikle kırma çatı olmaktadır.



Şekil 4.18 Keizersgracht 564 1 üniteli tipoloji örneği (Google, t.y.)



Şekil 4.19 Keizersgracht 651 caddesi 1 üniteli cephe örneği (Google, t.y.)

2 ve 3 üniteli yapılara bakıldığında çeşitliliğin çok fazla olduğu gözlemlenmiştir. Genel olarak yan yana 2 veya 3 modülden oluşan binaların çatılarındaki farklılıkları bulunmaktadır. Bu çatılar çan çatılar, boyunlu çatılar, basamaklı çatılar, çıkıntılı üçgen çatılar, saat çatılar, üçgen çatılardır.

Şekil 4.20'de başka bir sokakta çok özgün bir tipoloji görülmektedir. Ortadaki binanın çatısı ise çıkıntılı üçgen çatıdır (Spout Gable). Sağdaki yapıda ise saat üçgen çatıdır. Soldaki binanın çatısı düz çatıdır.



Şekil 4.20 Amsterdam geleneksel evleri çatı örneği (Google, t.y.)

4.1 Metodoloji

Öncelikle çalışma oluşturulurken Google Haritalar ve Google Earth gibi programlardan cephe detaylarını daha yakından görmek amacı ile fotoğraflar oluşturulmuştur. Çalışmanın nasıl oluşturulduğu Şekil 4.21'de ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

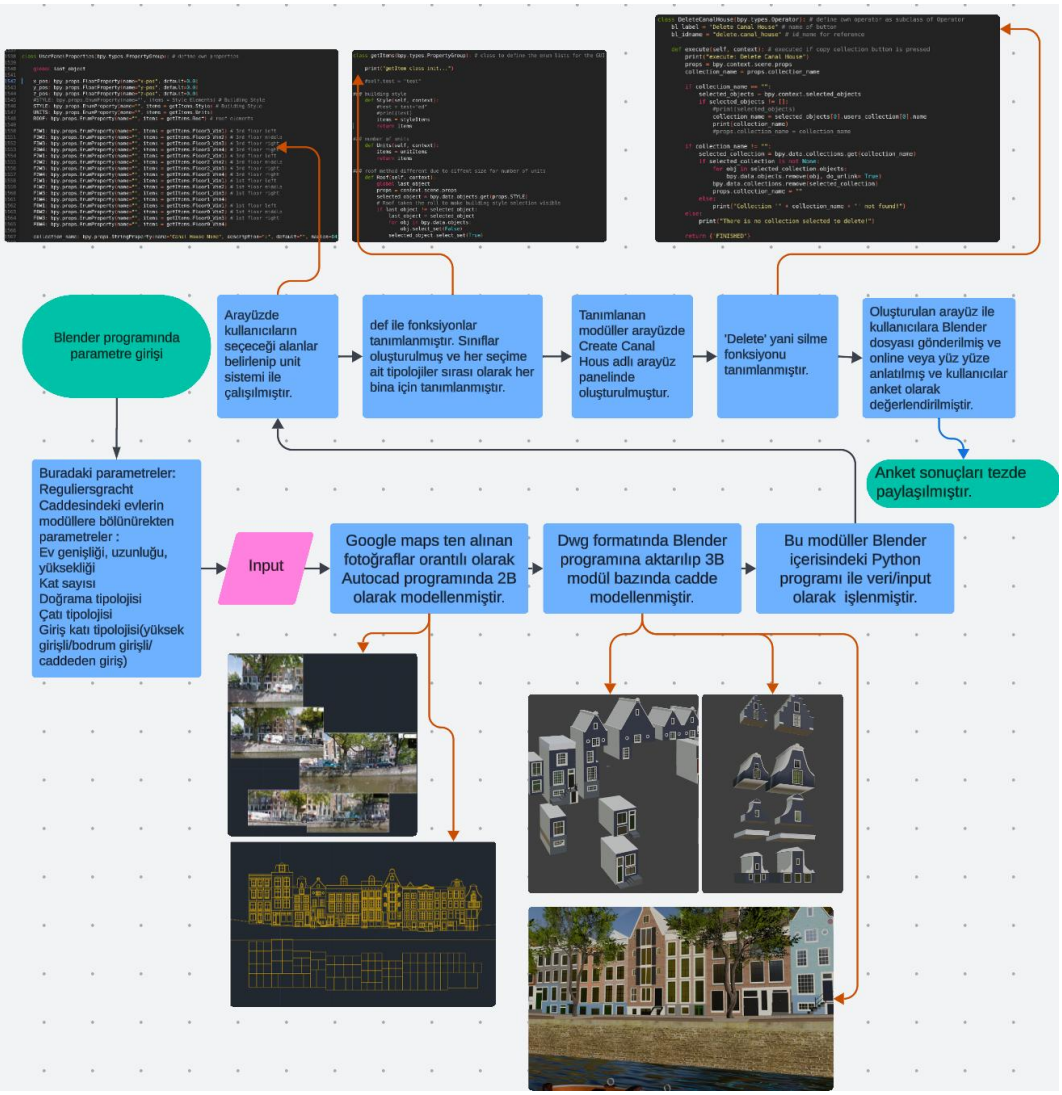


Şekil 4.21 Metodoloji diyagramı

Öncelikle çalışma oluşturulurken literatür analizi ile başlanmış sonrasında vaka çalışması alanı belirlenip tipolojileri 2B ve 3B olarak çizilmiştir. Daha sonrasında kullanıcı arayüzü oluşturulmuş ve kullanıcılar ile yüz yüze test edilmiştir. En son anket ile değerlendirilmiş ve öneriler oluşturulmuştur. Araştırma hem yüz yüze hem de online olarak farklı iki şekilde yöntem kullanılmıştır. Araştırmaya Hollanda, Avusturya, Almanya ve Türkiye gibi farklı ülkelerden katılımcılara yer verilmiştir bundan dolayı anket soruları İngilizce olarak hazırlanmıştır. Katılımcılar genel olarak mimari disiplinlerden gelseler de farklı disiplinlerden gelenlere de yer verilmiştir. Katılımcılar toplamda dokuz kişiden oluşmaktadır. Bu grup, bir akademik görevli, dört profesyonel mimar, üç yüksek lisans öğrencisi (mimarlık ve

iş analitiği alanlarında) ve bir lisans düzeyinde matematik bölümü öğrencisinden oluşmaktadır. Toplam 9 kişiden oluşan bu araştırmada katılımcılarla uygun bir tarih belirlenip Zoom üzerinden toplantı gönderilmiştir. Yüz yüze katılım sağlayan katılımcılar için belirlenen bir mekânda bir araya gelinmiş ve katılım bu şekilde gerçekleştirilmiştir. Ardından, iş akış diyagramı detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Çalışmanın temelini oluşturan Blender yazılımının tüm katılımcıların bilgisayarlarında kurulu olması gerekmektedir, zira akademik çalışma bu yazılım üzerinden yürütülmektedir. Çalışmaya ait Blender dosyası, katılımcılara sıkıştırılmış bir dosya formatında iletilmiş olup, katılımcıların bu dosyayı açtıktan sonra öncelikli olarak kodu çalıştırmaları gerekmektedir. Kod çalıştırıldıktan sonra model penceresinde oluşan arayüzde "Canal Hous Tools" adlı panelin açılması gerekmektedir. Ardından, bu panel üzerinden katılımcıların x ve y koordinatlarını girmeleri ve her kolon ile satırda ilgili modülleri seçmeleri beklenmektedir. Modüller üzerinde tanımlı isimler bulunduğundan, kullanıcılar öncelikle seçenekleri inceleyerek ilgili modüllerin tanımlarını görüntüleyebilmekte ve buna göre seçimlerini gerçekleştirebilmektedir. Bu aşamanın açıklanmasının ardından, Blender dosyasında önceden hazırlanmış model katılımcılarla paylaşılmış ve seçilen ilk 5-6 binanın birebir aynısını ya da alternatif versiyonlarını oluşturmaları istenmiştir. Uygulama sürecinde, katılımcıların modellemeyi tamamlamaları için harcadıkları süre kaydedilmiş olup, bu sürenin yaklaşık 20-30 dakika olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmanın daha detaylı Blender programı ile oluşturulma diyagramı aşağıdaki Şekil 4.22’de detaylı olarak anlatılmıştır.



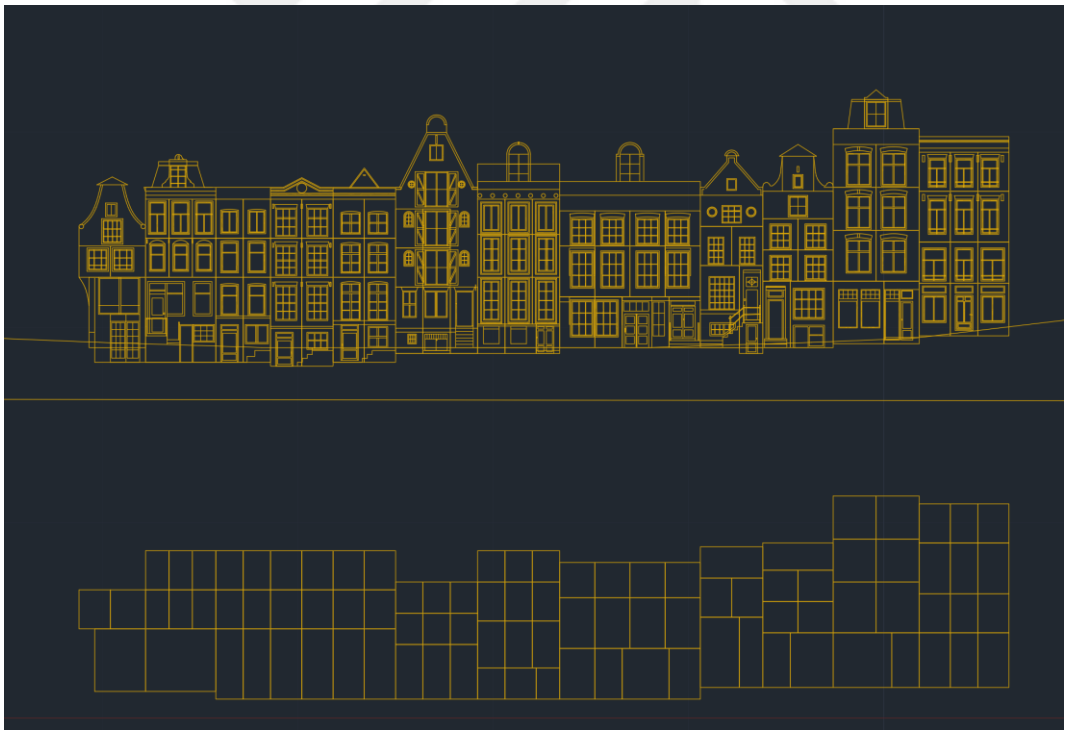
Şekil 4.22 Metodoloji Diyagramı 2

Şekil 4.23'te görüldüğü üzere Google Haritalar uygulamasından çekilen fotoğraflar bilgisayar ortamına aktarılmış ve referans alınarak AutoCAD üzerinden çizilmişlerdir.



Şekil 4.23 Google haritalardan alınan fotoğraflar (Google, t.y.)

Google Earth üzerinden taban alanları kontrol edilmiştir. Daha sonrasında 2B olarak AutoCAD uygulamasında çizilen düzen Şekil 4.24'te gösterilmiştir.



Şekil 4.24 2B Amsterdam kanal evleri

Burada oluşturulan 2B çizim 3B hale getirilmek için Blender ortamına aktarılmıştır. Blender uygulamasında yapılar modüler şekilde modellenmiştir. Şekil 4.25 ve Şekil 4.26'da kanal evlerinin modüler bir şekilde oluşturulmuş modellerini görülmektedir.

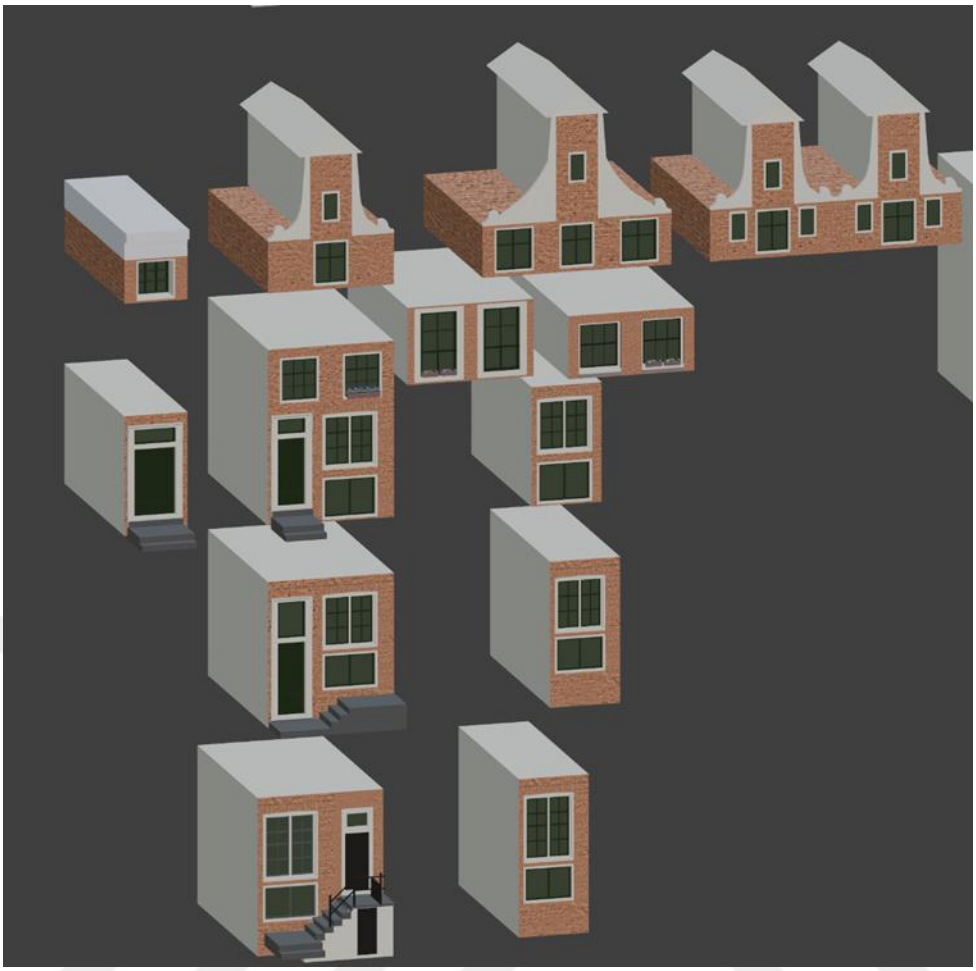


Şekil 4.25 3B Amsterdam kanal evleri modüler birimleri



Şekil 4.26 3B Amsterdam kanal evleri çatı modüler birimleri

Bu yapıların oluşturulurken iki farklı materyal denenmiştir. İlk olarak dosya yükünü azaltmak için doku eklenmemiştir daha sonrasında doku eklenmiştir ve dosyanın çok yüksek boyuta sahip olduğu gözlemlenmiştir. Şekil 4.27'de dokulu oluşturulmuş görsel görülmektedir.



Şekil 4.27 3B Amsterdam kanal evleri dokulu modüler birimleri

Daha sonrasında diğer binalar 3B modellenmiştir ve cephe dokuları eklenmiştir. Çevre elemanları ağaçlar kanal ve kanaldan bir perspektif oluşması için kanal üzerine bir tekne eklenmiş ve kullanıcının ilk dosyayı indirdiğinde bu perspektiften bakılması hedeflenmiştir. Buradaki gerçek zamanlı render motoru Blender Eevee render motorudur. Şekil 4.28'de oluşturulmuş gerçek zamanlı görüntülenebilir model görüntülenebilmektedir.



Şekil 4.28 3B Amsterdam kanal evleri dokulu modelde tekneden bakış

Modeller ve çevre oluşturulduktan sonra arayüz tasarımı için Blender arka planında çalışabilen ve yan sekme olarak açılabilen Python programı ile çalışmaya devam edilmiştir.

Python programlama dili ile yapılan kodlama tezin yöntem ve metodoloji kısmının geliştirilmesinde katkısı büyüktür. Arayüzün oluşturulması için şu adımlar izlenmiştir. İlk olarak Blender içerisinde yer alan Python programı ile kodlamaya başlanılmıştır sonrasında Şekil 4.28'de yer alan 4 numaralı bina için oluşturulmuş modüler birimler bu cadde üzerinde yer alan bütün binalar için ayrı ayrı koleksiyon içerisinde oluşturulmuştur. Bu binaların modülleri yani objeleri kaçıncı katta oldukları ve kaç birim için oluşturuldukları tanımlanmıştır. Hepsi bir liste içinde tanımlanmış ve fonksiyonlarla arka planda çağırılmıştır.

```
style3unit3roof = (("Bldg3_Unit3_FlatRoof", "flat roof",""),)
```

Burada 'style 3' bina numarasını 'unit 3' bu binanın 3 birim için oluşturulan objelerini tanımlamakta ve 'roof' ise yapının çatısını tanımlamaktadır. Burada 'Bldg3' bina 3 'unit3' 3 birimli için çatı anlamına gelmektedir 'flatroof' ise çatının özelliğini tanımlamaktadır. Bu liste daha farklı çatılar ile uzatılmıştır. Burada tanımlanan modüller yani objeler 2 birimli bina birimli bina ve 4 birimli bina için

genişletilmiştir. Buradaki kod örneği sadece 3 modüle uygun olan ve sadece 3 numaralı bina için oluşturulmuştur. Burada ilk olarak modüller katlara ayrılmıştır. Kat 1, kat 2, kat 3 ve kat 4 ve en son çatı katı olarak tanımlanmış daha sonrasında bu katlara uygun modüller hazırlanmıştır. Bu hazırlanan modüllerin isimleri düzgün bir şekilde oluşturulurmuş ve kodlama yapılarken de katlara göre ayrıştırmayı kolaylaştırmıştır. Bu listeler oluşturulurken her katta maksimum 4 adet minimum 1 modülün yer alacağı şekilde oluşturulmuştur ve bunlar Python arka planında tanımlanmıştır.

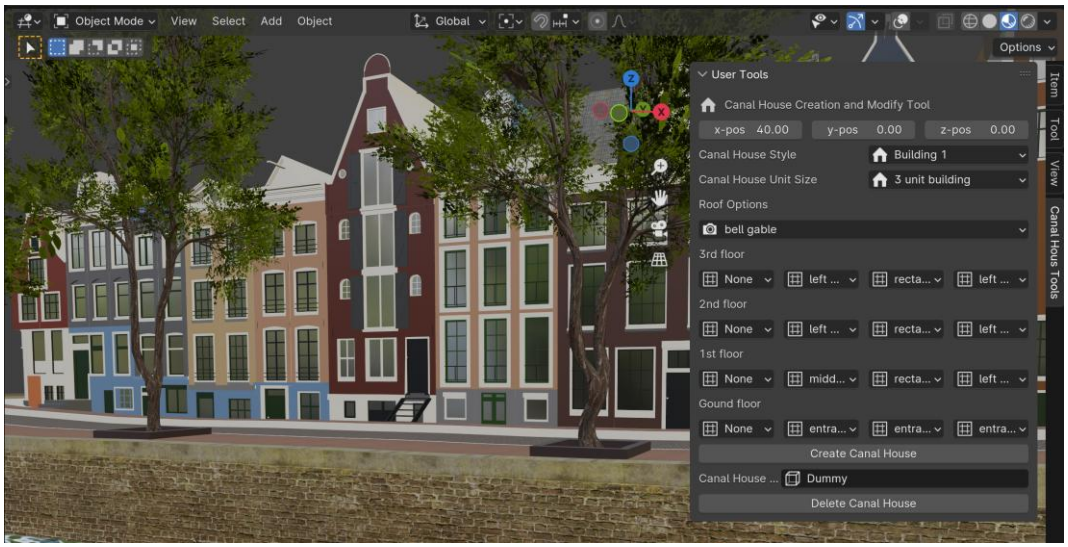
F3W1: bpy.props.EnumProperty(name="", items = getItems.Floor3_Win1) # 3rd floor left

Burada F3 (Floor3) 3. Kat anlamına gelmektedir. W1(Window1) pencere 1 anlamındadır. Bu kodda bu kata ait pencereyi çağırmak için yazılmıştır. Bu diğer katlarda yer alan her modül için ayrı ayrı oluşturulmuştur.

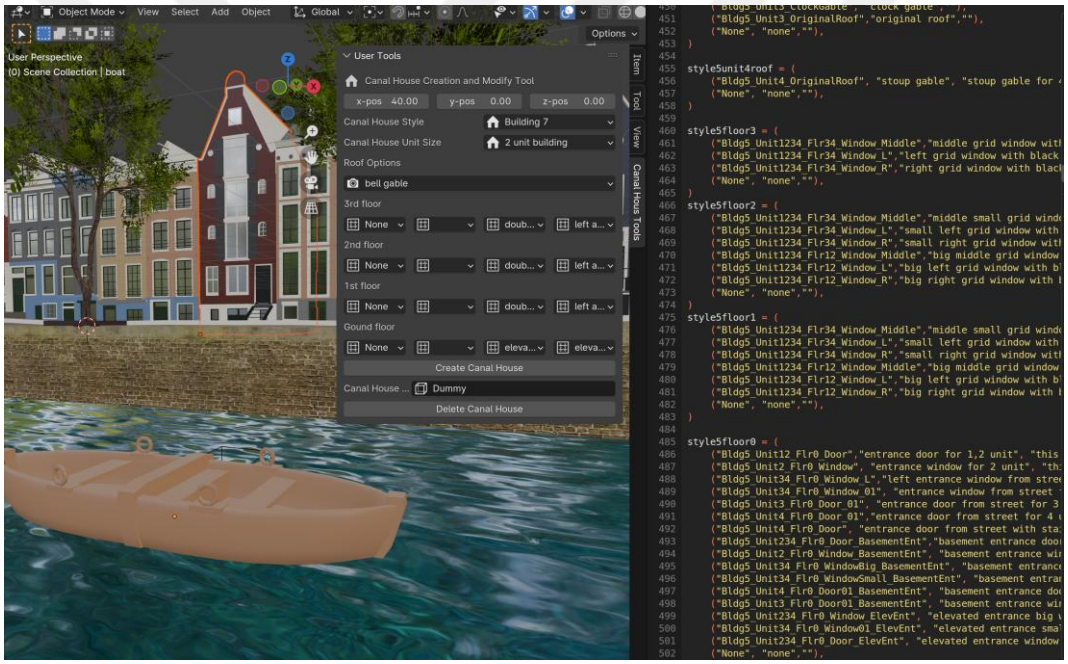
row.prop(props, "F3W1", icon = "MESH_GRID")

Bu kod ise arayüzde yukarda bahsedilen ‘F3W1’ yer alması için yazılan bir koddur ve ikon seçilmesi gerektiğinden dolayı uygun bir ikon seçilmiştir. Buradaki kod da aynı şekilde diğer katlarda yer alan her modül için ayrı ayrı oluşturulmuştur.

Genel olarak modüllerin tanımlanması bu şekilde oluşturulmuştur. Bunun dışında arayüzde oluşturulacak binaların vurgulanması ve hangisinin olduğu anlaşılması için arayüzde bina 1 seçilince bina 1 çevresinde turuncu hatlar çıkmaktadır. Daha sonrasında binanın kaç yan yana kaç modülden oluşması istenilirse modül miktarı seçilmektedir. Bu arayüzde ‘unit’ olarak tanımlanmıştır. Bu modüller oluşturulurken dikey düzlemde ızgara yöntemi ile ayrıştırılmıştır. Dolayısı ile kullanıcılar örneğin dikey olarak sadece 1 modülden oluşan bina oluşturmak istediklerinde en soldan 3 dikey kolon kapanmaktadır. 2 modül seçildiğinde ise soldan 2 dikey kolon otomatik olarak kapanmaktadır. Bu kod ile kullanıcıların yanlış birimleri seçmesini engellemek amacı ile otomatik olarak oluşturulmuştur. İlerletilen çalışma ile en son arayüz Şekil 4.29 ve 4.30’daki gibi görünmektedir.



Şekil 4.29 Python kodu ile oluşturulmuş arayüz



Şekil 4.30 Python Blender arayüz

4.1.1 Kullanıcılar Tarafından Oluşturulmuş Kent Modülleri



Şekil 4.31 Kullanıcı 1 tarafından oluşturulan sahne



Şekil 4.32 Kullanıcı 2 tarafından oluşturulmuş sahne



Şekil 4.33 Kullanıcı 3 tarafından oluşturulan sahne



Şekil 4.34 Kullanıcı 4 tarafından oluşturulmuş sahne



Şekil 4.35 Kullanıcı 5 tarafından oluşturulan sahne



Şekil 4.36 Kullanıcı 6 tarafından oluşturulan sahne



Şekil 4.37 Kullanıcı 7 tarafından oluşturulan sahne



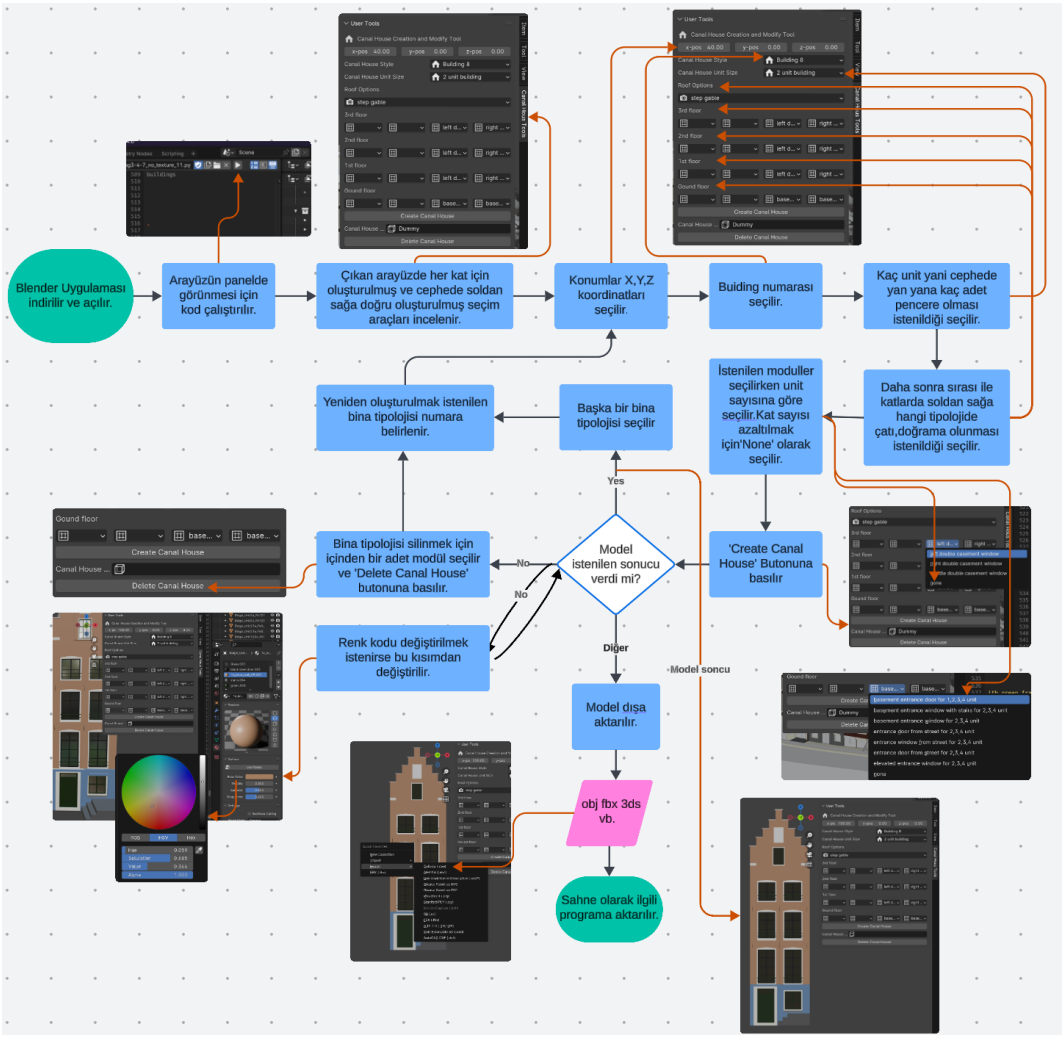
Şekil 4.38 Kullanıcı 8 tarafından oluşturulan sahne



Şekil 4.39 Kullanıcı 9 tarafından oluşturulan sahne

Şekil 4.31 ve 4.39 arasında kullanıcılar tarafından oluşturulmuş kent modüllerinin ekran görüntüleri yer almaktadır. Kullanıcı arayüzünde dikkat edilmesi gereken özelliklere uyulmadığında örneğin giriş katında 2 adet kapı seçildiğinde karşımıza Şekil 4.39'deki gibi hatalar çıkmaktadır. Çünkü 1 adet kapı seçilmesi gerekiyordu. Pencerelerde de aynı katta olan pencereler aynı türde seçilmeliydi eğer seçilmezse bina orantıları farklılaşmaktadır ve düzgün orantılı evler ortaya çıkmamaktadır. Şekil 4.36'da aynı şekilde giriş katı için iki adet kapı seçilmiştir dolayısı ile ortaya sonucu doğru olmayan bir sahne çıkmıştır.

4.2 Amsterdam Kanal Evlerinin Dinamik Modelleri İş Akış Diyagramı



Şekil 4.40 Amsterdam kanal evlerinin oluşturma iş akış diyagramı

Bu diyagram, Blender'da bina modelleme sürecini adım adım açıklamaktadır (Şekil 4.40). Süreç, Blender'ın açılması ve özel bir arayüz oluşturmak için kod çalıştırılmasıyla başlar. Kullanıcı, bina katmanlarını, cephe detaylarını ve seçim araçlarını düzenleyerek X, Y, Z koordinatlarını belirler ve bina tipolojisini seçer. Kat sayısı, pencere ve kapı yerleşimi gibi detaylar ayarlandıktan sonra, model "Create Canal House" butonuyla oluşturulur. Model istenilen sonucu vermezse, ayarlar değiştirilerek süreç tekrarlanabilir. Tamamlanan model, renk kodlarıyla özelleştirilebilir ve farklı formatlarda dışa aktarılabilir.

Opsiyonel olarak, bir model "Delete Canal House" butonuyla silinebilir. Bu iş akışı, modelleme sürecini kolaylaştırmak ve hızlandırmak için tasarlanmıştır. Son olarak,

Chardakov'un çalışması ile bu tez arasındaki farklılık ve benzerlikler değerlendirilmiştir (Tablo 4.1 ve Tablo 4.2).

Tablo 4.1 Prosedürel Amsterdam kanal evleri ve prosedürel mimari tipolojileri ile kent modülü tasarımı: Amsterdam kanal evleri çalışmalarının benzerlikleri

Benzerlikler	Prosedürel mimari tipolojileri ile kullanıcı etkileşimli kent modülü tasarımı: Amsterdam kanal evleri	Prosedürel Amsterdam Kanal Evleri
Kural Tabanlı Modelleme	Arka planda modüller Python yazılımında kodlar ile tanımlanmış ve arayüz oluşturulmuştur.	Arka planda nodlar ile parametrik düzenleme kaydırıcıları oluşturulmuştur.
Kullanıcı Seçimleri	Katlar kullanıcı seçimi ile oluşturulur.	Kaydırıcılar ile bina elemanları oluşturulur.
Renk ve Kaplama Kontrolü	Kullanıcı renk kodları veya yüzey kaplamalarını seçebilir.	Kullanıcı renk kodları veya yüzey kaplamalarını seçebilir.

Tablo 4.2 Prosedürel Amsterdam kanal evleri ve prosedürel mimari tipolojileri ile kent modülü tasarımı: Amsterdam kanal evleri çalışmalarının farklılıkları

Farklılıklar	Prosedürel mimari tipolojileri ile kullanıcı etkileşimli kent modülü tasarımı: Amsterdam kanal evleri	Prosedürel Amsterdam Kanal Evleri
Kullanılan Yöntem	Blender arka planında çalışan Python yazılım dili ile modüller tanımlanır.	Houdini'de Box, PolyExtrude, UV Layout SOP gibi nodlar bulunur.
Süreç Karmaşıklığı	Daha basit ve kullanıcı dostu bir süreç sunar.	Daha teknik ve esnek bir süreç sunar, ancak daha karmaşıktır.
Çatı ve Süslü Detaylar	Çatı tipleri (örneğin, çan çatı, saat çatı) gibi farklı mimari detaylara sahiptir.	Sadece 3 çatı tipi (düz, üçgen, basamaklı) içerir. Bunun nedeni bükme nodundan dolayıdır.
Arayüz ve Kullanıcı Katılımı	Kullanıcı etkileşimi ve arayüz ile öğrenmeyi destekler.	Nod tabanlı, teknik bir düzenleme yapısı vardır; kullanıcı öğrenimi odaklı değildir.
Parametre Detayları	Temel parametreler (kat sayısı, kapı/pencere sayısı) ile çalışır; seri bir cadde üretilebilir.	Daha detaylı parametreler (kanca-pencere mesafesi, platform çıkıntısı) içerir, ancak seri cadde üretimi yoktur.
Dışa Aktarım	OBj, FBX, 3DS gibi formatlarda dışa aktarma yapılabilir.	FBX veya Alembic formatlarında dışa aktarım seçenekleri sunulur. Bu süreç karmaşıktır.

Tez çalışması ile Prosedürel Amsterdam Kanal Evleri çalışması arasında çeşitli benzerlikler bulunmaktadır. Her iki çalışma da prosedürel mimari tipolojilerin dinamik sahne oluşturma üzerindeki potansiyelini ortaya koymakta ve Amsterdam

kanal evleri gibi karakteristik bir örnek üzerinden ilerlemektedir. Bu çalışmalar, arka planda kural tabanlı modelleme prensiplerini benimsemiş olup, kullanıcıların belirli parametreleri düzenleyerek model üzerinde değişiklik yapmasına olanak sağlamaktadır. Katlar, kapılar ve pencereler gibi yapı elemanlarının kullanıcı seçimleriyle özelleştirilmesi mümkündür. Ayrıca, kullanıcıların renk kodlarını ve yüzey kaplamalarını kişiselleştirmesine olanak tanıyan mekanizmalar da her iki çalışmada ortak bir özellik olarak öne çıkmaktadır.

Bu çalışmalar arasındaki temel farklılıklar, kullanılan yöntemler ve hedeflenen kullanıcı deneyimiyle ilişkilidir. Tez çalışması, Blender arka planında çalışan Python tabanlı araçlarla daha kullanıcı dostu bir süreç sunarken, Amsterdam Kanal Evleri çalışması, Houdini 'deki karmaşık nodlarla (örneğin, Box, PolyExtrude, UV Layout SOP) oluşturulmuş bir yapıya sahiptir. Bu durum, tez çalışmasını daha erişilebilir hale getirirken, Amsterdam Kanal Evleri çalışmasını daha teknik bilgi gerektiren bir seviyeye taşımaktadır.

Çalışmalar arasındaki bir diğer önemli fark, çatı ve süsleme detaylarıdır. Tez çalışması, üçgen, çatı katı ve saat çatı gibi çeşitli çatı tiplerini desteklerken, Amsterdam Kanal Evleri çalışması yalnızca düz, üçgen ve basamaklı çatı tipleriyle sınırlı kalmaktadır. Benzer şekilde, tez çalışması kullanıcı dostu bir arayüz geliştirerek etkileşimi ön planda tutarken, Amsterdam Kanal Evleri çalışması daha teknik bir düzenleme yapısına sahiptir ve kullanıcı öğrenimi odaklı değildir.

Parametre detayları açısından da önemli farklılıklar bulunmaktadır. Amsterdam Kanal Evleri çalışması, kanca pencere mesafesi ve platform çıkıntısı gibi daha karmaşık ve detaylı parametreler içerirken, tez çalışması daha basit sade bir cadde üretimini desteklemektedir. Dışa aktarım süreçleri ise tez çalışmasında obj, fbx ve 3ds gibi yaygın formatlarla kolayca yapılabilirken, Amsterdam Kanal Evleri çalışması genellikle Alembic formatını kullanmakta ve süreç daha karmaşık bir hal almaktadır.

Genel olarak değerlendirildiğinde, tez çalışması özellikle varyasyon oluşturma, zengin çatı ve süsleme seçenekleri ile kolay dışa aktarım olanakları gibi özellikleriyle öne çıkmaktadır. Kullanıcı deneyimini ve erişilebilirliği önceliklendiren bu çalışma, eğitim ve uygulama odaklı bir araç olarak daha geniş bir kitleye hitap etmektedir. Buna karşın, Amsterdam Kanal Evleri çalışması daha

teknik bir derinlik ve detaylı prosedürel modelleme yetenekleri sunmaktadır. Ancak, kullanım zorluğu ve sınırlı kullanıcı etkileşimi açısından tez çalışması, özellikle öğrenim ve uygulama alanlarında daha avantajlı bir konuma sahiptir.

Tablo 4.3 Prosedürel Amsterdam kanal evleri ve bu tez çalışmasının karşılaştırmalı analizi

Çalışma İsimleri	Giriş tipi çeşitliliği yeterli mi?	Ara kat tipi çeşitliliği yeterli mi?	Çatı tipi çeşitliliği yeterli mi?	Projede kullanılan program tipoloji çeşitliliğini geliştirmeye yer veriyor mu?	Kullanıcıya seçtiği parametreler hakkında bilgi sunuluyor mu? (sadece değiştirme özelliği dışında)	Xyz koordınat seçimi mevcut mu?	Eş zamanlı değişim mevcut mu?	Renk ve kaplama çeşitliği mevcut mu?	Farklı tipolojilere uyarlanabilir mi?	Veri veya çıktı aktarımı işlemi kolaylıkla gerçekleştirilebilir mi?
Prosedürel Amsterdam Kanal Evleri	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-
Prosedürel mimari tipolojileri ile kent modülü tasarımı: Amsterdam kanal evleri	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+

Tablodan (Tablo 4.3) elde edilen bulgular incelendiğinde bu tez çalışmasının, Prosedürel Amsterdam Kanal Evleri çalışmasına kıyasla birçok açıdan daha üstün olduğu görülmektedir. İlk olarak, giriş tipi, ara kat tipi ve çatı tipi çeşitliliği açısından vaka çalışması daha kapsamlı bir yapı sunmaktadır. Prosedürel Amsterdam Kanal Evleri çalışmasında bu çeşitlilikler bulunmazken, vaka çalışması farklı giriş, kat ve çatı tiplerini destekleyerek kullanıcıya özelleştirme imkanı tanımaktadır.

Ayrıca, vaka çalışması projede kullanılan programın tipoloji geliştirme açısından da çeşitlilik sunmaktadır. Kullanıcıların seçtiği parametrelerle ilgili detaylı bilgiler sağlayarak, daha kullanıcı dostu bir deneyim oluşturulmuştur. Buna karşılık, Prosedürel Amsterdam Kanal Evleri çalışmasında bu tür kullanıcı etkileşimleri ve

bilgi sunumu bulunmamaktadır. Benzer şekilde, vaka çalışması eş zamanlı değişiklik yapabilme imkanı sunarken, diğer çalışmada bu özellik sınırlıdır.

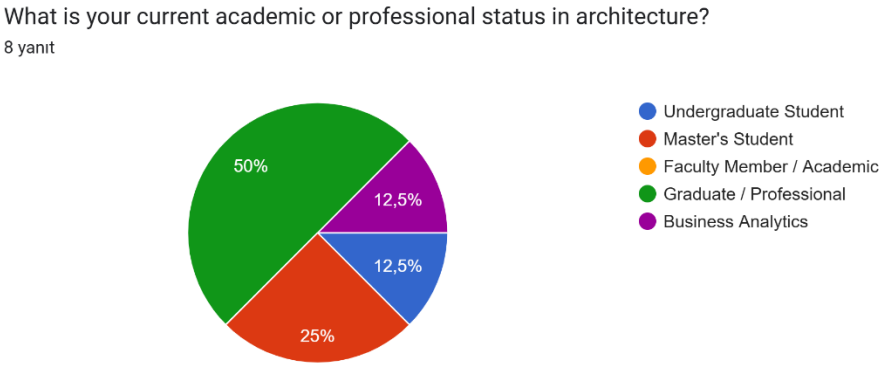
Renk ve kaplama çeşitliliği açısından her iki çalışma da yeterlilik göstermektedir, Ancak, vaka çalışması farklı mimari tipolojilere uygulanabilirlik açısından daha güçlü bir yapı sunmaktadır. Veri ve çıktı aktarımı kolaylığı açısından da vaka çalışması avantaj sağlamaktadır; bu, kullanıcıların farklı platformlarda çalışabilmesi ve çıktılarını hızlı bir şekilde entegre edebilmesi açısından önemli bir avantajdır.

Genel olarak, bu bulgular vaka çalışmasının özellikle çeşitlilik, tipoloji geliştirme, kullanıcı parametre seçimi, eş zamanlı değişiklik ve veri aktarımı konularında daha üstün olduğunu göstermektedir. Bu özellikler, kullanıcı deneyimini ve esnekliği artırarak bu tezi daha etkili ve kullanıcı odaklı bir çözüm haline getirmiştir.

4.3 Anket Sonuçları ve Bulgular

Anket uygulanma sürecinde ilk olarak iş akış diyagramı takip edilmiştir. Nicel ve nitel sorular ile katılımcılardan geri bildirim alınmıştır.

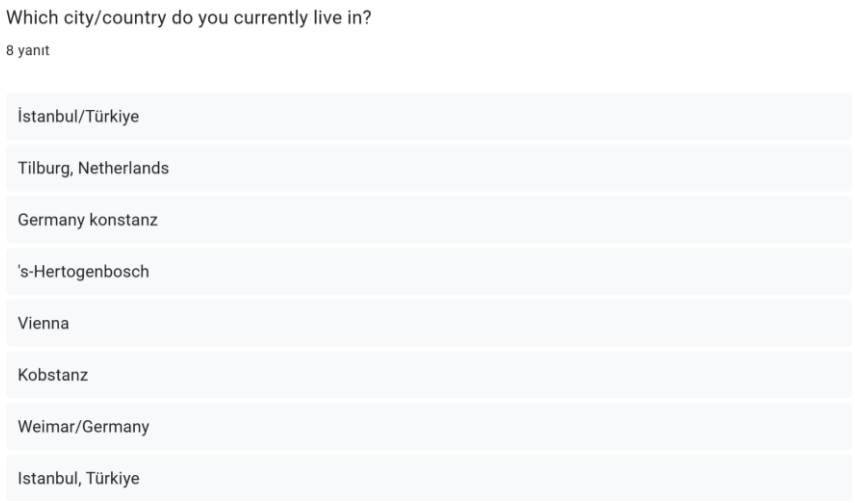
Anket sorusu 1: Mimarlıktaki akademik veya mesleki durumunuz nedir (Şekil 4.41)?



Şekil 4.41 Anket sorusu 1 sonucu

Grafik, mimarlık alanındaki bireylerin akademik ve profesyonel dağılımını göstermektedir. Katılımcıların %50'si mezun veya profesyonel, %25'i yüksek lisans öğrencisi, %12,5'i lisans öğrencisi ve %12,5'i iş analitiği alanındadır. Bu dağılım, mezunların çoğunlukla profesyonel hayata geçtiğini, akademik kariyer yapanların belirli bir orana sahip olduğunu ve mimarlığın farklı disiplinlerle etkileşim içinde olduğunu göstermektedir.

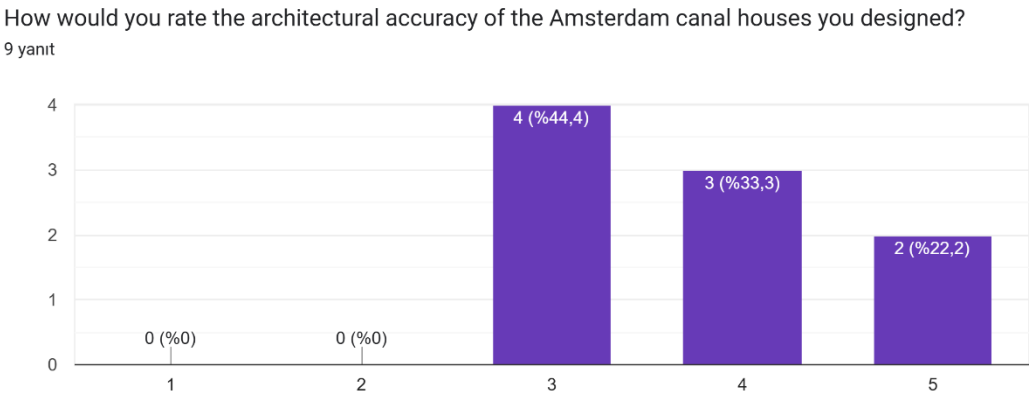
Anket sorusu 2: Hangi ülke/şehirde yaşıyorsunuz (Şekil 4.42)?



Şekil 4.42 Anket sorusu 2 sonucu

Katılımcılar farklı ülkelerde yaşamaktadır ve coğrafi olarak çeşitlilik göstermektedir. Türkiye'den iki katılımcı İstanbul'da bulunurken, Almanya'dan üç katılımcı Konstanz ve Weimar şehirlerinden, Hollanda'dan iki katılımcı Tilburg ve 's-Hertogenbosch şehirlerinden, Avusturya'dan bir katılımcı Viyana'da bulunmaktadır. Bu dağılım, mimarlık alanındaki bireylerin uluslararası bir çevrede yer aldığını ve disiplinin küresel boyutunu ortaya koymaktadır.

Anket sorusu 3: Tasarladığınız Amsterdam kanal evlerinin mimari doğruluğunu nasıl değerlendirirsiniz (Şekil 4.43)? (1-5 arası puanlama)

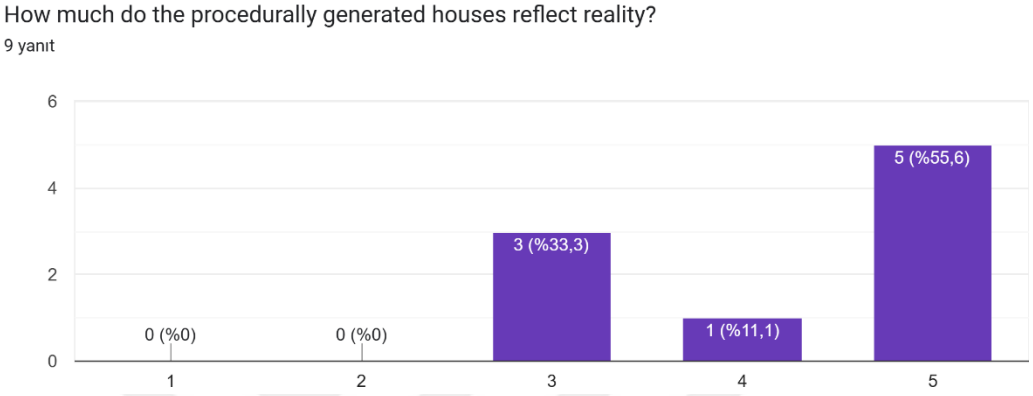


Şekil 4.43 Anket sorusu 3 sonucu

Ankette katılımcıların %44,4'ü mimari doğruluğu orta düzeyde (3) bulmuş. %33,3'ü daha yüksek bir memnuniyetle 4 puan verirken, %22,2'si tasarımı mükemmel (5) olarak değerlendirmiş. Hiç kimse 1 ya da 2 puan vermemiş, bu da tasarımların tamamen başarısız bulunmadığını gösteriyor. Ancak %44,4'lük oranla

3 puan verilmesi, tasarımların biraz daha geliştirilmesi gerektiğine işaret ediyor. Özellikle detaylara ve tarihi mimari özelliklere daha fazla dikkat edilmesi, doğruluğu artırabilir. Çok fazla detay eklenmemesinin nedeni sahnenin düşük poligonlu oluşturmak ve optimizasyonu yüksek tutmaktır.

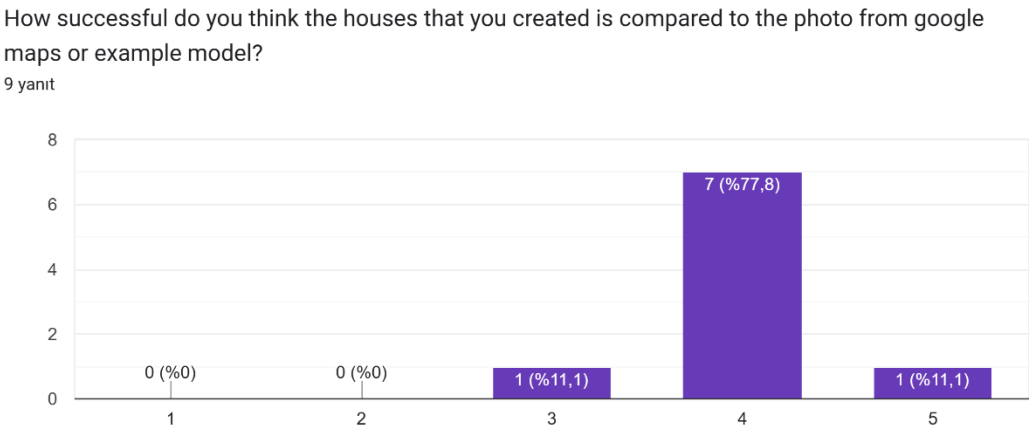
Anket sorusu 4: Prosedürel olarak oluşturulan evlerin gerçekliği ne kadar yansıtıyor (Şekil 4.44)? (1-5 arası puanlama)



Şekil 4.44 Anket sorusu 4 sonucu

Katılımcıların çoğunluğu (%55,6) bu evlerin gerçekçiliğini oldukça yüksek bulmuş ve 5 puan vermiş. Bu sonuç, prosedürel üretim tekniklerinin başarılı bir şekilde gerçekçi sonuçlar verdiğini gösteriyor. Ancak %33,3'lük bir grup tarafından orta düzeyde (3) değerlendirilmiş olması, bazı katılımcıların modellemelerin tam olarak gerçek dünyayla örtüşmediğini düşündüğünü gösteriyor. Burada gerçekçiliği artırmak için doku kalitesi, ayrıntı seviyeleri veya yerel mimariye daha hassas bir yaklaşım geliştirilebilir. Düşük poligonlu sahne oluşturulduğundan dolayı ayrıntı seviyeleri basitleştirilerek çalışma gerçekleştirilmiştir.

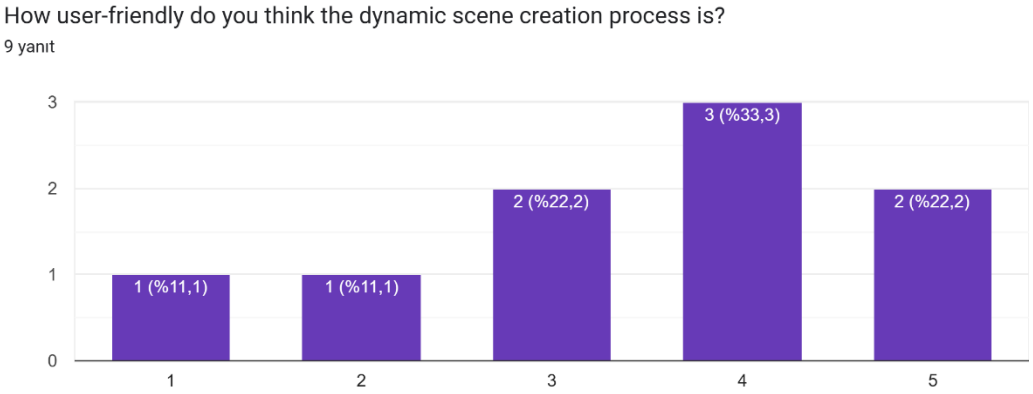
Anket sorusu 5: Oluşturduğunuz evlerin Google Haritalardaki fotoğraflarla veya örnek maketle karşılaştırıldığında ne kadar başarılı olduğunu düşünüyorsunuz (Şekil 4.45)? (1-5 arası puanlama)



Şekil 4.45 Anket sorusu 5 sonucu

Bu soruda %77,8 gibi büyük bir çoğunluk, oluşturulan evlerin Google Haritalar veya diğer model örnekleriyle karşılaştırıldığında başarılı olduğunu düşünmüş (4 puan). Sadece %11,1 en yüksek puanı (5) verirken, diğer %11,1 ise orta bir memnuniyet seviyesi göstermiş (3 puan). Bu sonuç, genel anlamda katılımcıların tasarımlardan memnun olduğunu gösteriyor. Yine de bu soru, prosedürel modellerin genel modelleme süreçleriyle uyumlu olduğunu güçlü bir şekilde ortaya koyuyor.

Anket sorusu 6: Dinamik sahne oluşturma sürecinin kullanıcı dostu olduğunu düşünüyor musunuz (Şekil 4.46)? (1-5 arası puanlama)

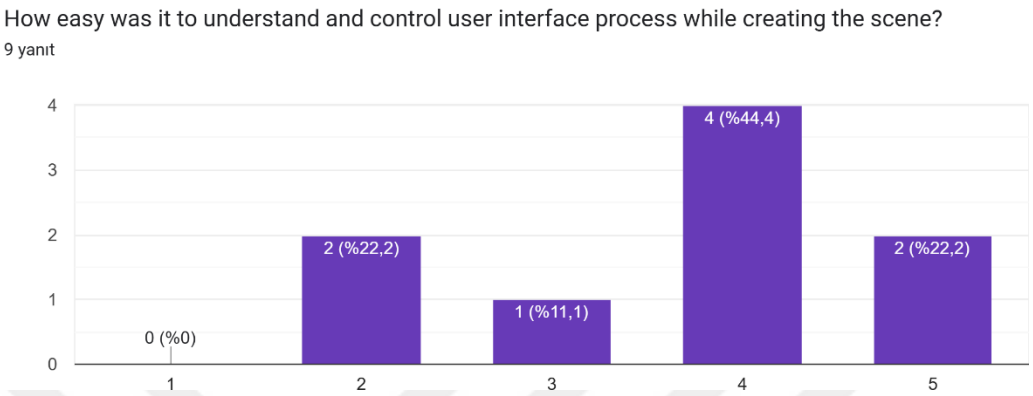


Şekil 4.46 Anket sorusu 6 sonucu

Kullanıcı dostluğu açısından katılımcıların çoğu (%33,3), sürecin kullanıcı dostu olduğunu (4 puan) belirtmiş. %22,2 en yüksek puan (5) verirken, toplamda %22,2'lik bir grup düşük puanlar (1 ve 2) vermiş. Bu durum, dinamik sahne oluşturma sürecinde kullanıcı arayüzünün bazıları için karmaşık veya sezgisel olmaktan uzak olduğunu gösteriyor. Sürecin daha kullanıcı dostu hale gelmesi için

rehberlik araçlarının eklenmesi, daha net yönergeler veya bir "başlangıç modu" geliştirilmesi yararlı olabilir.

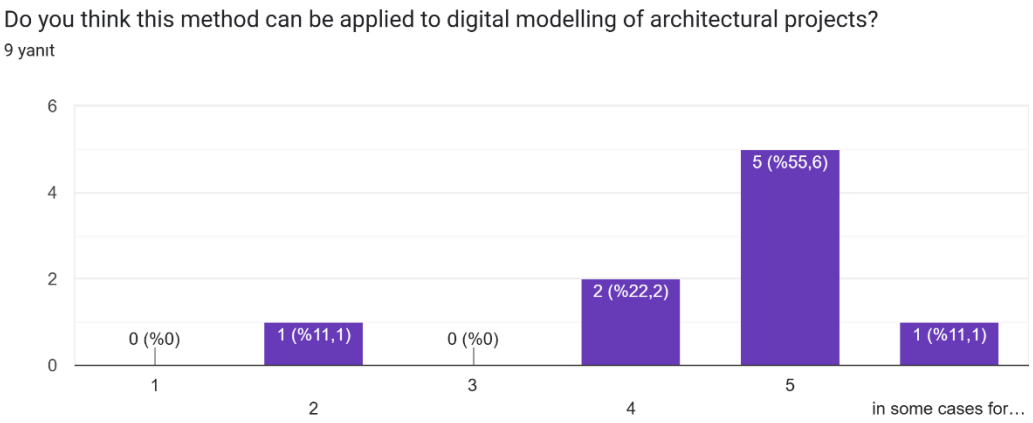
Anket sorusu 7: Sahneyi oluştururken kullanıcı arayüzü sürecini anlamak ve kontrol etmek ne kadar kolaydı (Şekil 4.47)? (1-5 arası puanlama)



Şekil 4.47 Anket sorusu 7 sonucu

Bu soruda %44,4'lük bir grup, kullanıcı arayüzünü anlama ve kontrol etme sürecini kolay bulmuş (4 puan), %22,2 ise bu sürecin mükemmel olduğunu belirtmiş (5 puan). Ancak yine de %22,2 düşük bir memnuniyet (2 puan) ifade etmiş ve %11,1 (3 puan) bu süreci orta düzeyde değerlendirmiş. Bu da bazı kullanıcılar için arayüzün yeterince sezgisel olmadığını veya karmaşık olabileceğini gösteriyor. Daha açık bir arayüz tasarımı ve öğrenme eğrisini azaltacak kullanıcı rehberleriyle bu sorunlar çözülebilir.

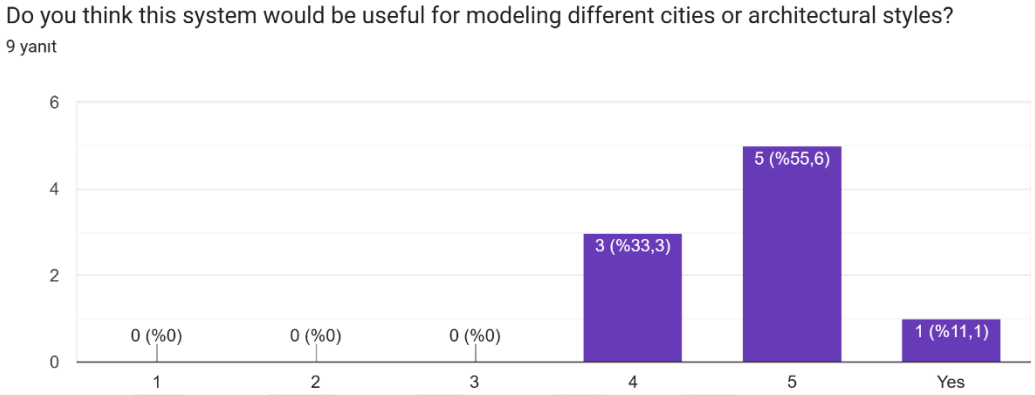
Anket sorusu 8: Bu yöntemin mimari projelerin dijital modellemesine uygulanabilir olduğunu düşünüyor musunuz (Şekil 4.48)? (1-5 arası puanlama)



Şekil 4.48 Anket sorusu 8 sonucu

Katılımcıların %55,8'i yöntemi tamamen uygulanabilir (5) bulmuş. %22,2'lik bir grup ise 4 puan vererek yöntemin büyük oranda uygulanabilir olduğunu düşünüyor. Yalnızca %11,1 düşük bir puan (2) vermiş. Genel olarak yöntem, dijital mimari modelleme için büyük potansiyele sahip olarak görülüyor.

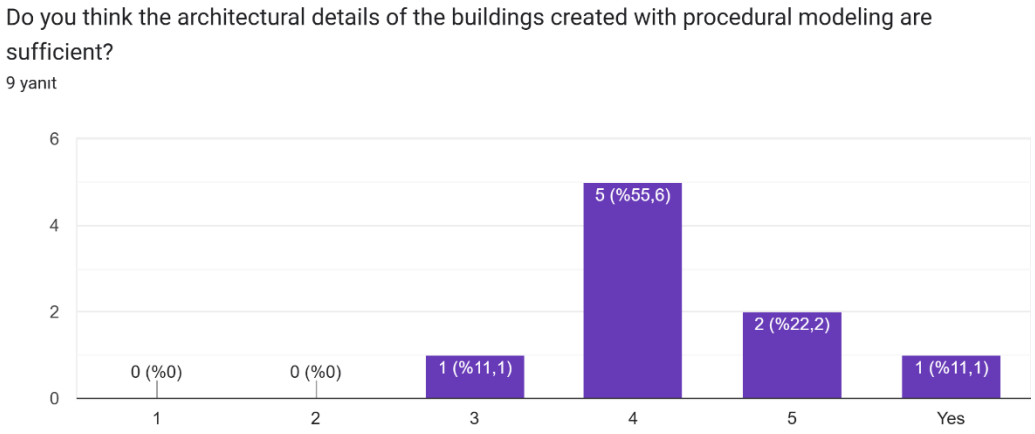
Anket sorusu 9: Bu sistemin farklı şehirleri veya mimari tarzları modellemek için kullanışlı olacağını düşünüyor musunuz (Şekil 4.49)? (1-5 arası puanlama)



Şekil 4.49 Anket sorusu 9 sonucu

Katılımcıların %55,6'i yöntemin farklı şehirler veya mimari tarzların modellenmesinde oldukça faydalı olacağını (5) düşünmüş. %33,3 ise faydalı olduğunu (4) belirtmiş. Hiç kimse yöntemin olumsuz olduğunu düşünmemiş, bu da sistemin esnek ve ölçeklenebilir olduğunu gösteriyor.

Anket sorusu 10: Prosedürel modelleme ile oluşturulan binaların mimari detayların yeterli olduğunu düşünüyor musunuz (Şekil 4.50)? (1-5 arası puanlama)

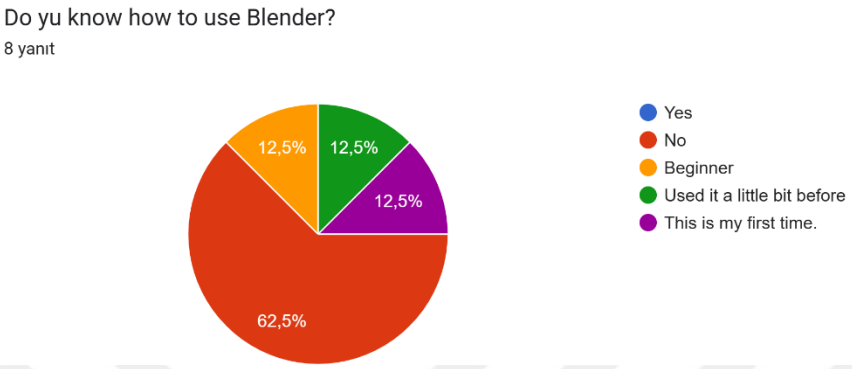


Şekil 4.50 Anket sorusu 10 sonucu

Katılımcıların %55,6'sı detayların yeterli olduğunu (4), %22,2'si ise oldukça yeterli (5) olduğunu düşünmüş. Yalnızca %11,1 düşük bir puan (2) vermiş. Bu sonuç,

detay seviyesinin genel olarak beğenildiğini ancak bir miktar iyileştirme yapılabileceğini gösteriyor.

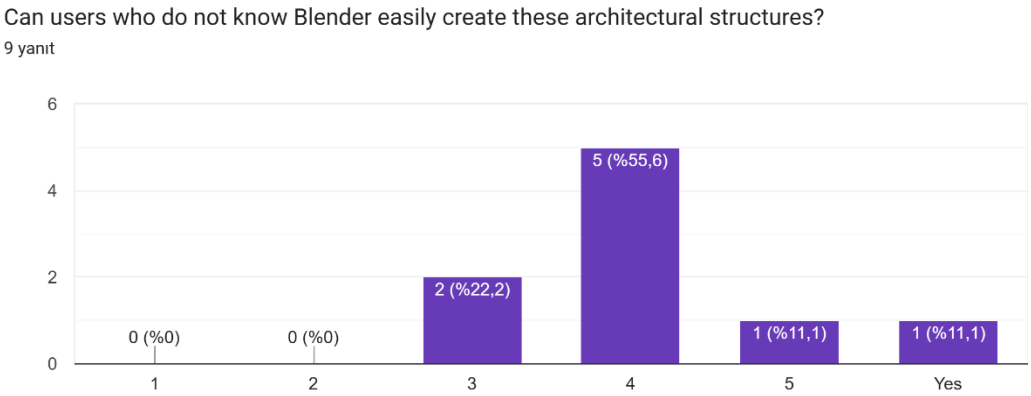
Anket sorusu 11: Blender kullanmayı biliyor musunuz (Şekil 4.51)? (Evet- Hayır- Diğer)



Şekil 4.51 Anket sorusu 11 sonucu

Katılımcıların %62,5'i Blender kullanmayı hiç bilmediğini belirtmiş. %12,5'lik gruplar ise başlangıç seviyesinde, biraz tecrübesi olan veya ilk kez kullananlardan oluşuyor. Bu, sistemin Blender bilgisi olmayan kullanıcılar için de erişilebilir olduğunu vurguluyor.

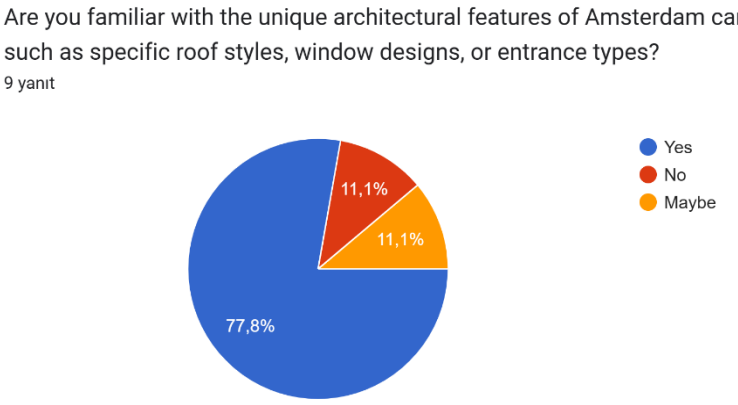
Anket sorusu 12: Blender bilmeyen kullanıcılar bu mimari yapıları kolayca oluşturabilir mi (Şekil 4.52)? (1-5 arası puanlama)



Şekil 4.52 Anket sorusu 12 sonucu

Katılımcıların %55,6'sı, Blender bilmeyen kullanıcıların mimari yapıları kolayca oluşturabileceğini (4) belirtmiş. %22,2'si ise sistemin bu konuda oldukça başarılı olduğunu (5) belirtmiş. Bu sonuç, sistemin genellikle kullanıcı dostu olduğuna işaret ediyor.

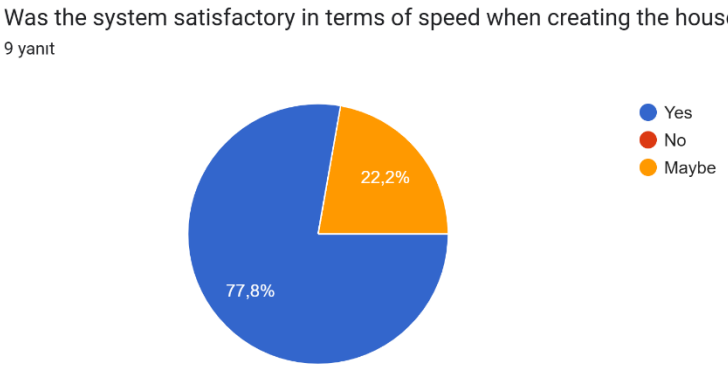
Anket sorusu 13: Bu testten sonra Amsterdam kanal evlerinin özel çatı stilleri, pencere tasarımları veya giriş tipleri gibi benzersiz mimari özelliklerini tanıdınız mı (Şekil 4.53)? (Evet- Hayır-Belki)



Şekil 4.53 Anket sorusu 13 sonucu

Katılımcıların %77,8'i test sonrası Amsterdam kanal evlerinin benzersiz mimari özelliklerini öğrendiğini belirtmiş. %11,1'lik gruplar ise bu konuda kararsız (belki) veya öğrenmediğini ifade etmiş. Testin eğitici bir yönü olduğu görülüyor.

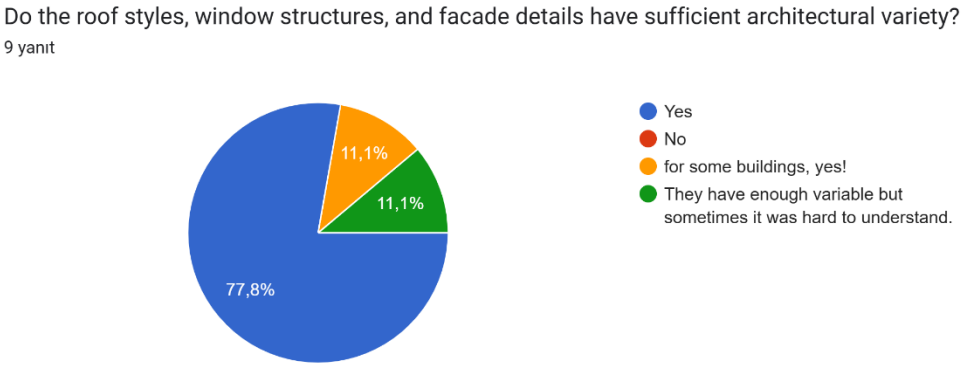
Anket sorusu 14: Evlerin yapımında sistem hız açısından tatmin edici miydi (Şekil 4.54)? (Evet- Hayır-Belki)



Şekil 4.54 Anket sorusu 14 sonucu

Katılımcıların %77,8'i sistemin evleri oluşturma hızı açısından tatmin edici olduğunu düşünmüş. %22,2 ise bu konuda tatminsizlik belirtmiş. Bu sonuç, hızın genelde yeterli bulunduğunu ancak bazı kullanıcıların daha hızlı bir işleyiş beklediğini gösteriyor.

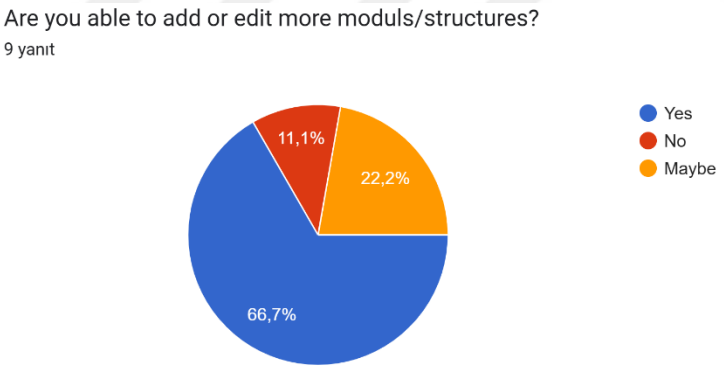
Anket sorusu 15: Çatı stilleri, pencere yapıları ve cephe detayları yeterli mimari çeşitliliğe sahip mi (Şekil 4.55)? (Evet- Hayır-Belki)



Şekil 4.55 Anket sorusu 15 sonucu

Katılımcıların %77,8'i mimari detayların çeşitliliğini yeterli bulmuş. %11,1'lik bir grup, belirli yapılar için bu çeşitliliğin iyi olduğunu ancak her zaman anlaşılır olmadığını belirtmiş. Bir diğer %11,1 ise detayların daha fazla çeşitliliğe ihtiyaç duyduğunu düşünüyor. Bu, detay seviyesinin genelde başarılı olduğunu ancak kullanıcı deneyimini iyileştirmek için bazı alanlarda geliştirme yapılabileceğini ortaya koyuyor.

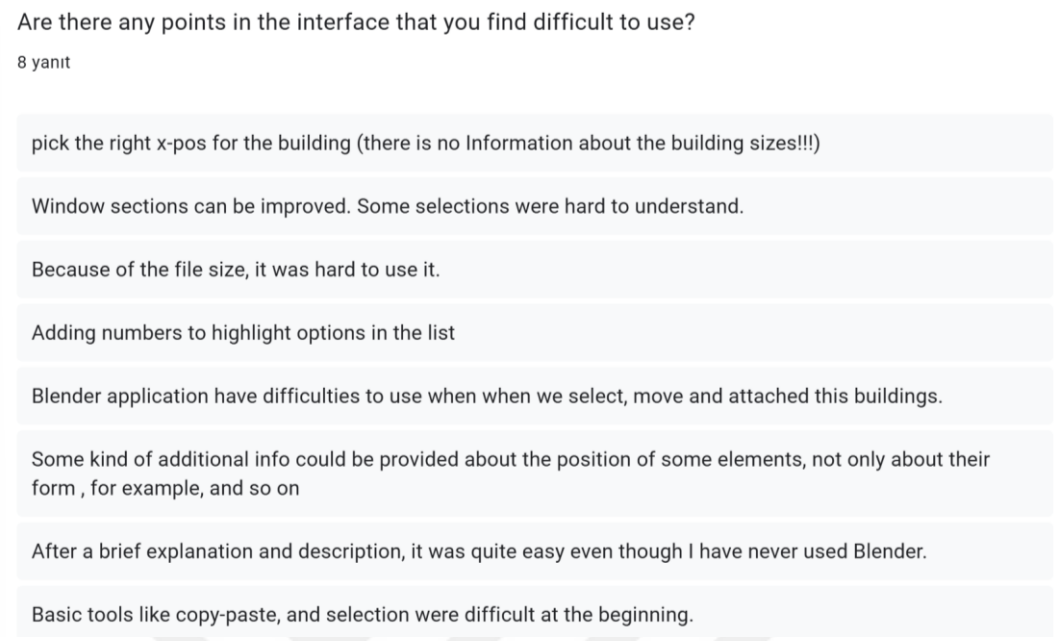
Anket sorusu 16: Daha fazla modül/yapı ekleyebilir veya düzenleyebilir misiniz (Şekil 4.56)? (Evet- Hayır-Belki)



Şekil 4.56 Anket sorusu 16 sonucu

Katılımcıların %66,7'si daha fazla modül veya yapı ekleyip düzenleyebildiklerini belirtmiş. %22,2 kararsız (belki) kalmışken, %11,1 ise bu işlemleri gerçekleştiremediğini belirtmiş. Bu, sistemin büyük ölçüde esnek olduğunu gösterse de kullanıcıların daha fazla rehberlik veya geliştirilmiş araçlara ihtiyaç duyabileceğini işaret ediyor.

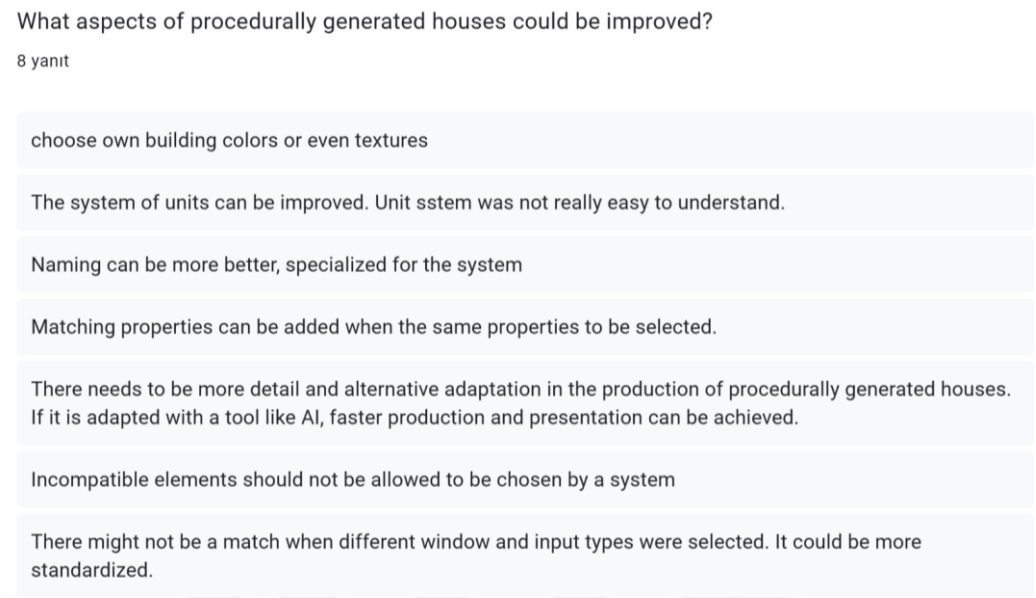
Anket sorusu 17: Arayüzde kullanımı zor bulduğunuz noktalar var mı (Şekil 4.57)?



Şekil 4.57 Anket sorusu 17 sonucu

Kullanıcıların arayüz kullanımında karşılaştıkları başlıca zorluklar belirlenmiş ve birkaç temel sorun öne çıkmıştır. Öncelikli olarak, binaların doğru x konumunu belirleme sürecinde yaşanan zorlukların, boyut bilgisi eksikliğinden kaynaklandığı tespit edilmiştir. Ayrıca, pencere seçim sürecinin bilişsel olarak karmaşık bulunması ve bazı seçeneklerin anlaşılmasının güç olması da önemli bir kullanım sorunu olarak belirtilmiştir. Dosya boyutunun büyük olması, arayüz kullanımını daha karmaşık hale getiren bir diğer faktör olarak öne çıkmıştır. Kullanıcılar, listelerdeki seçeneklerin numaralandırılmasının seçim sürecini kolaylaştırabileceğini ifade etmiştir. Blender yazılımını kullanan yeni kullanıcıların bina seçimi, hareket ettirme ve yerleştirme aşamalarında zorlandıkları, bu bağlamda daha fazla bilgilendirici materyale ihtiyaç duydukları görülmüştür. Bunun yanı sıra, ölçeklendirme, kopyalama ve seçim yapma gibi temel işlemlerle ilgili başlangıç seviyesindeki kullanıcıların güçlük yaşadığı, ancak rehber ve video eğitimlerinin bu süreci kolaylaştırdığı belirlenmiştir. Bu bulgular, kullanıcı desteğinin ve rehber materyallerin kullanım deneyimini önemli ölçüde iyileştirdiğini göstermektedir.

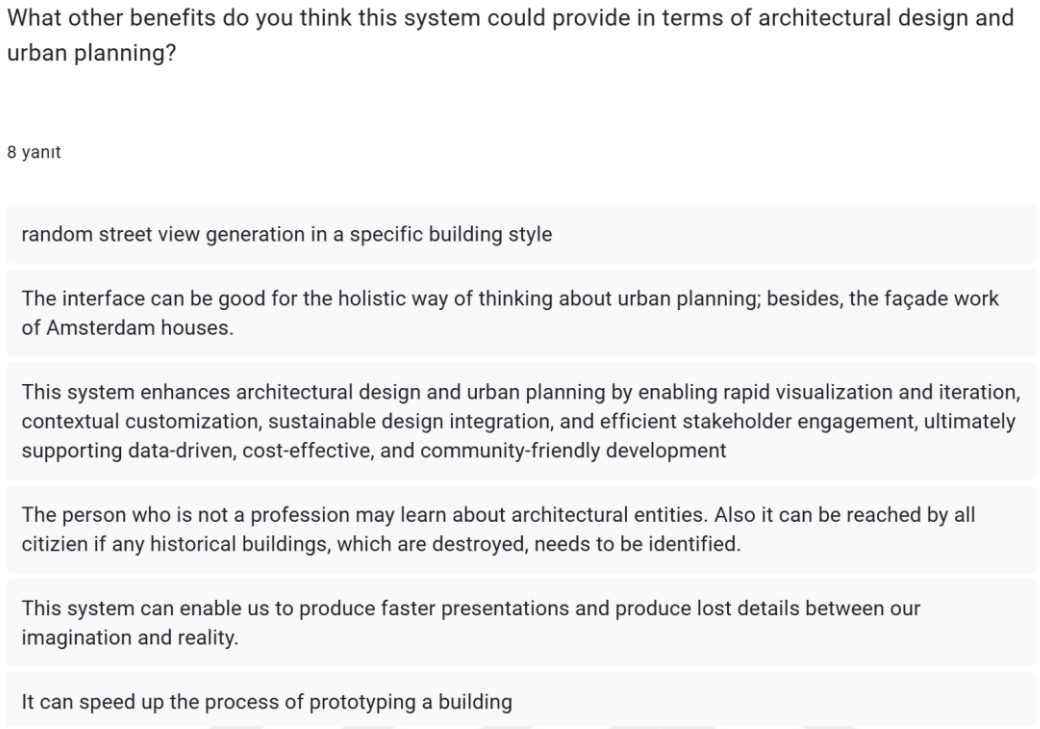
Anket sorusu 18: Prosedürel olarak üretilen evlerin hangi yönleri geliştirilebilir (Şekil 4.58)?



Şekil 4.58 Anket sorusu 18 sonucu

Kullanıcılar, prosedürel olarak üretilen binalarda çeşitli iyileştirmeler önermiştir. Öncelikle, bina renkleri ve dokularını özelleştirme imkânı talep edilmiştir. Mevcut birim sisteminin daha sade ve anlaşılır hale getirilmesi gerektiği belirtilirken, isimlendirme yönteminin kullanıcı dostu olması önerilmiştir. Aynı özelliklerin otomatik eşleştirilmesi, daha fazla detay ve alternatif seçeneklerin sunulması ile yapay zeka entegrasyonunun üretim sürecini hızlandırabileceği ifade edilmiştir. Ayrıca, uyumsuz öğelerin seçilmesinin engellenmesi ve özellikle pencere ve giriş türlerinde daha tutarlı bir standart oluşturulması gerektiği vurgulanmıştır. Bu geri bildirimler hem arayüzün hem de prosedürel bina üretim sürecinin iyileştirilmesine yönelik önemli çıkarımlar sunmaktadır.

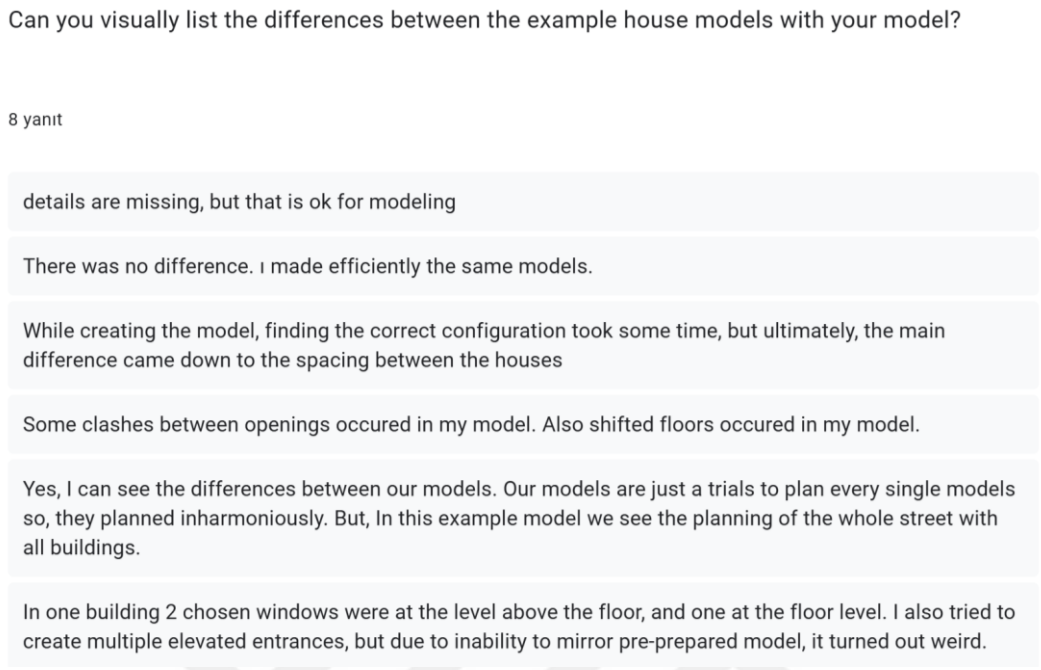
Anket sorusu 19: Bu sistemin mimari tasarım ve şehir planlama açısından başka ne gibi faydalar sağlayabileceğini düşünüyorsunuz (Şekil 4.59)?



Şekil 4.59 Anket sorusu 19 sonucu

Kullanıcılar, sistemin mimari tasarım ve şehir planlama açısından çeşitli faydalar sunduğunu belirtmiştir. Özellikle, belirli bina tarzlarında rastgele sokak görünümleri oluşturma yeteneğinin şehir planlamasına bütüncül bir yaklaşım getirdiği vurgulanmıştır. Hızlı görselleştirme ve yineleme süreçleriyle bağlamsal özelleştirme, sürdürülebilir tasarım ve paydaş katılımını desteklediği ifade edilmiştir. Ayrıca, mimarlık bilgisi olmayan kişilerin kavramları öğrenmesine ve tarihi binaların yeniden tanımlanmasına katkı sağlayabileceği belirtilmiştir. Sistem, sunumları hızlandırarak bina prototipleme sürecini kolaylaştırmakta ve tasarım ile gerçeklik arasındaki detayları yeniden üretebilme imkânı sunmaktadır.

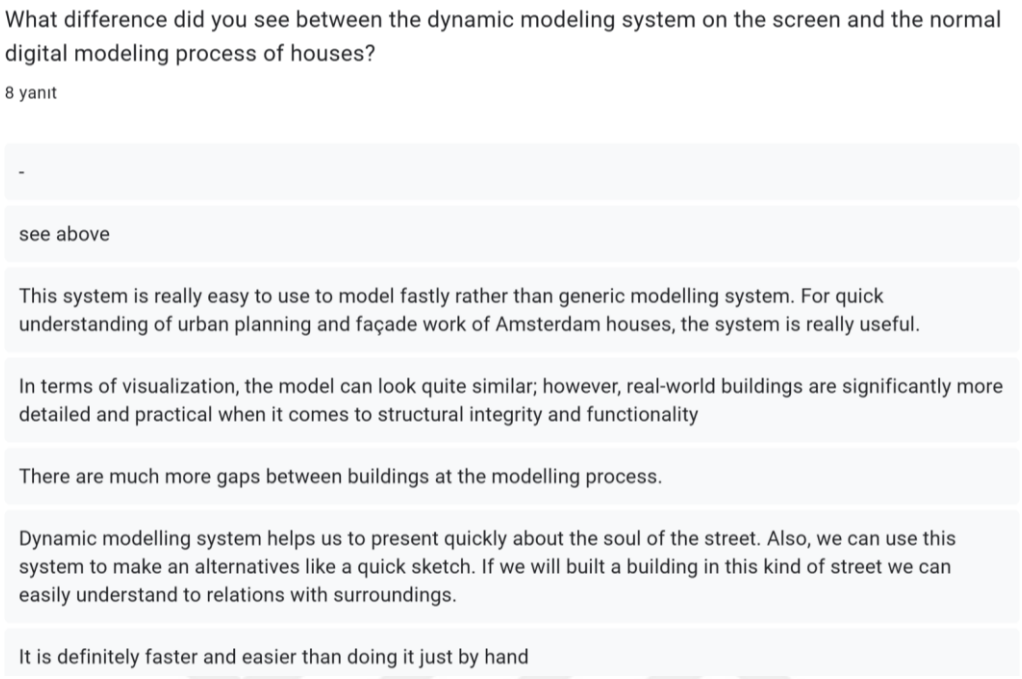
Anket sorusu 20: Örnek ev modelleri ile sizin modeliniz arasındaki farkları görsel olarak sıralayabilir misiniz (Şekil 4.60)?



Şekil 4.60 Anket sorusu 20 sonucu

Katılımcılar, kendi modelleri ile örnek ev modelleri arasında çeşitli farklar gözlemlemiştir. Bazı gruplarda soldaki yapıların aynısını yapmaya çalışırken bazı gruplar varyasyonu oluşturmak istemiştir. Aynısını oluşturmaya odaklanan grupta yapıların aynı şekilde yan yana dizileceği görülmüştür. Fakat varyasyonları oluşturulurken birtakım zorluklar ile karşılaşılmıştır. Bazıları modellerde detay eksiklikleri olduğunu ancak bunun modelleme süreci açısından kabul edilebilir olduğunu belirtmiştir. Diğerleri ise kendi modellerini verimli bir şekilde örneğe uygun olarak oluşturduklarını ifade etmiştir. Modeller arasında ana farkın evler arasındaki boşluklar olduğu vurgulanmış, ayrıca bazı açıklıkların çakıştığı ve katların kaydığı gibi sorunlarla karşılaşıldığı belirtilmiştir. Örnek modelin bütün sokak planlamasını içerdiği, ancak kendi modellerinin sadece bireysel denemeler olduğu için uyumsuz bir planlama ortaya çıktığı ifade edilmiştir. Bunun yanı sıra, bir binada seçilen iki pencerenin birinin zemin seviyesinde, diğerinin ise üst katta olduğu bu nedenle çoklu yükseltilmiş girişlerin oluşturulmasının zorlaştığı dile getirilmiştir. Bunun asıl nedeni kullanıcıların giriş tipine göre pencere seçmemesinden dolayıdır.

Anket sorusu 21: Ekrandaki dinamik modelleme sistemi ile evlerin normal dijital modelleme süreci arasında ne gibi farklar gördünüz (Şekil 4.61)?



Şekil 4.61 Anket sorusu 21 sonucu

Dinamik modelleme sistemi, yalnızca hızlı değil, aynı zamanda kullanıcı dostu bir süreç sunarak kentsel planlama ve görselleştirme açısından önemli avantajlar sağlamaktadır. Anket sonuçları, görsel bütünlük, kullanıcı deneyimi ve proje verimliliği üzerine çeşitli bulgular ortaya koymuştur. Özellikle, pencere ve çatı değişikliklerinin anında görülememesi, kullanıcıların ölçü birimlerini bilinçsizce seçmesi ve büyük dosya boyutlarının açılmada zorluk yaratması gibi sorunlar öne çıkmıştır. Bu doğrultuda, optimizasyon süreci uygulanarak dokular kaldırılmış ve bunların yerine en yakın renk kodları atanmıştır. Ayrıca, kullanıcıların Blender bilgisi olmadan birden fazla Amsterdam kanal evi oluşturabilmesi, sistemin erişilebilirliğini ve kullanım amacına uygunluğunu göstermektedir. Bu bulgular, sistemin daha kullanıcı dostu ve verimli hale getirilmesi için geliştirilebilecek noktaları ortaya koymaktadır. Aşağıdaki Tablo 4.4'te genel olarak açık uçlu soruların karşılaştırmaları ve genel çıkarımlar derlenmiş ve toplanmıştır.

Tablo 4.4 Açık uçlu anket sorularının tablolaştırılması

Soru 15: Arayüz Kullanım Zorlukları	X konum belirleme zorluğu. Pencere birim sistemi anlaşımı zorlayıcı, dosya boyutu büyük. Listelerde Python kodu ile bir kategorileştirme daha numaralandırma önerildi ve bina boyutları birimlerinin arayüzde yer alması önerildi.
Soru 16: Prosedürel Evlerin Geliştirilmesi	Renk/doku seçimi arayüzde daha kolay ulaşılabilir olmalı, birim sistemi daha anlaşılır olmalı, özellikler eş zamanlı eşleşmeli ve yapay zeka entegrasyonu önerildi.
Soru 17: Mimari Tasarım ve Şehir Planlama Faydaları	Tipololiler ile kent modülü oluşturma, hızlı görselleştirme ve sürdürülebilir tasarım, mimarlık bilgisi olmayanlar için eğitim desteği prototipleme sürecini hızlandırma oluşturuldu.
Soru 18: Model Karşılaştırmaları	Aynısını yapmaya çalışanlar ve varyasyon oluşturanlarda kapsam dahilinde detaylar mevcuttur. Evler arasındaki boşluklar, çakışmalar fark edildi ve kullanıcılara yanlış yaparak öğrenme imkanı sunuldu.
Soru 19: Dinamik Modelleme vs. Geleneksel Modelleme	Daha hızlı ve kolay, kentsel planlamada pratik, manuel modellemeye göre daha verimli oldu.
Genel Çıkarımlar	Anında pencere/çatı değişimi yapılamadı. Ölçü birimi seçiminde bilgi eksikliği mevcut. Büyük dosya boyutları optimizasyon gerektirdi. Program bilgisi olmadan Amsterdam evleri üretildi.

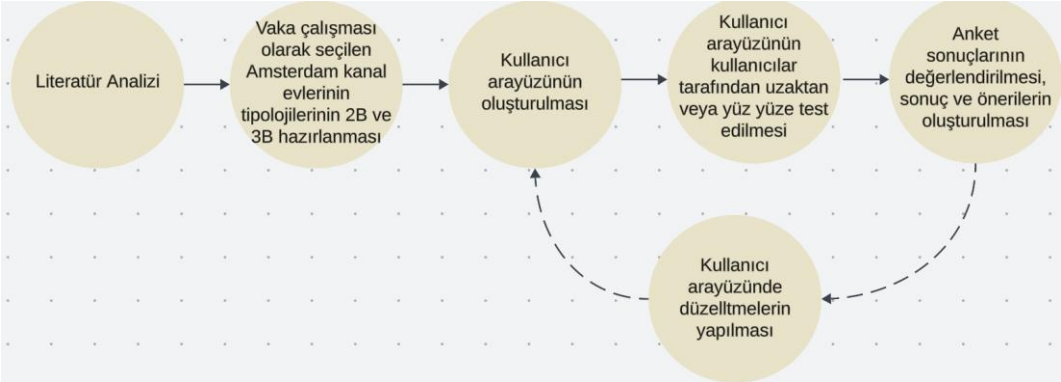
Çalışmada elde edilen bulgular, kullanıcı deneyimi, prosedürel modelleme ve mimari tasarım süreçlerine dair çeşitli zorlukları ve avantajları ortaya koymuştur.

5
SONUÇ

Bu çalışma geleneksel Amsterdam kanal evlerinin tipolojisinin kullanıcı arayüzü ile tekrardan oluşturulabilmesi ve farklı varyasyonlarının seri bir şekilde oyun sahne oluşturmasına veya mimari eğitimde kullanılabileceği sahne oluşturulmasını amaçlamaktadır. Bunu yaparken kullanıcının öğrenmesini de teşvik eden bir kullanıcı altyapısı vardır. Kullanıcıların kolay bir şekilde modülleri anlaması adına tipoloji çalışması Amsterdam kanal bölgesinde gerçekleştirilmiştir. Çünkü Amsterdam kanal evleri karakteristik ve fonksiyonel özellikleri ile göz önüne çıkmaktadır. Ayrıca bu kanal bölgesi UNESCO koruma alanları arasındadır ve hem turistik hem fonksiyonel olarak dünya mirasına katkıda bulunmaktadır. Bu çalışmada düşük poligonlu sistemle çalışılmıştır. Oyun tasarımındaki optimizasyonu en düşüğe indirmek veya mimari eğitimde dosya transferi sırasında kolaylık sağlamak ve basit bir şekilde tipoloji hiyerarşisinin öğrenilmesini amaçlamaktadır. Blender programının açık kaynak olması nedeni ile çalışma herkes tarafından kullanılabilir ve test edilebilirdir. Arka planda Python programı ile çalışılması nedeni ile kullanıcı arayüzündeki açıklamalar net bir şekilde tanımlanmıştır. Bir modelleme programı bilmeyen kişiler de kullanıcı arayüzünü kullanarak modellemeye ihtiyaç duymadan çeşitli Amsterdam kanal evlerini oluşturabilmektedirler. Bu anket test sonucunda da katılımcıların okudukları bölümler farklı olsa da bu modelleme programını kullanarak çeşitli yapılar oluşturabilmişlerdir. Oyun geliştirme sürecinde veya mimari yapıları öğrenmekteki hızlılıktan dolayı bu çalışma oluşturulmuştur. Günümüzde artık öğrenme veya oluşturma hızı saatlerden dakikalara hatta saniyelere indirgenmiştir. Hızlı tüketimin gerçekleştiği bu dünya yaşam şartlarından dolayı çalışma günümüz dünyasının gereksinimlerini karşılamak konusunda başarılıdır.

Bu çalışmada Amsterdam geleneksel evlerinin tipolojileri incelenmiş ve Reguliersgracht 70-92 numarası arasındaki alan vaka çalışması olarak belirlenmiştir. Bu sokaktaki tipolojilerin çeşitliliği iki köprü arasında bulunması ve en az bina sayısında en fazla çeşitliliği bulundurmasından dolayı seçilmiştir. Seçilen caddede 2B ve 3B cephe tipolojisi çıkartılmıştır daha sonrasında Python yazılımı ile kullanıcı arayüzü oluşturulmuştur. Bunu yaparken de modüler olarak çıkartılan tipolojiler arka planda Python yazılımı aracılığı ile tanımlanmıştır. Tipoloji çalışması gerçekleştirirken yapı giriş katı ara kat ve çatı katı olarak 3 ana dalda incelenmiştir. Ek olarak cephe elemanları tanımlanmış literatürde gösterilmiştir. Renk paleti açısından da zengin olan bu seçilen vaka çalışması alanında başlıca kırmızı, kahverengi, bej, gri, mavi tonlarında tuğlalar bulunmaktadır. Giriş katlarında ise kanal ile bütünlüğünü vurgulamak adına koyu mavi renkleri genellikle kullanılmıştır. Tipoloji çalışmasından sonra bu yapıların çeşitli tipoloji kombinasyonunu oluşturmaya altlık hazırlayan bu kullanıcı arayüzü ile kullanıcılar test çalışması yapmışlardır. Katılımcılara ilk olarak arayüzün çalışma mekanizması açıklanmıştır daha sonrasında 20 dakika gibi kısa bir sürede kendi çalışmalarını oluşturması istenilmiştir. Katılımcıların çoğunun Blender programını bilmemesine rağmen kısa sürede seri bir şekilde geleneksel Amsterdam kanal evlerini oluşturabilmişlerdir. Her katılımcıdan Blender dosyası ile yaptıkları çalışmaları göndermeleri istenmiştir. Daha sonrasında kullanıcılar gönderilen anket ile test sonuçları ölçülmüştür. Katılımcılar Blender programı ile yapılan çalışmanın genel olarak Amsterdam geleneksel kanal evlerine olan benzerliği, gerçekçiliği konusunda hemfikirdir. Bu yapılan çalışmanın mimari çalışmaların dijital sahne oluşturma alanında kullanabileceği konusunda da genel olarak olumlu değerlendirilmiştir. Yapılan çalışma sonrasında Amsterdam kanal evlerinin tipolojilerinin öğrenilebildiği de anket sonuçlarında görülmektedir. Hızlı bir şekilde yapıları oluşturması konusunda tatmin edici bulunmuştur. Kullanıcı arayüzünün kullanışlılığı konusunda verilen farklı cevaplar kullanıcı arayüzünün sürümünün güncellenmesi gerektiğini göstermektedir. En sonda açık uçlu sorularla çalışmanın nasıl geliştirebileceği konusunda geri dönüşler alınmıştır. Bu geri dönüşler tezin beslenmesi konusunda önemli bir rol oynayacaktır.

Geri dönüşler sonucunda kullanıcı arayüzü ile ilgili geliştirmeye yönelik araştırmalar yapılmış ve kurgulanmıştır.



Şekil 5.1 Metodoloji geri bildirim diyagramı

Burada anket sonuçlarına ve yapılan çalışmaların ekran görüntülerine bakıldığında kullanıcıların arayüzü etkili bir şekilde kullanabildiği görülmüştür. Fakat gelecek çalışmalara ve kullanıcı arayüzünde birtakım iyileştirmelere ihtiyaç duyulmuştur.

Aşağıda tez çalışması sonuçlarının hipotezlerle karşılaştırıldığı tablo görülmektedir. (Tablo 5.1)

Tablo 5.1 Tez bulgularının hipotezlerle değerlendirilmesi

Mimari Tipolojilerin Sahneye Entegrasyonu	Amsterdam kanal evlerinin mimari düzeni ve karakteristik özellikleri, prosedürel yöntemlerle sahnede başarılı bir şekilde üretildi.
Python Tabanlı Blender Arayüzü	Mimari tipolojilere dayalı kurallar kullanılarak, kanal evleri doğru ve verimli bir şekilde üretilebildi.
Prosedürel Mimarinin Avantajları	Tutarlılık ve çeşitlilik sağlanarak dinamik sahne oluşturma sürecinde önemli avantajlar elde edildi.
Çok Yönlülük ve Uygulanabilirlik	Geliştirilen sistemin farklı mimari tipolojilere uyarlanabilir olduğu gözlemlendi.
Arayüzün Güncellenmesi	Başarılı sonuçlara rağmen, kullanım senaryolarının genişletilmesi ve işlevselliğin artırılması için arayüzün güncellenmesi gerektiği belirlendi.
Gelecek Çalışmalar	Arayüzün daha kapsamlı geliştirilmesi ve farklı mimari tipolojilerle entegrasyonu önerilmektedir.

Bu çalışma, prosedürel mimari tipolojilerinin dinamik sahne oluşturma sürecine entegrasyonu bağlamında, Amsterdam kanal evlerinin mimari düzeni ve karakteristik özelliklerinin sahnede etkili bir şekilde üretilebileceğini ortaya

koymuştur. Yapılan testler sonucunda, mimari tipolojilere dayalı kurallar kullanılarak geliştirilen Python tabanlı Blender kullanıcı arayüzünün, Amsterdam kanal evlerini doğru ve verimli bir şekilde üretebildiği gözlemlenmiştir.

Prosedürel mimarinin dinamik sahne oluşturmadaki rolü, tutarlılık ve çeşitlilik açısından önemli avantajlar sunarak doğrulanmıştır. Ayrıca, geliştirilen kullanıcı arayüzünün farklı mimari tipolojilere uygulanabilirliği de değerlendirilmiş ve sistemin çok yönlü bir çerçeve sunduğu görülmüştür.

Ancak, elde edilen başarılı sonuçlara rağmen, kullanıcı arayüzünün daha geniş bir kullanım senaryosuna hitap edebilmesi ve işlevselliğinin artırılabilmesi için güncellenmesi gerektiği belirlenmiştir. Gelecekteki çalışmalar, bu arayüzün geliştirilmesi ve farklı mimari tipolojilere entegrasyonunun daha kapsamlı bir şekilde ele alınması üzerine odaklanmalıdır.

Çalışma sonuçlarına göre, Dinamik Modelleme Sistemi'nin, özellikle Amsterdam'ın demografisi ve kentsel planlaması gibi karmaşık süreçlerde, hızlı ve etkili bir çözüm sunduğu görülmüştür. Modelleme sürecinin hızının ve basitliğinin, geleneksel manuel modellere göre önemli avantajlar sağladığı anlaşılmıştır.

KAYNAKÇA

Adams, M. H. (2002). *Harlem lost and found: An architectural and social history, 1765-1915.* New York: The Monacelli Press.

Andújar Gran, C. A. (2021). Development of a software for creating 3D models of houses with modern design (Master's thesis). Universitat Politècnica de Catalunya. Erişim adresi: http://hdl.handle.net/2117/356984

B. F. G. Katz, D. Q. Felinto, D. Touraine, D. Poirier-Quinot and P. Bourdot, "BlenderVR: Open-source framework for interactive and immersive VR," 2015 IEEE Virtual Reality (VR), Arles, France, 2015, pp. 203-204, doi: 10.1109/VR.2015.7223366.

Bakkiyaraj, M., Kavitha, G., Krishnan, G. S., & Kumar, S. (2021). Impact of Augmented Reality on learning Fused Deposition Modeling based 3D printing: Augmented Reality for skill development. Procedia Computer Science, *Materials Today:Proceedings, 43*, https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.02.664

Chardakov, R. (2019). Procedural Amsterdam Canal Houses. Chardakov Art. Erişim adresi: https://chardakov-art.com/portfolio/procedural-amsterdam-canal-houses/

Chong 3D. (2021, Haziran 15). *Blender3D - Creating a procedural building with Blender 2.93 geometry nodes (TUTORIAL)* [Video dosyası]. Alındığı yer: https://www.youtube.com/watch?v=t1W3yBpPLQ8

City of Amsterdam. (2023). *Management Plan: UNESCO World Heritage Site – The seventeenth-century canal ring area of Amsterdam inside the Singelgracht* (s. 25). Retrieved from https://www.ovpm.org/wp-content/uploads/2024/06/whsamsterdammanagementplan2023.pdf

Dark, C. D. A. (2020). *Between streetlights and chandeliers* (master's thesis). DOI:10.13140/RG.2.2.36424.96002

De Bos, M., Bronsvoort, P., & De Jong, P. (t.y.). *V08 open bouwen 31 flexibility mixed use* (Yüksek lisans tezi, Delft University of Technology).

Del Rio. (t.y.). *Procedural buildings with Geometry Nodes*. Blender Community. Geometri düğümleri kullanarak prosedürel bina modelleme. Erişim adresi: https://www.blender.org/community/examples/procedural-buildings

Eglash, R. (2012). The fractals at the heart of African designs. TED. Erişim adresi: https://www.ted.com/speakers/ron_eglash

Gan, V. J. L., Liu, T., & Li, K. (2022). Integrated BIM and VR for interactive aerodynamic design and wind comfort analysis of modular buildings. *Buildings, 12*(3), 333. https://doi.org/10.3390/buildings12030333

GGenebrush. (t.y.). *GGenebrush*. Blender Market. Prosedürel modelleme araçları. Erişim adresi: https://blendermarket.com/products/ggenebrush

Google. (t.y.). *Amsterdam Kanal Bölgesi*. Google Haritalar. Erişim adresi: https://www.google.com/maps/place/Amsterdam

Hattori, T., Imai, Y., Masuda, R., Kawakami, Y., Moritoh, Y., & Tanaka, T. (2020). Utilization of both free 3DCG software "Blender" and 3D printing for early STEM education. In 2020 IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE) (pp. 9-14). IEEE. https://doi.org/10.1109/TALE48869.2020.9368351

Holtus, J. (2024). *The balance between cultural historical values and sustainable adaptations in monumental canal houses in Amsterdam* (Master's thesis, Delft University of Technology). Delft University of Technology Repository

Kaźmierczak, R., Skowroński, R., Kowalczyk, C., & Grunwald, G. (2024). Creating interactive scenes in 3D educational games: Using narrative and technology to explore history and culture. Applied Sciences, 14(11), 4795. https://doi.org/10.3390/app14114795

Ledent, G. & Komossa, S. (2019). *Referential types as clues for housing design.* Faculté d'architecture, d'ingénierie architecturale, d'urbanisme (LOCI), UCLouvain; Faculty of Architecture and the Built Environment, Technische Universiteit Delft.

Mohd Rum, S. N., & Boilis, B. I. (2021). Sign Language Communication through Augmented Reality and Speech Recognition (LEARNSIGN). International Journal of Engineering Trends and Technology, 69(4), 125–130. https://doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V69I4P218

Moscatelli, M. (2024). Preserving tradition through evolution: Critical review of 3D printing for Saudi Arabia's cultural identity. *Buildings, 14*(3), 697. https://doi.org/10.3390/buildings14030697

Ochoa, G. (1998, 12 Şubat). *An introduction to Lindenmayer systems*. School of Cognitive and Computing Sciences, The University of Sussex. Erişim adresi: https://www-archiv.fdm.uni-hamburg.de/b-online/e28_3/lsys.html

Oliva. (t.y.). *Buildify 1.0*. Blender Market. Erişim adresi: https://blendermarket.com/products/buildify

Pivoňka, T., Přeučil, L. (2021). Stereo Camera Simulation in Blender. In: Mazal, J., Fagiolini, A., Vasik, P., Turi, M. (eds) Modelling and Simulation for Autonomous Systems. MESAS 2020. Lecture Notes in Computer Science(), vol 12619. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-70740-8_13

Rodriguez, A.: URBAN MODELLING WITH TYPOLOGICAL APPROACH. CASE STUDY: MERIDA, YUCATAN, MEXICO, Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLII-2/W5, 617–620, https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W5-617-2017, 2017.

Schwarz, M., & Müller, P. (2015). Advanced procedural modeling of architecture. *ACM Transactions on Graphics (TOG), 34*(4), 107(3–9). https://doi.org/10.1145/2766956

Shaporeva, A. V., & Smolyaninova, E. S. (2024). *City design code: Color aspect*. *ATU Design Science*, 1(1). North Kazakhstan University named after M. Kozybaev.

Song, W., Zhang, X., Guo, Y. vd. Automatic Generation of 3D Scene Animation Based on Dynamic Knowledge Graphs and Contextual Encoding. Int J Comput Vis 131, 2816–2844 (2023). https://doi.org/10.1007/s11263-023-01839-1

Stavric, M., & Marina, O. (2011). Parametric modeling for advanced architecture. *International Journal of Applied Mathematics and Informatics, 5*, 9–16.

Tang, M., & Aksamija, A. (2012). Performace-Based Generative Design. An Investigation of the Parametric Nature of Architecture.

Tepavčević, B., & Stojaković, V. (2013). Procedural modeling in architecture based on statistical and fuzzy inference. Automation in Construction, 35, 329-337. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.05.015

Üney, M. C. (2016). Creating and usability testing of Safranbolu houses as a modular set for computer games (p. 20, Master's thesis). Bahçeşehir University.

Waltin. (t.y.). *Procedural Building Generator 2*. Blender Market. Güncellenmiş prosedürel bina üretim sistemi. Erişim adresi: https://blendermarket.com/products/procedural-building-generator-2

Waltin. (t.y.). *Procedural Building Generator*. Blender Artists. Prosedürel bina üretimi için eklenti. Erişim adresi: https://blenderartists.org/t/procedural-building-generator

Wu, N., & Wang, M. (2019). The integration of procedural information in traditional architectural design. *Computer-Aided Design & Applications, 16*(1), 13–24. https://doi.org/10.14733/cadaps.2019.13-24

Zhang, S., Zhou, M., Wang, Y., Luo, C., Wang, R., Li, Y., Yin, X., Zhang, Z., & Peng, J. (2024). CityX: Controllable Procedural Content Generation for Unbounded 3D Cities (s. 5). arXiv. Erişim adresi: https://arxiv.org/abs/2407.17572

Zhu, Z., Fan, Z., Jiang, Y., Wang, Z. (2025). FSGS: Real-Time Few-Shot View Synthesis Using Gaussian Splatting. In: Leonardis, A., Ricci, E., Roth, S., Russakovsky, O., Sattler, T., Varol, G. (eds) Computer Vision – ECCV 2024. ECÇCV 2024. Lecture Notes in Computer Science, vol 15097. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-72933-1_9

A
ANKET SORULARI

Katılımcılara sorulan sorular şu şekilde sıralanmıştır.

Anket sorusu 1: Mimarlıktaki mevcut akademik veya mesleki durumunuz nedir?

Anket sorusu 2: Hangi ülke/şehirde yaşıyorsunuz?

Anket sorusu 3: Tasarladığınız Amsterdam kanal evlerinin mimari doğruluğunu nasıl değerlendirirsiniz? (1-5 arası puanlama)

Anket sorusu 4: Procedural olarak oluşturulan evlerin gerçekliği ne kadar yansıtıyor? (1-5 arası puanlama)

Anket sorusu 5: Oluşturduğunuz evlerin Google Maps'teki fotoğraflarla veya örnek maketle karşılaştırıldığında ne kadar başarılı olduğunu düşünüyorsunuz? (1-5 arası puanlama)

Anket sorusu 6: Dinamik sahne oluşturma sürecinin kullanıcı dostu olduğunu düşünüyor musunuz? (1-5 arası puanlama)

Anket sorusu 7: Sahneyi oluştururken kullanıcı arayüzü sürecini anlamak ve kontrol etmek ne kadar kolaydı? (1-5 arası puanlama)

Anket sorusu 8: Bu yöntemin mimari projelerin dijital modellemesine uygulanabilir olduğunu düşünüyor musunuz? (1-5 arası puanlama)

Anket sorusu 9: Bu sistemin farklı şehirleri veya mimari tarzları modellemek için kullanışlı olacağını düşünüyor musunuz? (1-5 arası puanlama)

Anket sorusu 10: Prosedürel modelleme ile oluşturulan binaların mimari detaylarının yeterli olduğunu düşünüyor musunuz? (1-5 arası puanlama)

Anket sorusu 11: Blender kullanmayı biliyor musun? (Evet- Hayır- Diğer)

Anket sorusu 12: Blender bilmeyen kullanıcılar bu mimari yapıları kolayca oluşturabilir mi? (1-5 arası puanlama)

Anket sorusu 13: Bu testten sonra Amsterdam kanal evlerinin özel çatı stilleri, pencere tasarımları veya giriş tipleri gibi benzersiz mimari özelliklerini tanıdınız mı? (Evet- Hayır-Belki)

Anket sorusu 14: Evlerin yapımında sistem hız açısından tatmin edici miydi? (Evet- Hayır-Belki)

Anket sorusu 15: Çatı stilleri, pencere yapıları ve cephe detayları yeterli mimari çeşitliliğe sahip mi? (Evet- Hayır-Belki)

Anket sorusu 16: Daha fazla modül/yapı ekleyebilir veya düzenleyebilir misiniz? (Evet- Hayır-Belki)

Anket sorusu 17: Arayüzde kullanımı zor bulduğunuz noktalar var mı? (açık uçlu soru)

Anket sorusu 18: Prosedürel olarak üretilen evlerin hangi yönleri geliştirilebilir? (açık uçlu soru)

Anket sorusu 19: Bu sistemin mimari tasarım ve şehir planlama açısından başka ne gibi faydalar sağlayabileceğini düşünüyorsunuz? (açık uçlu soru)

Anket sorusu 20: Örnek ev modelleri ile sizin modeliniz arasındaki farkları görsel olarak sıralayabilir misiniz?

Anket sorusu 21: Ekrandaki dinamik modelleme sistemi ile evlerin normal dijital modelleme süreci arasında ne gibi farklar gördünüz?

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

Konferans Bildirileri

1. Şen, T., Tong, T. *Creating Customized Structures with Blender Graphics Application: Case Study Amsterdam Canal Houses*. 10th International Congress of Architecture and Design, İstanbul, Türkiye, 24.11.2024.