

User Interactive Wall Design Using Music Data

S. Ayça Metin¹

ORCID NO: 0000-0002-7817-273X¹

¹ Istanbul Technical University, Graduate School, Department of Informatics, Architectural Design Computing, Istanbul, Turkey

Throughout history, the discipline of music and architecture have emulated each other. These imitations fed and carried both branches of art further. With the development of computational design methods in the era of digitalization, these imitations have been replaced by more homogeneous, interdisciplinary studies by blurring the line between both branches of art. This study is about visualizing the fluid structure of music on a wall, which is an architectural element. Within the scope of the study, a user and music interactive wall was designed by taking the amplitude data of the music that is activated by the user's touch and played in the environment at the sequence of user interaction, and using this data as the input of the cellular automata rule sets. This designed wall consists of equal panels, and as the user touches these panels, bringing the cells to life. The wall panels that have become alive are represented with a unique color code for each user. By using the neighborhood relations of a cellular automaton, a single wall panel, which is affected by the user, can display an expanding and damping character on the neighbor wall panels in direct proportion to the increase and decrease of the music amplitude. At this point, the cellular automaton has been used as an intermediary instrument to represent sound waves. The motives that are visualized in a continuous motion with music and user interaction, are examined under the concept of emergence. The design was coded in the node-based visual command interface Blueprint and, the simulation is running in Unreal Engine 4.26. It is hoped that this preliminary study can become a form-finding tool for further studies beyond just the visualization of music.

Received: 10.07.2021

Accepted: 26.09.2021

Corresponding Author:

aycmetin@yahoo.com

Metin, S. A. (2021). User interactive wall design using music data. JCoDe: Journal of Computational Design, 2(2), 173-198.

<https://doi.org/10.53710/icode.969320>

Keywords: Musical Interaction, Interactive Exhibition, Cellular Automata, Music and Architecture, Emergence

173

Müzik Verilerini Kullanan Kullanıcı Etkileşimli Duvar Tasarımı

S. Ayça Metin ¹

ORCID NO: 0000-0002-7817-273X ¹

¹İstanbul Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bilişim Anabilim Dalı, Mimari Tasarımda Bilişim, İstanbul, Türkiye

Tarih boyunca müzik ve mimarlık disiplini birbirine öykünmüştür. Bu öykünmeler her iki sanat dalını da beslemiş ve daha ileri taşımıştır. Dijitalleşme çağında hesaplamalı tasarım yöntemlerinin gelişmesi ile bu öykünmeler yerini her iki sanat dalı arasındaki çizgiyi silikleştirerek daha homojen, disiplinler arası çalışmalara bırakmıştır. Nitekim bu çalışmada müziğin akışkan yapısının mimari bir öge olan duvar üzerinde görselleştirilebilmesi üzerinedir. Bu çalışmada, kullanıcı etkileşimi anında ortamda çalan müziğin anlık genlik verilerini çekerek bu verilerin hücresele özdevinim kural setlerinin girdisi olarak kullanan, kullanıcı ve müzik etkileşimli bir duvar tasarlanmıştır. Tasarlanan bu duvar eşit panellerden oluşmaktadır ve kullanıcı bu panellere dokunarak, dokunduğu hücreleri canlı duruma getirmektedir. Canlı duruma getirilen paneller, her bir kullanıcı için özel bir renk kodu ile temsil edilmektedir. Hücresele özdevinimin komşuluk ilişkilerinden faydalanarak, kullanıcının etkilediği tek bir panelin ortamda çalan müziğin genliğinin artışı ve azalışı ile doğru orantılı olarak komşu duvar panelleri üzerinde yayılmacı ve sönümlenen karakter gösterebilmesi sağlanmaktadır. Bu noktada hücresele özdevinim, ses dalgalarını temsil edecek bir aracı enstrüman olarak kullanılmıştır. Müzik ve kullanıcı etkileşimi ile sürekli bir devinim halinde duvar üzerinde ortaya çıkan motifler belirme kavramı altında incelenmiştir. Tasarım düğüm tabanlı görsel komut arayüzü Blueprint'te kodlanmış ve simülasyon Unreal Engine 4.26 içerisinde çalıştırılmıştır. Yapılan bu ön çalışma müziğin yalnızca görselleştirilmesinin ötesinde daha ileri çalışmalar için bir form bulma aracı haline gelebileceğini ummaktadır.

Teslim Tarihi: 10.07.2021

Kabul Tarihi: 26.09.2021

Sorumlu Yazar:

aycmetin@yahoo.com

Metin, S. A. (2021). Müzik verilerini kullanan kullanıcı etkileşimli duvar tasarımı. JCoDe: Journal of Computational Design, 2(2), 173-198. <https://doi.org/10.53710/jcode.969320>

Anahtar Kelimeler: Müzik Etkileşimi, Interaktif Sergi, Hücresele Özdevinim, Müzik ve Mimarlık, Belirme

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Müzik ve mimarlık disiplini ortak paydada çok fazla terim ve yaklaşım barındırmaktadır. Ritim, armoni, oran gibi kavramlar müzik alanında da mimarlıkta da benzer ifade biçimleri olarak kullanılmaktadır. Goethe müzik ve mimarlık ilişkisi için “Mimari, dondurulmuş müziktir ve müzik akan mimaridir” tanımlamasında bulunmuştur (1749-1832). Deleuze ise bu ilişkiyi, sesin görüntü kadar mekansal olduğu ve sesli olmayan malzemelerin de müziğe dahil olduğu yönünde yorumlamıştır (Baker, 1996) Goethe'nin yaşadığı dönemde mimarlık statik bir heykel olarak inşa edilirken, gelişen teknoloji sayesinde günümüzde antitezi sayılabilecek çalışmalara rastlanmış ve “mimarlık da müzik kadar akışkandır” savı üzerinde çalışma kapsamı şekillendirilmiştir. Bu savdan yola çıkılarak, müzikal kompozisyonların mimari bir eleman olan duvar üzerinde görselleştirilmesi üzerine çalışılmıştır.

Tasarlanan duvar eşit panellerden oluşmaktadır ve her bir panel hücresele özdevinimde olduğu gibi etrafındaki panellerle komşuluk ilişkisi kurarak bir hücre gibi davranmaktadır. Müzik kadar akışkan bir görselleştirmenin var olabilmesi için panellerin çevresi ile etkileşimde olması, müzikle eş zamanlı bir biçimde yayılan ve sönümlenen karakter göstermesi gerekmektedir. Bu nedenle hücresele özdevinim, çalan müziğin anlık karakterini temsil edecek biçimde farklı kural setleri tanımlama aracı olarak kullanılmıştır.

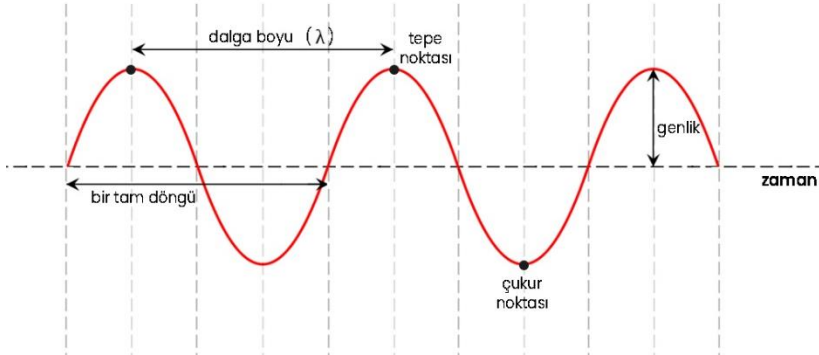
Çalışmada hedeflenen akışkanlık temsili iki tasarım girdisi sayesinde var olmaktadır; ortamda çalan müziğin yüksekliğinin sayısal değeri ve kullanıcı etkileşimleri. Kullanıcı etkileşimi ile çalışmaya başlayan hücresele özdevinim kuralları, müziğin anlık yüksekliği ile değişmektedir. Bu iki değişkenin, zaman çizgisinde lineerlikten uzak dinamik karakter gösterdiği göz önünde bulundurulduğunda duvar üzerinde üretilen motifler, çalan müzik ve kullanıcı etkileşimleriyle ön görülemez biçimde farklı varyasyonlarla doğmaktadır. Beliren bu motiflerin müzikle zaman kayması yaşamadan okunabilmesi için simülasyon teknolojisi mevcut programlara görece daha gelişmiş olan Unreal Engine 4.26 içerisinde çalışma tamamlanmıştır. Unreal Engine içerisinde düğüm tabanlı bir kodlama arayüzü olarak çalışan Blueprint'te çalışmanın algoritması kurulmuştur.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI (LITERATURE REVIEW)

Bu çalışma kapsamında, müziğin temsili noktasında çekilecek olan ses verisinin belirlenmesi için ses dalgalarının ölçülebilir bileşenleri araştırmalara dahil edilmiştir. Müzik ve mekan ilişkisi tarihsel süreç içerisinde okunmuş, güncel gelişmeler araştırılmıştır. Proje çıktılarının değerlendirilebilmesi adına belirme kavramı uygulama örneği üzerinden araştırmalara dahil edilmiştir.

2.1 Müzik ve Ses Dalgaları (Music and Sound Waves)

Ses, ortamda (tipik olarak hava) titreşimle yayılan bir dalgadır. Müzik ise insanlar tarafından organize edilen, anlamlı sesler bütünüdür. Müziği gürültüden ayıran temel nokta çıkan ses dalgalarının düzenlenmesidir. Ses dalgalarının boyu sesin frekansını belirler. Frekans, ses dalgalarının saniyedeki titreşim sayısının ölçüsüdür ve birimi Hertz (Hz)'dir. Dalga boyu, bir ses dalgasının bir tam döngüsünde kat ettiği mesafedir (**Şekil 1**). Dalga boyu ve frekans ters orantılıdır. Dalga boyu yükseldikçe frekans küçülür, daha kalın sesler duymamıza neden olur.



Şekil 1: Zaman içerisinde yayılan bir ses dalgasının grafiksel temsili (Graphical representation of a soundwave spread over time).

Genlik ise ses dalgasının yüksekliğinin (tepe ve çukur noktası arasındaki farkın) yarısıdır (**Şekil 1**). Ses dalgalarının genliğinin büyük olması daha yüksek, şiddetli ses duymamıza neden olur. Düşük genlikli sesler ise daha zayıf duyulur. Bir müzik çalarken, ortamda titreşerek yayılan dalga formunun anlık genliği sürekli değişmektedir. Ses genliği desibel (dB) cinsinden ölçülür.

Nota, müzik seslerini belirtmeye, göstermeye yarayan, kararlaştırılmış im, müzik yazısıdır. (Oxford Languages) Müzisyenler, bir notanın yüksekliğini dinamik seviyesi olarak adlandırmaktadır. Notalarda

simgelenen dinamik sembollerle çıkacak sesin yüksekliği belirlenir, bu dinamik seviye ölçülebilen desibel düzeyine karşılık gelir. Dinamik seviye, sayısal veri olarak anlık genlik değeri ile eşleştirilebilir. Temel dinamik terimleri, sembolleri ve anlamları aşağıdaki tabloda (**Tablo 1**) özetlenmiştir.

Tablo 1: Temel dinamik terimleri, sembolleri ve anlamları listesi (List of basic dynamic terms, symbols and meanings).

Terim	Sembol	Anlam
<i>pianississimo</i>	<i>ppp</i>	olabildiğince hafif, sessiz
<i>pianissimo</i>	<i>pp</i>	çok hafif, sessiz
<i>piano</i>	<i>p</i>	hafif sesle
<i>mezzo piano</i>	<i>mp</i>	orta derecede hafif
<i>mezzo forte</i>	<i>mf</i>	orta derecede güçlü
<i>forte</i>	<i>f</i>	güçlü, sesli
<i>fortissimo</i>	<i>ff</i>	forte'den daha güçlü
<i>fortississimo</i>	<i>fff</i>	olabildiğince güçlü ve sesli

2.2 Belirme ve Tasarım (Emergence and Design)

Herbert A. Simon belirme kavramını, sistemlerin alt bileşenlerinin ayrı ayrı var olmayan karşılıklı ilişkilere sahip olduğu şeklinde açıklamıştır (Simon & Laird, 2019). Simon'a göre alt sistemler ve sistem bileşenleri yeni sistem özellikleri ve ilişkileri doğurur ve bu belirme durumu mekanik açıklamaları reddeden yaratıcı bir durumdur. Tom Wiscombe (2005) ise; görece basit parçaların görece basit etkileşimler sonucu iyi organize olmuş, kuvvetli bütünlük oluşturması şeklinde tanımlamıştır. Bu tanımlamalardan yola çıkarak belirme kavramını holizm (bütünsellik) görüşü ve sistem teorisi ile ilişkilendirerek açıklamak mümkündür.

Holizm, ilk defa General Jan Christiaan Smuts tarafından, Holizm ve Evrim kitabında "doğada evrimsel süreç geçiren parçaların kendi toplamından daha büyük bütünlük oluşturma eğiliminde olması" şeklinde tanımlanmıştır (Smuts, 1926). Sistem teorisine göre "bir sistem, ortak bir amaca ulaşmak için organize bir şekilde birlikte çalışan parçalardan oluşan bir ilişkidir" (Buchanan, 2019).

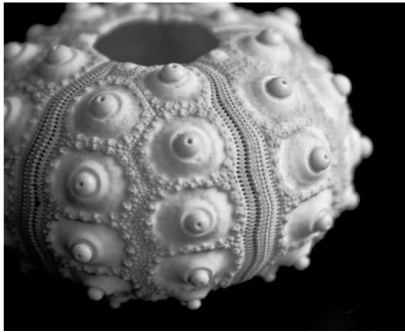
Doğada, canlı ve cansız formlar sistemleri ve birleşerek daha kompleks sistemleri oluşturdukları için belirme durumuna sıklıkla rastlanır. En belirgin ve gözlemlenebilen örneklerinden biri sürü hareketidir. Arılar, balıklar ve kuşlar birleşerek, bireysel davranışların ötesinde örgütlenmiş, kompleks yeni davranışlar sergilerler. **Şekil 2'**de görülen

karınca yuvası kesiti Apicotermes termitleri tarafından inşa edilmiştir. Termitler basit bir dizi kural izleyerek sürü halinde bu karmaşık formu inşa edebilmektedir. (Hensel, Menges & Weinstock, 2012)



Şekil 2: Apicotermes termitlerinin oluşturduğu karınca yuvası (solda) ve düşey kesiti (sağda) (An ant nest produced by apicotermes termites and its vertical section) (Hensel, Menges, & Weinstock, 2004).

Doğadaki karmaşık sistemler ve belirme durumları mimarlığa da ilham olmuştur. Biçim bulma çalışmalarının temel hareket noktası doğadaki belirme durumlarıdır. 2011 yılında Hesaplamalı Tasarım Enstitüsü (ICD), Yapı ve Yapısal Tasarım Enstitüsü (ITKE) ve Stuttgart Üniversitesi işbirliği ile deniz kestanelerinin (**Şekil 3**) iskelet morfolojisini inceleyerek, hesaplamalı tasarım ve simülasyon sistemlerini bu incelemeler ışığında kullandığı ahşap bir pavyon (**Şekil 4**) inşa etti.



Şekil 3: Echinoidea deniz kestanesinin makro çekimi (A macro photo of a sea urchin) (La Magna, Waimer & Knippers 2012).

Deniz kestanesinin iskeletinin plakalardan oluşan bir modüler sistemde olması, bu plakaların birleştirilmesiyle yüksek yük taşıma kapasitesine erişebilmesi ve bağlantılarının kalsit çıkıntılarla gerçekleşmesi gibi morfolojik analizler, tasarım ekibi tarafından pavyonun tasarım kararlarına entegre edilmiştir. Tasarım geleneksel anlamda form oluşturma şeklinde değil, simülasyon ve deneylerle form bulma süreci

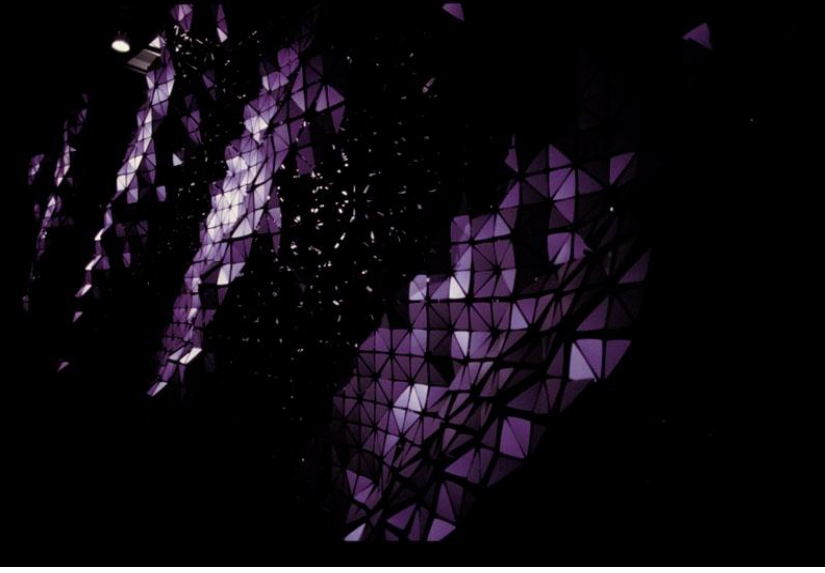
şeklinde tamamlanmıştır. Tasarım sürecinde sonlu eleman simülasyonları ile üretilen formlar analizlenmiş, yapısal laboratuvar testleri gerçekleştirilmiş ve en optimize tasarım robot kollarla üretilmiştir. Bu sayede tasarlanan ahşap yapı yüklere dayanıklı ve hafif bir kabuk haline getirilebilmiştir.

Şekil 4: ICD / ITKE Araştırma Pavyonu 2011 (ICD/ITKE Research Pavilion) (Menges, 2011).



2.3 Müzik, Veri ve Mekân İlişkisi (The Relationship Between Music, Data and Space)

Müzik ve mimarlık birbirini tarih boyunca beslemiştir. Vitruvius, “Mimarlık Üzerine On Kitap” kitabında müzikal oranların mimariye yansıtılmasından bahsedilmiştir. Kitabın öğretilerine uygun olarak Alberti, Tempio Malaestiano yapısının cephe tasarımında müzikal oranlar kullanmıştır. Benzer biçimde Mimar Sinan’ın Selimiye Camii’nde düşey oranlarda müzikal oranlar kullandığı gözlenmektedir. Doğrudan oranlamaların ötesinde müzik, mimarlara kompozisyon oluştururken de ilham kaynağı olmuştur. (Holl, Stretto Evi, 1992), (Libeskind, Yahudi Müzesi, 1999).



Şekil 5: Aegis Hyposurface dECOi Architects, 2001 (Goulthorpe, Burry & Dunlop, 2001).

2003-2004 yılları arasında Centre Pompidou'da yer alan Standart Olmayan Mimariler sergisinde sergilenen Aegis Hyposurface (Şekil 5) çalışması mimarlığın donmuş bir heykel olmasının ötesinde, çevre etkileşimleri ile harekete geçen akışkan bir yapıya bürünebileceğine örnek teşkil etmektedir. Çevreden gelen elektronik uyarılara (hareket, ses, ışık, vb.) gerçek zamanlı bir yanıt olarak fiziksel olarak deforme olma potansiyeline sahip metalik bir yüzey olarak tasarlanan bu enstalasyonda, statik yüzeylerin çevre ile etkileşime geçerek kinetik hale gelebildiği görülmektedir.



Şekil 6: WDCH Dreams (Anadol, 2018).

Hesaplamalı tasarım yöntemleri ile günümüzde verileri görünür kılmak mümkün olmaktadır. Refik Anadol'un çalışmalarında makine öğrenmesi ve yapay zekâ ile verilerin mimari yapılarla etkileşime girebildiğini

görebilmekteyiz (**Şekil 6**). WDCH Dreams projesi kapsamında 587.763 görüntü dosyası, 1.880 video dosyası, 1.483 meta veri dosyası ve 17.773 ses dosyası taranmış, makine öğrenmesi sayesinde bu veriler sanatsal olarak yorumlanmış ve ortaya yeni bir görüntü, ses kurgusu çıkmıştır. Bu yeni üretim için Frank Gehry'nin tasarladığı Walt Disney Konser Binasının cephesi tuval olarak kullanılmış, çalışma cepheye projekte edilmiştir.

3. AMAÇ, YÖNTEM VE KAPSAM (PURPOSE, METHOD AND SCOPE)

Bu çalışma kapsamında hesaplamalı tasarım yöntemleri ile mimarlığın yalnızca statik bir katı form olarak kalmadan müzik ve insan etkileşimine girebileceğini gösterme gayesi güdülmektedir. Bu noktada müziğe bir öykünme veya müzikten esinlenen bir konsept kurgulaması yapılmadan, müzik verileri sayısal modelleme ortamında mimarlık eksenli bir görsel temsile dönüştürülmüştür. Müziğin görülemeyen varlığını görünür kılmak için okunan müzik verileri, görsel olarak müzikle birlikte değişen dinamik bir ışık, renk veya harekete dönüştürülebilir. Bu doğrultuda belirlenen bir müzik kaynağından veya kayıttan veriler çekilerek, girdisi çalan müziğin anlık genlik değeri olan kullanıcı etkileşimli bir duvar tasarımı yapmak amaçlanmaktadır.

Çalışmanın geldiği noktada, bu duvar tasarımı fiziksel olarak inşa edilmemiş, bilgisayar ortamında Unreal Engine oyun motoru kullanılarak simüle edilmiştir. Tasarım sürecinde hücresel özdevinimden yararlanılarak, üretken bir sistem kurgulanmıştır. Izgara biçiminde eşit ölçülü panellerden oluşacak olan bu duvar, kullanıcının etkileşime geçtiği panellerden başlayarak (fiziksel üretim halinde kullanıcının panele dokunma durumu simülasyonda fare tıklaması olarak temsil edilmiştir) ortamdaki sesin anlık genliğine göre komşu panellere yayılacaktır.

Tasarım girdisi olarak iki ana değişken kullanılmıştır. Bunlardan ilki çaldığı süre boyunca o andaki genlik değeri ile önceden belirlenmiş hücresel özdevinim kurallarından hangisinin işleyeceğini belirleyen müzik, ikincisi panellere dokundukça hücresel özdevinim kurallarının işletilmesini tetikleyecek olan insan etkileşimi.

Projenin hedeflediği sonuç algoritmik olarak üretilebilecek şekilde kurgulanmış tek bir sistem değildir. Birden fazla sistemin birbiriyle etkileşmesiyle beliren motifler oluşturmak hedeflenmektedir. Bu karmaşık sistemin alt sistemlerinden birinin çıktısı, kullanıcıların panellerle etkileşime geçtiği anda müzikle senkron olarak üreilmeye başlanan motiflerdir. Bir diğer alt sistemin çıktısı ise farklı kullanıcıların farklı anlarda ürettiği motiflerin birbiriyle çarpışması ile beliren yeni motiflerdir.

3.1 Hücresel Özdevinim (Cellular Automata)

Hücresel Özdevinim belirli bir ızgara düzeni ve zaman diliminde, komşu hücrelerin durumlarına göre işleyen bir kurallar dizisine bağlı olarak her biri belirli sayıda tanımlı durumlardan birini temsil eden hücrelerden oluşur (Terzidis, 2006). Bu çalışma kapsamında hücresel özdevinimin seçilme sebeplerinden biri kullanıcının tasarımıyla aktif olarak etkileşime geçmesinin istenmesidir. Merkezi bir odak/kontrol noktası olmadığından, cepheye farklı konumlardan yaklaşan kullanıcılar tasarımıyla etkileşime geçebilirler.

Diğer bir sebep de hücresel özdevinimde komşuluk ilişkilerinin tasarımın bütününe etkili olmasıdır. Her ses dalgasının birbiri üzerinde yarattığı etkinin bu komşuluk ilişkileriyle görselleştirilebilmesi mümkün olabilmektedir. Nitekim hücresel özdevinim de tasarım girdisi olarak alınacak müzikle benzer karakter göstermektedir. Müzik gibi kendi içerisinde bir düzeni, kuralları olan bir noktadan başlayıp artan, azalan, sönümlenen dalgalanmalar gösterebilen bir sistemdir. Bu noktada hücresel özdevinimin bu tasarımı ortaya çıkaracak enstrüman olarak kullanması hedeflenmiştir.

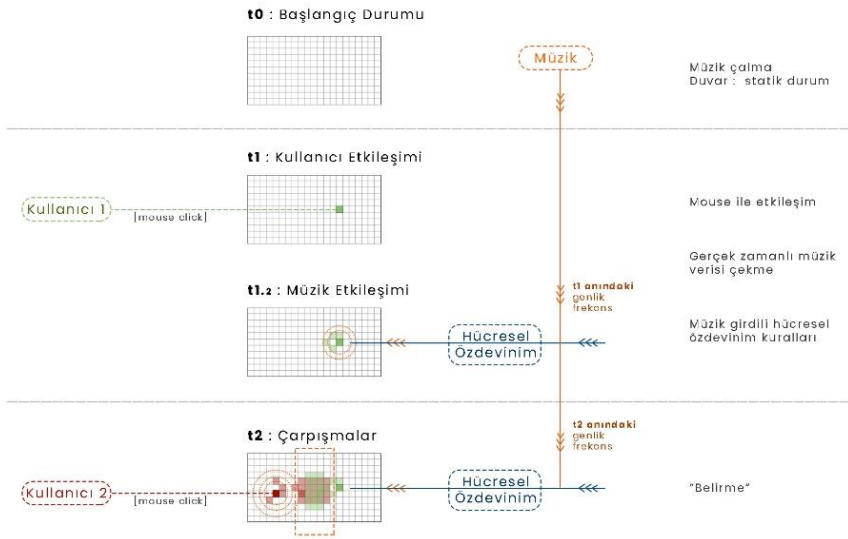
3.2 Araçlar, Girdiler ve Akış Şeması (Tools, Inputs and Flowcharts)

İlk aşamada Queen tarafından bestelenen Bohemian Rhapsody, orkestra ve farklı enstrüman içeriği nedeniyle ses ve ritim zenginliği açısından veri çekilecek parça olarak seçilmiştir. Ses dosyası analizlendikten sonra, her karedeki genlik değerleri sayısal olarak çekilerek tasarımda girdi olarak kullanılmıştır. Girdi haline dönüştürülen genlik değerleri belirlenen hücresel özdevinim kuralları doğrultusunda cephe panellerinde renk değişimi ile tasarıma yansıtılmıştır.

Bu çalışma kapsamında her bir cephe paneli bir hücre olarak tanımlanmış, müzik şiddetine göre komşuluk ilişkileri ve etki yoğunluğu belirlenerek, müziğin hissettirdiği etkinin görselleştirilmesi üzerine geliştirilmiştir. Komşuluk ilişkileri, genliği fazla olan ses dalgasının etkilediği ve renklendirdiği komşu hücreler de diğer ses dalgalarına nazaran daha fazla olacak şekilde belirlenmiştir. Böylece o anda çalan müziğin genliği ve duvar üzerindeki hücre yayılımı doğru orantılı hale getirilmiştir.

Çeşitli denemeler ardından çalışmanın Unreal Engine arayüzü üzerinden devam edilmesine karar kılınmıştır. Bu kararın ana sebeplerinden biri Grasshopper arayüzünün gerçek zamanlı simülasyon yetisinin olmaması nedeni ile burada gerçekleştirilen denemelerin başarısız sonuçlanmasıdır. Bu başarısız denemeler sonucunda çalışmayı bu olanağı sunan Unreal Engine içerisinde çalışan Blueprint (Unreal Engine Documentation, 2021) kodlama arayüzüne taşıma kararı alınmış ve çalışmanın strüktürü burada yeniden kurulmuştur.

Çalışma okuma ve yazma kolaylığı açısından sekanslara bölünmüş ve her sekansda hangi girdilerin tasarıma dâhil edileceği çözümlenmiştir (**Şekil 7**). Başlangıç durumu için statik haldeki sergi duvarını temsil edecek olan eşit ölçülerdeki karelerden oluşan ızgara modellenmiştir. Daha sonra sistemin komşuluk ilişkileri ile yönlendirilebilmesi için bu kareler sayısal ortamda hücreler olarak tanımlanmış ve ızgara sistemi bütünü ile iki boyutlu bir matrisin temsili olarak atanmıştır. Daha sonra t1 anında aktif olarak işletilecek olan hücresel özdevinim kuralları belirlenmiştir, t1 sekansında, statik halde duran duvar ile kullanıcı etkileşimi başlamaktadır. Bu etkileşim modelleme ortamında fare tıklaması olarak temsil edilmiştir. Blueprint içerisinde, çalışma başında oluşturulan her bir hücre fare ile tıklanabilecek şekilde kodlanmıştır.

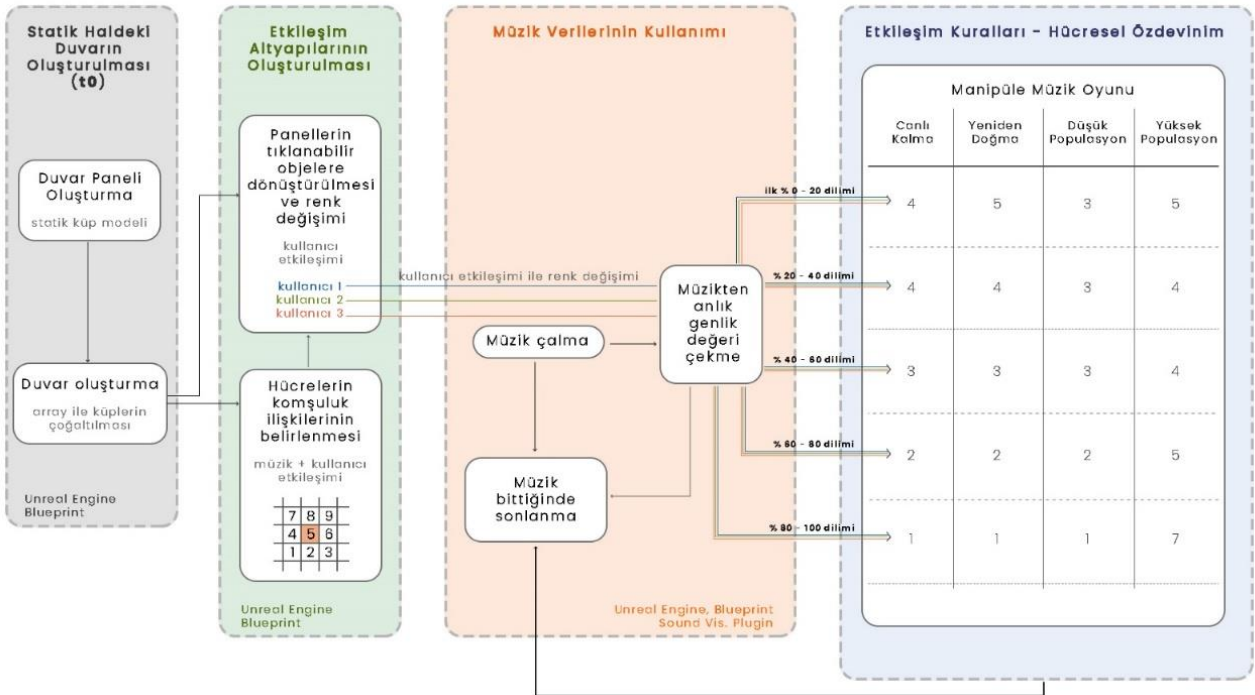


Şekil 7: Çalışmanın sekans diyagramı (Sequence diagram of the study) .

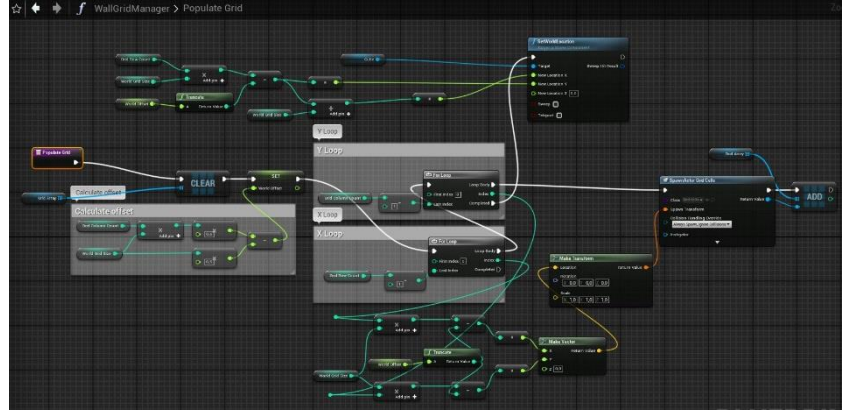
3.3 Algoritma (Algorithm)

Bir önceki bölümde sekans anlatılan akış bu bölümde arka planda çalıştırılan algoritmalar ile detaylandırılmıştır (Şekil 8).

Şekil 8: Algoritmaların genel akış diyagramı (Flow diagram of the algorithms) .

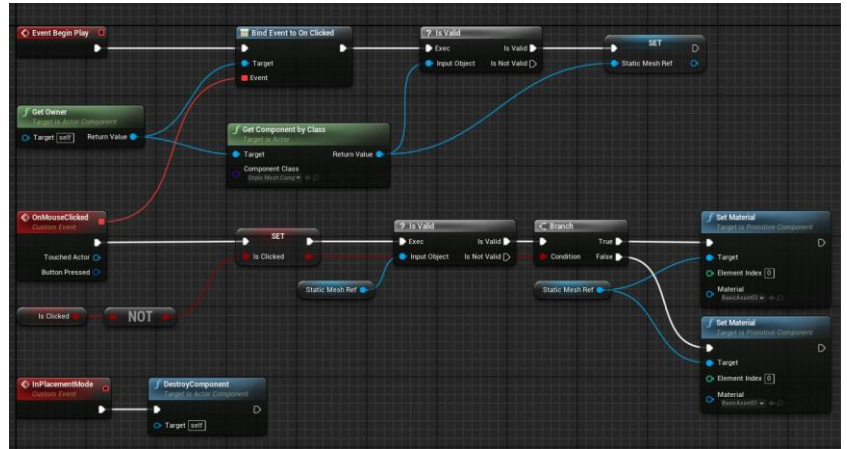


İlk aşamada Unreal Engine modelleme arayüzü içerisinde bir adet küp modeli oluşturulmuş ve daha sonra Blueprint kodlama arayüzünde bu küp modeli array halinde çoğaltılarak, her biri eşit panellerden oluşan bir duvar meydana getirilmiştir (Şekil 9).



Şekil 9: Eşit ölçülü panellerden oluşan duvarın Blueprint kodlama arayüzünde oluşturulması. (Creation of the wall equally panelized in Blueprint interface).

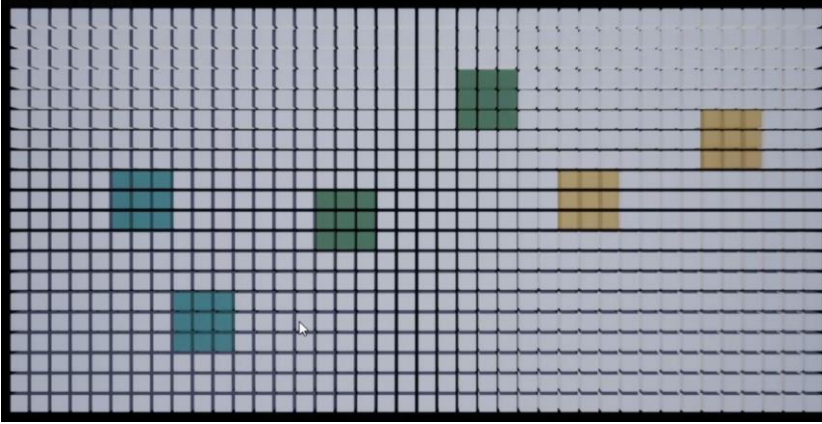
İkinci etapta, panellerin kullanıcı etkileşimine girebilmesi için simülasyon esnasında kullanıcı hareketlerini algılayabilen ve karşılığında tepkimeye girebilen objelere dönüşmesi gerekliliği nedeni ile sayısal ortamda bu etkileşimler, panellerin fare ile tıklanabilir objelere dönüştürülmesiyle temsil edilmiştir (Şekil 10).



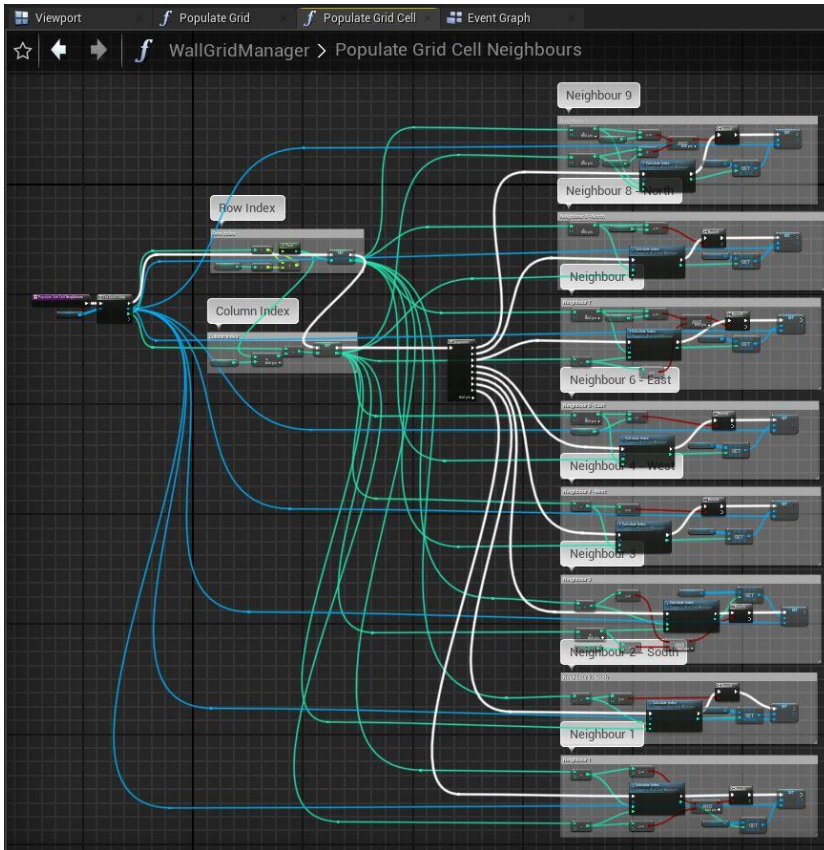
Şekil 10: Duvar panellerinin kullanıcı etkileşimlerini temsil eden tıklanabilir objelere dönüştürülmesi. (Creation of the wall equally panelized in Blueprint interface).

Öte yandan birden çok kullanıcının duvar ile etkileşime geçeceği düşünülerek, mevcut sistemde 3 adet kullanıcı farklı renkleri temsil edecek şekilde tanımlanmıştır. Bu farklı etkileşimlerin simülasyon esnasında aktif hale gelebilmesi için kullanıcı 1'i temsilen mavi renk klavyeden 1 tuşu ile, kullanıcı 2'yi temsilen yeşil renk klavyeden 2 tuşu ile, kullanıcı 3'ü temsilen turuncu renk klavyeden 3 tuşu ile aktif hale

gelecek şekilde kodlanmıştır (Şekil 11). Her bir kullanıcıya farklı renklerin atanmasının sebebi görsel olarak hangi kullanıcının hangi hücreleri canlı hale getirdiğini duvar üzerinde net olarak gözlemleyebilmektir. Nitekim projenin ana hedeflerinden biri kullanıcıların canlı hale getirdiği hücrelerin süreçte birbiri ile komşuluk ilişkisi kurdunda oluşturduğu beliren motiflerle interaktif ve akışkan bir tasarım ortaya koymaktır.

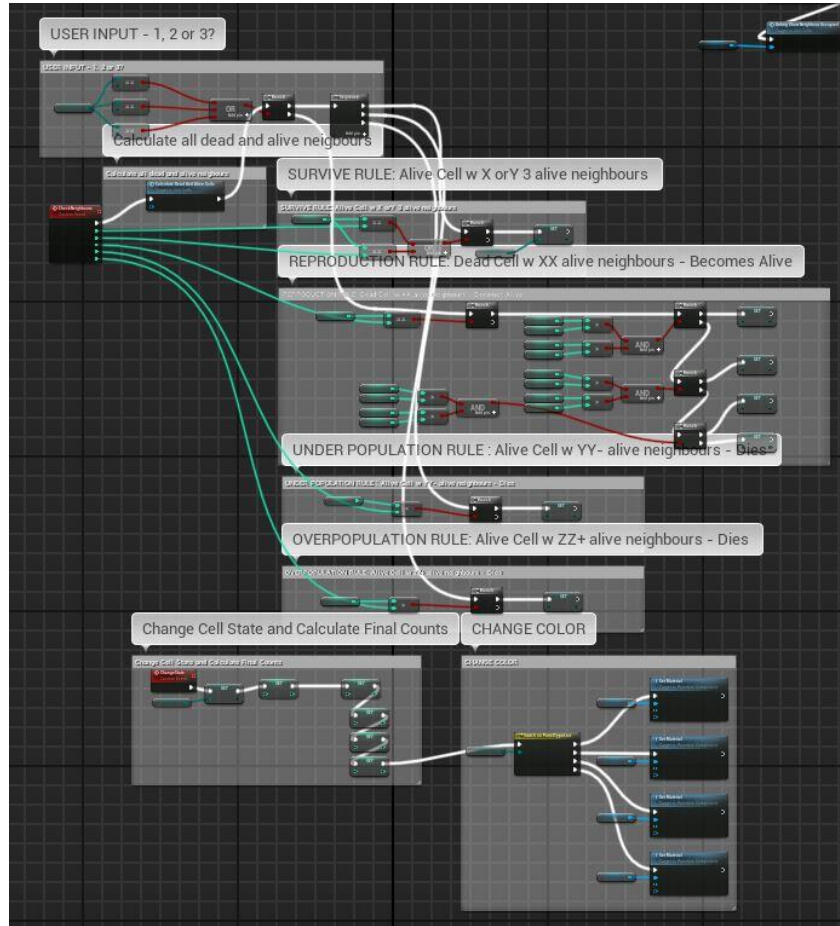


Şekil 11: Farklı kullanıcıların etkileşimlerinin duvar üzerinde farklı renklerle temsil edilmesi. (Kullanıcı 1 – mavi, kullanıcı 2 – yeşil, kullanıcı 3 – turuncu.) (Representation of the interactions of each users with the different colors).



Şekil 12: Hücrelerin komşuluk ilişkilerinin tanımlanması. (Defining the cells' neighbourhood relationships).

Şekil 11’de de görüldüğü üzere, sistemin hücresel özdevinim kuralları ile çalışabilmesi amacıyla her bir hücre için komşuluk ilişkileri tanımlandı (Şekil 12). Bu sayede her bir hücreye, t0 durumundaki bir fare tıklaması yani kullanıcı etkileşimi ile etrafındaki 8 komşu hücre ile birlikte aktifleşebildiği ilk başlangıç şekli atandı.

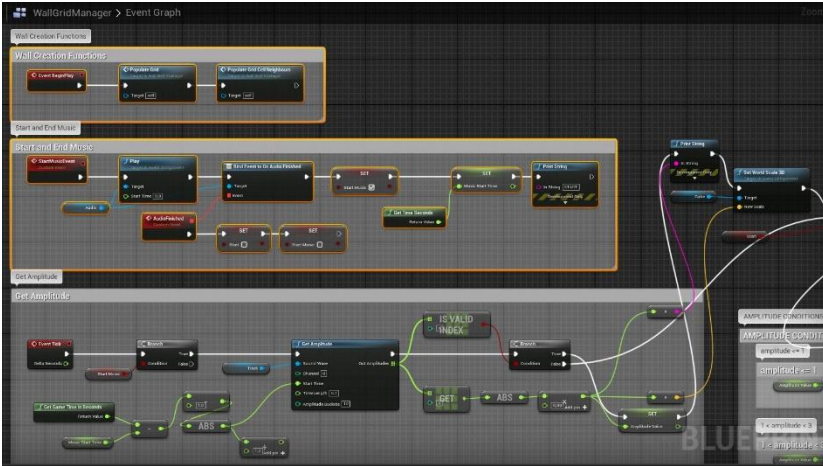


Şekil 13: Hücresel özdevinim kurallarının fonksiyonlaştırılması. (Functionalization of the rules of cellular automata).

Bir sonraki aşamada sistemin hücresel özdevinim kuralları ile doğru çalışıp çalışmadığını görmek adına en bilinen örneklerinden biri olan Conway'in Hayat Oyunu (1970) kuralları tanımlandı. Hayat oyunu kuralları ile sistemdeki komşuluk ilişkilerinin ve hücresel özdevinim kurallarının doğru çalıştığından emin olunduktan sonra, hücresel özdevinim kuralları; hayatta kalma, yeniden doğma, yalnızlaşma ve kalabalıklaşma olmak üzere 4 alt kural başlığı ile bir fonksiyon haline getirildi (Şekil 13). Bu fonksiyonlaştırmanın sebebi, bir ileriki aşamada müzik verileri ile bu kuralların rahat bir şekilde değiştirilebilmesi ve çoğaltılabilmeydi. Bu fonksiyon içerisinde her bir kullanıcı adına Şekil

11'de gösterildiği gibi tanımlanan farklı renklerin, hücrel özdevinim kuralları aktifleştirdiğinde de etkilediği hücrelerin kendi tanımlı renkleri ile devam edecek şekilde malzeme parametresi de tanımlanmıştır. Bu parametre ile ileriki aşamada kullanıcı çarpışmalarının doğurduğu yeni belirmelerin daha rahat gözlemlenebilmesi amaçlanmıştır.

Hücrel özdevinim kuralları fonksiyonlaştırıldıktan sonra bu kuralların müzik verileri ile işletilebilmesi adına simülasyon esnasında müziğin çalması ve müzik çalarken senkronize bir biçimde verilerinin kodlama arayüzünde okutulması ve işletilmesi koşulları tanımlandı (Şekil 14). Müzik çalarken sürekli değişen genlik verilerinin doğruluğundan emin olmak için bu sayısal veriler hem ekrana bastırıldı hem de ekran üzerinde tanımlanan bir küpün ölçek değerine bu veriler bağlanarak, senkronizasyon ve doğruluk testi yapıldı. Bu test küpünün, müziğin genliğinin arttığı anlarda çok büyüdüğü ve azaldığı anlarda küçüldüğü, doğru orantılı olarak çalıştığı gözlemlendi.



Şekil 14: Simülasyon esnasında müzik çalma ve müzik verilerinin senkron biçimde okunması. (Playing music and reading music data in synchronize during the simulation).

Doğruluk testi tamamlandıktan sonra Şekil 13'te tanımlanmış olan hücrel özdevinim fonksiyonu çağrıldı ve çalan müzikle birlikte hücrel özdevinim kuralları anlık olarak çekilen genlik değerlerine bağlanarak çalıştırıldı. Genlik değerinin kullanılmasının ana sebebi müzikteki dinamiklik kavramı ile ilişkilendirilebilir olmasıdır. Çalışmada kulağın algıladığı müziğin sesi ile gözün algıladığı panel renklerinin yayılma durumunun eş zamanlı olabilmesi için hücrel özdevinim kurallarının genlik değerlerine göre dinamiklik göstermesi şarttı. Aksi takdirde sistem yalnızca hücrel özdevinim kurallarına göre işleyecek ve müziğin akışkanlığının yaratacağı belirme motifleri gözlemlenemeyecekti. Bu nedenle daha önce müzik ve ses dalgaları

(Bölüm 2.1) araştırmalarında bahsedilen müzikteki temel dinamik seviyeleri tablosu (Tablo 1) beş grupta toplandı ve yüzdesel olarak anlık genlik değerleri ile eşlendi.

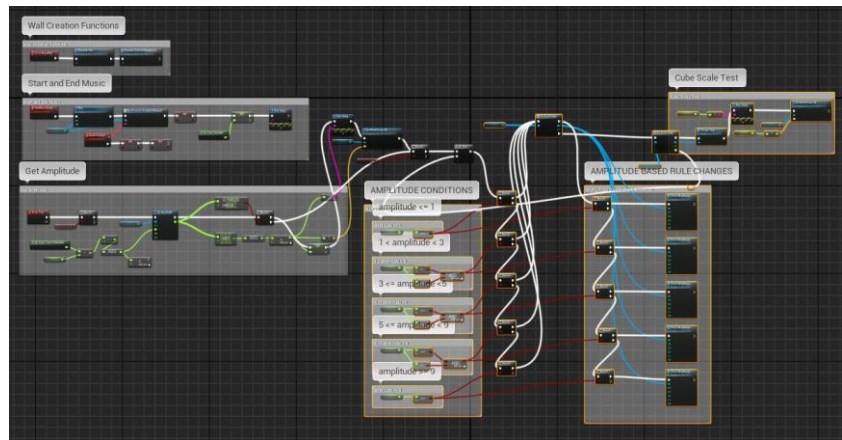
Genlik dilimi	Terim	Sembol	Anlam
% 0 - % 20	pianississimo	<i>ppp</i>	olabildiğince hafif, sessiz
	pianissimo	<i>pp</i>	çok hafif, sessiz
% 20 - % 40	piano	<i>p</i>	hafif sesle
% 40 - % 60	mezzo piano	<i>mp</i>	orta derecede hafif
	mezzo forte	<i>mf</i>	orta derecede güçlü
% 60 - % 80	forte	<i>f</i>	güçlü, sesli
% 80 - % 100	fortissimo	<i>ff</i>	forte'den daha güçlü
	fortississimo	<i>fff</i>	olabildiğince güçlü ve sesli

Tablo 2: Müzik dinamiğinin genlik yüzdeleri ile eşlenmesi (Pairing the music dynamic with amplitude ratios).

Öncelikle çalan müziğin en düşük ve en yüksek genlik değeri üzerinden akan genlik verileri yüzdelik dilimlere bölünerek, en düşük (sıfır) genlik değerinden, en yüksek genlik değerine kadar yüzde yirmilik 5 adet dilime bölünerek (Tablo 2), 5 farklı hüresel özdevinim kuralı çalıştırıldı (Şekil 15). Düşük genlik değerlerinde daha az hayatta kalan, yüksek genlik değerlerinde ise daha yayılcı ve hayatta kalma oranı yüksek hücreler elde edebilmek için kurallarda bu farklılaşmaya gidildi.

En düşük ilk yüzde yirmilik genlik değerindeki kural setinde;

- Canlı hücrelerin 3'den az canlı komşu hücresi var ise ölmesine,
- 4 canlı komşu hücresi var ise hayatta kalmasına,
- 5'den çok canlı komşu hücresi varsa ölmesine;
- Ölü hücrelerin 5'den fazla canlı komşu hücresi var ise canlanmasına karar verilmiştir.



Şekil 15: Hüresel özdevinim kurallarının müzik genlik değerine göre anlık olarak değiştirilmesi (Simultaneous change of cellular automata rules in accordance with the music amplitude values).

İkinci yüzde yirmilik genlik değerindeki (%20-40) kural setinde;

- Canlı hücrelerin 3'den az canlı komşu hücresi var ise ölmesine,
- 4 canlı komşu hücresi var ise hayatta kalmasına,
- 4'den çok canlı komşu hücresi varsa ölmesine;
- Ölü hücrelerin 4'den fazla canlı komşu hücresi var ise canlanmasına karar verilmiştir.

Üçüncü yüzde yirmilik genlik değerindeki (%40-60) kural setinde;

- Canlı hücrelerin 3'den az canlı komşu hücresi var ise ölmesine,
- 3 canlı komşu hücresi var ise hayatta kalmasına,
- 4'den çok canlı komşu hücresi varsa ölmesine;
- Ölü hücrelerin 3'den fazla canlı komşu hücresi var ise canlanmasına karar verilmiştir.

Dördüncü yüzde yirmilik genlik değerindeki (%60-80) kural setinde;

- Canlı hücrelerin 2'den az canlı komşu hücresi var ise ölmesine,
- 2 canlı komşu hücresi var ise hayatta kalmasına,
- 5'den çok canlı komşu hücresi varsa ölmesine;
- Ölü hücrelerin 2'den fazla canlı komşu hücresi var ise canlanmasına karar verilmiştir.

En yüksek yüzde yirmilik genlik değerindeki (%80-100) kural setinde;

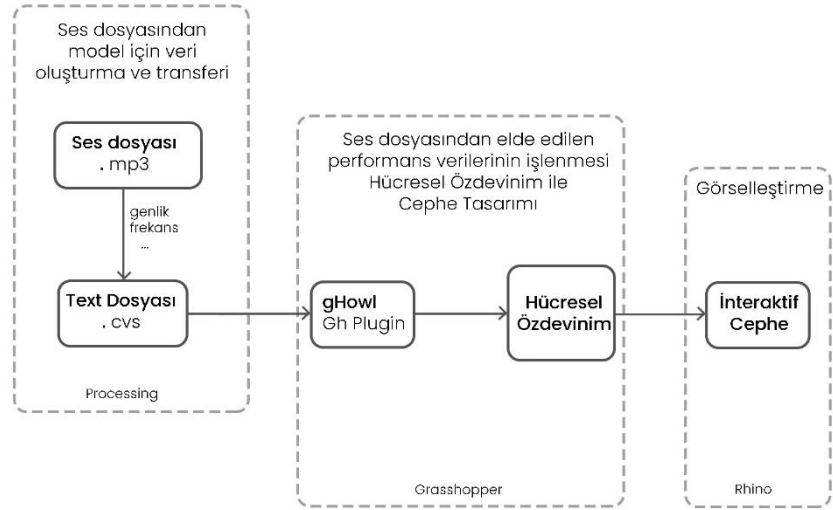
- Canlı hücrelerin 1'den az canlı komşu hücresi var ise ölmesine,
- 1 canlı komşu hücresi var ise hayatta kalmasına,
- 7'den çok canlı komşu hücresi varsa ölmesine;
- Ölü hücrelerin 1'den fazla canlı komşu hücresi var ise canlanmasına karar verilmiştir.

Bu kural setleri sayesinde, kullanıcının etkileştiği panel (hücre) sayısı müzik çaldıkça sesin gücüyle doğru orantılı olarak değişmekte ve müzik devam ettiği sürece ön görülemeyen yeni motifler üretebilmektedir.

4. DENEMELER (EXPERIMENTS)

Çalışma başlangıcında bütün akış şeması Rhinoceros ile birlikte çalışan Grasshopper plugini üzerinden kurgulanmıştır (**Şekil 16**). Belirlenen çalma parçası Processing (Processing Sound, 2021) kodlama arayüzünde analizlenerek her karedeki genlik ve frekans değerleri csv dosyası olarak kaydedilmiştir. Ses dosyalarından model oluşturmak için

gerekli performans verileri bir text dosyası olarak kaydedildikten sonra Grasshopper içerisinde bulunan gHowl ve Mosquito plug-inlerini sayesinde, Grasshopper içerisinde okunabilir hale getirilebilmiştir. Grasshopper içerisinde girdi olarak alınabilir hale getirilen bu ses parametreleri, belirlenen hücresel özdevinim kuralları doğrultusunda cephe panellerinde renk değişimi olarak tasarıma yansıtılmaya çalışılmıştır.

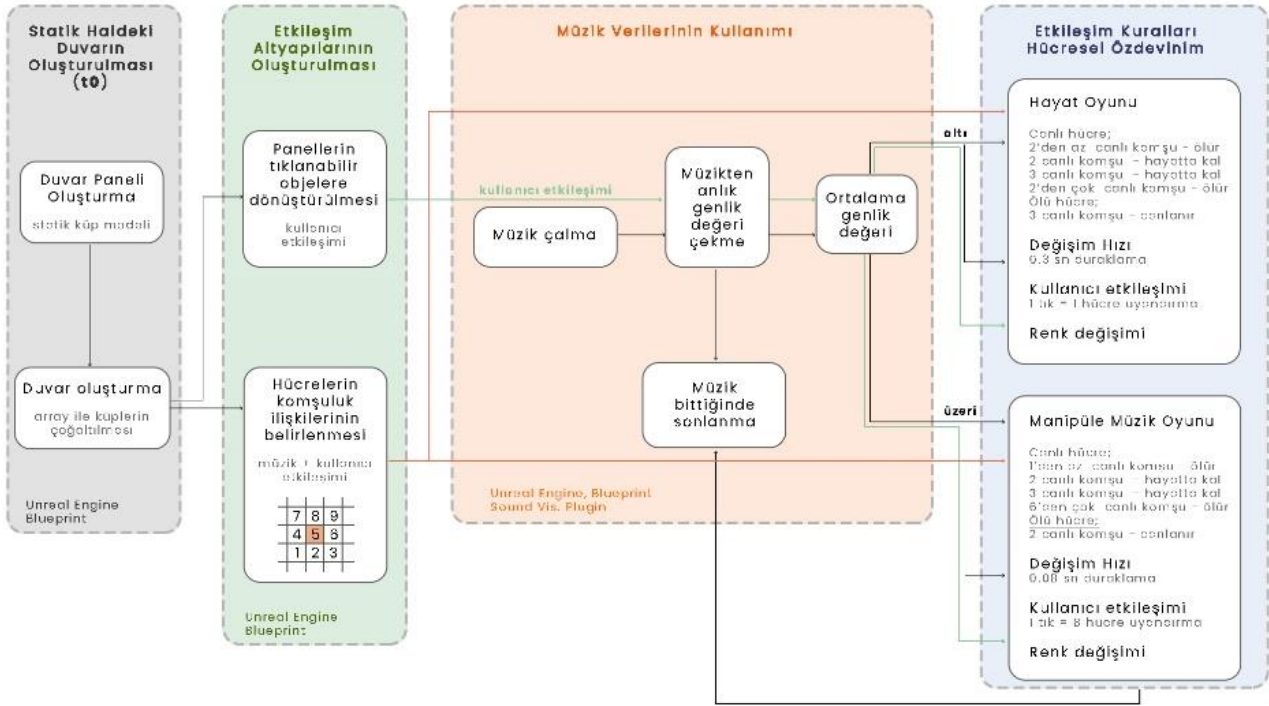


Şekil 16: Grasshopper arayüzünde ilerletilmesi planlanan proje akışı (Project flow planned to proceed on Grasshopper interface).

Ancak bu noktada, ayrı ayrı olarak ses dosyasının okunması, kullanıcı etkileşimi ve hücresel özdevinim kuralları hatasız çalışabiliyorken; bu üç ayrı durum bir araya getirildiğinde Rhinoceros üzerinde modellenen duvarda müzik ile eşzamanlı olarak hücresel özdevinim kuralları simüle edilememiştir ve program kapanmıştır. Bu nedenle bütün sistem gerçek zamanlı simülasyon teknolojisi üzerine inşa edilmiş Unreal Engine ve entegre olarak çalışan düğüm tabanlı Blueprint kodlama arayüzü içerisinde baştan kurulmuştur.

Sistem doğru bir şekilde çalışır hale getirildikten sonra ilk etapta müzik genlik değerleri, ortalama altında kalacak olanlar hayat oyunu kurallarını çalıştıracak, ortalama üzerinde kalanlar ise daha yayılmacı oluşumlar gösterecek manipüle edilmiş hayat oyunu kurallarına uyacak şekilde yalnızca 2 farklı durum tanımlanmıştır (Şekil 17). Ancak bu iki kural setinin müzik etkisini güçlü bir biçimde ifade etmede yeterli olmadığı gözlenmiş ve Şekil 4'te detaylı olarak tanımlanmış müzik

dinamikleri kategorizasyonu ile 5 farklı kural seti halinde revize edilmiştir.



Bunun dışında çeşitli denemeler esnasında müziğin yaklaşık 2. dakikalarında senkronizasyonun bozulmaya başladığı ve birkaç saniyelik gecikmeler yaşandığı gözlenmiştir. Bu nedenle çalma parçası yaklaşık birer dakikalık bölümlere bölünmüş ve birer dakikalık simülasyonlar birleştirilerek tüm parça oluşturulmuştur. Bu durum çözülmekle birlikte nedeninin hücresel özdevinim kurallarının kendi işleme süresinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

5. SONUÇ (CONCLUSION)

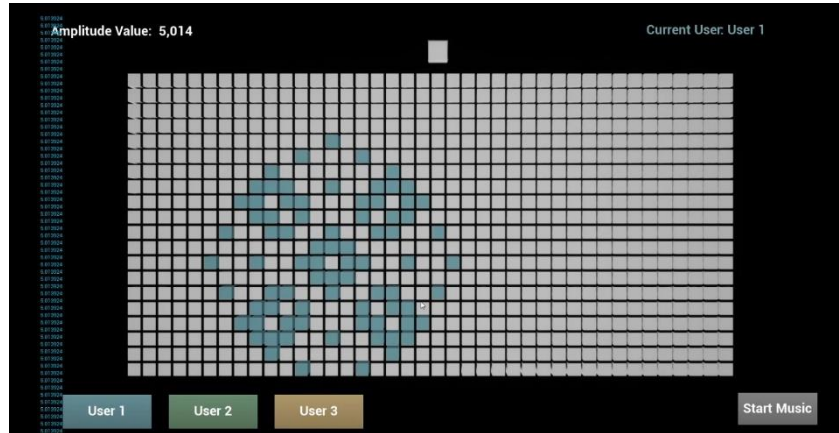
Bu bölümde çalışmanın çıktıları simülasyondan alınan ekran görüntüleri ile karşılaştırılmalı bir biçimde açıklanmış ve belirme durumları tartışılmıştır. Çalışmanın video hali online platformda yayınlanmıştır: <https://youtu.be/edeacrCDK2A>

Şekil 17: Yalnızca iki kural seti ile tanımlanmış algoritma şeması (Algorithm schema defined with two rule sets).

Anlık genlik değerinin etkisi

Şekil 18’de kullanıcı müzik çalmaya başladığında bir kere panellere dokunduğu an oluşan motif görüntülenmektedir. Şekil 19’da ise daha önce detaylandırılan algoritma sayesinde (Bölüm 3.3) genlik değeri 5.014’ten 8.686’ya yükseldiğinde duvar üzerindeki yayılma etkisi verilmiştir. Bu yayılma etkisinin anlık genlik değeri ile (ekranda sol üstte görölmektedir) doğru orantılı olarak arttığı görölmektedir. Kullanıcının etkisi ve o an çalmakta olan müzik verileri ile arka planda hücresel özdevinim kurallarını çalıştıran bu sistemde, aynı müziğin farklı sürelerinde farklı motifler ortaya çıkmaktadır (Şekil 18, Şekil 19). Aynı müziğin birbirine çok yakın (aynı yüzdelik dilimde ve aynı kuralların işletildiği) genlik değerinde dahi, metot olarak hücresel özdevinimin kullanılması ve motiflerin birbiri üzerinden evrilmesi nedeni ile farklı sonuçlar doğmaktadır. Bu farklılaşma durumu, çalışmanın başında üzerinde tartışılan müziğin akışkan olma durumunun görsel olarak yansıtılabileceğini göstermektedir.

Şekil 18: Genlik değeri 5.014’e yükseldiği anda alınan ekran görüntüsü (Screenshot taken when the amplitude risen to 5.014).



Şekil 19: Genlik değeri 8.686’e yükseldiği anda alınan ekran görüntüsü (screenshot taken when the amplitude risen to 8.686).



Kullanıcı etkileşiminin etkisi:

Çalışmada birden fazla kullanıcı etkileşimi olabilmesi nedeniyle ortamda birebir aynı müziğin çalması durumunda bile her saniyede farklı motifler üretilebilmektedir (Şekil 20, Şekil 21). Duvar ile etkileşime geçen farklı kullanıcıların neden olduğu yayılmanın büyüklüğü, her bir kullanıcıya atanan farklı renkler aracılığı ile gözlenebilmektedir.



Şekil 20: Aynı müziğin aynı saniyesinde (yüksek genlik değeri grubu) farklı motiflerin belirme durumları (Appearance of different patterns (high amplitude value group) during on the same second of the same music).



Şekil 21: Aynı müziğin aynı saniyesinde (düşük genlik değeri grubu) farklı motiflerin belirme durumları (Appearance of different patterns (low amplitude value group) during on the same second of the same music).

Renk yoğunlukları karşılaştırıldığında farklı kullanıcıların duvar ile olan etkileşimini duvarın hangi konumundan başlattığı okunabilmektedir. Şekil 22'ye bakarak kullanıcı 1'in (mavi renk) solunda kullanıcı 3'ün (turuncu renk) ve sağında kullanıcı 2'in (yeşil renk) duvarla etkileşime girdiğini söylemek mümkün olabilmektedir. Öte yandan renk yoğunluklarına bakacak olursak, duvarla en çok kullanıcı 1'in ve en az kullanıcı 3'ün etkileşime girdiği ihtimali veya kullanıcı 1'in duvar ile etkileşimi sırasında çalan müziğin anlık genlik değerinin diğer

kullanıcıların duvar ile etkileştiği saniyedeki genlik değerinden çok daha yüksek olduğu ihtimali çıkarılabilmektedir.

Şekil 22: Farklı kullanıcıların farklı renklerle temsil edilmesi ve etkiledikleri hücrelerin gözlemlenebilmesi (Representation of different users with different colors and the cells they affect).



Tasarlanan bu sistemde, literatürde taranan diğer projelerden özgün olarak, müzik ve kullanıcı etkisi olmak üzere bütün çıktıyı, oluşan motifleri değiştiren ve zenginleştiren iki ana girdi vardır. Tek başına müzikten anlık olarak genlik değerlerinin okunması ve tasarım girdisi olarak kullanılması bile ön görülemeyen motiflerin üretilmesine yol açarken, insan gibi dinamik bir faktörün bu sisteme dâhil edilmesiyle oluşabilecek tasarım uzayının hacmi artmıştır. Bununla birlikte tasarıma birden çok kullanıcı etkileşiminin dâhil edilmesi ile her kullanıcının oluşturduğu motiflerin yayılarak birbiri ile komşuluk ilişkisi kurduğu noktada, hücresel özdevinim kuralları çerçevesinde her sistemin ayrı ayrı hayatta kalma süreci tamamen yeni motiflerin belirmesine neden olmaktadır.

Henüz simülasyon seviyesinde kalan bu çalışma ileriki aşamalarda, yapay zeka algoritmaları yardımı ile farklı kullanıcıları tespit ederek, kullanıcı etkileşimli bir duvar olarak inşa edilebilir. Duvar üzerinde hücresel özdevinim kuralları ile renk değiştiren paneller için renkli led paneller kullanılabilir. Bu paneller hareketli hale getirilerek motiflerin iki boyutlu formu üçüncü boyuta taşınabilir.

Farklı işlevli mekânlara; müzik festivallerine, bekleme salonlarına, fuayelere ve sergilere kurulabilecek olan bu duvar insanların orada geçirdiği zamanı eğlenceli kılabilir. Kullanıcı etkileşimlerinin okunabilmesi durumu oyunlaştırma ile her kullanıcı için ayrı puan tutularak rekabet içeren çok kişili bir oyuna, yarışmaya dönebilir. Kullanım alanlarının genişletilebilmesi göz önünde bulundurulursa

ileriye yönelik çalışmalarda tanımlanan kural setleri çoğaltılabilir. Bu çoğaltma müziğin görsel olarak daha akışkan okunabilmesine ve belirme durumlarının artmasına katkı sağlayacaktır.

Teşekkür (Acknowledgement)

Bu çalışma İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimari Tasarımda Bilişim Lisansüstü Programı, 2021 bahar dönemi Mimari Tasarımda Üretken Sistemler dersi kapsamında tamamlanmıştır. Çalışmanın gelişmesinde emeği olan ders yürütücüsü Prof. Dr. Gülen Çağdaş'a, yürütücü asistanlar Araş. Gör. Begüm Hamzaoğlu ve Araş. Gör. Burak Delikanlı'ya ve katkılarından dolayı sınıf arkadaşlarıma teşekkür ediyorum.

Referanslar (References)

- Anadol, R. (2018, 28 Eylül). WDCH Dreams. Refik Anadol. <https://refikanadol.com/works/wdch-dreams>
- Architects, S. H. (1991). STRETTO HOUSE - STEVEN HOLL ARCHITECTS. Steven Holl Architects. <https://www.stevenholl.com/projects/stretto-house>
- Baker, U. (1996). Önsöz. In İki Konferans (pp. 7–14). Norgunk Yayıncılık.
- Buchanan, R. (2019). Systems Thinking and Design Thinking: The Search for Principles in the World We Are Making. She Ji: The Journal of Design, Economics, and Innovation, 5(2), 85–104. <https://doi.org/10.1016/j.sheji.2019.04.001>
- Burphy, M. (2012, 20 Ocak). Aegis Hyposurface. McBurphy. <https://mcburphy.net/aegis-hyposurface/>
- Carmo, M., Menges, A., Hensel, M. U., & Weinstock, M. (2012). Morphogenesis and Emergence. In M. (Ed.), The Digital Turn in Architecture 1992 - 2012 (1st ed., p. 158). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781118795811.ch11>
- Eckermann, J. P. (1998). Conversations Of Goethe. Adfo Books.
- edwin@bitstorm.org. (2021). Play John Conway's Game of Life. <https://playgameoflife.com/>
- Goulthorpe, M., Burphy, M., & Dunlop, G. (2001). Aegis Hyposurface©: The Bordering of University and Practice.
- Hensel, M., Menges, A., & Weinstock, M. (2004). Emergence: Morphogenetic Design Strategies (1st ed.). Academy Press.
- La Magna , Waimer , Knippers, R. F. J. (2012, Mayıs). Nature-inspired

- generation scheme for shell structures. International Association for Shell and Spatial Structures (IASS) Symposium, Seoul , South Korea. https://www.researchgate.net/publication/291351616_Nature-inspired_generation_scheme_for_shell_structures/stats
- Menges, A. (2011). ICD/ITKE Research Pavilion 2011. Achimmenges. <http://www.achimmenges.net/?p=5123>
- Metin, A. (2021, September 29). User Interactive Wall Design Using Music Data.YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=eदेacrCDK2A&feature=youtu.be>
- Processing, (2021), Sound \ Processing.org. <https://processing.org/tutorials/sound>
- Simon, H. A., & Laird, J. E. (2019). The Sciences of the Artificial (The MIT Press) (Illustrated ed.). The MIT Press.
- Smuts, J. C. (1926). Holism And Evolution. Macmillan And Co., Limited.
- Terzidis, K. (2006). Algorithmic Architecture (1st ed.). Architectural Press.
- The Libeskind Building. (2021). Jewish Museum Berlin. <https://www.jmberlin.de/en/libeskind-building>
- Unreal Engine Documentation. (2021) Blueprint Visual Scripting. <https://docs.unrealengine.com/4.26/en-US/ProgrammingAndScripting/Blueprints/>
- V. (2005). Mimarlık Üzerine On Kitap (Turkish Edition) (Facsimile ed.). Şevki Vanlı Mimarlık Vakfı Yayınları.
- WDCH Dreams. (2020, September 21). Refik Anadol. <https://refikanadol.com/works/wdch-dreams/>
- Wiscombe, Tom (2005). Emergent Processes, Oz: Vol. 27. <https://doi.org/10.4148/2378-5853.1422>
- Xenakis, (2008). Music and Architecture: Architectural Projects, Texts, and Realizations, Pendragon Press.