

**Bilgisayar Oyunlarında Yordamsal Olarak Eş Zamanlı İçerik
ve Müzik Üretimi**

**Real Time Procedural Content And Music Generation in
Computer Games**

Hüseyin Hüsnü Can Sarıkaya

Prof. Dr. Haşmet Gürçay
Tez Danışmanı
Doç. Dr. Murat Yakın
Eş Danışman

Hacettepe Üniversitesi
Bilgisayar Animasyonu ve Oyun Teknolojileri Lisansüstü Bölümü
Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin Bilgisayar Grafiği Anabilim Dalı İçin Öngördüğü
YÜKSEK LİSANS Tezi olarak hazırlanmıştır.

Eylül 2022

Hüseyin Hüsnü Can SARIKAYA'nın hazırladığı Bilgisayar Oyunlarında Yordamsal Olarak Eş Zamanlı İçerik ve Müzik Üretimi adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **BİLGİSAYAR GRAFİĞİ ANABİLİM DALI'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Elif SÜRER

Başkan

Prof. Dr. Haşmet GÜRÇAY

Danışman Üye

Doç Dr. Burkay GENÇ

Üye

Bu tez Hacettepe Üniversitesi Bilişim Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak ... / ... / tarihinde onaylanmıştır.

Prof. Dr. Arif ALTUN

Bilişim Enstitüsü Müdürü

ETİK

Hacettepe Üniversitesi Bilişim Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

... / ... / 20..

Hüseyin Hüsnü Can SARIKAYA

YAYINLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamı veya herhangi bir kısmını, basılı (kâğıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim kurulu tarafından yayınlanan **“Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge”** kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricince YÖK Ulusal Tez Merkezi / H.Ü. Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- Enstitü / Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir.
- Enstitü / Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren ay ertelenmiştir.
- Tezim ile ilgili gizlilik kararı verilmiştir.

... / ... /

Hüseyin Hüsnü Can SARIKAYA

ÖZET

Bilgisayar Oyunlarında Yordamsal Olarak Eş Zamanlı İçerik ve Müzik Üretimi

Hüseyin Hüsnü Can SARIKAYA

Yüksek lisans, Bilgisayar Grafîği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Haşmet GÜRÇAY

Eş Danışman: Doç. Dr. Murat YAKIN

Eylül 2022, 57 Sayfa

Sunulan tez kapsamında yordamsal içerik üretimi ile bilgisayar oyununun sahnesi ve müziği üretilmiştir. Tezde yordamsal içerik üretimi konusuna giriş yapılmış, kullanılan yöntemler ve kullanım alanlarından bahsedilmiştir. Yordamsal olarak seviye tasarımında kullanılan yöntemler örneklerle birlikte açıklanmıştır. İlerleyen kısımlarda işitsel yordamsal üretim konusuna değinilmiş, kullanılan yöntemler ve tarzlardan bahsedilmiştir. Hem yordamsal sahne üretiminde hem de işitsel yordamsal üretimde temel amaç performans ve oluşturulan içeriğin her tekrarda belirli kurallar dahilinde farklı içerikler oluşturmasıdır. İşitsel yordamsal üretim, ayrıca kullanıcıya gerginlik duygusu hissettirecek şekilde üretilmiştir. İşitsel yordamsal üretim yapılırken hem yordamsal ses üretimi hem de yordamsal müzik üretimi gerçekleştirilmiştir. Ses üretiminde ses kaynağı ve sesin karakteristik özellikleri üzerine çalışmalar yapılmıştır. Oluşturulan sesin kullanıcıda gerginlik duygusu uyandırması amaçlanmıştır. Yordamsal müzik üretiminde, akorlar, ritim ve notalar oluşturulmuş, belirli müzik akımlarına ve teorilere göre müzik oluşturulmuştur. Tezde yordamsal olarak üretilen müzik, bilgisayar onu ve oyuncu ile eş zamanlı olarak

üretilmektedir. Üretilen müzik kendisini oyuncudan aldığı girdilere göre güncellemede, oyundaki duygu durumuna göre farklılaşmaktadır. Eş zamanlı müzik üretimi Unity ve Pure Data programlarının birbiri ile haberleşmesi ile oluşmaktadır. Tezin ilerleyen kısımlarında kullanılan yöntemin etkinliğinin analiz edilmesi için anket yapılmıştır. Bilgisayar oyunu karar verilen örneklem tarafından oynanıp, anket sayesinde de geri dönüşler alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yordamsal içerik üretimi, Yordamsal ses üretimi

ABSTRACT

Real Time Procedural Content And Music Generation In Computer Games

Hüseyin Hüsnü Can SARIKAYA

Master of Science, Computer Animation And Game Technologies

Supervisor: Prof. Dr. Haşmet GÜRÇAY

Co-Supervisor: Doç. Dr. Murat YAKIN

September 2022, 57 Pages

Within the scope of this study, the scene and music of the computer game were produced with procedural content generation. In the thesis, the subject of procedural content generation is introduced, the methods used and their areas of use are mentioned. The methods used in procedural level design are explained with examples. In the following sections, procedural audio generation is mentioned and the methods and styles used are mentioned. The main purpose in both procedural level generation and procedural audio generation is performance and to create different content within certain rules in each repetition of the created content. Procedural audio production is also produced in a way that makes the user feel a sense of tension. While procedural audio generation was carried out, both procedural sound generation and procedural music generation were realized. The study has been carried out on the sound source and the characteristics of the sound in

sound generation. The sound created is intended to evoke a sense of tension in the user. In procedural music generation, chords, rhythm and notes were created, and music was created according to certain music movements and theories. The procedural music in the thesis is produced simultaneously with the computer and the player. The music produced updates itself according to the inputs it receives from the player and differs according to the mood in the game. Simultaneous music generation is formed by the communication of Unity and Pure Data programs with each other. A survey was conducted to analyze the effectiveness of the method used in the later parts of the thesis. The computer game was played by the chosen sample, and feedback was received through the questionnaire.

Keywords: Procedural Content Generation, Procedural Audio Generation

TEŐEKKÜR

Lisansüstü eğitimim boyunca engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, sadece bilimsel anlamda değil sahip olduğu eşsiz bilgisiyle hayatıma yön veren, desteğini benden esirgemeyerek her zaman yanımda olduğunu hissettiren değerli hocam Sayın Prof. Dr. Haşmet GÜRÇAY'a,

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde, iki yıl boyunca değerli bilgilerini benimle paylaşan, kullandığı her kelimenin hayatıma kattığı önemini asla unutmayacağım saygıdeğer eş danışman hocam; Doç. Dr. Murat YAKIN'a,

Hayatım boyunca her koşulda bana destek veren ve sabır gösteren, önceliklerini her zaman benim önceliklerime göre değiştiren ve bunun karşılığını hiçbir zaman tam olarak ödeyemeyeceğim, bugünlere gelmemde en büyük katkıları olan, bu hayatta hiçbir şeye asla değişmeyeceğim canım aileme,

Sonsuz Teşekkürler...

Hüseyin Hüsnu Can SARIKAYA

Eylül 2022, Ankara

İÇİNDEKİLER

| | |
|---|------|
| ÖZET | i |
| ABSTRACT | iii |
| ÇİZELGELER..... | vii |
| ŞEKİLLER... .. | viii |
| KISALTMALAR... .. | x |
| 1. Giriş | 1 |
| 1.2 Tezin Kapsamı | 3 |
| 1.3 Tezin Katkıları..... | 3 |
| 1.4 Organizasyon Şeması | 3 |
| 2. Literatür Taraması | 4 |
| 3. Yöntem | 11 |
| 3.1 Sahnelerde ve Zindanlarda Yordamsal Üretim..... | 12 |
| 3.2 Alan Bölümlenme Yöntemi | 14 |
| 3.3 Yordamsal Ses Üretimi | 18 |
| 3.4 Pure Data..... | 21 |
| 3.5 Additive Synthesis | 22 |
| 3.6 Envelopment | 27 |
| 3.7 Polychords..... | 28 |
| 3.8 Kullanıcı Anketi ve Sonuçları | 31 |
| 4. Sonuç | 41 |
| 5. Kaynaklar | 42 |

ÇİZELGELER

| | |
|--|----|
| Çizelge 3.8.1. Ankete katılanların oyun oynama sıklıkları ile oyunu oynamanın kolaylığı görüşlerinin karşılaştırma tablosu | 36 |
| Çizelge 3.8.2. Daha önce müzik icra etmiş olmak ile oyunun genel duygusunun gerginlik olup olmaması arasındaki ilişki tablosu... .. | 38 |
| Çizelge 3.8.3. Ankete katılan kişilerin oyunun ilk anda hissettikleri duygu ile kare cisme yaklaştıkça hissettikleri gerginlik duygusunun karşılaştırmalı tablosu..... | 40 |

ŞEKİLLER

| | | |
|--------------|--|----|
| Şekil 2.1. | Perlin Gürültüsü yöntemiyle oluşturulmuş arazi | 5 |
| Şekil 2.2. | Ghosts'n Goblins oyunu (Elite Systems, 1985) | 6 |
| Şekil 2.3. | Ghosts'n Goblins oyunu notaları (Elite Systems, 1985) | 6 |
| Şekil 2.4. | Giriş Toshio Iwai, Otocky oyunu | 8 |
| Şekil 2.5. | Lejaren Hiller Illiac Suite nota dönüşümleri | 8 |
| Şekil 2.6. | Lejaren Hiller Illiac Suite | 9 |
| Şekil 2.7. | Glass, Two Pages (1969)..... | 9 |
| Şekil 2.8. | Faz değişimi tekniği | 10 |
| Şekil 3.1.1. | Witcher 2 oyunundan ekran görüntüsü | 12 |
| Şekil 3.1.2. | Cellular Automata Grid Haritası | 13 |
| Şekil 3.1.3. | Diablo2 Den of Evil haritası ekran görüntüsü | 14 |
| Şekil 3.1.4. | The Legend of Zelda zindan seviyesi tasarımı..... | 14 |
| Şekil 3.2.1. | Görsel Bölümlenme | 15 |
| Şekil 3.2.2. | Doom Oyununda Alan Bölümlenme Algoritması kullanımı | 15 |
| Şekil 3.2.3 | Oda bölümlenme algoritması | 16 |
| Şekil 3.2.4. | Oluşturulan tüm odalar | 16 |
| Şekil 3.2.5. | Denklem hesaplaması ile maksimum uzaklığın 8 parçaya ayrılıp sayısal değer verilerek kademelere ayrılması... .. | 17 |
| Şekil.3.3.1 | Markov zinciri modellemesi..... | 19 |
| Şekil 3.5.1. | Pure Data Envelopment... .. | 25 |
| Şekil 3.5.2. | Additive synthesis alt düzeneği | 26 |
| Şekil 3.6.1. | Envelope uygulanmamış ses seviyesi... .. | 27 |
| Şekil 3.6.2. | Envelope uygulanmış ses seviyesi | 27 |
| Şekil 3.7.1. | Akor alt düzeneği | 29 |
| Şekil 3.7.2 | Birden fazla akorun bulunduğu ana Pure Data düzeneği. | 30 |
| Şekil 3.8.1. | Üretilen oyundan ekran görüntüsü..... | 31 |
| Şekil 3.8.2. | Oyunda üretilen tüm odalar ve oda geçişlerinde aktif olan ve kapatılan odalar..... | 32 |
| Şekil 3.8.3 | Ankete katılan kişilerin yaş grafiği... .. | 34 |
| Şekil 3.8.4. | Ankete katılan kişilerin bilgisayar oyunu oynama sıklıkları | 35 |

| | | |
|--------------|--|----|
| Şekil 3.8.5. | Ankete katılan kişilerin bilgisayar oyununun oynamanın kolaylığı hakkındaki görüşlerinin dağılımı..... | 35 |
| Şekil 3.8.6. | Ankete katılan kişilerin bilgisayar oyunda üretilen odaların farklılıkları hakkındaki görüşleri... .. | 37 |
| Şekil 3.8.7. | Ankete katılan kişilerin bilgisayar oyununda üretilen müziğin farklılaşması hakkındaki görüşleri... .. | 37 |
| Şekil 3.8.8. | Ankete katılan kişilerin bilgisayar oyununun ilk anlarında üretilen müziğin hissettirdiği duygu grafiği..... | 39 |
| Şekil 3.8.9. | Ankete katılan kişilerin oynadıkları sırada kare şekle yaklaştıklarında yaşadıkları duygu değişimi grafiği... .. | 39 |

KISALTMALAR

| | |
|-----------------|---|
| SPSS | Statistical Package for the Social Sciences |
| PD | Pure Data |
| SID | Sound Interface Device |
| ADSR | Attack Decay Sustain Release |
| CD | Compact Disc |
| L-System | Lindenmayer System |

1. GİRİŞ

1.1 Yordamsal İçerik Üretimi

Günümüz dünyasında Yordamsal İçerik Üretimi bilgisayar oyunlarında her geçen gün daha da fazla kullanılmaktadır. Oyun geliştiricilerinin özellikle kompleks içerikleri daha azhafıza ve optimum performans ile üretebilmesine olanak sağlayan bu yöntem vakit, emek ve performans başlıklarının yanı sıra, oyuncu tarafında da tekrar oynanabilirlik, çeşitlilik ve oyuncuya göre uyum sağlayan içerikler ile oyuncuya uygun içeriği üretme sayesinde oldukça popüler bir yöntemdir.

Yordamsal İçerik Üretimi ile arazi, seviye tasarımı, dokular, diyaloglar, sesler ve müzikler, haritalar, kurallar, zorluk seviyeleri gibi birçok içerik üretilebilmektedir. İlk zamanlarda zindan tarzı bilgisayar oyunlarında kullanılmaya başlanan bu yöntem artık hemen hemen bütün oyunlarda kullanılmaya başlanmıştır.

Yordamsal olarak seviye tasarımı özellikle çeşitlilik ve performans bakımından ön plana çıkmaktadır. Bütün bir seviyenin tüm tasarımların tek tek kaydetmek ve hepsini birden çalıştırarak bilgisayarın performansını etkilemek yerine temel parçaların algoritmaların belirlediği kurallara göre yerleştirilerek hem her defasında farklı seviyeler hem de bu seviyelerin kapladığı hafızadan ve uygun algoritmalar sayesinde de performanstan kazanç sağlanmaktadır. Seviye tasarımlarında Alan Bölümleme, Etmen Tabanlı Zindan Büyütme, Hücresel Otomatlar, Dilbilgisi Tabanlı Zindan Oluşturma, L-Sistem Algoritmaları, Doluluk Düzenlemeli Uzatma yöntemleri gibi birçok farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler oyuna göre belirlenmektedir.

Bu tezde seviye tasarımında önce L-sistem algoritmaları kullanılmış ve ortaya çıkan sonuç alan bölümleme algoritmasına kıyasla daha çarpık ve oyunda üretilen odaların istenilen şekle uygun olmaması sebebiyle bu yöntem yerine Alan Bölümleme algoritması kullanılmıştır.

Modern bir bilgisayar oyununun geliştirilmesi söz konusu olduğunda, oyun içeriğinin oluşturulması için gereken çaba ve zaman, geliştirme maliyetinin (ve süresinin) önemli bir

bölümünü temsil eder. Diğer önemli kısım ise bilgisayar sisteminin yüküdür. Her içeriği manuel olarak personel ile oluşturmak çok zaman ve maliyet gerektirir. Yordamsal olarak içerik oluşturmanın en büyük avantajlarından biri maliyet, zaman, sistem belleği ve oluşturma çeşitliliğidir. Yordamsal İçerik Üretimi ile ilgili bu tanımdaki ilk anahtar kelime “içerik”tir. Bu, bu algoritmik yaratımın bir oyun hakkında her türlü içeriği oluşturduğu anlamına gelir. Örneğin, ana kreasyonlar, oynanamayan karakter ve oyun motorunun kendisi hariç, seviye tasarımı, dokular, nesnelere, arazi, haritalar, karakterler, zorluk, kurallar, ses vb. Diğer bir anahtar kelime ise “Yordamsal” kelimesidir. Bu terim, tasarımcının oyun motoruna bir yordam vermesi gerektiği anlamına gelir. Bu yöntem ile oluşturulan içerik mutlaka oyun içerisinde ve tasarımcının amaçları doğrultusunda çalışmalıdır. Bu yönüyle yordamsal içerik oluşturma yöntemleri, yapay zekâ algoritmalarından farklıdır. Herhangi bir deneme ve öğrenme aşaması bulunmamaktadır, üretildiği anda istenildiği gibi çalışmak zorundadır.

Bilgisayar oyunlarında yordamsal içeriğin oluşturulması, eş zamanı ve çevrimdışı oluşturma olmak üzere iki şekilde gerçekleşir:

Eşzamanlı prosedürel içerik üretimi, oyun çalışırken içerik oluşturmaktır. Bu şekilde oyun çalışırken içeriğin oluşturulması oyuncudan gelen parametrelere bağlıdır. Oyun, çalışırken oyuncu deneyimi ve oyuncudan gelen parametreler ile kendi kendisini oyun güncellemektedir. Bu sayede oyunu oynayan her bir farklı oyuncu oyuna genellikle farklı parametreler göndereceği için, oynayan her oyuncuya göre oyun da farklılık gösterir.

Çevrimdışı üretim, oyunu, seviyeyi veya sahneyi çalıştırmadan önce içeriğin oluşturulmasıdır. Bu yol, oyunun bir sonraki seviyesi başlamadan önce oyuncunun deneyimlerinden de beslenebilir. Bu sayede oyun hafızasında gelecek seviyede üretilecek olan seviye yer kaplamamaktadır ve bu durum oyunun tüm kompleks parçacık içeren içeriklerine yayıldığında çok ciddi anlamda performans ve hafızadan tasarruf edilmiş olur. Bu içerikler ya oyun başlamadan ya da sahne başlamadan üretilecektir.

Literatürde yordamsal içerik üretimi neredeyse her türde bilgisayar oyunlarında çok geniş çeşitliliğe sahip içerikleri hızlı, kolay ve çok daha az yer kaplayan bir biçimde üretmek için kullanılır. Yordamsal içerik üretimini kullanırken tasarımcının dikkate alması gereken ana bölümlerden birisi rastgelelik durumudur. Kontrol altında olmayan veya fazla rastgele

Üretilen içerikler tasarımcının isteği doğrultusunda oluşturulmayabilir. Yordamsal içerik oluşturma yöntemleriyle oluşturulan içerik mutlaka çalışabilir olmalıdır. Yüksek bir rastgelelik derecesinde üretilen içerik, geliştirici için istenmeyen sonuçlara neden olabilir.

1.2 Tezin Kapsamı

Bu tez temel olarak bir oyunda yordamsal içerik üretimi yöntemleri kullanmaktadır. Oyunun tasarımında ve müziğinde yordamsal içerik üretimi yöntemleri kullanılmıştır. Tasarımda oyunun yapısına en uygun sonucu oluşturan yöntem, müzik üretiminde de amaçlanan duyguyu müzikal anlamını kaybetmeden oluşturan yöntem kullanılmıştır.

1.3 Tezin Katkıları

Tezde, yordamsal içerik üretimi yöntemleri kullanarak oyun geliştirme ve eş zamanlı olarak içerik güncellemeleri bulunmaktadır. Tezin literatüre katkıları aşağıdaki şekildemaddelere ayrılabilir;

- Eş zamanlı içerik retimi.
- Kurallara uygun eş zamanlı yordamsal müzik retimi
- Eş zamanlı müzik üretiminde duygusal geçiş yöntemleri

1.4 Organizasyon şeması

- Bölüm 1 zet, ana konuya giriş, tezin kapsamı, katkıları.
- Bölüm 2 Literatür taraması
- Bölüm 3 Kullanılan Metotlar
- Bölüm 4 İstatistiksel grafikler, anketler ve sonuçları
- Bölüm 5 Sonuç
- Bölüm 6 Kaynaklar

2. Literatür Taraması

Yordamsal İçerik Üretimi, doğrudan veya dolaylı kullanıcı girişi ile oyun içeriğinin algoritmik olarak oluşturulmasıdır [1]. Başka bir deyişle, Yordamsal İçerik Üretimi, kendi başına ya da bir veya daha fazla oyuncu veya tasarımcı ile oyun içeriği oluşturabilen bilgisayar yazılımını ifade eder [2].

Yordamsal üretim teknikleri, yüksek karmaşıklıkta sistemleri modellemek için bilgisayar grafiklerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra gerçek zamanlı yordamsal içerik oluşturma, eğitim, mimari, simülasyon, eğlence veya görüntülemeler konularında uygulanabilmesi için büyük bir potansiyele sahiptir. Yordamsal olarak oluşturulan sanal dünyalar, yüksek derecede görsel çeşitlilik, esneklik ve sözde sonsuz kapsam gibi arzu edilen karakteristik özelliklere sahiptir [3].

Yordamsal üretim, bilgisayar grafikleri alanında uzun bir tarihe sahiptir. Yordamsal içerik üretimi tarihinin en eski teknikleri arasında gürültü [Perlin 1985], Fraktallar [Mandelbrot 1977], L-sistemleri [Prusinkiewicz et al. 1990] ve şekil gramerleri [Stiny 1975] gösterilebilir. Bu teknikler, daha sonra oluşturulacak olan bulutlar [Pallister 2000], ağaç algoritmaları [Oppenheimer 1986] ve buna benzer teknikler gibi içerikler oluşturan sistemlerin ortak bileşenleridirler [3].

Perlin gürültüsü, Ken Perlin [1985; 2002] tarafından geliştirilmiş noktalar arasındaki boş noktaları tahmin eden bir matematiksel yöntemdir. Bilgisayar grafiğinde arazi, bulutlar, dokular gibi içeriklerin oluşturulmasında kullanılmaktadır. Izgaralara ayrılmış bir düzlem düşünüldüğünde Perlin yöntemi ızgaradaki tamsayı noktalarına rastgele vektörler gönderir. Perlin yöntemi bu vektörlerle en yakın noktayı bulur. Çizgisel bir fonksiyon ve gürültü değerini hesaplar ve elde ettiği bu değerleri kullanarak aradaki boşlukları doldurur ve yumuşatır [4].



Şekil 2.1. Perlin Gürültüsü algoritmasının görsel hali

Macri ve Pallister çalışmalarında [Macri ve Pallister 2000], tümü Perlin gürültüsüne dayalı olarak ağaçlar ve bulutlar içeren üç boyutlu bir peyzajın yordamsal üretimini tanımlamışlardır [Perlin 1985]. Arazi, yatay düzlemde gerçek zamanlı olarak özgürce keşfedilebilir ve kullanıcının bakış açısına göre genişlemektedir. 'CityEngine' [Parish ve Mueller 2001] adlı yazılımda ise, tüm şehir modellerini oluşturmak için genişletilmiş L-sistemleri kullanılmıştır. Sistem, sokak desenleri ve binalar oluşturmak için hiyerarşik bir kurallar dizisi kullanmaktadır [3].

Yordamsal işitsel içerik üretimi, ürün olarak sesin aksine, süreç olarak sestrir. Bu ifadenin temelinde göstergebilim, matematik, bilgisayar bilimi, sinyal işleme ve müzik konuları yatmaktadır. Yordamsal işitsel içerik üretimi, çevrimiçi girdilere göre ve bir dizi programsal kurallara göre gerçek zamanlı olarak oluşturulan, doğrusal olmayan ve genellikle sentetik sesler oluşturmak. Şeklinde açıklanabilir. Yordamsal kelimesinin diğer bir tanımı; bir problemi çözmek veya bir görevi tamamlamak için sembollerin, kavramlarınve kuralların nasıl değiştirileceği ile ilgili hafıza veya bilgi kullanımınıdır. Bu tanımdaki temel görevi ses üretimi olarak alabiliriz. Çok genel bir tabir ile de belirli aralıktaki girdilerkullanılarak amaçlanan aralıktaki ses çıktılarını bilgi ve hafıza kullanarak oluşturmaktır [5]. Yordamsal işitsel içerik üretimi iki ana içerik üretimini kapsamaktadır; yordamsal ses (efekt) üretimi ve yordamsal müzik üretimi.

Bilgisayar oyunlarında yordamsal ses ve müzik üretimi ilk başlarda AY-38610 ya da SID (Ses Arayüzü Cihazı) gibi çiplerle Atak, Azalma, Sürdürme ve Bırakma olarak açıklanan ADSR envelopment ve gürültü yayımı gibi ses dalgaları üretimi veya manipülasyonu yapılarak kullanılmıştır [6]. 1985 yılında üretilen Ghosts'n Goblins

oyunundaki müzikler ve ses efektleri SID cihazı ile üç tonlu ve gürültü yayımı olarak oluşturulmuştur.



Şekil 2.2. Ghosts'n Goblins oyunu (Elite Systems, 1985)



Şekil 2.3. Ghosts'n Goblins oyunu notaları (Elite Systems, 1985) [6]

1990ların başlarında CD-ROM kullanımını ile ses medyaları CD içerisinde depolanmaya başlamıştır. Burada kaydedilmiş sesler oyun içerisinde CD hafızasından okunup bilgisayar sistemi üzerinden anlık olarak çalınabilmektedir. İlk ses motoru terimi yani bellek ve arabellek yönetim sistemi ilk kez bu dönemde ortaya çıkmıştır ve günümüze kadar ulaşmıştır [5].

Güçlü yerel dijital ses işleyicileri ile ses üretimi farklı bir noktaya taşınmıştır. Dijital ses işleyicileri ile etkileşimli ve uyarlanabilir müzik üretimi oluşturulabilmektedir. Ses efektleri ve müzik oluşturma artık ses kayıtlarından, hafızadaki örneklerden platform üzerine eş zamanlı, uyarlanabilir, yüksek çeşitlilik sunarak oluşturulabilmektedir. Eski

dönemlerde kullanılan ses arayüzü cihazları çok daha büyük kapasite ile tekrar kullanıma başlamıştır. Bu sayede ses uyarlamaları Pure Data veya diğer ses sentezleme araçları ile C, C++, C# gibi kodlama dilleri ile yazılabilmektedir.

Bilgisayar oyunlarında müzik üretiminde de yordamsal üretim tekniklerinin kullanıldığını görmekteyiz. İlk zamanlarda oyun geliştiricileri, kısıtlı depolama alanı olmasına rağmen tekrarlama ve transpozisyon teknikleri ile farklı varyasyonlarda müzikler oluşturmuşlardır.

Olivier Veneri, Cedric Stéphane Gros, Cedric Stéphane Natkin, yordamsal ses üretimini ses içeriği üretiminin algoritmik yaklaşımı olarak tanımlar [7]. Yani, içeriğin geleneksel yapılardan koparak kurallara ve davranışlara bağlı olarak üretilmesi yöntemidir. Aynı şekilde modellemelerin veya geleneksel ses tekniklerinin yetersiz kaldığı açık dünya seslerinde veya kompozisyonlarında yordamsal ses üretimi her zaman bir adım öndedir. Yordamsal ses üretimi genellikle modellenmiş bir sesi ve bu sesin sentezlenmesinin kombinasyonu olarak ortaya çıkar.[8]

Atmosfer seslerinde, adım, kuş rüzgâr sesi gibi seslerde veya patlama, tabanca patlaması gibi efekt seslerinde model bir ses ve sesin sentezlenmesi birlikte kullanılmıştır.

2016 yılında Phil Lopes, Antonios Liapis ve Georgios N. Yannakakis korku oyunları atmosferi olarak ses sentezini ve model döngüsü kullanarak korku oyunlarında gerilime dayalı atmosfer seslerini oluşturmuşlardır [11]. 1987 yılında ise Toshio Iwai, Otocky adlı oyununda silah patlama sesini sentezleyerek oyunun arka plan müziği ile uyumlu hale getirmiştir. Otocky oyunu, 2 boyutlu, oyuncunun bir gemiyi ekranın kenarında kontrol ettiği ve o gemi ile ateş ettiği bir şutör oyunudur. Bu oyunda her atış sesi farklı birer nota çalmaktadır ve bu notalar oyunun arka plan müziğine uyumlu olarak çalmaktadır. Iwai, bu oyunda eşzamanlı yordamsal müzik üretimini basit bir iki notalı dizi ile oluşturmuştur [12].



Şekil 2.4. Toshio Iwai, Otocky oyunu

11. yüzyılda Guido d'Arezzo'nun dini metinlerdeki sesli harflere perdeler atmasıyla başlayan müzik üretiminin biçimsel tekniği, 20. Yüzyılda Arnold Schönberg'in ton-sıra tekniği ile yeniden benimsenmiştir. Daha sonra Anton Webern ve sericilik (serializm) akımı ile daha da geliştirilmiştir. Serial teknikte perde, süre ve tını gibi parametreler ayrı ayrı kontrol edilmiş ve müzik üretimi bu şekilde gerçekleşmiştir. Burada her parametrenin olası değerleri için bir olasılık seçilmiş ve bir sıra halinde düzenlenmiştir. Parametredeğerleri satıra, satırın tersine çevrilmesine veya geriye gitmesine göre değişir [11]. Tamamen bilgisayar tarafından oluşturulan ilk kompozisyon olan The Illiac Suite forString Quartett, 1956 yılında Lejaren Hiller tarafından yayınlanmıştır. Şekil 2.5 ve şekil 2.6'da, Illinois üniversitesindeki arşivlerde bulunan, The Illiac Suite parçasının bilgisayardan hesaplandığı ve Hillerin deneylerindeki örnekler bulunmaktadır [13].

| CLOSED RHYTHMS | OPEN RHYTHMS | BINARY NUMBERS | DECIMAL NUMBERS |
|----------------|--------------|----------------|-----------------|
| | | 0000 | 0 |
| | | 0001 | 1 |
| | | 0010 | 2 |
| | | 0011 | 3 |
| | | 0100 | 4 |
| | | 0101 | 5 |
| | | 0110 | 6 |
| | | 0111 | 7 |
| | | 1000 | 8 |
| | | 1001 | 9 |
| | | 1010 | 10 |
| | | 1011 | 11 |
| | | 1100 | 12 |
| | | 1101 | 13 |
| | | 1110 | 14 |
| | | 1111 | 15 |

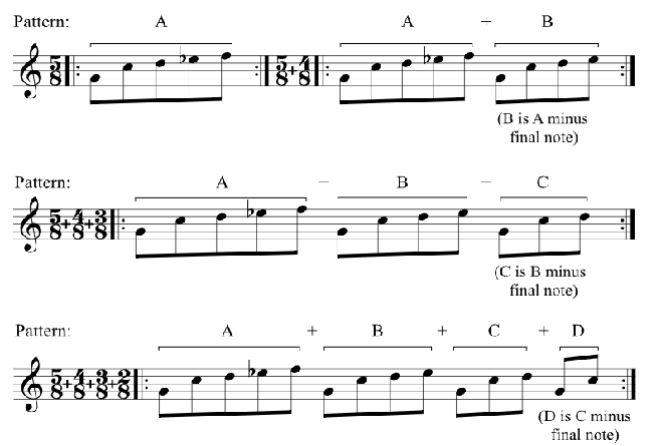
Şekil 2.5. Lejaren Hiller Illiac Suite nota dönüşümleri

| INTERVALS | PROBABILITY | WEIGHT | PROBABILITY | WEIGHT | PROBABILITY | WEIGHT | PROBABILITY | WEIGHT | PROBABILITY | WEIGHT | PROBABILITY | WEIGHT | PROBABILITY | WEIGHT |
|-----------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|
| | 1 | 1.00 | 2 | .67 | 3 | .50 | 4 | .40 | 5 | .33 | 6 | .29 | 7 | .25 |
| UNISON | 1 | 1.00 | 2 | .67 | 3 | .50 | 4 | .40 | 5 | .33 | 6 | .29 | 7 | .25 |
| OCTAVE | 0 | .00 | 1 | .33 | 2 | .33 | 3 | .30 | 4 | .27 | 5 | .24 | 6 | .21 |
| FIFTH | 0 | .00 | 0 | .00 | 1 | .17 | 2 | .20 | 3 | .20 | 4 | .19 | 5 | .18 |
| FOURTH | 0 | .00 | 0 | .00 | 0 | .00 | 1 | .10 | 2 | .13 | 3 | .14 | 4 | .14 |
| MAJOR 3RD | 0 | .00 | 0 | .00 | 0 | .00 | 0 | .00 | 1 | .07 | 2 | .09 | 3 | .11 |
| MINOR 6TH | 0 | .00 | 0 | .00 | 0 | .00 | 0 | .00 | 0 | .00 | 1 | .05 | 2 | .07 |
| MINOR 3RD | 0 | .00 | 0 | .00 | 0 | .00 | 0 | .00 | 0 | .00 | 0 | .00 | 1 | .04 |
| MAJOR 6TH | 0 | .00 | 0 | .00 | 0 | .00 | 0 | .00 | 0 | .00 | 0 | .00 | 0 | .03 |
| MAJOR 2ND | 0 | .00 | 0 | .00 | 0 | .00 | 0 | .00 | 0 | .00 | 0 | .00 | 0 | .02 |
| MINOR 7TH | 0 | .00 | 0 | .00 | 0 | .00 | 0 | .00 | 0 | .00 | 0 | .00 | 0 | .00 |
| MINOR 2ND | 0 | .00 | 0 | .00 | 0 | .00 | 0 | .00 | 0 | .00 | 0 | .00 | 0 | .00 |
| MAJOR 7TH | 0 | .00 | 0 | .00 | 0 | .00 | 0 | .00 | 0 | .00 | 0 | .00 | 0 | .00 |
| TERTONE | 0 | .00 | 0 | .00 | 0 | .00 | 0 | .00 | 0 | .00 | 0 | .00 | 0 | .00 |

Şekil 2.6. Lejaren Hiller Illiac Suite [13]

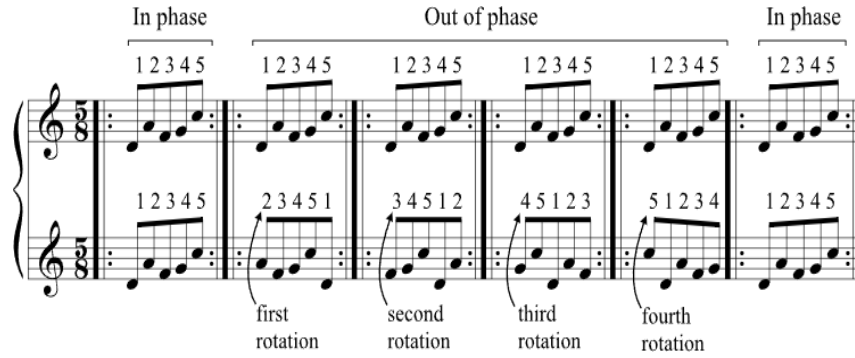
1960'larda minimalizmin yükselişi sanat müziğinde önemli bir gelişme olmuştur. Minimalizmde özellikle 4 sanatçı ön plana çıkmıştır; La Monte Young (d. 1935), Terry Riley (d. 1935), Phillip Glass (d. 1937), Steve Reich (d.1936). Minimalizm tarzında biçimsel müzik üretiminde iki önemli teknik bulunmaktadır. İlki Philip Glass'ın öncülüğünü yaptığı additive minimalizm Philip Glass. Bir diğeri ise faz değişimleri tekniği ve bu teknik ile ilişkilendirilen Steve Reich [12].

Philip Glass'ın Two Pages (1969) kompozisyonunun başında bulunan additive minimalizm versiyonunda, bir kalıbın tekrarını ekler, ancak tekrardaki son notu çıkarır. Şekil 2.7'de görülebileceği gibi, kalıba yapılan her ekleme, bir önceki tekrarın son notası çıkarılarak oluşturulan başka bir tekrardır



Şekil 2.7. Glass, Two Pages (1969)

Steve Reich, minimalist kompozisyonlarında ana faz nota grubunu oluşturur. Bu kalp aşağıdaki örneğin ilk fazında görülebildiği gibi genellikle birbirinden farklı ve birbirine eşit tempolarda çalınan nota grubu olabilmektedir. İlk fazı iki piyano senkron bir şekilde çalmaktadır. Daha sonra Reich, ilk piyano sürekli tekrar uygularken, ikinci piyanonun tekrarlarını ilk faz notanın rotasyonlarından oluşturmaktadır. Şekil 2.8. faz değişimi örneğinde rotasyonlar ilk çalınan notanın sona eklenmesi ile oluşmuş ve ikinci piyano, toplamda 4 rotasyondan geçip 5. Rotasyonda ana faz nota grubuna tekrar dönmüştür. Reich faz değişimi tekniğini eserlerinde sıklıkla kullanmıştır.



Şekil 2.8. Faz değişimi tekniği

Kompozisyon algoritmaları deterministik ve stokastik olarak zorlukla ikiye ayrılabilir. Bazı algoritmalar, ne tür bir algoritma olduğunu dinleyerek anlaşılması kolay olan mekanik bir şekilde davranır fakat genellikle bu durum pek mümkün olmaz. Ayrıca, bir müzik parçasında birkaç algoritma karıştırılabilir veya algoritmalar, perde, tını veya genel yapı gibi müziğin çeşitli boyutlarında kullanılabilir. Bu durumlar algoritmaların birbirinden ayrılmasını zorlaştırır [14].

Genellikle yordamsal müzik üretimi algoritmaları; Stokastik Müzik (Markov Zincirleri), Cellular Automata, Akış Kontrolü, Gramerler, Vb., Fraktallar ve Genetik Algoritmalar olarak başlıklarda toplanabilir.

Spore ve Fract Osc gibi yordamsal içerik üretiminin en belirgin olduğu oyunlarda Pure Data ana ses geliştirme ortamı olarak kullanılmıştır. Pure Data önceleri bilgisayar

oyunlarındaki sesleri geliştirmek için tasarlanmamıştı. Etkileşimli uygulamalara yerleştirmek için Pd yamalarını C'ye dönüştüren bir kitaplık olan Enzian Audio's Heavy'nin 2016 sürümüyle, Pure Data modern bilgisayar oyunu geliştirmede kullanıma uygun hale gelmiştir ve artık oyun geliştirme ortamlarına yerel bir eklenti olarak yerleştirilebilmektedir. Bu ortamlara Unity ve Wwise da dahildir. Pd, yordamsal ses davranışlarının hızlı prototiplenmesine ve sinyal işlemeye uygunluğu nedeniyle güçlüdür. Ayrıca, ğrenmesi kolay bir araç haline getiren kapsamlı evrimii ve uygulama içi belgelere sahiptir [15].

3. Yöntem

Yordamsal içerik üretimi, bilgisayar oyunlarında oyuncu deneyimine daha ayrıntılı bir şekilde uyum sağlayan, gereksiz tekrarlardan kaçınan ve gelişen, duygusal olarak daha mantıklı bir müzik üretimini sağlayan müzik oluşturmaya yönelik büyük avantajlar sunabilmektedir. Yordamsal müzik, “belirli bir dizi kurala veya kontrol mantığına göre gerçek zamanlı olarak gelişen kompozisyon” olarak tanımlanabilir [7]. Daha spesifik olarak, yordamsal ses üretimi, ses olaylarının kod olarak depolanması ve gerçek zamanlı olarak sesi sentezlemek için tetiklendiğinde paketten çıkarılması anlamına gelebilir; bu, örneklenmiş ses döngülerinin aksine yalnızca metin tabanlı depolama gerektirir ve önemli bellek ve depolama tasarrufu sağlar.

3.1 Sahnelerde ve Zindanlarda Yordamsal Üretim

Yordamsal içerik üretimi 'ni kullanmanın en yaygın alanlarından biri, zindan oyunları gibi “rogue” tarzı bilgisayar oyunlardır. Bu tarz oyunlarda genellikle aynı zindanlara birden çok kez girmek gerekmektedir. Bazı durumlarda iste oyunu bitiren bir oyuncu tekrar oyunu oynadığı durumda yine aynı zindana girecektir. Özellikle zindan oyunlarında her tekrarda aynı içerikle karşılaşmak oyuncuyu oyundan uzaklaştıran bir etken olmuştur. Yeniden oynanabilirlik fikri bu alanda yordamsal içerik üretimi kullanımını popüler hale getirmiştir. Tekrar oynanabilirlik kapsamında Yordamsal içerik üretimi sayesinde farklı boyutlarda, şekillerde, sahne veya zindan üretimi yapılabilmektedir. Bu yöntemle oluşturulan içerikler bazı durumlarda oyuncunun deneyimlerine değişiklik gösterebilir. Oyun, oyuncudan gelen giriş parametrelerine göre kendini günceller. Alan bölümlene, ajan tabanlı zindan büyüme, hücresel otomatlar, gramer tabanlı zindan oluşturma, L-Sistem algoritmaları, doluluk ayarlı uzatma yöntemleri, gibi birçok yöntemler yordamsal olarak seviye ve zindan oluşturmada kullanılabilir.

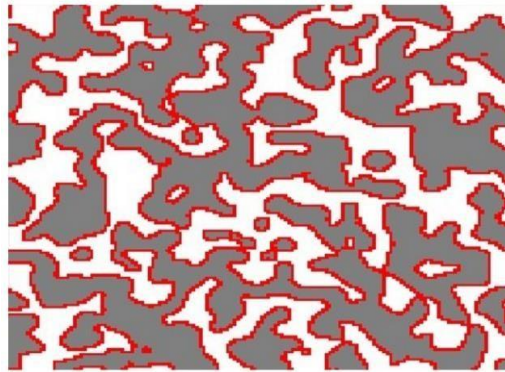
Lindenmayer Sitem algoritmaları diğer bir adıyla L-Sistem algoritmaları olarak adlandırılıp, 1968 yılında Astrid Lindenmayer tarafından matematiksel olarak modellenmiş ve günümüzde sıklıkla kullanılmıştır. Görsel açıdan ağaçlara ve küçük çalılara andırmaktadır. Yapı olarak bir ana daldan ayrılarak yan dallar oluşturur ve bu sayede içerik modellenir. Ağaç ve bitki modellemelerinde kullanılabildiği gibi şehir sokakları

modellemelerinde de sıklıkla kullanılmaktadır. Tezde bu yöntem kullanılmak istenmiştir fakat oluşan şekiller günümüzdeki oda yapıları ve ev haritalandırması günümüzdeki evlere ve odalara göre merkezden dazla dağınık ve dörtgen şekline uzak kaldığı için tercih edilmemiştir. L-sistem algoritmaları 3 boyutlu birçok yazılım algoritmalarının içerisinde bulunmaktadır. Bu yazılımlardan özellikle ağaç üretiminde en çok kullanılanı SpeedTree dir. Battlefield3, Withcher 2 gibi oyunlarda ağaç üretimi bu yazılım tarafından yapılmaktadır [16].



Şekil 3.1.1 Witcher 2 oyunundan ekran görüntüsü

- Hücresel otomatlar, adalar ve mağaralar dahil olmak üzere organik ve pürüzsüz görünümlü haritalar oluşturmak için kullanılan popüler yöntemlerdir [17]. Hücresel otomatlar yinelenmeli adımlarla çalışır; her adımda, bitişik dokulardaki desenlere göre bir dokuyu değiştirirler. Bitişik döşemelere ve bunların mevcut döşemeleri nasıl etkilediğine ilişkin kurallar ayrıntılı olabilir veya stokastik yoğunluk içerebilir [18]. Diablo oyununda bazı zindanlar bu yöntemle oluşturulmuştur.

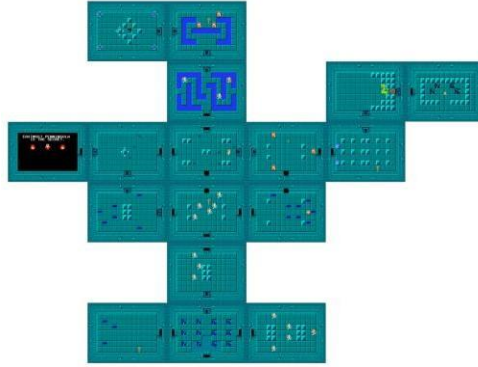


Şekil 3.1.2. Cellular Automata Grid Haritası [19]



Şekil 3.1.3 Diablo2 Den of Evil haritası ekran görüntüsü

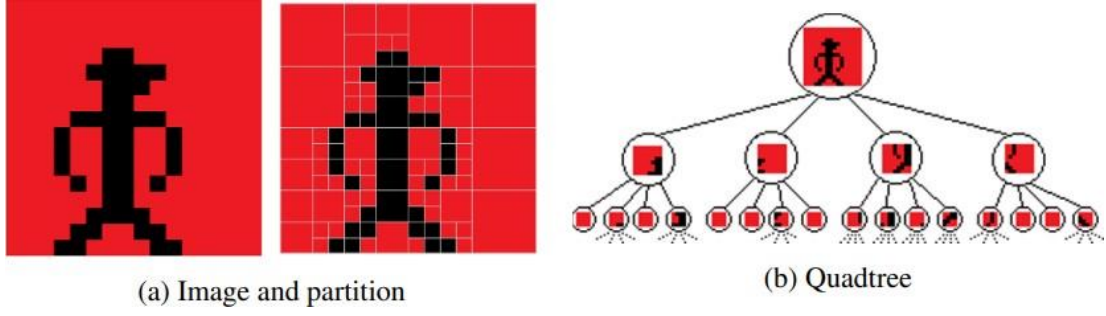
- Gramer tabanlı zindan oluşturma, tasarımcılar tarafından sezgisel olarak yorumlanabilen ve düzenlenebilen biçimsel yapıları nedeniyle macera oyunlarının seviyelerini oluşturmada başarılı olmuştur. Dormans, bir seviyenin ilk tanımı olarak görevleri oluşturmak için grafikler kullanır ve ardından bunu işlenmiş alana dönüştürür. Tüm süreç, harita üretimi için oldukça otomatik ancak kontrollü bir yolla sonuçlanabilir [20].



Şekil 3.1.4. The Legend of Zelda zindan seviyesi tasarımı [21]

3.2 Alan Bölümleme Yöntemi

Alan bölümleme algoritması, 3 boyutlu ya da 2 boyutlu uzayların hiyerarşik ve özyineleyici olarak altkümelere bölünmesini sağlayan bir algoritmadır [22]. Bu hiyerarşi, ağaç yapısı oluşumuna olanak sağlamaktadır. Bu sayede hızlı geometrik sorgulamalar yapmak mümkün olmaktadır. Bu yöntemin sağladığı avantajlar ışın oluşturma, frustum culling ve çarpışma saptama durumlarında hızlı sonuçlar vermesidir.



Şekil 3.2.1. Görsel Bölümleme [2]

Şekil 3.2.1’den anlaşılacağı üzere alan bölümleme algoritması, temel olarak yeni parçalar oluşturmak yerine bir bütünü küçük parçalarını temsil etmektir. Yani bir bütün şekli parçalara ayırım daha küçük parçaları kullanmaktır. Fakat bu yöntemle birlikte örtüşen ortak alan olmadan bir bütünü bölümlenebilmesi ilkesi, zindan veya oda üretiminde sıklıkla kullanılmıştır. Özellikle dörtgen oda üretme veya dörtgen zindan oluşturma konusunda alan bölümme yöntemine daha sık rastlanmaktadır. Ajan tabanlı zindan büyütme yönteminde olduğu gibi ilk odanın içerisinde bulunan bir kazıcının kazı yaparak yeni odalar üretmesi olarak basitçe adlandırabilecek yöntemde küçük bir bölümden başlanıp, bir bütün oluşturulmaktadır. Alan bölümleme yönteminde ise bunun aksine bütünü görüldüğü bir zindandan küçük odaların üretimi söz konusudur.

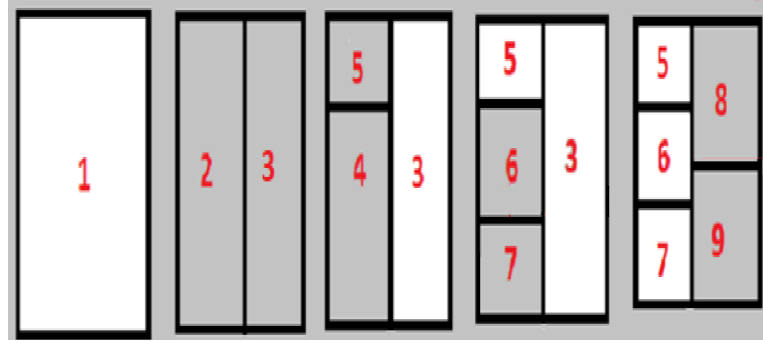


Şekil 3.2.2. Doom Oyununda Alan Bölümleme Algoritması kullanımı

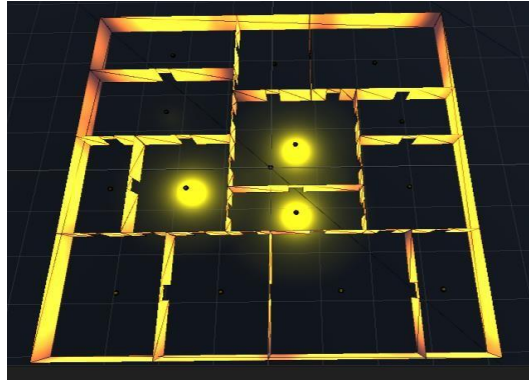
Bu tez çalışmasında sahne alan bölümme yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Tezde bu bölümleme şu adımlarla gerçekleşmektedir;

1. Temel alan belirlenir.

2. Alan genellikle uzun köşeden bölünmesi tercih edilecek şekilde dikey veya yatay olarak iki alana bölünür.
3. Bölünen alan hafızadan çıkartılıp yerine yeni oluşan iki alan eklenir.
4. Oluşturulan alan bölünebilirliği kontrol edilir.
5. 2. 3. ve 4. Adımlar tekrar edilir.
6. Oluşturulan alan tasarımcının belirlediği maksimum alan değerine ulaştığında bölünme işlemi durur.
7. Bir sonraki alanın bölünebilirliği kontrol edilir ve adım 2'den sonra tekrar edilir.
8. Bölünebilecek hiçbir oda kalmadığında alanlar odaya dönüştürülür odanın komşuluk bilgileri, duvarlar, kapı alanları ve ışıklar eklenir. Bu algoritma uygulanırken temel alanın uzunluğu, genişliği, maksimum alan büyüklüğü tasarımcı tarafından belirlenebilir.



Şekil 3.2.3 Oda bölümlenme algoritması



Şekil 3.2.4. Oluşturulan tüm odalar

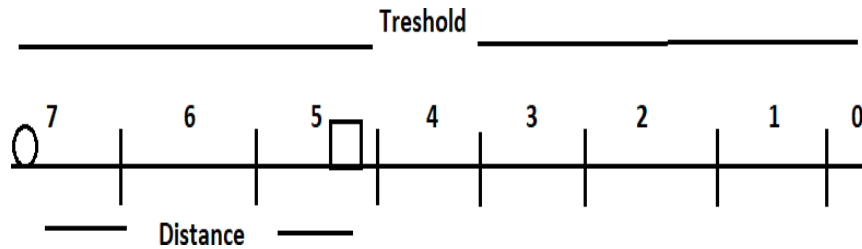
Bu algoritmada her bir oda oluşturulurken eklenen duvarlar iki boyutlu duvarlardır ve normaleri odanın merkezine doğru bakmaktadır. Bu sayede oyun çalışırken performans olarak sisteme duvarlar neredeyse hiç yük oluşturmamaktadır. Benzer şekilde odaların duvarları daha önce kaydedilmediği ve oyun başlarken oluşturulduğu için hafıza olarak da

çok az yer kaplamaktadır. Hem duvarlar arkadan bakıldığında görünmemekte hem de oyun başladığı anda üretilmektedir. Performansı artırmak için kullanılan bir diğer yöntem ise her odaya girildiğinde diğer bütün odalar sistemden kaldırılmaktadır. Bu sayede sistem sadece oyuncunun bulunduğu odayı taramaktadır. Diğer odaları taramak için performans harcamamaktadır.

Oyun sahnesi üretildikten sonra, oyundaki arka plan müziği yordamsal olarak üretilir. Tezde, ilk ve ikinci enstrümanın çalacağı notalar ve akorlar gerginlik kavramı baz alınarak karar verilmiştir. Bu karar vermedeki temel parametre, oyuncunun tehlikeye yakınlığı veya uzaklığıdır. Haritanın büyüklüğüne bağlı olarak oyuncu ile tehlike arasındaki uzaklık doğrusal interpolasyon yani iki nokta arasındaki boş noktaların doğrusal bir şekilde doldurulması fonksiyonu kullanılarak oyuncu ile tehlike arası sayısal değerler atanarak eşit parçalara bölünmüştür. Yani haritanın büyüklüğüne göre bir maksimum değer belirlenir. Bu değer, oyuncu ile tehlike anının en uzak olduğu değerdir. Bu değerle birlikte sakın olarak çalınan müzik kademeli olarak gerginleşmeye başlayacaktır.

```
float distance = Vector3.Distance(player.transform.position, respawns[0].transform.position);  
int select = Mathf.RoundToInt(Mathf.Lerp(8, 0, distance / threshold));
```

Tezde, Unity programının Mathf kütüphanesinde bulunan lerp (lineer interpolation) fonksiyonu kullanılmıştır. İlk aşamada oyuncu ile tehlike arasındaki mesafe hesaplanır. Ardından verilen maksimum değer yani “threshold” değeri, kaç parça kademe olacağı “8” ve hesaplanmış uzaklık fonksiyona sokulur ve yukarıdaki denklem sonucu olarak tehlikenin bulunduğu noktanın kademenin kaçınıcı seviyesinde olduğu hesaplanır.



Şekil 3.2.5. Denklem hesaplaması ile maksimum uzaklığın 8 parçaya ayrılıp sayısal değer verilerek kademelere ayrılması.

Şekil 3.2.5’de, çember oyuncuyu, kare ise tehlikeyi sembolize etmektedir. Yukarıda görüldüğü gibi 7 numaralı kademe en tehlikeli yani gerginliğin en fazla olduğu kademe iken, 0 değerine sahip kademe en sakin durumda olan yani tehlikenin en uzak olduğu kademedir.

3.3 Yordamsal Ses Üretimi

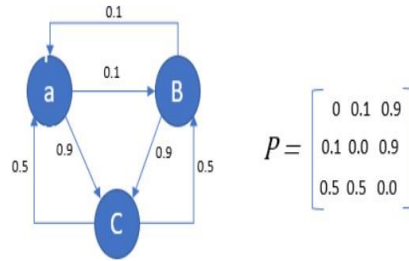
Yordamsal İçerik Üretimi, özellikle büyük bellek kaplayan veya oyun performansınınönemli ölçüde etkileyen karmaşık içeriklerin üretiminde kullanılır. Son yıllarda piyasaya sürülen büyük sistem donanımlarına gereksinim duyan bilgisayar oyunlarında özellikle dokular ve sesler büyük performans ve bellek kaplar. Bu durum yordamsal içerik üretiminin günümüzde daha da yaygınlaşmasını sağlamıştır. Oyun geliştiricileri sistemin üzerinden bu önemli noktaların üretme yükünü yordamsal içerik üretimi yöntemleri ile aldığıında bilgisayar sisteminde diğer tüm alanlar için yer açılmış olacaktır ve oyunun performansı ciddi ölçüde artacaktır. Birçoğunun ana sebebi sadece performans değil aynı zamanda tekrar edilebilir ve her tekrar edildiğinde farklı bir içerik üretilmesi de olmaktadır.

Özellikle bilgisayar oyunlarında ses, hem sistem olarak çok yer kaplayan hem de oyuncu deneyimi açısından bakıldığında da çeşitlenmesi gereken ve değişkenlik göstermesi gereken bir konudur. Bilgisayar oyunlarında sesler, oyuncunun özdeneyim duygusunuciddi anlamda pekiştirmektedirler. Tüm bu sebeplerden dolayı seslerin üretiminde yordamsal içerik üretimi kullanma ihtiyacı doğmuştur. Hem performans konusunda sistemi önemli ölçüde rahatlatması hem de ürettiği çeşitlilikle oyuncunun oyunu tekrar oynayabilmesi ve her oynadığında müziğin oyunla bağlı olarak özdeneyim duygusunu pekiştirmesi yordamsal ses üretimi kullanımını yaygınlaştırmıştır. Yordamsal ses üretiminin birçok avantajı olmasına rağmen günümüzde riskler de bulundurmaktadır. Bir oyunun sesi her ne kadar oyuncunun öz deneyimini artırsa da kontrol altında tutulmayan veya fazla rastgele oluşturulan sesler oyuncunun bu deneyimden uzaklaşmasına sebep olacaktır. Bu sebepten dolayı yordamsal ses üretirken oldukça dikkatli olunmalıdır.

Günümüzde bilgisayar oyunlarında, yordamsal olarak oluşturulabilen iki ana işitsel içerik bulunmaktadır; ses ve müzik.

Yordamsal ses ve müzik üretiminde ise fraktaller ve stokastik yaklaşımlar kullanılmıştır. Bu iki yöntem arasındaki temel fark rastgelelik kavramıdır. Fraktal yöntemler parçacık şeklinde kalıplarla müzik oluşturmaktır. Stokastik yaklaşımda ise notaların oktavların ve tempounun rastgeleliği söz konusudur. Stokastik yaklaşımların temelinde olasılıklar ve Markov zincirleri bulunmaktadır. Markov zincirleri yapısal olarak olasılıksal geçiş matrisi olarak gözlemlenmektedirler. Olasılıksal yöntemde bu geçiş matrisindeki her bir olasılık değeri birbirine eşittir. Fakat bu olasılıklar Markov zincirlerinde belirli stillere ve kurallara göre değişiklik gösterebilmektedir. Bu stil ve kurallar müziğin verilmek istenildiği duyguya göre değişiklik göstermektedir. Geçiş olasılıkları genellikle notalar arası geçiş, akorlar arası geçiş, melodiler arası geçiş, ritimler arası geçiş olarak çeşitlenebilmektedir. Belirli ağırlıklandırma yapılarak geçiş olasılıkları müziğin türüne, verilmek istenilen duyguya, oyun-müzik iletişimine göre algoritmik olarak belirlenir. Timothy Adam, minimalist müziği, enerji ve stres duygularını ölçeklendirebilmek amacıyla çeşitli parametreler tanımlamıştır [23].

Benzer bir şekilde de majör, çekinik, dominant notalar, tonali, ses seviyesi, ritim gibi parametreler yardımı ile Markov modelleri istenilen duyguya erişilen yordamsal işitsel içerik üretimi sağlayabilir.



Şekil.3.3.1 Markov zinciri modellemesi

Yordamsal müzik üretiminde algoritma tekniklerini tanımlarken karşımıza üç temel özellik çıkmaktadır. Bunlar; dönüşümsel, üretimsel ve analitik algoritmalarıdır [24]. Aşağıdaki özellikler sistemleri sınıflandırırken kullanılamaz. Ses üretim sistemleri bu özellikleri kombinasyonlarından oluşmaktadırlar.

Dönüşümsel algoritmalar girdi olarak verilen müzikal bilgiyi alır ve üzerinde değişiklik yapar. Müzikal atmosferi bozmadan ve müzik hissiyat üzerinde büyük bir etki yaratmadan müzik üretirler. Müzik, genellikle oyuncunun oyunu oynarken gönderdiği girdilere göre değişiklik kazanmaktadır. Toshio Iwai, Otocky oyunu bu teknik için örnek verilebilir [25].

Üretimsel algoritmaların üretiminde girdiye ihtiyaç yoktur fakat üretilen müzikte güçlü değişim hissiyatı oluşturur. En büyük dezavantajı, diğer yöntemlere kıyasla kontrol edilebilirliğinin güç olmasıdır.

Analitik algoritmalar, halihazırda var olan çok parçalı bir müzikten belirli özellikteki parçaların alınması ile oluşturulur. Bu bağlamda aslında analitik algoritmalar veri boyutunu düşürür ve müzikal hissi sadeleştirir. Bu teknik çoğunlukla deneysel veya öğrenme tabanlı algoritmalarda görülür.

Tezde enstrümanların çalacağı notalar ve akorlar karar verilirken en çok ağırlık verilen parametre oyuncunun tehlikeye olan uzaklığı parametresidir. Bu uzaklığa göre kullanılmış olan iki nokta arasındaki boşlukları doğrusal olarak tahmin eden fonksiyonunun denklem içinde hesaplanması ile oluşan kademelere göre çalınacak notalar ve ritimler kararlaştırılmıştır. Tezde bu notaların müzikleştirilip uyum içinde olması için minimalist yöntemler kullanılmıştır. Özellikle Steve Reich'in sıklıkla kullandığı faz değiştirme teknikleri karar verilen nota ve akorların kalıplaştırılması ve bu kalıpların rotasyonları oluşturularak üretilen müzikte kullanılmıştır.

İlk önce gerginlik parametrelerine ve müzikal kurallara göre ana nota grubu belirlenir. Bu gruplar iki enstrüman için de ayrı ayrı fakat uyum içerisinde belirlenir. Ardından Unity, bu kalıpları hafızasında tutar. Gerginlik seviyesi değişmediği zamanlarda bu kalıbı tekrarlayarak çalar. Belirli bir tekrara ulaştıktan sonra gerginliği veren ikinci enstrümanın ürettiği nota grubunda rotasyonlar oluşmaya başlar. Bu rotasyon çalınan nota grubunun sırasının değişimi olarak ortaya çıkar. Gerginlik seviyesinin değişmediği her belirli sayıdaki tekrardan sonra bu rotasyon yapılmaya devam eder. Müzikal anlam bozulmadan oluşturulan ve nota gruplarındaki sıralamada küçük farklılıklarla oluşturulan bu nota grupları, minimalist müzik tarzında müzik oluşturmaktadır.

3.4 Pure Data

Yordamsal müzik üretiminde sesin yapısını ve frekanslarını kullanabilmek ve aynı zamanda bilgisayar oyunun üretildiği platform olan Unity ile veri alışverişini sağlamak amacıyla Pure Data programı kullanılmıştır. Pure Data'yı Unity ile haberleştirmek için ise Pure Data'nın libpd eklentisi kullanılmıştır. Bu sayede ses üretim programı ile C# kodları arasında iletişim kurulmuş ve oluşturulan müzik için büyük öneme sahip olan ses düzeyi, ritim, nota frekansları, ses kaynakları gibi parametreler bilgisayar oyunundan eş zamanlı olarak alınıp Pure Data programında girdi olarak kullanılmıştır.

Pure Data' da müzik oluşturmak için çeşitli ses kaynakları kullanılmaktadır. Bu ses kaynaklarına gönderilen frekans değerleri notayı belirlemektedir. Tezde 440 Hz. lik frekansa denk gelen "La" notası baz alınarak 3 perdeli nota dizisi oluşturulmuştur. 440 Hz. belirli katsayılarla çarpılarak diğer notaların değerleri ve bir üst veya bir alt perdelerdeki nota değerleri oluşturulmuştur. Bu sayede oyunun içerisinden gelecek nota kararları "La" notasının hangi çarpan ile çarpılacağını belirleyecek ve ortaya yeni bir nota çıkacaktır. Bu düzenekten 3 adet oluşturulmuştur ve aynı anda çoktu notalar ses sistemine gönderilerek 3 sestem oluşan akorlar oluşturulmuştur. Oluşturulan her bir akor genel müzik teorisinin temellerinde bulunan büyük 3lü ve küçük 3lü uyumuna göre oluşturulmaktadır. Böylelikle akorlar arası geçişler rastgelelikten uzaklaşmış olmuştur.

Bu sistemde serialist müzikte ve post minimalist müzikte kullanılan uyuma uygun akor geçişleri oluşturmak için temel akor kalıbı ve akorun kök sesine karar verilmeli ve buna göre gelecek olan bir sonraki nota oluşturulmalıdır. Yordamsal olarak üretilen müzikte çeşitliliği sağlamak için bir sonraki akorun ya da nota dizisinin frekanslarının artacağı ya da azalacağı ve akor kök seslerin seçimi değişkenlik göstermektedir. Böylelikle her tekrarda farklı müzikler elde etmek mümkün olmaktadır.

Müziğin karakteristik yapısını belirleyen bir diğer temel etken iste müziğin ritmidir. Müzikte ritim oluşturmak için farklı uzunluklarda farklı seslerin birleşmesi gerekmektedir. Tezde, oyuncu tehlikeli objeye yaklaştıkça ritimler de bu doğrultuda sıklaşmaktadır. Her bir sesin veya akorun ritmi oyunla eş zamanlı olarak belirlenebilmektedir. Bu ritimler sabit girdi veya belirli bir aralık olarak belirlenebildiği ve hatta bazen tamamen rastlamsal olarak John Cage stilinde ritim belirlenebilir. Bu durum müziğin genel yapısında çok belirgin

değişikliklere yol açacak ve tüm notalar tamamen aynı olsa bile birçok farklı müzik ortaya çıkabilecektir. Aynı zamanda üretilen müziğin parametreleri C# kodu üzerinden kontrollü olarak eş zamanlı belirlendiği için üretilen müzik hem çok çeşitli hem de istenilen duyguyu yansıtan bir müzik oluşturulmuştur.

Tezde oluşturulan sistemde ses kaynakları da isteğe bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Yaratılan duyguya bağlı olarak ses kaynağı olarak kullanılan ses dalgalarının biçimleri düz, kare, sawtooth veya gerçek kayıtlardan gelen ses kaynakları şeklinde olabilmektedir. Bu tınılar osilatörler, fazörler ve kayıt dosyaları aracılığıyla oluşturulurlar. Notaların frekans değerleri ses kaynaklarından bağımsız olduğu için bu ses kaynağı değişimi müzikal yapıyı bozmamaktadır.

Gerçek kayıt dosyaları Pure Data programında çeşitli komutlarla okunup, grafiğe dökülüp frekans değerlerine dönüştürülebilmektedir. Bu değerlerin hızlı veya yavaş okunması ise ritimleri belirlemektedir.

3.5 Additive Synthesis

Additive synthesis, bir veya birden çok frekansları birleştirerek ses oluşturma yöntemidir. additive synthesis teknikleri ile birçok akustik enstrümanın sesleri elektronik ortamda yeniden oluşturulma çalışması ilk olarak Alman okulu Elektronische müzik ile yapılmıştır . Elektronische müzik ekolünde ilk zamanlarda akustik enstrümanların sesleri soundwave'lerle additive synthesis ile yöntemi ile birleştirilerek bu enstrümanların seslerinin yapay olarak üretilmesi çalışılmıştır. Additive synthesis ile düzenek oluştururken 4 parametre ön plana çıkmaktadır. Additive synthesis düzeneğin frekans genişliği yani düzenekte kullanılan frekansların duyulabilir spektrumda kapladıkları alanın genişliği, overtone'ların fundamental frekanstan ne kadar ayrılacağı yani frekansların çarpanı ve ses şiddeti. Overtone'lar, fundamental frekansların düzenekteki çarpan ile çarpılması ile oluşmuş tonlardır. Bu çarpanlar genellikle ondalık sayı olduğunda overtone, tam sayıkatları olduğunda ise oluşan frekans harmonic frekans olarak adlandırılmaktadır. Harmonic frekanslar, overtone'lara kıyasla daha uyumlu tınlamaktadırlar. "First harmonic" denildiğinde fundamental frekansın üzerindeki ilk ses, "first overtone" denildiğinde ise fundamental frekansın üzerindeki ilk overtone kastedilmektedir. Additive synthesis'in bir diğer ana parametresi ise sesin ne kadar uzun süre çaldığıdır.

Bir sesin tınısını belirleyen iki etken vardır. Bunlar sesin spektrumu ve sesin envelope' u dur. Sesin spektrumu aslında additive synthesis'e çok benzemektedir. Additive synthesiste kısaca fundamental frekanslar ve bu frekansların katsayı çarpanları ile overtone' lar oluşturulur ve bu frekansların ses şiddetleri oluşturulur. Spektrum sentezinde Elektronischemüzik ekolünde yapay sesler additive synthesis ile bir araya getirilip sentezlenmektedir. Spektrum analizinde ise var olan bir sesi FFT algoritmaları ile yapılmaktadır ve sonucunda her frekansın ses şiddeti bulunmaktadır. Bu sürecin sonunda bir fundamental frekanslar ve overtone' lar elde edilmektedir. Spektrum kelimesi ile kastedilen, bir sesin frekans içeriğinin özellikleri kastedilmektedir. Spektral müziğin öncüleri bu yöntemi sıklıkla kullanmışlardır.

Oluşturulan tüm enstrümanlardaki en temel etken enstrümanın fundamental sesi insan kulağına algılabilesidir. Gerçek hayada kıyasla bunu oluşturmak osilatörler yardımıyla oldukça kolaydır. Osilatörlere notanın doğal frekansını göndermek o notanın duyulmasını sağlayacaktır. Fakat bu aynı zamanda yapaylık duygusunu da ortaya çıkartacaktır. Bir besteci için additive synthesis uygulamanın birçok amaçlarından birisi de budur. Spektrum genişliği aynı zamanda kulakta farklı duygular oluşmasını da sağlar. Besteci bazen yaylı çalgılar bazı durumlarda nefesli veya vurmali çalgılar tercih etmesi gibi. Bir notadan çıkan overtone sesler, piyano veya nefesli çalgılarda fundamental sesin tam sayı katları şeklinde katlanırken, gong, glockenspiel, vibrafon gibi vurmali çalgılarda overtone sesler, fundamental sesin ondalıklı sayılar ile çarpılarak katlanmaktadır. Tezde gerginlik duygusunun pekiştirilmesi için fundamental frekansın tamsayı çarpanları ile oluşan harmonic overtone' lar yerine fundamental frekansın ondalık çarpanlar ile çarpılarak oluşturulan inharmonic frekanslar oluşturulmuştur. Gerginlik duygusu verilmek istenildiğinde spektrum genliği artmış ve fundamental frekans ile overtone' lar arasındaki frekans çarpanları ondalık sayılar kullanılarak çeşitlendirilmiştir.

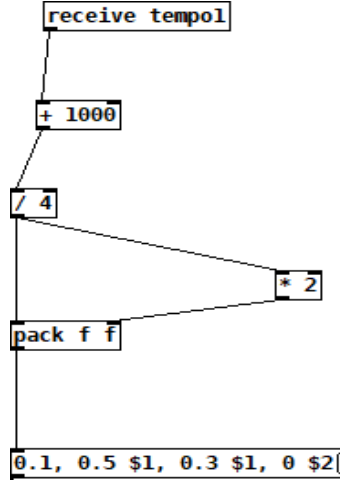
Seslerin frekans çarpanları ve frekans sayıları belirlendikten sonra bu frekansların ses şiddeti oluşturulmuştur. Doğadaki enstrümanlarda fundamental spektrum her zaman 1, overtone frekanslar ise 1' den daha küçük olmaktadır. Tezde doğadaki enstrümanların spektrum özelliklerinin genel kaideleri kullanılmış ve bu şekilde ses sentezi gerçekleşmiştir. Tezde fundamentalin spektrumu 1 olarak tutulurken overtone' lar 0 ile 1 arasında frekans değeri arttıkça ses şiddeti düşük olacak şekilde düzenlenmiştir. Ses şiddeti 1 olduğunda en baskın durumda iken ses şiddeti 0 olduğunda frekans hiç duyulmayacaktır.

Fundamental ses oluşturulduktan sonra overtone sesler çarpan büyüklüğüne ters orantılı olarak büyüklükleri dağıtılacaktır. Burada karar verilirken dikkat edilmesi gereken husus, ses şiddeti düzlemde doğrusal olarak azalış gösterse de insan kulağında logaritmik olarak değişiklik gösterecektir. Bu yüzden ses şiddeti seviyelerindeki küçük farklılıklar kulakta çok daha net anlaşılacaktır. Bu sebeple tezde fundamental notaya en uzak frekanslar mümkün olduğunca küçük değerlerde oluşturulmuştur. Tezde bu şekilde additive synthesis kullanılarak sesler elde edilmiştir. Ve bu sesler daha sonralarda ses kaynağı olarak kullanılmıştır. Sistemde akorlar, bu ses kaynaklarından üretilmektedir.

Hazırlanan ses ve müzik düzeneğinde bir diğer kilit nokta ise ritim ve sesin tınlamasıdır. Tınlama süresi, ses kaynağından çıkan sesin karakteristiğini doğrudan etkileyen bir kısımdır. Tınlama süresi, envelopment süreci içerisinde ve envelopment yapılırken bu süre de kontrol edilebilmektedir. Tınlama süresi kararlaştırılırken dikkat edilmesi gereken en önemli parametrelerden birisi ritimdir. Eğer düzenekteki iki nota arasında geçen süre, tınlama süresinden kısa ise bir nota tamamen susmadan üzerine yeni bir nota ekleniyor demektir. Düzenekte zaman ilerledikçe bu birikimler artabilir ve karmaşıklığa yol açabilir. Bu durum müzikaliteyi önemli ölçüde bozabilmektedir. Pure Data üzerinde oluşturulan müzik üreten düzenekte tını süresi ve ritim kontrol altına alınmaktadır. Düzenekte Pure Data ile tını süresi belirlenirken ritmi “receive tempo1” komutu ile almaktadır. Oyun üzerinden gönderilen ritimler oyuncunun kare şekle olan uzaklığına göre belirlenmektedir. Oyundaki ritimler uzaklıklara göre listelere ayrılmıştır. Oyunda gerginlik hissi artırılmak istendiğinde ritim de doğrusal olarak artış göstermektedir. Sistem daha kısa nota aralıklarına sahip ritimler seçmektedir. Aynı zamanda bu ritimler uygulanırken minimalist bestecilerden Steve Reich’in Phase Shifting yöntemi kullanılmıştır. Oyun içerişimde oluşturulan ritim aşağıdaki aşamalar sonucu oluşmaktadır;

1. Ritim listeleri hazırlanır.
2. Oyun içerisinde oyuncunun bulunduğu konum ile kare şeklin bulunduğu konum arasındaki uzaklık hesaplanır.
3. Hesaplanan uzaklık birbirine eşit parçalara bölünür. Bu parçalar oyundaki gerilim seviyelerini temsil eder.
4. Gerilim seviyesine göre liste seçilir.

5. Lisenin içerisinde bulunan iki nota arasındaki zaman aralıkları Pure Data programına “receive tempo1” komutu ile gönderilir.
6. Kodun gönderilen süre kadar gecikme yaşaması sağlanır.
7. Listedeki bir sonraki süre veya phase shifting uygulanıyorsa bir diüer süre yeni notalar ile Pure Data Programına gönderilir.
8. Gerilim seviyesi değışene kadar 5, 6 ve 7.adımlar tekrar edilir.

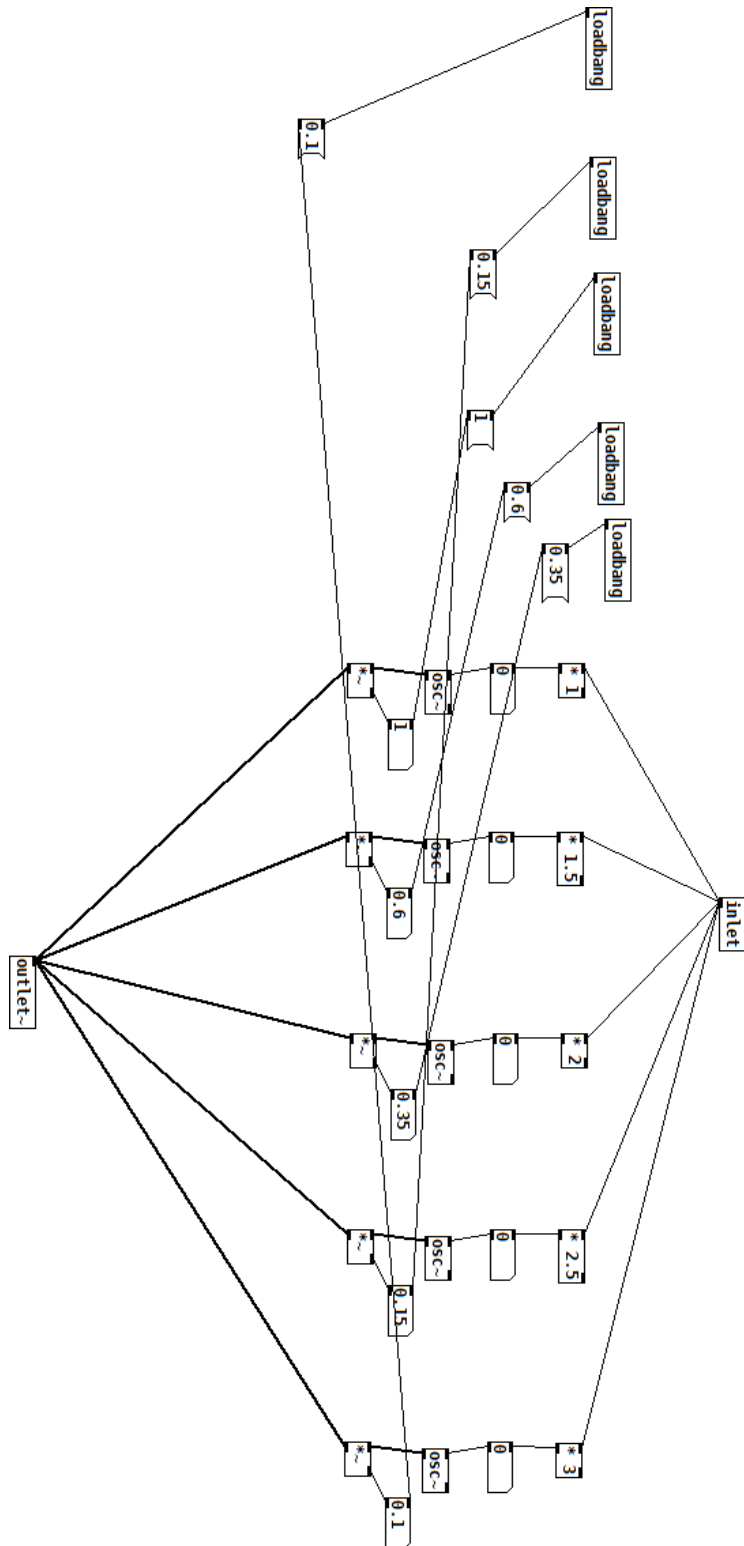


Şekil 3.5.1. Pure Data Envelopment

Şekil 3.5.1 ‘de görüldüğü üzere ses karmaşasından kaçınmak için tınlama süresi, iki ses arasındaki süreden daha kısa olmalıdır. “receive tempo1” komutu ile alınan ritim süresinin üzerine 1000 eklenip 4 e bölünmüştür. 1000 sayısı programda 1 saniyeye tekabül etmektedir. Şekil 3.5.1’de nota tınısı belirlenirken kullanılan formül:

$$X = \text{Tempo girdisi} / 4 \quad Y = \text{Tempo girdisi} / 2$$

Tonal Tını; 0.1 Ses seviyesinde başlar ve X kadar süre boyunca 0.5 ses seviyesine çıkar daha sonra 0.3 ses seviyesine X kadar sürede iner ve son olarak Y kadar sürede susar. Burada tını süresi Tempoya tam eşittir çünkü X ve Y süreleri girdi olarak alınan iki nota arasındaki süreye oranlıdır ve denkleme eşit olarak eklenmiştir. Şekil 3.5.2.’de tezde kullanılan additive synthesis örneği bulunmaktadır. Osc~ komutu ses kaynağı olan osilatörlerin komutudur. Osilatörler kendilerine girdi olarak gönderilen ses dalgası olmayan sayıları ses dalgalarına dönüştürür. Bir komutun sonunda “~” işareti bulunuyorsa bu, ses dalgaları ile ilgili bir komut olduğu anlamına gelmektedir. Mesela Şekil 3.5.2.’de örnekte “inlet” komutu sayısal verileri girdi olarak alırken “outlet~” komutu çıktı olarak ses dalgaları göndermektedir.

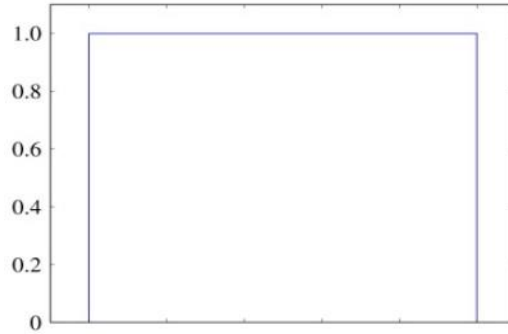


Şekil 3.5.2. Additive synthesis

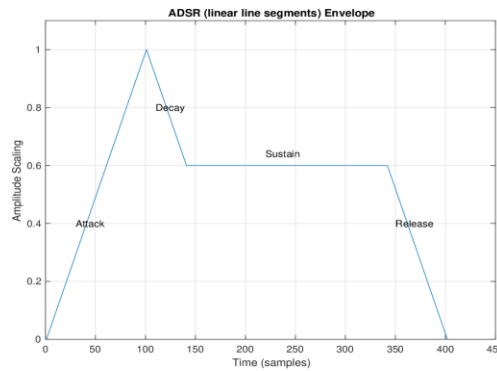
3.6 Envelopment

Envelope, bir sesin tınısını belirleyen sesin spektrumundan sonraki diğer etkidir. Belirli ses frekansları ile ses kaynağından çıkan bir ses örnekleminin şiddetini bir dizi halinde kontrol ederek istenilen karakteristik özellikte sistemden çıkartılmasıdır. Yani frekans çarpanı, genliği, frekans büyüklüğü, ses kaynağı belirlenmiş bir veya birden çok ses örneklemlerinin ses kuvvetinin dizisel olarak kontrolüdür. Örneğin bir piyano notasının sesşiddetini ilk anda yüksek sesle duyulurken daha sonra ses seviyesi zamanla azalır. Bu durumda ses kulağa net bir şekilde iletilirken yumuşak bir şekilde kaybolur. Bu sesin doğallığı algısının en önemli etkenlerinden birisidir.

Elektronik müzikte oluşturulan ses örneklemlerinin ses seviyesi ilk anda yükselir ve aniden biter. Doğada hiçbir ses örneklemini bir anda duyulup bir anda bitmez. Her ne kadar notalar ritimler tonlama tınları doğru olursa olsun bir anda duyulup bir anda susan sesler müzikaliteyi de önemli ölçüde etkilemektedir. Additive sytnthesis in temel amacı olan enstrüman üretiminin bir parçası da bu sebepten dolayı envelope'tur. alt düzeneği



Şekil 3.6.1. Envelope uygulanmamış ses seviyesi



Şekil 3.6.2. Envelope uygulanmış ses seviyesi

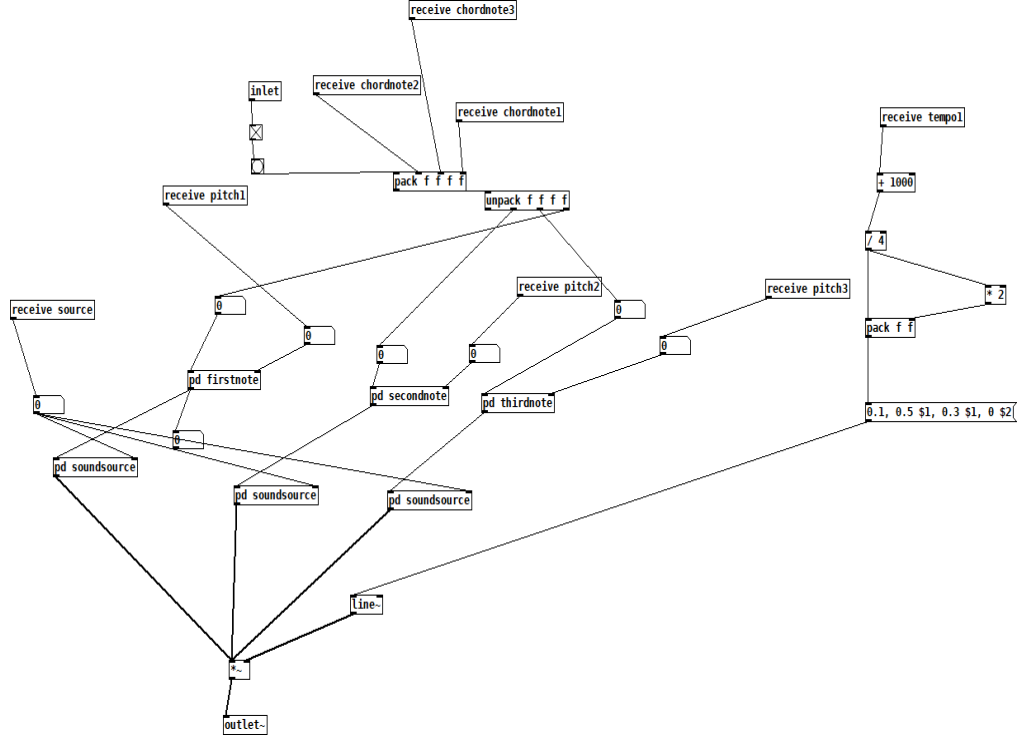
Şekil 3.6.2’de envelope uygulanmış ve uygulanmamış ses seviyeleri görülmektedir. Envelopment, duyulan sesi yumuşatmak amacıyla ses 4 evreden geçmektedir. ADSR olarak da bilinen bu evreler enstrümanların genel yapıları baz alınarak oluşturulmuştur. Bu evrelerin büyüklükleri ve uzunlukları isteğe göre değişiklik göstermektedir. Genellikle kulak ilk sesi duyduğunda sesin en yüksek seviyede olmalıdır bu sayede fundamental frekans kulakta daha net algılanabilir. Ardından ses seviyesinde doğal bir düşüş yaşanır ve tınlama uzunluğu bu düşüşten sonra oluşur. Bu seviye sesin sürdürülme seviyesidir. Son evrede ise ses seviyesi yavaşça sifira iner ve sonunda frekans kulakla duyulamayacak kadar azalır ve biter. Bu yavaşça azalım sesin doğallığını etkilemektedir. Tezde tüm bu evreler ritme, diğer bir deyişle iki ses arasındaki aralığa bağlı olarak belirlenmiştir. Oranların büyüklükleri değişiklik göstermediği için kulaktaki enstrüman duygusu sabit kalmıştır.

Burada dikkat edilmesi gereken nokta, ses örneklerinin ses seviyeleri oluşturulan enstrümanın çıkarttığı sesin karakteristik özelliği olmasıdır. Bu ses seviyeleri, kişinin duyduğu genel müziğin ses seviyesinden farklıdır. Bu ses seviyelerinin büyüklükleri genel müziğin ses seviyesi ne kadar büyük olursa olsun oluşturulan enstrümanın çıkarttığı karakteristik bir seviyedir. Genel ses seviyesinin yükselmesine veya düşmesine oransal olarak bağlıdır. Figür 3.5’te oluşturulmuş olan düzende genel ses seviyesi bilgisayar oyunundan girdi alınarak oluşturulmuştur. Additive synthesis ve envelope yöntemlerinin yardımı ile ana düzeneğe gönderilen bu ses dalgaları Pure Data’nın ana düzeneğinde genel bir çarpım ile “dac~” komutu sayesinde ses sitemlerine stereo veya tercihe bağlı olarak mono olarak gönderilmektedir. Bu genel çarpım müziğin genel seviyesini oluşturmaktadır.

3.7 Polychord’lar

Polychord’lar genellikle birden fazla akorların aynı anda çalınmasıdır. Tezde belirli kurallarla ve tercihlerle yordamsal olarak üçlü dizilimde akorlar oluşturulmuştur. “Receive chordnote” komutları ile oyun içerisinde belirli kurallara göre kararlaştırılan akor notaları oyunun içerinden eş zamanlı olarak Pure Data programına gönderilmektedir. Akor notalarının yanı sıra ses kaynakları, ritim, additive synthesis, perdelerin belirlenmesi, envelopment gibi temeller ile bir akor düzeneği oluşturulmuştur. Bu temellerin girdileri bilgisayar oyunu içerisinde Pure Data programına eş zamanlı olarak aktarılabilen ve bu girdiler bilgisayar oyunu içerisinde değişkenlik gösterebilmektedir. Bu sayede oluşturulan

akorlar ve hatta sesin yapıtaşları bile yordamsal olarak üretilmiştir. Bu düzenek tezdeki sisteme “Subpatch” yani ana düzeneğin bir alt düzeneği olarak oluşturulmuştur. Bu alt düzenek “pd chord” olarak adlandırılmıştır. Bu düzenek girdi olarak sayısal veri alırken çıktı olarak ses dalgaları göndermektedir. Bu sebepten “inlet” komutu ile girdi alıp, “outlet~” komutu ile göndermektedir.



Şekil 3.7.1. Akor alt düzeneği

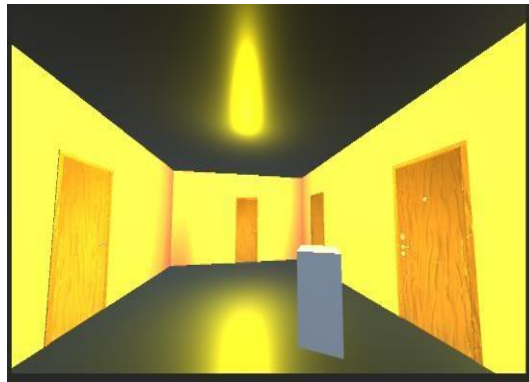
Bilgisayar oyununda hissettirilmek istenen duyguya göre bu akorlardan birden fazla olacak şekilde aynı anda çalınmak istenmiştir. Bu akorların sıralamaları Caz Müziğe uygun ve bağlantılı olarak Empresyonizm ve Genişletilmiş Tonalite başlığı altında bulunan çoklu akor (Polychords) kurallarına göre oluşturulmuştur. Caz müzikte polychord kullanımı daha çok üçlü dizilimde dört sesli akorlar olarak ortaya çıkmaktadır. Empresyonizmde ise bu akorların beş sesli ve altı sesli versiyonları kullanılmaktadır. Bu akorları klasik terminoloji açısından tek bir bütün olarak incelemek mümkündür fakat daha modern teorilerde bu akorları iki farklı akorun birleşimi olan bir polychord olarak değerlendirilmektedir. Pure Data’da bu akor düzeneklerinden birkaç tane oluşturulmuştur ve sahne tercihlerine göre “select” komutuna bağlanmıştır. Hangi akorların simultane olarak çalınacakları ve kaç tane akorun aynı andan çalınacağını belirleyen “select” komutu bilgisayar oyunundan eş

veya beşlinin bitiş notasından başlanılarak oluşturulan akorların kesişimi olan noktaldır. Yani Re majör akoru örnek alınırsa Re – Fa diyez – La akorundan sonra La majör veya La minör akoru çalındığında anahtar akorun bitiş ve yan akorun başlangıç notası olan La notası tatlı nokta olarak adlandırılır ve bu polychord çok doğal ve uyumlu tınlamaktadır. Bu polychord aynı zamanda Caz müzikteki 7li ve 9lu akorların en saf halidir. Bu tatlı noktadan tekrar uzaklaştıkça dissonant karakteri görece artacaktır. Fakat bir dizi içerisindeki uzak üçlüler kullanıldığında tını yumuşak ve doğal tınlayacaktır. Diziyi takip eden akorların genellikle orta notasında yarım seslik kaymalar polychord'daki ses kakışımı durumunu artıracaktır.

Tezde bu durum gerginlik hissi verilmek istendiğinde birbirine çok yakın akorlardan oluşan polychord'lar veya seviyeye göre anahtar akorun üçlüsü veya beşlisi baz alınarak oluşturulan yan akorlardan oluşan polychord'lar kullanılmıştır. Sakinlik duygusu verilmek istenildiğinde tatlı noktalar veya dizi üzerindeki akorlar tercih edilmiştir. Bu tercihler ve anahtar akorlar Pure Data'ya Unity programından ve belirlenmiş olan kurallar dahilinde rastgele gönderildiği için oluşturulan her polychord'un akorları ve notaları farklılık göstermektedir. Bu sayede müzik hem yordamsal üretilmiş olup hem de istenilen duygu verilmesi sağlanmış olmaktadır.

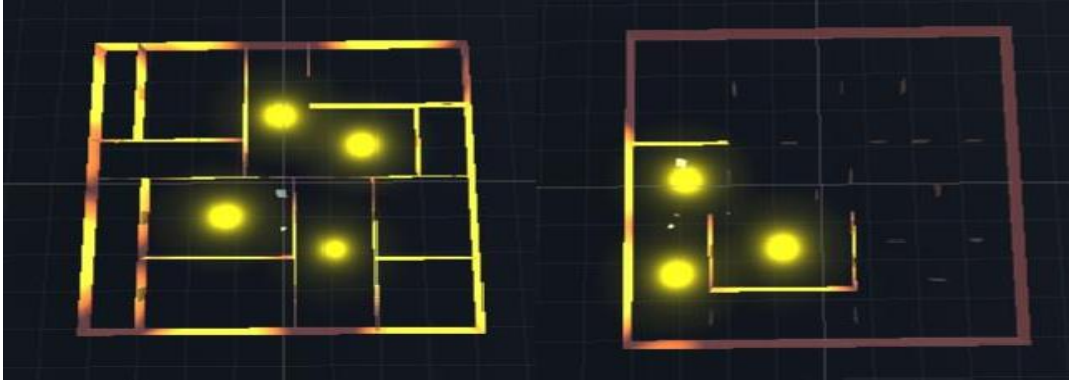
3.8 Kullanıcı Anketi ve Sonuçları

Bu tezde bir bilgisayar oyununun seviyeleri ve müzikleri yordamsal olarak oluşturulmuştur. Alan bölümlene yapılarak seviye tasarımı oluşturulmuştur ve oyun her yeniden oynandığında oluşturulan oda sayısı, oda büyüklüğü ve oda konumları değişiklik göstermektedir.



Şekil 3.8.1. Üretilen oyundan ekran görüntüsü

Oyundaki bu içerik üretimi daha önceden tasarlanmış kalıpların kullanılmasından oluşmamaktadır. Aksine bu üretim, oyun açıldığı anda aktive edilmekte ve oyuncunun hissedemeyeceği kadar kısa bir süre içerisinde gerçekleşmektedir. Oyunun üretiminde Unity programı ve kodlama dili olarak C# kullanılmıştır. Üretilen odalardaki her bir duvarların normalleri odanın merkezine bakmakta ve duvar arka taraftan gözlenememektedir. Bu da özellikle büyük çaplı bir projede kapsamlı bir üretim söz konusu olduğunda ciddi grafiksel performans sağlayacaktır. Oyuncu odalar arası geçiş yaptığında kapı ile etkileşim kurduğu anda bir sonraki oda aktive olup, diğer bütün odalar sistem üzerinde kapatılmaktadır. Burada odalar tamamen yok edilip yeniden bir oda üretimi söz konusu değildir. Odaların bütün parametreleri hafızada tutulmakta fakat aktif bir şekilde sistemde bulunmamaktadır. Bu durum da aynı şekilde oyunun performansını artırmaktadır.



Şekil 3.8.2. Oyunda üretilen tüm odalar ve oda geçişlerinde aktif olan ve kapatılan odalar.

Üretilen oyunda oyunun gerilimini sağlayan en büyük etken kare cisimdir. Bu kare cisim odalar oluşturulduktan sonra oyuncudan farklı bir odada üretilmekte ve oyun boyunca oyuncuya ulaşmayı hedeflemektedir. Oyundaki gerilim durumu tamamen bu cismin oyuncuya olan uzaklığına bağlıdır. Bu kare cisim oyuncuya yaklaştıkça oyundaki gerginlik hissi artmaktadır.

Sahne yapısı yordamsal olarak üretilen bu oyunda gerilim duygusunu üretilen müzik ile verilmektedir. Oyundaki müzik de Pure Data ve Unity aracılığı ile üretilmektedir. Oyundaki müzik daha önceden kaydedilmiş müzik kayıtlarının oyuna verilmesi ile oluşmamaktadır. Oyunun müzikleri yordamsal olarak oyuncu ile eş zamanlı olacak şekilde

üretilmektedir. Oyunda üretilen müzikler oyun içerisinde oyuncunun kare cisme yakınlığına göre diğer bir deyişle verilmek istenilen gerilim duygusunun seviyesine göre değişiklik göstermektedir. Müzik yordamsal olarak ve oyuncuya hissettirilmesi arzulanan gerginlik duygusu amacıyla farklılık göstermektedir.

Oyun içerisinde yalnızca müzik değil, ses üretimi de yordamsal olarak gerçekleşmektedir. Additive synthesis yöntemi kullanılarak ses kaynakları ve sesin karakteristik özellikleri belirlenmiştir. Bunlar belirlenirken gerilim duygusu hissettirilme amacı göz önünde bulundurulmuştur. Bu şekilde Pure Data üzerine ses üreten bir sistem oluşturulmuştur. Bu sistemde envelopment uygulanırken değişkenler ve denklem kullanılmıştır. Bu değişkenlerin aldığı değer ise oyunun içerisinde gerilim seviyesine göre seçilen ritim listesi içerisinde gönderilmektedir.

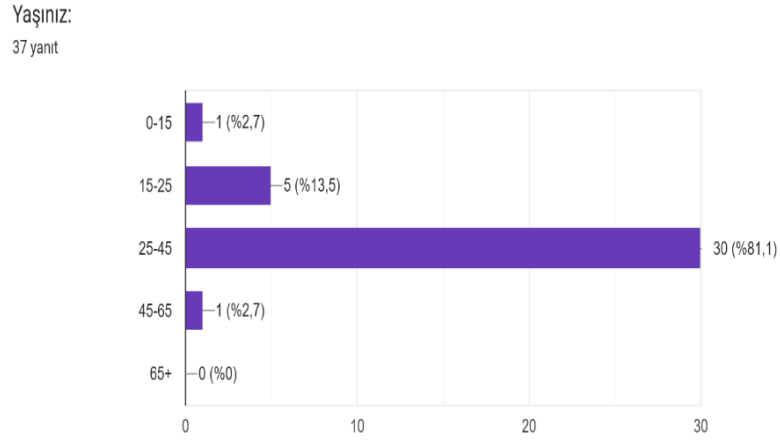
Düzenekte üretilen seslerin yanı sıra müzik de yordamsal olarak üretilmektedir. Müzik üretiminde seviye arttıkça gerginleşen bir müzik üretimi söz konusudur. Müzikte seçilecek akorlar, akorları oluşturan notalar, ritimler gerginlik duygusu amaçlanarak belirli kurallar dahilinde üretilmektedir. Müzik üretimi gerçekleştirirken minimalist müzik ve caz müzikte kullanılan yöntemler bu tezde de kullanılmıştır.

Oyunun ilk anlarında oyuncu kare cisimden uzaktayken müzik durağan düşük ritimde ve tek ses düzeneğinde başlamaktadır. Oyuncu ile kare cisim arasındaki uzaklık arttıkça ritim artmakta, polychord'lar devreye girmekte ve çalınan akorlarda kakışimler meydana gelmektedir. Bu farklılık oyuncuda gerilim duygusunu artırmaktadır. Oyuncu tekrar cisimden uzaklaştığında üretilen müzik de buna bağlı olarak ilk andaki karakteristiğe bürünecektir.

Oluşturulmuş olan proje, 37 kullanıcıya test ettirilmiştir ve kullanıcılardan gelen geri bildirimler anket şeklinde alınmıştır. Bu sayede tezde kullanılan yöntemlerin ve oluşturulan oyunun amaç doğrultusundaki etkinlikleri analiz edilmiştir. Kullanıcılardan anketi doldurmadan önce oyunu en az üç kere oynamaları istenmiştir. Anket iki bölüme ayrılmıştır. Demografik soruların bulunduğu bölüm ve oyun ile ilgili soruların veya görüşlerin bulunduğu bölüm.

Ankete katılımcılar bilgisayar oyunlarını diğer yaş aralıklarına kıyasla daha fazla oynayan ve bu oyunlarda özellikle ekonomik durumları göz önüne alındığında daha seçici olabilen

25-45 yaş grubunun yoğunlukta olduğu üniversitelerden oluşmaktadır. Üniversitelerdeki kişiler kitle olarak alınmış ve tabakalı örnekleme yapılmıştır. Ankete katılacak kişiler bu tabakalardan rastgele olarak seçilmiştir.



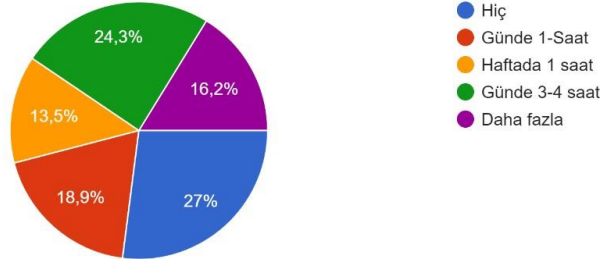
Şekil 3.8.3 Ankete katılan kişilerin yaş grafiği.

Şekil 3.8.3'teki grafikte te görülebileceği üzere ankete katılan kişilerin yüzde 81,1'i 25-45 yaş aralığındadır. Ankete katılan kişilerden 12'si kadın, 25'i erkek olmak üzere toplam 37 katılımcı bulunmaktadır.

Kullanıcıların demografik bilgileri alındıktan sonra üretilmiş olan oyun hakkındaki görüşleri alınmıştır ve bu bilgiler arasında karşılaştırmalar yapılmıştır. Bunlar istatistiksel testler sonucunda yorumlanmıştır. Aşağıdaki analizlerde kategorik değişkenler n(%) olarak belirtilmiştir. Kategorik değişkenler gruplar arasında Fisher's Exact test, Fisher Freeman-Halton test ve McNemar testi kullanılarak karşılaştırılmıştır. İstatistiksel analizler SPSS (IBM Corp. Released 2016. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 24.0. Armonk, NY: IBM Corp.) programı kullanılarak gerçekleştirilmiş olup, $p < 0.05$ istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

Oyunun hissettirdiği duygular veya oyundaki içeriklerin farklılaşmalarının analizini yapmadan önce ankette, oyunun oyuncu tarafından oynanabilirliği araştırılmıştır. Ankete katılanların yüzde 27'si günlük hayatlarında hiç bilgisayar oyunu oynamazken yüzde 73'ü bilgisayar oyunu oynamaktadırlar. Şekil 3.8.4'te şekilde oyun oynama sürelerinin pasta grafiğinde dağılımı görülebilmektedir.

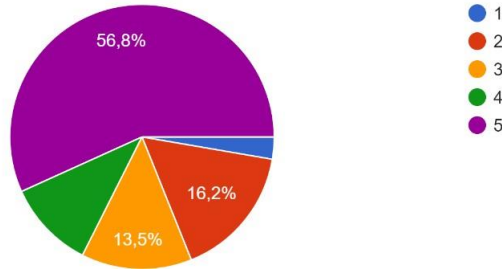
Ne sıklıkla bilgisayar oynarsınız?
37 yanıt



Şekil 3.8.4. Ankete katılan kişilerin bilgisayar oyunu oynama sıklıkları

Aşağıda şekil 3.8.4'e bakıldığında ankete katılanların "Oyunu oynamak benim için kolaydı" görüşüne ne kadar katılıp katılmadığı yüzdelik dilimlerle gözlemlenebilmektedir. Bu şekildeki görüş sıralamasında 5 Kesinlikle katılıyorum, 1 ise kesinlikle katılmıyorum ifadelerini temsil etmektedir. Ankete katılanlardan 1 kişi yani yüzde 2,7'lik dilim bu görüşe kesinlikle katılmamış ve oyunu oynamayı gayet zor bulmuştur. 21 kişi yani yüzde 56,8'lik dilim içim ise oyunu oynamak gayet kolay olmuştur yorumu yapılabilir.

Oyunu oynamak benim için gayet kolaydı
37 yanıt



Şekil 3.8.5. Ankete katılan kişilerin bilgisayar oyununun oynamanın kolaylığı hakkındaki görüşlerinin dağılımı.

Bu iki grafik birlikte analiz edilmek istenildiğinde ankete katılan kişilerde daha önce oyun oynamış olmaları ile oyunu oynamayı kolay bulmaları arasında bir fark yoktur hipotezi kurulabilir.

| | | Oyun oynar mısınız? | | p-değeri* |
|---|-------------------------|---------------------|--------|-----------|
| | | Evet | Hayır | |
| Oyunu oynamak benim için gayet kolaydı | Kesinlikle Katılmıyorum | 0 | 1(%10) | 0,301 |
| | Katılmıyorum | 5(%18,52) | 1(%10) | |
| | Kararsızım | 5(%18,52) | 0 | |
| | Katılıyorum | 3(%11,11) | 1(%10) | |
| | Kesinlikle Katılıyorum | 14(%51,85) | 7(%70) | |

Veriler n(%) olarak ifade edilmiştir.

* Fisher Freeman-Halton testi

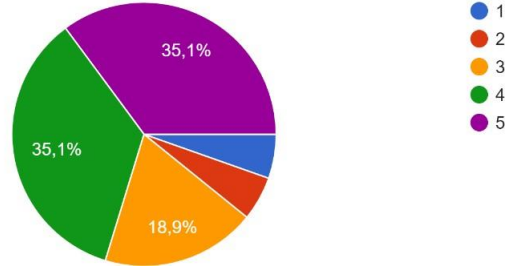
Çizelge 3.8.1. Ankete katılanların oyun oynama sıklıkları ile oyunu oynamanın kolaylığı görüşlerinin karşılaştırma tablosu.

Günlük hayatta oyun oynayan katılımcıların %51,85'i "oyunu oynamak benim için gayet kolaydı" ifadesine kesinlikle katılıyorum yanıtını verirken %18,52'si katılmıyorum, %18,52'si kararsızım ve %11,11'i de katılıyorum yanıtını vermiştir. Günlük hayatta oyun oynamayan katılımcıların %70'i de "oyunu oynamak benim için gayet kolaydı" ifadesine katılıyorum yanıtını vermiştir. Günlük hayatta oyun oynama durumları arasında "oyunu oynamak benim için kolaydı" ifadesine verilen yanıtlar bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ($p=0,301$).

P değeri yüzde 95 güven düzeyinden yani 0.05 değerinden daha büyük olduğu için hipotez kabul edilir ve üretilen oyunun kolayca oynanabilirliği oyun deneyimine bağlı değildir. Tablodaki yüzdelerle bakıldığında her iki grubun da oyunu oynarken belirgin bir zorluk yaşamadıkları görülmektedir. SPSS üzerinde gruplar arasındaki farkı anlamlandırmak için ki-kare testi uygulanmıştır. Gruplar 2x2 lik gruptan daha büyük olduğu için Fischer Freeman-Halton testi uygulanmıştır.

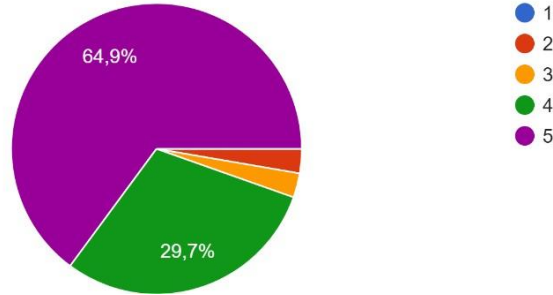
Oyunun kullanıcılar tarafından oyun deneyimlerinden bağımsız olarak belirgin bir şekilde zorlanmadan oynanabildiği anlaşıldıktan sonra ankete katılan kişilerin oyun içerisinde üretilen odaların ve müziğin farklılaşması hakkındaki düşünceleri grafiğe yansıtılmıştır.

Oyunu her oynadığımda odalarda farklılıklar hissettim.
37 yanıt



Şekil 3.8.6. Ankete katılan kişilerin bilgisayar oyununda üretilen odaların farklılıkları hakkındaki görüşleri.

Oyunun arka plan müziği oyun oynanırken değişim gösteriyordu.
37 yanıt



Şekil 3.8.7. Ankete katılan kişilerin bilgisayar oyununda üretilen müziğin farklılaşması hakkındaki görüşleri.

Grafiklere bakıldığında odaların farklılaşmasında yüzde 70,2 kesinlikle katılıyorum ve katılıyorum yorumu yapmış, yüzde 18,9 kararsız kalmış, 4 kişi ise yani yüzde 10,8 odaların farklılaşmadığını düşünmüştür.

Arka plan müziğinin değişimindeki görüşler çok daha keskin olarak görülmektedir. Oyunun müziğinde değişim olmadığını hiç kimse belirgin olarak karşı çıkmamıştır. Yüzde 2,7 yani 1 kişi ise katılmıyorum cevabını vermiştir. Ankete katılanların yüzde 94,6'sı oyunun arka planındaki müziğin farklılaştığı yanıtını vermiştir.

Daha önce herhangi bir enstrüman ile müzik yaptınız mı? * s14_gerginlik Crosstabulation

| | | | s14_gerginlik | | Total |
|---|-------|---|---------------|------------|--------------|
| | | | evet | hayır | |
| Daha önce herhangi bir enstrüman ile müzik yaptınız mı? | Evet | Count % within Daha önce herhangi bir enstrüman ile müzik yaptınız mı? | 18 78,3% | 5 21,7% | 23 100,0% |
| | Hayır | Count % within Daha önce herhangi bir enstrüman ile müzik yaptınız mı? | 13 92,9% | 1 7,1% | 14 100,0% |
| Total | | Count % within Daha önce herhangi bir enstrüman ile müzik yaptınız mı? | 31 83,8% | 6 16,2% | 37 100,0% |

Chi-Square Tests

| | Value | df | Asymp. Sig. (2-sided) | Exact Sig. (2-sided) | Exact Sig. (1-sided) |
|------------------------------------|--------------------|----|-----------------------|----------------------|----------------------|
| Pearson Chi-Square | 1,365 ^a | 1 | ,243 | | |
| Continuity Correction ^b | ,502 | 1 | ,479 | | |
| Likelihood Ratio | 1,510 | 1 | ,219 | | |
| Fisher's Exact Test | | | | ,376 | ,246 |
| N of Valid Cases | 37 | | | | |

a. 2 cells (50,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 2,27.

b. Computed only for a 2x2 table

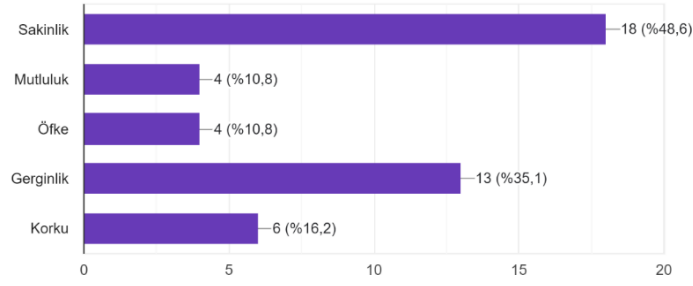
Çizelge 3.8.2. Daha önce müzik icra etmiş olmak ile oyunun genel duygusunun gerginlik olup olmaması arasındaki ilişki tablosu.

Çizelge 3.8.2’de toplam kısmına bakıldığında, 31 kişi yani yüzde 83,8’lik dilim oyunu oynarken en çok gerginlik duygusu hissettiği yanıtını vermiştir. Bu yanıtın ankete katılan kişilerin daha önce müzik yapıp yapmaması ile bir ilişkisi olup olmadığı analiz edilmiştir. Hipotez, ankete katılan kişilerin müzik geçmişi ile oyunda hissettikleri duygular arasında fark yoktur olarak kurulabilir.

Bu iki grup arasındaki farklılığı incelemek için ki-kare testi uygulanmıştır. Gruplara bakıldığında 2x2’lik gruplar olduğu görülmektedir ve bu gruplar içerisinde 5 ten daha az frekans bulduran gruplar mevcuttur. Bu sebeple Fisher’s Exact test iki yönlü anlam değerine bakılır. Buradaki p değeri (0,376) 0,05’lik anlamlılık değerinden büyük sonuç verdiği için hipotez kabul edilmiştir. Bu sonuç ile oyun genelinde gerginlik duygusu hissedildiği ve bu hissın ankete katılan kişinin müzik geçişinden bağımsız olduğu yorumu yapılabilir.

Oyunun ilk anlarında müziğin sizde uyandırdığı duygu neydi?

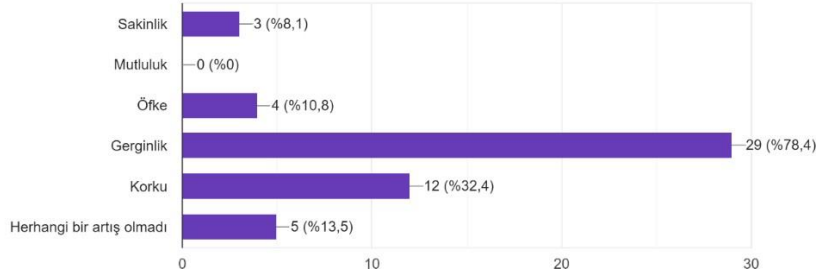
37 yanıt



Şekil 3.8.8. Ankete katılan kişilerin bilgisayar oyununun ilk anlarında üretilen müziğin hissettirdiği duygu grafiği.

Oyuncu kare şekle yaklaştıkça sizde hangi duygularda artış gösterdi?

37 yanıt



Şekil 3.8.9. Ankete katılan kişilerin oynadıkları sırada kare şekle yaklaştıklarında yaşadıkları duygu değişimi grafiği.

Şekil 3.8.9’da yüzde 78’lik kesimin kare yaklaştıkça hissettikleri gerginlik duygusunda artış olduğunu belirtmiş ve yüzde 48’lik kesim ise oyunun başlangıcında sakin duygular hissettikleri yanıtını verdikleri görülmektedir. Oyundaki bu müzik ve duygu değişiminin kare cisme yaklaşılması ile ilgili olup olmadığı araştırılmak istenmiştir. Bunun için oyunun başlarında çalan müzik için sakin duygu hissettikleri yanıtını verenler ile duygu değişimine evet yanıtı veren kişiler karşılaştırılmıştır.

| | | Oyuncu kare şekle yaklaştıkça sizde gerginlik duygusu artış gösterdi mi? | | |
|--|-------|--|-----------|-----------|
| | | Evet | Hayır | p-değeri* |
| Oyunun ilk anlarında müzik sizde sakinlik duygusu uyandırdı mı? | Evet | 15(%83,33) | 3(%16,67) | 0,013 |
| | Hayır | 14(%73,68) | 5(%26,32) | |

Veriler n(%) olarak ifade edilmiştir.

* McNemar testi

Çizelge 3.8.3. Ankete katılan kişilerin oyunun ilk anda hissettikleri duygu ile kare cisme yaklaştıkça hissettikleri gerginlik duygusunun karşılaştırmalı tablosu.

Oyunun ilk anlarında müziğin sakinlik duygusu uyandırdığını belirten katılımcıların %83,33'ü oyuncunun kare şekle yaklaştıkça kendilerinde gerginlik duygusunda artış olduğunu belirtirken %16,67'si gerginlik duygusunda artış olmadığını belirtmiştir. Oyunun ilk anlarında hissedilen duygu ile oyuncunun karelere yaklaştığı duygu arasında farklılık olduğu belirlenmiştir (p=0,013). Yani bu sonuç ile oyunun ilk anlarında sakinlik duygusu hisseden oyuncuların yüzde 83'ü ilerleyen zamanlarda oyuncu kare cisme yaklaştıkça gerginlik duygusunda artış hissetmiştir. Bu duygudaki artış istatistiksel olarak anlamlı bir artıştır.

4.SONUÇ

Bu tezde, yordamsal içerik üretimi teknikleri ile oyunun sahne ve müzik içerikleri üretilmiştir. Yordamsal olarak müzik üretimi eş zamanlı olarak gerçekleşmiştir. Yapılan anketler sonucunda üretilmiş olan içeriklerin gösterdiği farklılıkların kullanıcı tarafından fark edildiği gözlemlenmiştir. Müzik üretimindeki gerginlik ve eş zamanlı değişim kullanıcılarından elde edilen anket verilerinin istatistiksel analizleri ile kanıtlanmıştır.

Yordamsal içerik üretimi teknikleri uygulanırken oyunda tasarımcının istediği birçok parametre kontrol altında tutulabilmektedir. Tezde gerginlik duygusunun kontrolü, ses ve müzik içerikleri yordamsal olarak üretilirken kontrol altına alınabilmektedir. Ayrıca yordamsal olarak üretilen müzik farklılaşmakta fakat müzikal anlamlılığını korumaktadır. Bu tez, yordamsal olarak üretilen içeriklerin, oyuncuya verilmek istenilen duygu doğrultusunda da üretilebileceğini kanıtlamıştır. Gelecekteki çalışmalarda amaçlanan duygulardaki farklılıklara göre kendini güncelleyen yordamsal üretim teknikleri oluşturulabilmektedir.

Tezde yordamsal içerik üretimi uygulanırken rastgelelikten uzak kalınmaya çalışılmıştır bu sayede üretilen içerik istenilen amaç doğrultusunda oluşmuştur. Bununla birlikte yordamsal içerik üretiminin en büyük avantajlarından birisi olan her tekrarda farklı içerik sunma özelliğini kaybetmeden içerikler üretilmiştir. Anket sonuçları da kullanıcıların her tekrar içerik üretiminde farklı içeriklerle karşılaştıklarını aynı zamanda tasarımcının, oyuncunun deneyimlemesini istedi duygunun başarıyla deneyimlendiğini göstermektedir.

Gelecekteki Çalışmalar

Tezde, yordamsal içerik üretimini ve ses üretimini müzikal anlamını yitirmeden verilmek istenilen duygunun oyuncuya deneyimlendirilmesi sağlanmıştır. Gelecekte yapılacak çalışmalarda tezde kullanılan sentezleme yöntemleri, nota veya akor kuralları kullanılarak farklı duyguların oyuncuya hissettirilmesi sağlanabilir. Yapılacak olan çalışmalarda yordamsal içerik üretimi kullanılarak üretilecek içeriğin içerisine duygu parametresi entegre edilebilir ve bu kullanım yaygınlaştırılabilir.

5.KAYNAKLAR

- [1] Schon, D.A.: Designing as reflective conversation with the materials of a design situation. " Research in Engineering Design 3(3), 131–147 (1992)
- [2] Noor Shaker, Julian Togelius Mark, J. Nelson Procedural Content Generation In Games, 978-3-319-42714-0, January 2016
- [3] Stefan Greuter, Jeremy Parker, Nigel Stewart, Geoff Leach, Real-time Procedural Generation of 'Pseudo Infinite' Cities, RMIT University, Melbourne, Victoria, Australia, GRAPHITE 2003
- [4] Oliver Korn, Michael Blatz, Adrian Rees, Jakob Schaal, Valentin Schwind, and Daniel Gorlich. 2017. Procedural content generation for game props? A study on the effects on user experience. Comput. Entertain. 15, 2, Article 1 (February 2017), 15 pages. DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/2974026>
- [5] Farnell Andy, An introduction to procedural audio and its application in computer games. 23rd September 2007
- [6] K. Collins. Music of the Commodore 64.
<http://www.icce.rug.nl/~soundscapes/VOLUME08/Loops%5fand%5fbloops.shtml>, 2006.
- [7] Olivier Veneri, Cedric Stéphane Gros, Cedric Stéphane Natkin; Procedural Audio For Game Using Gaf
- [8] David Plans, Davide Morelli Experience-Driven Procedural Music Generation For Games, September 2012IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games 4(3):192-198
- [9] Phil Lopes, Antonios Liapis And Georgios N. Yannakakis, Sonancia: Sonification Of Procedurally Generated Game Levels
- [10] Collins, Karen (2009)'An Introduction to Procedural Music in Video Games',Contemporary Music Review,28:1,5 — 15
- [11] Donald Jay Grout. History of Western Music. W.W. Norton & Company, 5 edition, 1996.
- [12] Hutchinson Robert, Music Theory For The 21st-Century Classroom, University Of Puget Sound, August 17, 2020
- [13] Funk, Tiffany A Musical Suite Composed by an Electronic Brain, LEONARDO MUSIC JOURNAL, Vol. 28, pp. 19–24, 2018
- [14] Hanna Järveläinen, Algorithmic Musical Composition, HUT, Laboratory of Acoustics and Audio Signal Processing, April 7, 2000
- [15] Christopher Wratt Developing Procedural Generation Tools For Video Game Audio Designers
- [16] Fornander, Per Game Mechanics Integrated with a Lindenmayer System School of Computing Blekinge Institute of Technology SE-371 79 Karlskrona Sweden Bachelor Thesis Digital Game Development Thesis no: TA-2013:05 05 2013

- [17] Lawrence Johnson, Georgios N Yannakakis, and Julian Togelius. 2010. Cellular automata for real-time generation of infinite cave levels. In Proceedings of the 2010 Workshop on Procedural Content Generation in Games. ACM, 10
- [18] Michael Cerny Green, Ahmed Khalifa, Athoug Alsoughayer, Divyesh Surana, Antonios Liapis, and Julian Togelius. 2019. Two-step Constructive Approaches for Dungeon Generation. In FDG '19: Procedural Content Generation Workshop, August 26-30, 2019, San Luis Obispo, CA. ACM, New York, NY, USA, 7 pages.
- [19] Joris Dormans. 2011. Level design as model transformation: a strategy for automated content generation. In Proceedings of the 2nd International Workshop on Procedural Content Generation in Games. ACM.
- [20] Lavender Becky, Thompson Tommy, A Generative Grammar Approach for Action-Adventure Map Generation in The Legend of Zelda 27 January 2017
oai:arro.anglia.ac.uk:700077
- [21] Emin Alp Bıyık, Elif Sürer Developing A Space Syntax-Based Evaluation Method For Procedurally Generated Game Levels
- [22] Timothy Adam Procedural Music Generation And Adaptation Based On Game State
- [23] R. Wooller, A. R. Brown, E. Miranda, J. Diederich, and R. Berry. A framework for comparison of process in algorithmic music systems. Creative Industries Faculty, 2005
- [24] Washburn Megan, DYNAMIC PROCEDURAL MUSIC GENERATION FROM NPC ATTRIBUTES, the Faculty of California Polytechnic State University, San Luis Obispo, March 2020
- [25] Puckette Miller, The Theory And Technique Of Electronic Music, University Of California, San Diego, December 8, 2003
- [26] Anthony Precht Adaptive Music Generation For Computer Games
- [27] Erik D. Demaine* Francisco Gomez-Martin† Henk Meijer‡ David Rappaport‡ Perouz Taslakian§ Godfried T. Toussaint§¶ Terry Winogradk David R. Wood** The Distance Geometry Of Music
- [28] Justin Heffron Optimizing Procedurally Generated Cooperative Multiplayer Game Levels
- [29] Meinard Müller Information Retrieval For Music And Motion
- [30] Michael Hewitt Music Theory For Computer Musicians
- [31] Aditya Tirumala Bukkapatnam Procedural Audio: Step-By-Step
- [32] Bian Runqiang, Phoebe Chen Kevin Burrage, Jim Hanan, Peter Room, John Belward, Derivation of L-system models from measurements of biological branching structures using genetic algorithms University of Queensland, Brisbane, Qld 4072, Australia
- [33] Workshop on Procedural Content Generation in Games. ACM, 10

Turnitin Orijinallik Raporu

İşleme kondu: 07-Eyl-2022 19:49 +03
 NUMARA: 1894476024
 Kelime Sayısı: 10301
 Gönderildi: 1

Tez Hüseyin Hüsnü Can Sarıkaya
 tarafından

Benzerlik Endeksi

%6

Kaynağa göre Benzerlik

Internet Sources: %5
 Yayınlar: %1
 Öğrenci Ödevleri: %5

2% match (15-Ara-2018 tarihli öğrenci ödevleri)

[Submitted to Hacettepe University on 2018-12-15](#)

1% match (12-Oca-2022 tarihli internet)

https://acikbilim.yok.gov.tr/bitstream/handle/20.500.12812/431745/yokAcikBilim_10219042.pdf?isAllowed=y&sequence=-1

1% match (07-May-2019 tarihli internet)

<https://polen.itu.edu.tr/bitstream/11527/1402/1/3423.pdf>

< 1% match (19-Eyl-2019 tarihli öğrenci ödevleri)

[Submitted to Hacettepe University on 2019-09-19](#)

< 1% match (25-Ağu-2022 tarihli internet)

https://acikbilim.yok.gov.tr/bitstream/handle/20.500.12812/89502/yokAcikBilim_10115982.pdf?sequence=-1

< 1% match (31-Ara-2019 tarihli internet)

<http://openaccess.hacettepe.edu.tr:8080/xmlui/bitstream/handle/11655/2090/9e06d9e1-77d6-4626-b855-c95797911839.pdf?isAllowed=y&sequence=1>

< 1% match (07-Eki-2019 tarihli internet)

<http://openaccess.hacettepe.edu.tr:8080/xmlui/bitstream/handle/11655/9114/Y%c4%b1maz%20%c3%96Z> UZUN.pd

< 1% match (21-Ara-2019 tarihli internet)

<http://openaccess.hacettepe.edu.tr:8080/xmlui/bitstream/handle/11655/2258/5589192d-2456-4ead-a23e-9a1b797029f5.pdf?isAllowed=y&sequence=1>

< 1% match (18-May-2021 tarihli internet)

http://acikerisim.uludaq.edu.tr/jspui/bitstream/11452/18707/1/Mert_Karaca.pdf

< 1% match (09-Mar-2018 tarihli öğrenci ödevleri)

[Submitted to Mersin Üniversitesi on 2018-03-09](#)

< 1% match (26-May-2022 tarihli internet)

<https://9lib.net/document/wyex4eq7-kati-huecreli-ueretim-sistemlerinin-alternatif-kriterlere-performans-analizi.html>

< 1% match (yayınlar)

[Geoff Leach. "Real-time procedural generation of `pseudo infinite' cities", Proceedings of the 1st international conference on Computer graphics and interactive techniques in Australasia and South East Asia - GRAPHITE 03 GRAPHITE 03, 2003](#)

< 1% match (02-Eyl-2019 tarihli öğrenci ödevleri)

[Submitted to Ege Üniversitesi on 2019-09-02](#)

< 1% match (21-May-2022 tarihli internet)

<http://docplayer.biz.tr/129891138-Aile-sagligi-merkezinde-calisan-saglik-personelinin-sagligin-gelistirilmesi-uygulamalarina-iliskin-gorusleri.html>

< 1% match (07-Oca-2022 tarihli internet)

<https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/116570/TFG-3454-AGUILAR%20JIMENEZ.pdf?isAllowed=y&sequence=1>

< 1% match (15-Eyl-2012 tarihli internet)

<http://www.dinihaberler.com/haber/diyamet-sen-kutahya-subesinde-hat-kursu-20808.html>

< 1% match (03-Eyl-2016 tarihli internet)

<https://es.scribd.com/document/91057276/ili%C5%9Fiksel-pazarlama-dipnotlu>