


	<p style="text-align: center;">ONLINE JOURNAL OF MUSIC SCIENCE</p> <p style="text-align: center;">Çevrimiçi Müzik Bilimleri Dergisi</p> <p style="text-align: center;">ISSN: 2536-4421</p>
---	---

Atf/Citation

Yücel, E. İ. (2023). Çok kanallı ses miksajında reverb kullanımı. *Online Journal Of Music Sciences*, 8 (1), 116-133. <https://doi.org/10.31811/ojomus.1309441>

Cilt/Volume: 8 Sayı/Issue: 1 Haziran/ June 2023	Geliş Tarihi/Received: 3.06.2023 Kabul Tarihi/Accepted: 30.06.2023 Yayın Tarihi/Published: 30.06.2023	Araştırma Makalesi/ Research Article  https://doi.org/10.31811/ojomus.1309441
---	---	--

İsmet Emre YÜCEL

Araştırma Görevlisi, Sakarya Üniversitesi, Devlet
Konservatuvarı, Müzik Teknolojisi
iemreyucel@gmail.com



ÇOK KANALLI SES MİKSAJINDA REVERB KULLANIMI

ÖZ

Müzik prodüksiyonunda reverbler kapalı mekanların tınısal imzası olan yansımanın/yankılamanın oluşturulması ve mevcut sinyal akışına eklenmesine olanak sağlayan en önemli ses işleme araçlarıdır. Reverbler müzik eserlerinin yaratılma süreçlerinde ister profesyonel isterse amatörler tarafından olsun kayıt ve yayınlanma aşamalarına kadar farklı aşamalarda sıklıkla kullanılır. Kayıt teknolojileri tarihinde, 1950'lerden önce akustik (eko odaları-echo chambers) ve elektro-mekanik (spring reverb, plate reverb) yansıma ekleme yöntemleri müzik prodüksiyonu ve hatta radyo yayıncılığında kullanılmaktaydı. 1950'lerde çok kanallı ses kaydına izin veren teyp teknolojisi büyük plak şirketlerinin bünyesindeki stüdyolarda yerlerini almıştır. 1970'lere doğru teyp kaydedicilerin kanal sayılarının ve taşınabilirliklerinin artması, fiyatlarındaki ucuzlama nedeniyle iyice yaygınlaşmışlardır. Ancak kanal sayısının artması kayıtlara oda ambiyansı eklemeyi bir ihtiyaç haline getirmiştir. 1970'lerde geliştirilen sayısal reverbler ile müzik endüstrisinde büyük stüdyolarda bulunan ve yapımı oldukça maliyetli eko odalarına göre daha uygun reverb üniteleri kullanılmaya başlanmıştır. Yıllar içerisinde sayısal yansıma algoritmaları ve kullanıldıkları donanımlar geliştirilerek günümüzde bilgisayar destekli kayıt programlarında kullanılan audio plugin formatı şeklini almıştır. Reverbler müziği duysal açıdan ekolayzır, kompresör, delay gibi diğer ses işleme araçlarına göre olduğundan çok daha büyük gösterdikleri ve çekici hale getirdikleri için özellikle amatörler tarafından sıklıkla yanlış kullanılır. Bu nedenle doğru reverb kullanımı kayıt teknolojileri ile ilgilenen müzisyenler için önemlidir. Bu amaçla bu çalışmada, müzik prodüksiyonu perspektifinden çok kanallı kayıtlarda reverb kullanımını iki ve üç reverbün sinyal akışına dahil edildiği iki temel senaryo üzerinden tarif edilerek açıklanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Reverb, audio pluginler, sinyal işleme, müzik prodüksiyonu, müzik teknolojisi.

REVERB USAGE IN MULTITRACK AUDIO MIXING

ABSTRACT

In music production, reverbs are one of the most important sound processing tools that allow the timbre signature of indoor spaces to be created and added to the existing signal flow. Reverbs are frequently used in different stages of the creation of musical works, whether by professionals or novices, from recording to releasing. In recording technologies, acoustic (echo chambers-echo chambers) and electro-mechanical (spring reverb, plate reverb) reflection insertion methods were used in music production and even radio broadcasting before the 1950s. In the 1950s, tape technology, which allowed multi-channel sound recording, took its place in the studios of major record companies. Towards the 1970s, tape recorders became widespread due to the increase in the number of channels, their portability, and their cheapness. However, the increase in the number of channels made it inevitable to add room ambiance to the recordings. With the digital reverbs developed in the 1970s, more suitable reverb units began to be used in the music industry compared to the echo chambers in large studios, which are very costly to build. Over the years, reverberation algorithms and related hardware have been developed and today it has taken the form of an audio plug-in format used in computer-aided recording programs.

Since reverbs make the sound much larger and more appealing than other sound processing tools such as equalizers, compressors, and delays, reverbs are misused by novices. Therefore, the correct use of reverb is important for musicians interested in recording technologies. For this purpose, in this study, from the perspective of music production, the use of reverbs in multi-track recordings is described and explained through two basic scenarios where two and three reverbs are included in the signal flow.

Keywords: Reverb, audio plugins, signal processing, music production, music technology.

1.GİRİŞ

Reverb müzik prodüksiyonunda kullanılan önemli ses işlemcilerden biridir. Akustikte yansıyım/yankıma (reverberation) tanımı ile ifade edilen reverb, kapalı mekanlarda ses kaynağının kapatılmasından sonra sesin oda içerisinde bir süre daha, çoklu yansımalarla kaynaklı olarak tınlamaya devam etmesi durumudur (Durmaz, 2009, s.290). Yansıyım, kapalı mekanların duysal kalitesini ifade eden birkaç önemli ve ölçülebilir akustik parametreden biridir (Everest ve Pohlmann, 2022 s.161). İnsan ve mekân ilişkisi açısından yansıyım önemli bir misyona sahiptir ve gündelik hayatta bulunduğumuz ortamı işitsel açıdan sezgisel şekilde anlamlandırmamızı sağlayan doğal bir fenomendir. Sıradan bir kulağa sahip bir kişi dahi içinde bulunduğu ortamın kapalı olup olmadığını, kapalı ise büyüklüğünü (derinlik, genişlik ve yükseklik), mekânın yüzeylerinin kaplandığı malzemelerin (emici/yansıtıcı) ne türden malzemeler olduğunu az çok yorumlayarak tahmin edebilir. Örneğin banyo gibi doğal yansıyımaya sahip olan gündelik mekanlar çoğu kişinin kendi sesini daha iyi algılamasına neden olmaktadır (Swindali, 2022). Bunun yanında yansıyım kısa süreli birçok ekonun bir araya gelerek algılanmasından kaynaklandığından, görme engellilerin geliştirdikleri ekolasyon yeteneği ile buldukları ortamı algıladıkları ve yapılan ölçümler sonucunda bu bireylerin bazı beyin aktivitelerinin oda boyutu ile paralellik gösterdiği görülmüştür (Flanagin vd., 2017; Fiehler vd., 2015).

Ses mühendisliği perspektifinden ise çok kanallı ses miksajında yaratılmak istenilen sahnenin müzikal anlatıya (müzik tarzı, bestecinin ve prodüktörün esere yaklaşımı vb.) uygunluğunu geliştirmek ve pekiştirmek amacı ile reverb kullanılmaktadır. Önceleri kayıt ve radyo yayınlarına yansım eklemek için eko odaları (echo chambers), spring reverb, plate reverb gibi akustik ve elektro-akustik yöntemler kullanılmaktaydı. Almanya'da 1930'lu yılların ortalarında sistematik olarak kullanıldığı ve ilk stereo kayıtların 1943-44 yıllarında yapıldığı bilinmektedir (Schüller, 1993). Ancak teyp teknolojisinin 1950'lerde stüdyolardaki kullanımının yaygınlaşması, buna paralel olarak üzerine okuma (overdubbing) teknolojisinin geliştirilmesi ile kayıtlara sonradan reverb ekleme ihtiyacını ortaya koymuştur. Sonraları 1970'li yıllarda sayısal sinyal işlemeye dayalı reverbler geliştirilerek kullanılmaya başlanmıştır.

1980'li yıllarda geliştirilmeye devam eden sayısal reverbler, 1990'lı yıllara gelindiğinde üretim maliyetlerinin düşmesi ile düşük bütçeli ev stüdyolarındaki kullanımı yaygınlaştırmıştır. Sayısal teknolojilerin zirveye ulaştığı 2000'li yıllar müzik endüstrisinin de önemli dönüm noktalarından biridir. Bu dönemde kişisel bilgisayarların müzik üretimindeki kullanımlarının artması, ses kartlarının ucuzlaması, MP3 gibi sayısal sıkıştırılmış audio formatların yaygınlaşmaya başlaması ve analog ses işlemcilerinden yazılım temelli ses işlemcilerine geçişin hızlanması müzik üretiminde bir paradigma değişimine neden olmuştur. 1990'lı yıllarda CD, Mini Disk ve stüdyolarda kayıt ortamı olarak kullanılan ADAT gibi sayısal kayıt ve oynatma teknolojileri endüstriyi domine etmeye başlamıştır. Dolayısıyla bu gelişmeler müzik üretimini, yüksek bütçeli stüdyolardan düşük bütçeli stüdyolara, yarı profesyonel ve hatta ev stüdyolarına kaydırmıştır. Sayısal müzik sistemlerindeki en önemli gelişmelerinden biri de prodüksiyonun bilgisayarlar ile yapılmasını sağlayan yazılımların ve bu yazılımlarda sesin işlenmesine olanak sağlayan audio pluginlerin geliştirilmesidir. Böylece sanatçılar, müziğin kaydından bir albüm olarak yayınlanmasına kadar olan süreci kendi bilgisayarları ile gerçekleştirebilme olanağı bulmuşlardır. Literatürde müzik üretiminin tamamen audio plug'inler ile bir bilgisayar içerisinde gerçekleştirildiği süreçleri ifade etmek için kullanılan "in-the-box" terimi, prodüksiyonda kullanılabilecek ses işleme çeşitliliğini, analog dönemde alışıla gelen sinyal işleme gibi kısıtlılıklardan kurtarmış ve teorik açıdan sınırsız hale getirmiştir. Öte yandan kullanılan bilgisayarların işlemci güçleri de sınırlıdır, bu nedenle bilgisayar işlemcisine düşen yükü üstlenmesi amacı ile harici DSP (Digital Signal Processing) kartlar günümüz müzik prodüksiyonunda sıklıkla kullanılmaktadırlar. Dahası bilgisayarların görsel işlemeyen sorumlu birimleri olan grafik işlemcileri (GPU) de audio işlemede kullanılmaktadırlar (Savioja, 2011).

1.1. Araştırmanın Amacı

Bu makalenin amacı, müzik prodüksiyonunda kullanılan ve en önemli ses işlemcilerinden biri olan reverbün tarihsel gelişimi, parametreleri hakkında bilgi vererek tanıtmak ve müzik prodüksiyonundaki temel kullanım senaryolarını örnekler ile açıklamaktır.

1.2. Araştırmanın Önemi

Günümüzde müzik ile ilgilenen çoğu kişi ev ortamında kendi müziğini kaydetmektedir. Kayıt teknolojilerinin nispeten ucuzlaması ve yaygınlaşması müzisyenlerin sinyal işlemcilerin prodüksiyonda kullanım yöntemlerini öğrenmelerini kaçınılmaz hale getirmiştir. Reverbler ister sahne ister stüdyoda olsun müziğin kitlelere ulaştırdığı her aşamada ilk başvuru olan ses işlemci olmaları nedeniyle önemlidirler. Her ne kadar canlı seslendirmeler de müziğin kitlelere iletilmesinde önemli bir yöntem olsa da bu çalışma, müzik prodüksiyonu perspektifi ile kısıtlanmıştır. Elbette teorik olarak canlı seslendirmeler için de bu çalışmada yer verilen yaklaşımlar uygulanabilir.

1.3. Araştırmanın Etik Beyanı

Yapılan bu çalışmada “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamında uyulması belirtilen tüm kurallara uyulmuştur. Yönergenin ikinci bölümü olan “Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler” başlığı altında belirtilen eylemlerden hiçbiri gerçekleştirilmemiştir.

Bu araştırmanın ULAKBİM TR Dizin 2020 ölçütlerine göre etik kurul izni gerektirmeyen araştırmalardan olduğunu beyan ederiz.

2. YÖNTEM

Bu çalışmada yazılı alanla ilgili referans kitap ve makaleler taranmıştır. Bu amaçla özellikle ses mühendisliği alanı için otorite olan ses mühendisleri birliğinin (AES-Audio Engineering Society) kaynakları önemli bir yere sahiptir. Bu kaynaklar doğrultusunda öncelikli olarak oda akustiği açısından yansım kavramı üzerinde durularak yansım ile ilgili temel kavramların ne olduğu ve yansım süresinin hesaplanmasından bahsedilmiştir. Ardından yansım tipleri verilmiş daha sonra temel sinyal işlemciler özetlenmiş ve reverb algoritmaları ile ilgili parametreler açıklanarak çok kanallı ses miksajında reverb kullanımı için örnekler verilmiştir. Sonuç kısmında ise bu işlemcinin kullanımında dikkat edilmesi gereken durumlar irdelenmiştir.

2.1. Yansım ve Yansım Süresinin Hesaplanması

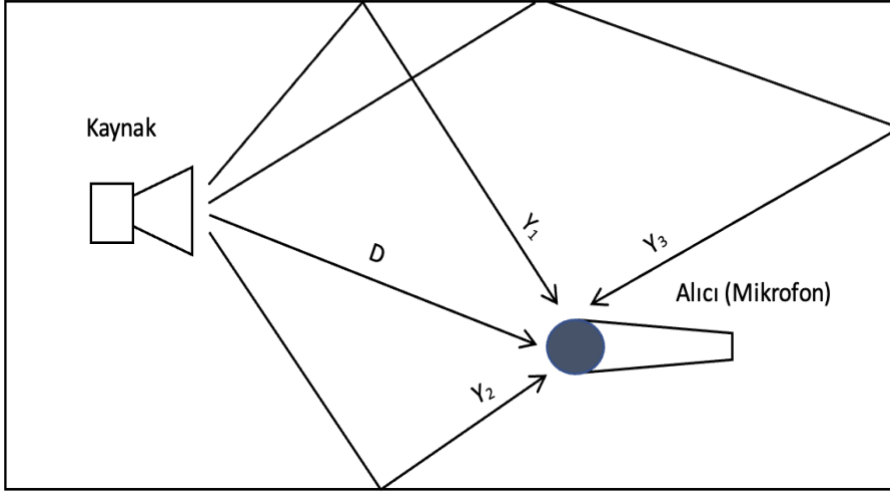
Kapalı mekanlarda kaynaktan çıkarak alıcıya doğrudan ulaşan ses dalgalarının yanı sıra, bu ses dalgalarının duvarlar, taban, tavan ve oda içerisinde bulunan diğer objelere çarparak yansıyan imajları da ulaşır. Bu imajlar doğrudan gelen ses ile kıyaslandığında alıcıya ulaşırken daha uzun bir yol kat eder ve yansıdıkları yüzeylerde sahip oldukları enerjilerin bir kısmını kaybederler. Kaynaktan doğrudan gelen sese göre alıcıya gecikmeli ve enerjileri azalmış bir şekilde ulaşan yansımaların bütününe “yansım” adı verilmektedir.

Kaynaktan çıkan ses sahip olduğu enerjiye ve bulunduğu odanın özelliklerine bağlı olarak o odanın yüzeylerinden yansıyarak güçlenme eğilimindedir. Doğrudan alıcıya gelen sesin (D) yanı sıra

yansıyorak ($Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_n$) ve doğrudan gelen sese göre gecikmeli bir şekilde alıcıya ulaşan seslerin sayısı, (enerjileri ve faz ilişkilerine de bağılı olarak) ne kadar fazla olursa oda içerisinde oluşacak sesin enerjisi de o derece büyüyecektir (Şekil 1).

Şekil 1

Bir Oda İçerisinde Kaynaktan Çıkararak Alıcıya Doğrudan (D) Ve Yansıyorak Gelen (Y_1, Y_2, Y_3) Sesler.



$$RT_{60} = \frac{0.161V}{A} \quad \text{Formül 1.}$$

Yansıım süresi, kaynak kapatıldıktan sonra oda içerisindeki ses basınç seviyesinin 60dB (enerjinin 1/1,000,000 oranında) düşmesi için gerekli süre olarak tanımlanır ve RT_{60} olarak gösterilir. Sabine formülü olarak da bilinen RT_{60} Formül 1'de verilmiştir.

Burada " RT_{60} " yansıım süresini (saniye), " V " oda hacmini (m^3), " A " ise (0-1 arasında tanımlı) emicilik katsayısı olup oda içerisindeki toplam emiciliği (metrik sabine) temsil etmektedir. Oda yüzeylerinde kullanılan malzemelerin emicilik katsayıları her frekans bölgesinde aynı değildir. Bu nedenle emicilik katsayısı farklı frekanslar için örneğin 1/1 oktav bantlarda (63Hz, 125Hz, 250Hz vb.) ayrı ayrı hesaplanır. Teorik olarak hiç yansımanın olmadığı tamamen emici ($A=0$) olan bir odada Sabine formülü tanımsız olup ortalama emicilik katsayısının 0.25'ten daha düşük olduğu durumlarda en doğru sonucu vermektedir. Bu problemi ortadan kaldırmak adına farklı RT_{60} hesaplamaları mevcuttur ve bunlardan biri, Eyring-Norris'dir (Formül 2).

$$RT_{60} = \frac{0.161V}{-S \ln(1-\alpha_{ortalama})} \quad \text{Formül 2}$$

Burada RT_{60} yansıım süresini (saniye), V oda hacmini (m^3), S toplam yüzey alanı (m^2), $\alpha_{ortalama}$ emicilik katsayısı ortalamasını ($\sum S_i \alpha_i / \sum S_i$) ifade etmektedir (Everest ve Pohlmann, 2022, s.167-168).

Bir odanın yansıma süresini ölçmek için odanın dürtü cevabı (impulse response) kaydedilir. Dürtü cevabı, oda akustiği açısından önemli parametreler olan erken ses yansıma (Early Sound Reflection), ITDG (Initial time-delay Gap) ve geç yansımalar (late reflections) sürelerini elde etmemizi sağlar. Erken ses yansımaları alıcıya doğrudan gelen sestən 80-100 ms sonra ulaşan yansımalarlardır. ITDG ise konser salonlarında orta koltukların olduğu noktaya doğrudan gelen ses ile ilk yansıma arasındaki zaman farkıdır. ITDG değerinin 40 ms'den fazla olması istenmez (Beranek, 2011). Geç yansımalar süresi ise kaynak ile alıcı arasındaki mesafe ve odanın boyutu hakkında fikir vermektedir. Ancak yansıma süresi sadece oda boyutu ile değil, oda yüzeylerinin kaplı olduğu malzemelerin emiciliklerine göre de değişiklik gösterecektir. Bu bağlamda ister küçük bir oda ister bir konser salonu olsun amaca uygun olarak eşit yansıma süresine sahip olacak şekilde tasarlanabilirler.

2.2. Yansıma Tipleri

Analog (Akustik ve Elektro-akustik Yansıma)

Sayısal reverb donanımlarının geliştirilmesine kadar stüdyo kayıtlarına sonradan yansıma eklemek için eko odaları (echo chambers) sıklıkla kullanılmaktaydı. Radyolar ve plak şirketleri kendi stüdyolarının içerisinde bu amaca uygun olarak özel yansıma odaları eklemekteydiler. Delcourt (2019) 40'lı yıllarda, Amerikan müzik endüstrisinde ve radyo yayıncılığında yankı odalarının kullanıldığını belirtmiştir. Bununla birlikte gündelik mekanlar da yankı odası olarak kullanılabilirdi. Bunun örneklerinden biri 1947 yılında Bill Putnam'ın Chicago Civic Opera binasının tuvaletini bir yankı odası olarak kullanmasıdır (Sutheim, 1989). 50'li yıllarda radyolarda ve stüdyolarda yankı odalarının tasarımında oda boyutları ve şekli, oda içerisindeki akustik yardımcıları (yansıtıcı, emici malzemeler) ve yerleşimleri, mikrofon kullanımı ve yerleşimleri, sinyal seviyesi sinyale gürültü oranının (SNR-signal-to-noise ratio) önemi üzerine çalışmalar yapılmaktaydı (Rettinger, 1957). Yankı odalarına alternatif olarak o dönemlerde Bell laboratuvarlarında geliştirilen spring reverb, EMT firmasının plate reverbü ve teyp reverb elektro-mekanik ve elektronik olarak kullanıldığı bilinmektedir (Korkes, 1959). Chen (2011), kayıtların az sayıda mikrofon ile alındığı, müzisyenlerin aynı odada aynı anda çaldıkları (hücum kayıt), sinyalin bir vakum tüp amplifikatörden geçirilerek teybe kaydedildiği ve sesi işlemek adına yankı odalarının kullanıldığı 60'lı yılları, müzik endüstrisinin sound açısından altın çağı olarak nitelendirmiştir. Şüphesiz o dönemlerde yankı odaları istenilen prodüksiyon kalitesinin elde edilmesindeki en önemli post prodüksiyon araçlarıydılar. İki kanallı (stereo) prodüksiyona geçiş dönemi olan 1950'li yılların ortasında Capital stüdyolarında kayıt odaları bu yeni teknolojiye uyarlanmıştı ve bu nedenle şirket bünyesine stereo prodüksiyona uygun yankı odaları da eklenmişti (Davis, 1962). Müzik prodüksiyonunda harici reverb kullanılması çok kanallı kayıt sistemlerin gelişmesinden sonra bir ihtiyaç haline gelmiştir. Bu bağlamda en önemli gelişme çok kanallı profesyonel manyetik teyp teknolojisinde üzerine-okumanın (over-dubbing) teknolojisinin geliştirilmesi ve prodüksiyonda bir norm haline gelmesidir. Bununla birlikte yakın

mikrofonlama yöntemleri, goboların ve izolasyon kabinlerinin (isolation booths) ve kulaklıkların kullanılması kayıtlara harici reverb eklemeyi kaçınılmaz hale getirmiştir (Putnam, 1980).

Sayısal Yansıma

1970'lerin ortalarına doğru EMT firmasının 250 modeli ve Lexicon firmasının duyurduğu 224 sayısal reverb üniteleri yüksek bütçeli stüdyolarda yerlerini almaya başladılar (Burgess, 2014). Yine URSA Major Space Station, Deltalab DL-2 1980'lere doğru geliştirilen diğer sayısal reverb donanımlarıdır. 2000 yılına kadar özellikle 90'larda birçok sayısal reverb donanımı üretilmiş ve stüdyolarda kullanılmıştır. Bunlardan yine en bilinenleri AMS RMX16, Roland SRV-2000, Yamaha REV5, Klark Teknik DN780 olup 80'li yıllarda üretilen reverb donanımlarıdır. 90'lı yıllarda ise birçok marka ve model üretilmiş ve müzik endüstrisinde kullanılmıştır. Bunlardan TC Electronic M3000 bir çok farklı efekti içerisinde barındıran algoritma tabanlı bir reverb iken, DRE-S777 Sony firmasının bir convolution reverbüdür.

Günümüzde tıpkı diğer sayısal ses işlemciler (DAFX-Digital Audio Effects) gibi reverbler de sayısal sinyal işleme yöntemleri ile geliştirilmektedir. Reverblerin geliştirilmesinde farklı sinyal işleme algoritmaları kullanılmaktadır. Reiss ve McPherson (2015) yapay yansıma üretme yöntemlerini algoritmik, imaj kaynağı yöntemi (Image Source Method), convolutional reverb ve diğer algoritmalar olmak üzere 4 başlıkta sıralamıştır (2015, s.259-270). İlk yapay yansıma algoritması Manfred Schroeder'in öncülüğünde Bell laboratuvarlarında geliştirilmiştir. Schroeder'in sunduğu algoritma bir dizi tarak filtre (comb filters), tüm geçiren filtre (allpass filters) ve bir sinyal karıştırma matrisi bileşenlerinden oluşmaktaydı (Schroeder, 1961; Schroeder, 1962). Moorer algoritmasında erken yansımalar paralel olarak bir araya getirilmiş sonlu dürtü cevabı filtreleri (FIR-Finite Impulse Response) ile geç yansımalar ise düşük geçiren filtreye (low-pass) sahip 6 adet paralel tarak filtrenin bir araya getirilmesi oluşturulmuştur (Moorer, 1979). İmaj kaynağı yöntemi dikdörtgen formda kapalı mekanlarda meydana gelen yansıma modellemesi olarak Allen ve Berkley (1979) tarafından tanıtılmıştır. Bu yöntemde kaynaktan çıkan sesin alıcıya, duvarlardan yansıyarak (tıpkı bir görüntünün aynada yansıması gibi) birçok sanal kaynaktan bağımsız birer eko gibi gelmesi ve sonuçta tüm bu ekoların yansıma olarak algılanması prensibine dayanmaktadır. Sinyal işlemede Convolution iki sinyali bir araya getirmeye olanak sağlayan matematiksel bir yöntemdir. Convolution reverb ise giriş sinyalinin convolution yöntemi kullanılarak bir odanın dürtü yanıtı ile birleştirilmesi işlemidir. Algoritmik ve convolution yöntemlerinin birleştirildiği hibrit yöntemler ve ışın izleme (Ray tracing) algoritmaları diğer yansıma modelleme yaklaşımlarıdır. Välimäki ve arkadaşları (2016) güncel reverblerin geliştirilmesinde geri beslemeli delay ağlarının (feedback delay network) kullanıldığını belirtmiş ve bu prensipte üç algoritmayı (velvet-noise reverberation, scattering delay networks, modal architecture) detaylı açıklamıştır.

2.3. Audio Pluginler

2000'li yıllarda müzik prodüksiyonunda kişisel bilgisayarların kullanılmaya başlanması ile üçüncü parti sayısal sinyal işleme algoritmalarının sayısal audio iş istasyonlarına (DAW-Digital Audio Workstation) entegrasyonu bir ihtiyaç haline geldi. Müzik yapımında kullanılan ekolayzır, kompresör, delay, reverb vb. donanımların (hardware) sanal versiyonlarının yaratılması için geliştirilen ve "audio plugin" olarak adlandırılan bu algoritmaların geliştirilmesi ve DAW'lara olan entegrasyonları VST (Virtual Studio Technology), AU (Audio Unit), RTAS (Real Time Audio Suite), LADSPA (Linux Audio Developer's Simple Plugin API) gibi çeşitli audio plugin geliştirme platformlarında gerçekleştirilmektedir (Goudard ve Müller, 2003).

Audio pluginler, sinyalin dinamik aralığının manipüle edildiği dinamik efektler, sinyalin algısal özelliklerinin değiştirildiği modülasyon efektleri, sinyalin aktığı sistemde tanımlı frekans aralığının kontrolünü sağlayan izge ve sinyalin süresi üzerinde belirgin tekrarlar sağlayan zaman temelli efektler olmak üzere dört ana grupta toplanabilir. Tablo 1'de temel audio efekt kategorileri ve ilgili ses işlemcileri verilmiştir.

Tablo 1

Temel Audio Efektler

	Sinyal İşlemci Adları
Dinamik Efektler	Compressor, Multiband Compressor, Limiter, De-Esser, Expander, Exciter, Noise Gate, Transient Shaper.
Modülasyon Efektler	Chorus, Flanger, Phaser, Ring Modulator, Tremolo, Vibrato.
İzge temelli Efektler (Spectral)	Equalizers, Filters.
Zaman temelli Efektler	Delay, Reverb.

2.3.1. Reverb Algoritmaları ve Parametreleri

Audio pluginlerde genelde gerçek donanım ve/veya sinyal akışı modellendiğinden bir reverb plugininde kullanılan algoritmalar sahip oldukları akustik karakteri tanımlayacak şekilde nitelendirilirler. Hall, room, chamber, plate ve non-linear tipik reverb algoritmalarıdır. Hall reverb algoritması, uzun sönümlenme süresine sahip büyük mekânları, room algoritması, nispeten küçük veya kısa sönümlenme süresine sahip görece emiciliği yüksek malzemeler ile kaplı bir ortamları, chamber ise özellikle kayıt tarihinde ikonik olan büyük plak şirketlerine ait stüdyolarda kurulmuş yankı odası modelleridirler (Owsinski, 2013, s.85). Öte yanda plate reverb ilk olarak 1957 yılında tanıtılan Elektro-mess-technik (EMT) 140 modelinde olduğu gibi ve farklı gerginlik değerleri ile kontrol edilebilen metal plakalar içerisine yerleştirilmiş bir

İsmet Emre YÜCEL

aktaracın (Transducer) hazne içerisindeki sesi yakalaması sonucu yansıma elde edilen sistemin modellenmesidir (Abel ve arkadaşları, 2009). Yukarıda bahsedilen ve dürtü yanıtı ile elde edilen akustik modeller dışında 80'lerde geliştirilen sayısal reverberlerde ilk olarak gördüğümüz yansımanın sönümlenmesinin manipüle edilmesine olanak sağlayan non-linear algoritmalar da mevcuttur. Ek olarak aslen elektro mekanik olan spring reverb yine yaygın olarak kullanılmakta olan bir reverb olup farklı sinyal işleme yaklaşımları ile modellenmektedir (Abel ve arkadaşları, 2006).

Üreticiden üreticiye değişmekle birlikte; algoritma tipi (room type), reverb süresi (reverb time), predelay, lowpass ve highpass filtreler, diffusion, damping, envelope, dry/wet ratio tipik reverb parametreleridirler (David, 2005). Tablo 2'de bu parametrelerin detaylı açıklamaları verilmiştir.

Tablo 2

Reverb Pluginlerinde Sıklıkla Karşılaşılan Parametreleri

	Parametre Açıklaması
Room Size/Type/Algorithm	Yazılımın grafik ara yüzünden room, hall, plate, spring gibi farklı akustik koşulların modellendiği algoritmalar seçilmesine olanak verir.
Reverb Time (Sönümlenme Süresi)	Yansımanın sönümlenme süresinin seçildiği parametredir. Farklı reverb modellerinde farklı aralıklar ve aralık adımlamaları seçilebilir (örn. 0.6-15 saniye gibi)
Pre-delay Time (ön gecikme süresi)	Kaynaktan doğrudan gelen orijinal ses ile erken yankılama süresinin başladığı zaman arasındaki sürenin kontrol edildiği parametredir. Psikoakustik açıdan yaratılması hedeflenen mekânın büyüklüğünü belirlemek açısından işlevseldir.
Low-pass/Hi-pass Filter (Düşük/Yüksek Frekans Geçiren Filtre)	Bazı kapalı mekanların akustik renklerinin tutturulması, bazı çalgıların düşük frekanslarında meydana gelen çamurlaşmayı önlemek veya yüksek frekanslarında oluşan parlaklığın kontrolü için kullanılırlar
Diffusion (Dağılıma)	Kapalı mekanların mimari açıdan farklı biçimleri (kubbe, kutu şeklinde olma vb.) vardır. Yansımanın yoğunluğunu kontrol eden dağılıma, kapalı mekanların sahip oldukları şekilleri modellemek amacı ile ayarlanır.
Damping (Sönümlenme)	Sönümlenme, kapalı mekanları oluşturan ve/veya mekanların içerisinde bulunan yüzeylerin sesi yansıtma efektini modellemek için kullanılır.
Envelope (zarf)	Bu parametre ile tamamen sönümlenene kadar geçen sürede yansımanın sesinin sönümlenme karakteri değiştirilir.
Dry/Wet Ratio (Etketli ve Efeetsiz Sesin Oranı)	Bu oran ile doğrudan gelen ses ile yansıma sahip sesin ne oranda karıştırılacağı ayarlanır. Bazı pluginler bu değerlerin ayrı ayrı kontrol edilebilmelerine olanak sağlarlar.

3. ÇOK KANALLI SES MİKSAJINDA REVERB KULLANIMI

Müzik prodüksiyonu temelde kayıt, çok kanallı ses miksajı ve mastering olmak üzere üç aşamalı müzik üretim sürecini ifade etmek için kullanılır. Prodüksiyonda bir albümü oluşturan eserler aslen bestecinin

yaratıcılığı üzerinden şekillense de müzik prodüktörleri albümün üretiminden, düzenlenmesine ve yayımlanmasına kadar olan tüm sürece katkı sağlar. Bir albümü oluşturan şarkılarda kullanılacak olan çalgıların seçimi, aranjmanı, şarkıların yerleştirileceği duysal sahne ve şarkıda anlatılmak istenen duygunun nasıl anlatılacağı hem teknik hem de artistik kararların verildiği karmaşık bir süreci ifade etmektedir. Diğer sinyal işlemcilerin yanı sıra reverbler, prodüksiyonun hemen her aşamasında kullanılmaktadırlar. Bir şarkı, hedeflenen müzik tarzında bestelendikten ve düzenlendikten sonra o şarkının kayıt aşamasına geçilir. Kayıt aşamasının ardından ister pilot ister üzerine okuma olsun, müzisyenlerin ve solistlerin ilk beklentileri daima; doğrudan kuru sinyal duymak yerine şarkının duygu durumu ve tarzına göre yansıım eklenmiş sinyali duymak ve performanslarını böylece devam ettirmek yönünde olacaktır.

Bilgisayar destekli çok kanallı ses miksajında yaratılması hedeflenen müzikal deneyimi dinleyiciye doğal ya da hayali bir akustik ortamdaymış gibi sunmak için reverb pluginleri kullanılır. Miksajda elde edilmek istenen ambiyans müzik tarzı ile doğrudan ilişkili olduğundan örneğin; klasik, caz ya da geleneksel müzikte çalgıların yerleştirildiği duysal sahne dolayısıyla reverb tercihi pop, rock, elektronik dans müziği ve deneysel müzik tarzı prodüksiyonlarından farklı olacaktır. Akustik açıdan “ölü” (acoustically dead) olarak ifade edilen odalarda veya akustik açıdan yetersiz olmaları nedeniyle oda ambiyansının kayda sızmasının istenmediği ve yakın mikrofonlama teknikleri kullanılarak gerçekleştirilen kayıtlara sonradan yansıım eklemek sıklıkla karşılaşılan bir uygulamadır. Izhaki (2018), reverbün prodüksiyondaki işlevi ve uygulamalarını çalgıların duysal açıdan bir araya getirmesini sağlamak, bazı çalgıları daha belirgin hale getirmek, elde edilmek istenen akustik sahneye derinlik sağlamak, müzikte anlatılmak/yansıtılmak istenen duygu durumunu geliştirmek; insan sesini daha etkileyici ve daha belirgin hale getirmek, performanstaki boşlukları doldurmak (zaman ya da panoramik), ister çalgı ister insan sesi, kaynağın tınısını manipüle etmek, maskeleyen problemi azaltmak, daha gerçekçi stereo lokalizasyon elde etmek olduğunu belirtmiştir (s. 406-410). Öte yandan Senior (2011) da reverbün müziğin duysal geliştirilmesindeki katkılarını; çalgıların karışmasını sağlamak, çalgıları duysal açıdan daha büyük hale getirmek, çalgıların tonunu değiştirmek, uzatmak ve iki kanaldaki imajlarını genişletmek olduğunu belirtmiştir (s. 231-232). Ebetteki bu uygulamalar farklı prodüksiyon tarzları ve bu tarzlardaki müzikal hedeflere göre değişiklikler gösterecektir.

Fazla ve/veya yanlış reverb kullanımının kaydı çamurlaştıracağı, çalgıların netliğini ve anlaşılabilirliğini kötü şekilde etkileyeceği, çalgıların maskelenmesine neden olacağı, kaynağın tınısını istenilenin dışında değiştireceği, sesin fazla uzamasının özellikle vurmali çalgıları çalan müzisyenlerin kayıt performanslarını kötü yönde etkileyeceği göz önünde bulundurulmalıdır (Izhaki, 2018, s.411). Yine mastering işleminde albüm ya da şarkı bazında kısa sürelerde ve düşük karıştırma oranıyla reverbler kullanılabilir.

Müzik prodüksiyonunun içeriği, hedefi ve kapsamına göre değişmekle birlikte zaman temelli işlemciler kategorisinde olan reverblerde, çoğunlukla send/return yöntemi ile kullanılırlar. Bu yöntemde audio

kanaldaki sinyal, bir sinyal veri yolu olan bus ile reverb pluginin insert edildiği harici bir FX (efekt) kanalına iletilir ve sonuçta dinleme yapılan ana monitör çıkışında asıl sinyal ve efektli sinyal karıştırılır. Efektleri send/return ile işlemenin biri teknik diğeri ise pratik olmak üzere iki temel avantajı vardır. Bunlardan ilki miksajın yapıldığı bilgisayar sisteminin kaynak kullanımını azaltmak, ikincisi ise birden fazla audio kanalın sinyal akışını ortak bir noktada pratik bir şekilde işlemektir. Profesyonel müzik prodüksiyonunda bir albümün miksaj aşamasından sonra mastering'inin yapılması proje dosyalarının gruplandırılmış halleri (mix stems) üzerinden gerçekleştirilir. Bu nedenle reverb gibi diğer send/return efektlerin ayrı bir ses dosyasına kaydedilmeleri ve mastering mühendisine yollanmaları sıklıkla karşılaşılan bir uygulamadır.

Kesin kurallar olmamakla birlikte send/return yaklaşımı göz önünde bulundurularak pratikte birden fazla farklı reverb plugini farklı çalgı ve çalgı grupları için kullanılabilirler. Popüler müzik prodüksiyonu perspektifinden bakıldığında tipik olarak biri ritmik elemanlar, diğeri ise melodik elemanlar için iki reverb kullanımı genel bir uygulama olarak takip edilebilir. Owsinski (2013) analog dönemlerden bu yana farklı reverb kullanımları olduğunu belirtmiş, bununla birlikte prodüksiyonda tipik reverb düzeni için iki ve üç reverb kullanım senaryosu olduğu belirtmiştir (s. 87). İki reverbden oluşan senaryoda biri kısa diğeri uzun olarak nitelendirilen iki plugin kullanılır. Bunlardan kısa olan reverbde algoritma room, predelay süresi 1-18 msn, sönümlenme süresi ise 0.8-1.2 sn arasında olacak şekilde, uzun olan da ise algoritma plate ya da hall, pre-delay süresi 10-20 msn ve sönümlenme süresi de 1-2.5 sn olacak şekilde ayarlanır. Bu sinyal işleme düzeni üç ve daha fazla reverb eklenerek büyütülebilir. Bu durumda üçüncü reverbün algoritması örneğin chamber, predelay süresi 20 msn ve daha uzun, sönümlenme süresi ise 2.5 ve daha uzun tercih edilebilir. Üç reverb kullanımında ise kısa, orta ve uzun sönümlenme zamanlarına göre ayarlanmış reverbler arka, orta, ön gibi subjektif sahne derinliklerinin yaratılmasına olanak sağlarlar. Bu noktada sönümlenme süreleri 0.1-1 sn, 1-2.5 sn, 2.5-8 sn olacak şekilde, 1-10 msn, 10-20 msn ve 20-35 msn gibi farklı predelaylere sahip bir sinyal akışı tercih edilebilir. Zaman temelli işlemcilerde önemli nokta sönümlenme süresi ve predelay sürelerinin şarkının temposuna uygun olacak şekilde seçilmesidir. Bu değerlerin hesaplanmasında temel vuruş süresine (genelde 4'lük notaya) denk gelen süre msn cinsinden aşağıdaki formülle hesaplanır (Formül 3).

$$Teme\ vuruş\ süresi = \frac{60000}{tempo} \quad Formül\ 3.$$

Diğer reverb parametreleri ise sinyal işlenirken ince ayarların yapılmasını sağlar. Örneğin bas frekansların çamurlaştığı, yüksek frekansların fazla parladığı durumlarda reverblerdeki yüksek geçiren ve düşük geçiren filtreler kullanılır. Dahası bazı çalgılarda meydana gelen rezonansları kontrol edebilmek için reverb plugininden sonra ilgili audio kanala ekolayzır uygulanmakta mümkündür. Seste çamurlaşmaya neden olan durumlarda ekolayzır ve predelay ayarları gözden geçirilmelidir. Reverbün kaynağı istemsiz bir şekilde büyümesine neden olduğu durumlarda ise yine ekolayzır kullanımı ve karıştırma oranı sönümlenme süresini değiştirmeden istenilen soundun elde edilmesine olanak sağlayacaktır. Başlangıç olarak 150 Hz-8Khz frekans aralığı ile başlanıp amaca uygun olarak bu aralık filtreler ile modifiye edilerek reverblerin tonu şekillendirilir. Bunun dışında reverbler ile multiband

kompresör kullanımı, stereo genişlik için mid-side ekolayzır ya da diğer işlemcilerin kullanımı, ek delaylerin kullanımı ve daha “kumlu” bir sound için harmonik işlemciler (exciter) sinyal akışına eklenebilirler.

Diğer bir konu ise çok kanallı ses miksajında otomasyon ve reverb ile otomasyon kullanımınıdır. Otomasyon kanal parametrelerinde şarkı boyunca değiştirilebilir programlamalar yaratılmasını sağlar. Otomasyon analog dönemde volüm ve panorama gibi audio kanalların seviye kontrolü için geliştirilmiş bir teknolojiyken günümüzde DAW'lar sesin manipülasyonu ile ilgili hemen hemen her efekt parametresinin otomasyon ile kontrolüne imkân sağlamaktadır. Reverblerde otomasyon kullanımı ise ses tasarımı perspektifinden oldukça yaratıcı sonuçlar sağlamaktadır. Örneğin solistin sözlerinin kesildiği yerlerde reverbün send ve veya decay süresinin bir süre artırılması ve ardından tekrar eski haline getirilmesi popüler müzik miksajında sıklıkla kullanılmaktadır.

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Reverbler için predelay, decay ve algoritma en temel parametrelerdir. Bu nedenle bu parametreler şarkının ritmik yapısına uygun olarak ilk önce ayarlanmalıdır. Prodüksiyonda audio kanalları doğal tınlayacak şekilde karıştırabilmek için room, hall gibi algoritmalar tercih edilmelidir. Bu çalışmada literatürdeki kaynaklar ışığında tarif edilen ve farklı 2 veya 3 reverbün kullanıldığı senaryolar özellikle popüler müzik prodüksiyonu uygulamaları için yeterli olacaktır.

Uzun decay sürelerine sahip ve/veya metalik tınlayan yani yüksek frekanslarda parlak tekrarlara neden olan reverblerin özellikle vurmali çalgılarda kullanılmaları problem yaratmaktadır. Reverbler tonal dengeyi değiştirdikleri için doğrudan gelen ses ile yansıma eklenmiş sesin oranının kontrol edilmesi önemlidir. Bu noktada Önen'in (2016) belirttiği gibi audio kanalın send/return yöntemi ile harici bir reverb kanalına gönderilmesi yöntemi, o kanala reverb plugini insert ederek karıştırma oranını kullanmaktan daha pratiktir. Ayrıca etkili sinyal ekolayzır, faz düzeltme, delay gibi işlemcilerden geçirilerek karışım sinyal üzerinde oluşacak istenmeyen tonal değişikliklerin kontrol altına alınmasını sağlayacak ve bilgisayar işlemcisine daha az yük bindirecektir. Yine uygun predelay tercihi ile efektlenmiş sinyalin orijinal sinyali maskeleyen engellenebilir. Predelay süresi farklı derinliklere sahip müzikal sahneler yaratılmasına imkân sağladığı için bu parametrenin farklı sürelerde tercih edilmesi ile çalgıların müzikal sahne içerisinde birbirlerini maskelemelerinin önüne geçilebilir. Damping ve diffusion parametreleri yansımanın ince ayarlarının yapılmasına olanak sağlarken bazı reverb pluginlerinin sahip oldukları envelope ve modülasyon parametreleri reverblerin prodüksiyon içerisinde daha artistik ve yaratıcı kullanımlarının önünü açarlar. Bu noktada diğer önemli bir araç ise reverb parametrelerine otomasyon uygulamasıdır. Otomasyon kullanımı reverbleri müzik harici kalan post prodüksiyondaki ses tasarımı görevlerinde de vazgeçilmez kılar.

Prodüksiyonda reverbler sesi tınasal ve duysal olarak büyüttüğünden uzun çalışma saatleri sonunda tercih edilen sönümlenme süreleri yarıltıcı olabilir. Reverb ile audio kanalları gereğinden fazla karıştırmak

da aranjmanı oluşturan çalgıların psikoakustik olarak ayırmayı güçleştirecektir. Bu nedenle miksajda ön plana çıkartılmak istenen çalgılar ekolayzır ile daha çok parlatılabilir. Yine stereo kayıtları reverb ile işlemek kanallar arası faz farkına neden olacağından çalgıların soundlarının zayıflamasına, hatta mono dinlemede tamamen yok olmalarına neden olabilir. Diğer bir problem ise reverbler sesin uzamasına neden oldukları için audio kanallardaki ilk vuruş anlarının (attack) keskinliğini karıştırma oranına bağlı olarak azaltabilir ve çalgıların sustain kısımlarını istenmeyecek şekilde genişletebilirler. Bu nedenle prodüksiyonda kullanılan reverb tercihinden ve kullanımından emin olunmadığı durumlarda, kayıt aşamasında eğer imkân varsa yedek olarak MIDI (Musical Instrument Digital Interface) kayıtları ve DI (Direct input) kayıtlar almak mevcut prodüksiyona sonradan reverb ekleme ihtiyacı doğduğunda avantaj sağlayacaktır. Unutulmamalıdır ki uzun reverb süreleri ile işlenmiş çalgılar mikste daha çok yer kaplayacaktır. Örneğin popüler müzikte ritmik elemanların ve solistin şarkıda belirgin olması beklenir, ancak fazla reverb kullanımı davulların solistten daha baskın olduğu ve dolayısıyla mikste daha çok yer kapladığı durumlara neden olabilir.

Sonuç olarak her ses işlemci gibi reverb de müzik üretiminde faydalı araçlardan biridir. Ancak farklı müzik tarzları, çalgılar ve çalım stilleri, kayıt teknikleri, kayıt mekanlarının var oluşu gibi birçok değişken müzik prodüksiyonunu çok boyutlu hale getirmektedir. Bu nedenle prodüksiyon perspektifinden sinyal işlemede her ne kadar genel kurallar ve yaklaşımlar olsa da çalgılar ya da insan sesi için plugin parametrelerinin kesin olarak ayarlanması ve her müzik projesinde aynı şekilde kullanılması mümkün olamamaktadır. Bu durum, gerek Bobby Owsinski'nin (2013)-gerekse Ufuk Önen'in (2016) miks üzerine yaklaşımları anlattıkları kitaplarda, neden endüstride miks mühendisliği yapan profesyonellere büyük bir yer ayırdıklarını ve onların çok kanallı ses miksajındaki kişisel yaklaşımlarına söyleşiler üzerinden ağırlık verdiklerini açıklar niteliktedir. Çünkü tıpkı bu çalışmada reverb konusu üzerinden sınırlandırılıp anlatılan prensiplerde olduğu gibi müzik prodüksiyonu aşamaları salt teknik yaklaşımlardan ziyade bu yaklaşımların artistik tercihler ile harmanlandığı süreçleri kapsamaktadır. Bunun diğer bir göstergesi ise hemen hemen her audio plugin ile gelen ve önceden belirlenmiş (preset) ayarlardır. Presetler bu çalışmada bahsedilen prensipler ile profesyoneller tarafından tasarlanmaktadır ancak presetleri doğrudan kullanmak her ne kadar kolaylık sağlasa da yanıltıcı olacaktır. Bu nedenle müzik prodüksiyonu aşamalarını gerçekleştirecek kişilerin sadece audio işlemcilerin kullanımları ile ilgili teknik bilgilere sahip olmaları ve/veya iyi müzisyen olmaları yeterli olmayacak, bu kişilerin kritik dinleme eğitimi almalarını kaçınılmaz kılacaktır.

Araştırmanın Etik Beyanı

Yapılan bu çalışmada “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamında uyulması belirtilen tüm kurallara uyulmuştur. Yönergenin ikinci bölümü olan “Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler” başlığı altında belirtilen eylemlerden hiçbiri gerçekleştirilmemiştir.

Bu araştırmanın ULAKBİM TR Dizin 2020 ölçütlerine göre etik kurul izni gerektirmeyen araştırmalardan olduğunu beyan ederiz.

KAYNAKÇA

- Abel, JO. S., Berners D. P. ve Greenblatt, A. (2009, 9-12 Ekim) *An emulation of the emt 140 plate reverberator using a hybrid reverberator structure*. 127th Convention of AES, New York, USA.
- Abel, J. S., Berners D. P., Costello, S., Smith, I. (2006, 5-8 Ekim) *Spring reverb emulation using dispersive allpass filters in a waveguide structure*. 121st Convention of AES. San Francisco, USA.
- Allen, J. ve Berkley, D. (1979). Image method for efficiently simulating small-room acoustics. *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 65, 943–950.
- Beranek, L. (2011). Concert hall acoustics. *Architectural Science Review*, 54(1), 5–14. doi:10.3763/asre.2010.0059
- Burgess, R.J. (2014). The history of music production. Oxford University Press, New York.
- Chen, TH. T. (2011, Ekim 20–23). *A new golden age of recording*. Engineering Brief 16, AES 131st Convention, New York, USA.
- David, G. (2005). *The art of mixing: A visual guide to recording, engineering, and production* (2. Baskı), Thomson Course Technology, Boston.
- Davis, JO. P. (1962). Practical Stereo Reverberation for Studio Recording. *Journal of AES*, 10(2), 114-118.
- Delcourt, K., Zagala, F., Blum, A., Katz, B. G. (2019, 16-19 Ekim) *What's old is new again: Using a physical scale model echo chamber as a real-time reverberator*. AES 147th Convention, New York, USA.
- Durmaz, S. (2009). Müzik teknolojisi ve audio terimleri sözlüğü, Cinius Yayınları.
- Everest, F. A. ve Pohlmann, K. C. (2022). Master Handbook of Acoustics. 7th ed. New York: McGraw Hill.
- Fiehler, K., Schütz I., Meller T., Thaler L. (2015). Neural correlates of human echolocation of path direction during walking. *Multisens Res*. 28(1-2),195-226. doi: 10.1163/22134808-00002491
- Flanagin V.L., Schörnich S., Schranner M., Hummel N., Wallmeier L., Wahlberg M., Stephan T., Wiegrebe L. (2017). Human exploration of enclosed spaces through echolocation. *J Neurosci*. 37(6), 614-1627. doi:10.1523/JNEUROSCI.1566-12.2016
- Goudard, V. ve Müller, R. (2003), *Real-time audio plugin architectures*, IRCAM, p. 8 web: <http://mdsp2.free.fr/ircam/pluginarch.pdf>, (08/05/2023).
- Izhaki, R. (2018). *Mixing audio*, (3. Baskı), Routledge.
- Korkes, H. (1959, Ekim 5-9). *Reverberation facilities at CBS radio*. 11th Annual Meeting, AES. New York, USA.
- Moorer, J. A. (1979). About this reverberation business, *Computer Music Journal*, vol 3, 13–18.

- Owsinski, B. (2013). *The mixing engineer's handbook* (3. Baskı). Cengage Learning PTR.
- Önen, U. (2016). *Miks üzerine, müzik prodüksiyonunda miks teknikleri ve çeşitli yaklaşımlar* (1. Baskı), Çitlembik yayınları.
- Putnam, M. T. (1980, 6 Mayıs). *A thirty-five year history and evolution of the recording studio*. 66th Convention of AES, New York, USA.
- Reiss, J.D. ve McPherson, A. (2015). *Audio Effects: Theory, Implementation and Application*, (1. Baskı). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b17593>
- Rettinger, M. (1957). Reverberation chambers for broadcasting and recording studios. *Journal of AES*, 5(1), 18-22.
- Savioja, L., Välimäki V., Smith, JU. O. (2011). Audio signal processing using graphics processing units. *Journal of Audio Engineering Society*, 59(1/2), 3-19
- Schüller, D. (1993, Mart 16-19). *Early stereo recordings on magnetic tape (1943/1944) and their state of preservation*. AES, 94th Convention, Berlin, Almanya.
- Schroeder, M. R. (1961). Improved quasi-stereophony and “colorless” artificial reverberation. *Journal of Acoustic Society of America*, 33(8), 1061–1064.
- Schroeder, M. R. (1962). Natural-sounding artificial reverberation. *Journal of Audio Engineering Society*.10(3), 219–223.
- Senior, M. (2011). *Mixing secrets for the small studio* (1. Baskı), Focal Press.
- Sutheim, P. (1989). *An Afternoon with Bill Putnam*. *Journal of AES*, 37(9), 723–30.
- Swindali, T. (2022). *Music Production For Beginners 2022+ Edition: How to Produce Music*. <https://www.amazon.com/Music-Production-Beginners-2022-Songwriters/dp/B09T347PLY>
- Välimäki, V., Parker J., Savioja, L., Smith, J. O., Abel, J. (2016, 27 Ocak). *More than 50 years of artificial reverberation*. AES 60th International Conference: DREAMS (Dereverberation and Reverberation of Audio, Music, and Speech), Leuven, Belgium.

EXTENDED ABSTRACT

1. Introduction

Reverberation is one of the few important and measurable acoustic parameters that express the audible quality of indoor spaces. Resonance is a natural phenomenon that has an important mission in terms of the relationship between humans and space and enables us to make sense of directing auditory expressions in the way of survival. Even a person with an ordinary ear can more or less understand the size of the space (depth, width, and height), the materials on which the surfaces of the space are covered (absorbent/reflective), and their contents.

From the perspective of sound engineering, reverb is used to improve and reinforce the suitability of the scene to be created in multi-channel sound mixing with the musical narrative. In the past, acoustic and electro-acoustic methods such as echo chambers, spring reverb, and plate reverb were used to add

reflection to recording and radio broadcasts. However, the widespread use of tape technology in studios and the development of overdubbing technology made it necessary to add reverbs to the recordings later.

In the 1970s, reverbs based on digital signal processing were developed and started to be used. In the 1990s, their use in low-budget and home studios became widespread with the decrease in production costs. The 2000s, when personal computers began to be used in music production, are also important turning points in the music industry. One of the most important developments in digital music systems is the development of software and audio plug-ins that allow production to be done with computers. Audio plugin Reverbs have an important place in music production.

2. Method

Reflection is the sum of the reflections that reach the receiver with a delay and reduced energy compared to the sound coming directly from the source. In addition to the sound coming directly to the receiver, the higher the number of reflected and delayed sounds reaching the receiver, the higher the energy of the sound to be generated in the room. Reflection time (RT60) is defined as the time required for the sound pressure level in the room to drop by 60dB (1/1,000,000 of the energy) after the source is turned off.

Reflection types are collected in the main group as analog (Acoustic and Electro-acoustic Reflection) and digital. In the 1940s, radios and recording companies used these special reflection rooms inside their studios. It is known that spring reverb, EMT company's plate reverb, and tape reverb, which were developed in Bell Laboratories at that time as alternatives to reverberation chambers, were used electro-mechanically and electronically. Close miking methods, the use of gobos and isolation booths, and headphones have made it inevitable to add external reverbs to the recordings.

In the mid-1970s, EMT's 250 model and Lexicon's 224 digital reverb units began to take their place in high-budget studios. Different signal processing algorithms are used in the development of reverbs. Artificial reflection generation methods are listed under 4 headings algorithmic, Image Source Method, convolutional reverb, and other algorithms. The first artificial reflection algorithm was developed at Bell Laboratories under the leadership of Manfred Schroeder.

With the use of personal computers in music production in the 2000s, the integration of third-party digital signal processing algorithms into digital audio workstations (DAW-Digital Audio Workstation) has become a necessity. This integration led to the birth of audio plugin formats. Audio effect plugins are grouped into 4 main groups: dynamic, modulation, frequency, and time-based. Audio plugins are applied either to the audio channel itself, to the mix bus channel, or the effect channel with send/return or insert methods.

Algorithms used in Reverb plugins are qualified to define their acoustic character. Hall, room, chamber, plate, and non-linear are typical reverb algorithms. Although it varies from manufacturer to manufacturer; Algorithm type (room type), reverb time, pre-delay, lowpass and highpass filters, diffusion, dumping, envelope, and dry/wet ratio are typical reverb parameters. Along with other signal processors, reverbs are used in almost every stage of production. The initial expectations of musicians and vocalists are always that instead of hearing the direct dry signal, they want to hear the signal added to it, which is reflected according to the mood and style of the song. The ambiance desired to be achieved in multi-channel sound mixing will be directly related to the music style and the preference for reverb will be different from pop, rock, electronic dance music, and experimental music style productions. The functions and applications of Reverb in production are listed as follows; to bring them together emotionally, to make some instruments more distinctive, to provide depth to the acoustic scene to be achieved, to develop the emotional state desired to be expressed/reflected in music, to make the human voice more impressive and more specific, to fill the gaps in the performance (time or panoramic), to manipulate the timbre of the source, reduce the masking problem, and achieve more realistic stereo localization.

In practice, more than one reverb plugin can be used for different instruments and instrument groups. From a popular music production perspective, typically using two reverbs, one for rhythmic elements and the other for melodic elements, is one of the most basic approaches. This approach can be extended by adding three or more reverbs. Algorithm, decay time, pre-delay are the most important reverb parameters and must be adjusted first. Reverbs can be used in combination with different processors, just like other sound processors. Filters and delays are other sound processors that are often used with reverbs.

3. Findings, Discussion, and Results

For reverbs, pre-delay, decay, and algorithm are the most basic parameters, so these parameters must first be adjusted to suit the rhythmic structure of the song. Algorithms such as room and hall should be preferred to mix the channels in the production in a way that sounds natural. The use of reverbs, which have long durations and/or metallic resonance and cause bright repetitions at high frequencies, will create problems, especially in percussion instruments. At this point, the send-to-reverb ratio of the channel or the mixing ratio at the interface of the reverb should be kept under reasonable control. With the appropriate pre-delay preference, the masking of the original signal of the affected signal can be prevented. The dumping and diffusion parameters allow fine-tuning of the reflection. Reverbs are also very useful tools for sound design tasks in post-production other than music.

Long working hours can be caused by incorrect reverb parameters, as reverbs make the sound pleasing to the ear. Since reverbs prolong the sound, using too much reverb will cause the instruments to mask each other. Processing stereo recordings with reverb will cause a phase difference between channels,

which can weaken the sound of the instruments or even cause them to disappear completely in mono listening.

Although there are general rules and approaches in signal processing from the production perspective, it is not possible to precisely set the parameters of the plug for instruments or human voice and use it in the same way for every music project. Although it is easy to use the preset settings directly, it will be misleading. For this reason, it is an inevitable need for people who will perform music production stages to train their ears by doing critical listening studies as well as their technical knowledge.