ASOS JOURNAL

The Journal of Academic Social Science

Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi, Yıl: 9, Sayı: 117, Haziran 2021, s. 460-481

ISSN: 2148-2489 Doi Number: <http://dx.doi.org/10.29228/ASOS.50930>

Yayın Geliş Tarihi / Article Arrival Date
16.04.2021

Yayımlanma Tarihi / The Publication Date
29.06.2021

Mehmethan DİŞBUDAK

Yıldız Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Eğitimi
mehmethandisbudak@gmail.com

Doç.Dr. Arda EDEN

Yıldız Teknik Üniversitesi Sanat ve Tasarım Fakültesi Sanat ve Tasarım Fakültesi Müzik ve
Sahne Sanatları Bölümü
ardaeden@yildiz.edu.tr

SAYISAL SES İŞ İSTASYONU YAZILIMLARINDA PANLAMA DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ VE KARŞILAŞTIRILMASI

Öz

Sayısal ses iş istasyonu (DAW) yazılımları, bugün ses ve müzik prodüksiyonu sürecinde kullanılan en önemli araçlar arasında yer almaktadır. Bu yazılımlar, MIDI desteği, ses kaydı, ses işleme ve mikseleme gibi temel işlevleri benzer şekilde yerine getirmektedirler. Buna karşılık, farklı ara yüz özellikleri, sundukları seçenekler, yazılım algoritmalarındaki farklılıklar ve içerdikleri olası hatalar nedeniyle, aynı koşul ve parametreler altında farklı çıktılar üretebilmektedirler. Bu çalışmada, müzik endüstrisinde sıklıkla kullanıldığı tespit edilen altı yazılım panlama davranışları açısından incelenmiş, aynı koşul ve parametreler altında oluşturulmuş proje dosyalarından elde edilen çıktılar analiz edilerek karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalar sonucunda, bazı yazılımların benzer, bazılarının ise farklı panlama davranışları sergilediği görülmüş ve bu farklılıklar sayısal olarak ortaya konularak görselleştirilmiş ve tartışılmıştır.

Anahtar kelimeler: Sayısal Ses İş İstasyonu, Panlama, Pan Kanunu, Pan Kuralları

ANALYSIS AND COMPARISON OF THE PANNING BEHAVIORS OF DIGITAL AUDIO WORKSTATION SOFTWARE

Abstract

Digital audio workstation (DAW) software is among the most important tools used in the sound and music production today. These software perform basic functions such as MIDI support, sound recording, sound processing and mixing in a similar way. On the other hand, they can produce different outputs under the same conditions and parameters due to their different interface features, options they offer, differences in software algorithms and possible errors they may contain. In this study, six software that are frequently used in the music industry are examined in terms of their panning behavior, and the outputs obtained from the project files created under the same conditions and parameters are analyzed and compared. As a result of these comparisons, it is observed that some software show similar panning behaviors while others behave in different ways and these differences are evaluated numerically, visualized and discussed.

Keywords: Digital Audio Workstation, Panning, Pan Law, Panning Rules

1. GİRİŞ

Sayısal ses iş istasyonu (Digital Audio Workstation - DAW), ses sinyallerini kaydetmek, düzenlemek, miklemek ve işlemek gibi görevleri yerine getirebilen sayısal bir donanım veya sistemdir. Sayısal ses yazılımı, analog – sayısal ve sayısal – analog dönüştürücüler olmak üzere üç temel bileşenden meydana gelir. Bazı durumlarda bu bileşenler, kendi başına çalışabilen (standalone) bir aygıt içerisinde tümleşik olarak bulunabilirken, kimi zaman sistemin temel platformu olarak bir bilgisayar da tercih edilebilmektedir. Sayısal ses istasyonlarının ortaya çıkışı 70’li yıllara kadar uzansa da 90’ların sonlarına doğru yaygın hale gelmişlerdir (Gallagher, 2009, s. 46). Günümüzde “sayısal ses iş istasyonu” terimi, kullanılan bilgisayar ve donanımdan bağımsız olarak, yazılımlar için de kullanılmaktadır.

Bugün çok sayıda sayısal ses iş istasyonu yazılımı ve bu yazılımlarla birlikte çalışan üçüncü parti eklentiler bulunmaktadır. Buna bağlı olarak ortaya çıkan kullanıcı tercihleri ve fiyatlandırma, beraberinde bu yazılımlar arasında üstünlük tartışmalarını ve ses niteliği anlamında farklılık olup olmadığı konularını gündeme getirmiştir. Ufuk Önen, kişisel web sitesinde 914’ü müzik ve ses teknolojileri ile profesyonel olarak ilgilenen toplam 1776 kişinin katılımı ile, Türkiye’de 2020 yılında en çok tercih edilen DAW yazılımını tespit etmek amacı ile hazırlanmış bir anket gerçekleştirmiş, anket çerçevesinde 23 yazılım oylanmıştır (Önen, 2021). Bu anket sonuçlarına göre, en çok tercih edilen ve oyların büyük bir çoğunluğunun kümelendiği, Windows işletim sisteminde çalışabilen ilk 6 yazılım olan Studio One (v. 5.1), Cubase (v. 10.5.0), FL Studio (v. 20.7.2), Live (v. 11.0), Reaper (v. 6.25), Pro Tools (v. 2020.9.1) bu çalışmada değerlendirmeye alınmıştır.

1.1 Panlama Kavramı ve Pan Kanunları

Stereofonik ses üretimi (uluslararası standartlarda iki ön kanal ve çevreleyen hiçbir kanalın olmadığı manasına gelen “2-0 stereo” olarak isimlendirilen) sıklıkla sadece “stereo” olarak adlandırılan, ses kaydı ve üretiminde birtakım uzamsal içeriğin aktarıldığı en yaygın yoldur (Rumsey ve McCormick, 2006, s. 429). Bu sistemin çalışmasının sebebi, beynimizin her

iki hoparlörden kulaklarımıza gelen eşit ses bilgisini sanki doğrudan dinleyicinin karşısından geliyormuş gibi görselleştirmesidir. Beynimiz, ürettiği bu hayali görüntü (phantom image) nedeniyle, duyduğu sesi iki yanda duran hoparlörlerden değil, sanki tam karşısında duran bir kaynaktan geliyor gibi algılamaktadır. Bu psikoakustik olgu, hoparlörlerden kulağımıza ulaşan sesin şiddeti ve varış zamanına bağlıdır. Hoparlörlerin herhangi birinden gelen ses diğerine göre göreceli olarak daha yüksek seviyede ise beyin oluşturduğu hayali görüntü yüksek ses kaynağına doğru kaymaktadır (Thomson, 2005, s. 359). Mikser başında oturan bir mühendisin her iki hoparlöre giden ses seviye oranını değiştirerek hoparlörler arasında fiziksel konumlandırma yanılsaması yaratması “panlama” olarak isimlendirilir. (Huber ve Runstein, 2005, s. 64). Analog mikserlerde panlama işlemi, kanallar üzerinde bulunan pan kontrolü, bir diğer ismiyle pan pot (panoramik potansiyometrenin kısaltılmışı) aracılığı ile gerçekleştirilmektedir. Pan pot, birinin çıkış seviyesi artarken diğerinin çıkış seviyesi azalan, sırt sırta bağlanmış ve özel olarak kademelendirilmiş bir çift potansiyometreden (seviye kontrolünden) meydana gelmektedir (Davis ve Jones, 1990, s. 157). Analog mikserlerde kullanılan pan potları, benzer işlev ve kurallar dahilinde, yazılımlar içerisinde bulunan sanal mikserlerde de kullanılmaktadır.

Mono bir sinyal bir kanaldan diğerine doğru panlandığında seviye, potansiyel olarak, tam orta konumda, uç konumlara kıyasla 6 dB daha yüksek olacaktır. Bu etki “pan kanunu” olarak adlandırılan bir yöntem ile telafi edilmektedir. Orta konumdaki bu seviye, her iki hoparlörden birlikte yayılan sinyalin akustik bir bileşimidir ve odada meydana girişimlerden etkilenmekte ve genellikle 6 dB değerinin altında ölçülmektedir. Bu nedenle 3 dB seviyesi genel bir pan kanunu olarak belirlenmiştir. Bu seviye donanımsal mikserlerde sabit olup, yazılımlar içerisinde bulunan sanal mikserlerde seçenekler halinde sunulmuştur (Kadis, 2012, s. 173).

Yazılımlarda bulunan sanal panoramik potansiyometrenin yani pan kontrolünün konumuna göre stereo çıkışın sol ve sağ kanalındaki sinyal seviyesinin belirlenmesi ile ilgili olarak üç temel matematiksel panlama fonksiyonu tercih edilmektedir (Tablo 1.1). Yazılımlarda pan kontrolü -100 (tam sol), 0 (merkez), -100 (tam sağ) olmak üzerinde 200 birimlik bir alanda hareket etmektedir. Bu ölçek, öncelikle 0 ile 1 arasında değişen genlik ölçeğine dönüştürülmelidir. Burada 0 değeri tam sessizliği, 1 değeri ise maksimum genliği ifade etmektedir. -100 ile 100 arasındaki herhangi bir pan kontrolü değerinin 0 ile 1 arasındaki genlik değerine dönüştürülebilmesi için aşağıdaki formül uygulanır. Formülde “x” genlik, “p” ise pan kontrolü değeridir (Tarr, 2020).

$$x = \frac{p}{200} + 0,5$$

Tablo 1.1: Panlama Fonksiyonları (Tarr, 2020)

Doğrusal	Kare kanunu	Sinüs kanunu
$rightAmp = x$	$rightAmp = \sqrt{x}$	$rightAmp = \sin(x \cdot \frac{\pi}{2})$
$leftAmp = 1 - x$	$leftAmp = \sqrt{(1 - x)}$	$leftAmp = \sin((1 - x) \cdot \frac{\pi}{2})$

Kare ve sinüs kanunu panlama fonksiyonları, dinleyici tarafından algılanan ses gücünün sabit kalması prensibine dayanmaktadır. İnsan işitme sistemi genliği değil, gücü algılamaktadır. Kare ve sinüs fonksiyonları tercih edildiğinde, kanallar arasında eşit birleşik güç elde edilir.

Başka bir deyişle, kare fonksiyonu kullanıldığında, dinleyici panlama konumundan bağımsız olarak sinyalin gücünü sabit olarak algılayacaktır (Grafik 1.2 ve Grafik 1.3). Sinüs kanunu fonksiyonu da kare kanunu fonksiyonuna benzer şekilde eşit birleşik gücü korurken, eşit birleşik genliği koruyamamaktadır. Doğrusal panlama fonksiyonunda ise eşit birleşik genlik söz konusudur. (Tarr, 2020). Dolayısı ile, doğrusal panlama fonksiyonunun tercih edildiği durumlarda, pan orta konumda iken toplam güç yarıya düşecek ve algılanan gürültüde azalma meydana gelecektir (Grafik 1.1).

Grafik 1.1: Doğrusal Panlama Fonksiyonu ve Güç

Grafik 1.2: Kare Kanunu Fonksiyonu ve Güç

Grafik 1.3: Sinüs Kanunu Fonksiyonu ve Güç

1.2 Amaç

Bu çalışmanın amacı, müzik endüstrisinde yaygın olarak kullanılan sayısal ses iş istasyonu yazılımlarının panlama davranışlarını tespit etmek ve aralarındaki farklılıkları sayısal olarak belirleyerek, bu farklılıkların ne düzeyde gerçekleştiğini ortaya koymaktır.

2. YÖNTEM

Analizlerde, 1 saniye uzunluğunda mono 44,1 khz 24 bit PCM DC test sinyali kullanılmış olup, karşılaştırılacak yazılımlarda projeler 44,1 khz, 24 bit formatında, 120 bpm tempo ve 4/4'lük ölçü ile oluşturulmuştur. Test sinyalinin yerleştirildiği kanal ve proje ana çıkış kanalı (master kanal) 0 dB fader pozisyonundadır. Çıktı (output) zaman aralığı test sinyali veya sinyallerinin başlangıcı ve bitişi olarak seçilmiştir. Ölçümler aynı bilgisayar ve ses kartı ayarları ile yapılmış, analizler Python 3.9 programlama dili kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Test sinyali projeye aktarılıp ses kliline dönüştüğünde sinyalin başında veya sonunda yükselme (fade in) ve soldurma (fade out) kullanılmamıştır. Analizlerin dörtlü gruplar şeklinde gösterildiği grafiklerde, üst satırdaki (a) ve (b) grafiklerinde sol ve sağ kanallara ait dalga formu, alt satırdaki (c) ve (d) grafiklerinde ise sol ve sağ kanalda oluşan farklar gösterilmiştir. Analizler mono kanallar üzerinde gerçekleştirilmiş olup, stereo kanallar üzerindeki panlama davranışları çalışmaya dahil edilmemiştir.

Tablo 2.1'de bu çalışmada karşılaştırılan yazılımların sunduğu pan kanunu seçenekleri görülmektedir.

Tablo 2.1: Yazılımların Sunduğu Pan Kanunu Seçenekleri

Yazılım	Pan Kanunu Seçenekleri (dB)
Live	Yoktur
Fl Studio	Circular (dairesel), triangular (üçgensel)
Cubase	Equal power (eşit güç), 0, -3, -4,5, -6
Pro Tools	-2,5, -3, -4,5, -6
Reaper	0, -2,5, -3, -4,5, -6, -6,02
Studi One	Yoktur

Tablo 2.1'de belirtilen pan kanunları seçenekleri arasından ortak olan 0 db ve -3dB pan kanunları ele alınmış, analiz edilen yazılım çıktıları dosyalarının isimlendirilmesi, yazılımın adı ve kullanılan pan kanununun birleştirilmesi ile yapılmıştır. Pan kanunu ayarı bulunmayan yazılımların çıktıları yalnızca ilgili yazılımın adı ile isimlendirilmiştir.

Tablo 2.2: Yazılım Çıktılarının İsimlendirme Tablosu

Yazılım	Pan Kanunu Ayarı	İsimlendirme
Live	Yoktur	Live
Fl Studio	Circular (dairesel)	FL Studio (C)
	Triangular (üçgensel)	FL Studio (T)
Cubase	-3dB pan kanunu	Cubase (-3)
	0 dB pan kanunu	Cubase (0)
Pro Tools	-3 dB pan kanunu	Pro Tools (-3)
Reaper	0 dB (-3 dB üzerinde doğrusal ölçek)	Reaper (0L)
	-3 dB (kompanse edilmiş kazanç)	Reaper (-3G)
Studio One	Yoktur	Studio One

Çalışmada kullanılan isimlendirme yöntemi ile kimi yerde çıktı dosya adları ifade edilirken kimi yerlerde de kullanılan pan kanunuyla birlikte, yazılımın kendisinden söz edilmiştir.

3. BULGULAR VE YORUM

3.1 Yazılımların Pan Kanunu Davranışlarına Göre Gruplandırılması

Yazılımların pan kanunu davranışlarını karşılaştırmak için öncelikle kanunların temelini oluşturan merkez ve tam sol (L100) pan konumlarında peak değerleri tespit edilmiş ve test sinyali ile bu değerler arasındaki farklar seviye değişimi olarak belirlenmiştir.

Tablo 3.1.1: Merkez Pan Konumunda Ölçülen Peak ve Seviye Değişimi

Yazılım	Sol kanal Peak (dB)	Sağ kanal Peak (dB)	Seviye değişimi
Test Sinyali	-6,0206	-6,0206	
Live	-6,0206	-6,0206	0
Fl Studio (C)	-6,0206	-6,0206	0
FL Studio (T)	-6,0206	-6,0206	0
Cubase (0)	-6,0206	-6,0206	0
Cubase (-3)	-9,0309	-9,0309	-3,103
Pro Tools (-3)	-9,0306	-9,0306	-3
Reaper (0L)	-6,0206	-6,0206	0
Reaper (-3G)	-6,0206	-6,0206	0
Studio One	-9,0206	-9,0206	-3

Tam sol pan konumundaki seviye değişimini ölçmek amacı ile yazılımlarda mono bir kanal oluşturularak kanal pan değeri L100 tam sol konumunda iken test sinyali uzunluğunda çıktılar alınmış, sol ve sağ kanalda ölçülen peak (dB) tabloya aktarılmıştır. Test sinyali ve çıktıların sol kanalına ait peak değerleri arasındaki fark, seviye değişimi olarak gösterilmiştir. Tam sol ve tam sağ pan konumları simetrik olacağından, tam sağ pan konumunda ayrıca ölçüm alınmamıştır.

Tablo 3.1.2: Tam Sol (L100) Pan Konumunda Ölçülen Peak ve Sol Kanal Seviye Değişimi

Yazılım	Sol kanal Peak (dB)	Sağ kanal Peak (dB)	Sol kanal seviye değişimi
Live	-3,0103	-106,0088	3,0103
Fl Studio (C)	-3,0103	-	3,0103
FL Studio (T)	-6,0206	-	0
Cubase (0)	-6,0206	-	0
Cubase (-3)	-6,0206	-	0
Pro Tools (-3)	-6,0206	-	0
Reaper (0L)	-6,0206	-	0
Reaper (-3G)	-3,0203	-	3,0006
Studio One	-6,0206	-	0

Herhangi bir uç pan konumuna panlama yapıldığında karşı taraftaki sinyalin tam sessizliğe düşmesi beklenmektedir. Tablo 3.1.2'deki ölçümler incelendiğinde tüm yazılımlarda

bu durum gözlenirken, Live yazılımında sağ kanalın tam sessizliğe düşmediği, -106,0088 dB peak ölçüldüğü görülmektedir.

Merkez ve tam sol pan ölçümlerinde benzer seviye değişimi (dB) tespit edilen yazılımlar, diğer bir deyişle, belirlenen pan konumlarında aynı pan kanunu davranışını sergileyen yazılımlar bir araya getirilerek gruplanmıştır (gruplandırma yapılırken tespit edilmiş 0,0103 dB fark göz ardı edilmiştir).

Tablo 3.1.3: Pan Kanunu Davranışlarına Göre Gruplandırılmış Yazılımlar

Yazılım	Grup	Merkez	L100
Live	1	0	3,0103
FL Studio (C)		0	3,0103
Reaper (-3G)		0	3,0006
Cubase (0)	2	0	0
FL Studio (T)		0	0
Reaper (0L)		0	0
Cubase (-3)	3	-3,0103	0
Studio One		-3	0
Pro Tools (-3)		-3	0

Tablo 3.1.3 incelendiğinde 1. Grup ve 3. Gruptaki yazılımlar -3 pan kanunu kullanmalarına karşılık, merkez pan ve tam sol pan konumlarında aralarında 3 dB seviye farkı olduğu görülmektedir. 2. Grupta 0 dB pan kanununu kullanan yazılımlar 3. Grup ile merkez pan konumunda 3 dB, 1. Grup ile tam sol pan konumunda -3 dB farka sahiptir. Bu tespit neticesinde yazılım çıktıları birbirleri ile karşılaştırılırken yalnızca aynı pan grubunda bulunan yazılımlar birbiri ile karşılaştırılmıştır.

Prodüksiyon süreci sadece merkez ve uç pan konumları kullanılarak gerçekleştirilmediği için, yalnızca pan kanunu eşleştirmesi yaparak panlama davranışını belirlemenin yeterli olmayacağı düşünülmektedir. Bu nedenle, diğer pan değerlerinin, yani ara pan konumlarının da sinyal seviyesi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Ara pan değerleri, kanal üzerindeki pan kontrolü ile sabit bir şekilde ayarlanabildiği gibi, pan otomasyonu ile de belirli bir zaman aralığında istenilen bir değerden başka bir değere değiştirilebilmektedir.

3.2 Arabellek Boyutunun Pan Otomasyonu Üzerindeki Etkisi

Arabellek boyutunun (buffer size) pan otomasyonu üzerinde bir etkisi olup olmadığını tespit etmek amacıyla 128, 512 ve 1024 arabellek seçenekleri kullanılarak merkez konumdan başlayan ve tam solda biten pan otomasyonu çizilerek yazılımlardan çıktılar alınarak karşılaştırılmıştır.

Grafik 3.2.1: Live 128, 512, 1024 Arabellek Boyutlarında Pan Otomasyonu Karşılaştırması

Live’da 512 ve 1024 arabellek boyutlarında yapılan pan otomasyonlarının eşleştiği görülürken, 128 arabellek boyutunda sol kanalda merkez pan noktasında 0,04 dB, sağ kanalda ise L100 pan konumunda -0,052 dB maksimum fark tespit edilmiştir.

Grafik 3.2.2: FL Studio 128, 512, 1024 Arabellek Boyutlarında Pan Otomasyonu Karşılaştırması

(c)

(d)

FL Studio yazılımında (C) ve (T) pan kanunlarının ikisinde de arabellek boyutunun farklı olmasının pan otomasyonunda bir farklılık yaratmadığı, eğrilerin eşleştiği görülmüştür.

Grafik 3.2.3: Reaper 128, 512, 1024 Arabellek Boyutlarında Pan Otomasyonu Karşılaştırması

(a)

(b)

(c)

(d)

Reaper yazılımında (0L) ve (-3G) pan kanunlarının ikisinde de arabellek boyutunun farklı olmasının pan otomasyonunda bir farklılık yaratmadığı, eğrilerin eşleştiği tespit edilmiştir.

Grafik 3.2.4: Cubase 128, 512, 1024 Arabellek Boyutlarında Pan Otomasyonu Karşılaştırması

Grafik 3.2.5: Cubase Otomasyon Dalga Formu Ayrıntılı Görünümü

Cubase yazılımında (0) ve (-3) pan kanunlarında ortak olarak 1024 arabellek boyutu ile yapılan ölçümlerde sağ kanalda otomasyon eğrisinin basamaklı bir yapıya doğru değiştiği görülürken, 512’de bu değişimin azaldığı, 128 arabellek boyutunda ise eğrinin çözünürlüğünün arttığı görülmektedir.

Grafik 3.2.6: Studio One 128, 512, 1024 Arabellek Boyutlarında Pan Otomasyonu Karşılaştırması

Grafikte 512 ve 1024 arabellek değerleri için otomasyonun başlangıç anında yazılım kaynaklı bir hata olasılığı veya diğer yazılımlara göre farklı olarak değerlendirilebilecek bir davranış ile birlikte, arabellek boyutuna bağlı olarak Grafik 3.2.6'da otomasyon eğrisinin basamaklı bir yapıya doğru değiştiği görülmektedir. Aşağıdaki grafikte bu farklılıklar ayrıntılı olarak görselleştirilmiştir.

Grafik 3.2.7: Studio One Otomasyon Dalga Formu Ayrıntılı Görünümü

Grafik 3.2.8: Pro Tools (-3) 128, 512, 1024 Arabellek Boyutlarında Pan Otomasyonu Karşılaştırması

Pro Tools (-3) yazılımında arabellek boyutunun farklı olmasının pan otomasyonunda bir farklılık yaratmadığı, eğrilerin eşleştiği tespit edilmiştir.

Arabellek boyutu ve pan otomasyonu arasındaki ilişki ile ilgili bulgular neticesinde, yapılacak ölçümlerde 512 arabellek boyutunun kullanılması uygun bulunmuştur.

3.3 Oluşturulan Pan Gruplarında Doğrusal Pan Otomasyonunun Karşılaştırılması

Aşağıdaki grafiklerde, aynı pan grubu içerisinde bulunan yazılımların merkez ve tam sol pan konumları arasında doğrusal pan otomasyonu çizilerek elde edilen çıktılarındaki değişimler görülmektedir.

Grafik 3.3.1: 1. Grup Pan Otomasyonu Çıktılarının Karşılaştırılması

Tablo 3.3.1: 1. Grup Karşılaştırmalarında Ölçülen Maksimum Fark (dB) ve Pan Konumu

Karşılaştırma	Sol Kanal		Sağ Kanal	
	Konum	Fark	Konum	Fark
Live - FL Studio (C)	L0,195	-0,003	L100	25,3569
Live- Reaper (-3G)	L100	0,01029	L100	25,1915
FL Studio (C) - Reaper (-3G)	L100	0,01031	L100	-0,1654

Tablo 3.3.1’de sağ kanalda göze çarpan 25 dB civarı farkların Live yazılımının otomasyonun sonunda L100 konumunda seviyeyi -72,76 dB’e diğer yazılımların ise -97 dB civarına indirmesinden kaynaklandığı anlaşılmaktadır.

Grafik 3.3.2: 2. Grup Pan Otomasyonu Çıktılarının Karşılaştırılması

Tablo 3.3.2: 2. Grup Karşılaştırmalarında Ölçülen Maksimum Fark (dB) ve Pan Konumu

Karşılaştırma	Sol Kanal		Sağ Kanal	
	Konum	Fark	Konum	Fark
Cubase (0) - FL Studio (T)	L76,0402	6,2e-05	L100	40,8009
Cubase (0) - Reaper (0L)	-	0	L100	40,7090
FL Studio (T) - Reaper (0L)	L76,0402	-6,21e-05	L99,990	-0,1109

Cubase (0) yazılımının L100 konumunda otomasyonu sağ kanalda -58,210 dB’de, diğer yazılımların ise -98 dB civarında sonlandırması nedeniyle yaklaşık 40 dB fark oluşmaktadır. Sol kanalda ise Cubase (0) - Reaper (0L) karşılaştırmasında 0 dB, diğer karşılaştırmalarda ise 0,000006 dB fark tespit edilmiştir.

Grafik 3.3.3: 3. Grup Pan Otomasyonu Çıktılarının Karşılaştırılması

Tablo 3.3.3: 3. Grup Karşılaştırmalarında Ölçülen Maksimum Fark (dB) ve Pan Konumu

Karşılaştırma	Sol Kanal		Sağ Kanal	
	Konum	Fark	Konum	Fark
Cubase (-3) – Studio One	L0	-2,9834	L0	140,9040
Cubase (-3) – Pro Tools (-3)	L49,509	-0,6859	L99,94	89,7727
Studio One – Pro Tools (-3)	L0	3,01	L0	140,9693

3. Grupta bulunan Cubase (-3), Studio One, Pro Tools (-3) yazılımlarının hem sol hem de sağ kanalda birbirlerinden farklı eğriler kullanarak panlama yaptıkları görülmektedir. Sol ve sağ kanalda L0 konumunda Studio One karşılaştırmalarında görülen farklılıklar Grafik 3.2.6'daki durumdan kaynaklanmaktadır. Bu özel durum dışında Grafik 3.3.3 (a) ve (c)'de sol kanalda orta pan konumuna yaklaşıldıkça farkların artış gösteğiği, uç noktalara doğru azaldığı görülmektedir. Grafik 3.3.3 (b) ve (d)'de ise sağ kanalda pan otomasyonu L0 konumuna yaklaştıkça farklılığın arttığı görülmektedir. Cubase (-3) - Pro Tools (-3) karşılaştırmasında sağ kanalda L99,94'te görülen farklılık ise Cubase'in otomasyonu -61,22 dB'de tamamlarken Pro Tools yazılımının -150 dB gürültü eşığini altına düşmesinden kaynaklanmaktadır.

3.4 Yazılımlarda Pan Kanunu Tercihlerinin Temel Panlama Fonksiyonları ile Karşılaştırılması

Yazılımların hangi temel panlama fonksiyonu ile örtüştüğünü tespit etmek amacıyla kullanılan test sinyaline temel panlama fonksiyonları uygulanmış ve fonksiyonlar, yazılımlardan alınan pan otomasyon çıktıları ile karşılaştırılmıştır. Aşağıdaki grafiklerde yazılımlar ve eşleştikleri temel panlama fonksiyonu grafikleri görülmektedir.

Grafik 3.4.1: Sinüs Kanunu Fonksiyonu ile Eşleşen Yazılımlar

Live, FL Studio (C) ve Reaper (-3G) yazılımlarının sinüs kanunu panlama fonksiyonu ile eşleştiği görülmektedir.

Grafik 3.4.2: Sinüs Kanunu Fonksiyonu ile Benzeşen Yazılımlar

(a)

(b)

(a) Studio One, (b) Pro Tools (-3) yazılımlarının sinüs kanunu ile farklı yapıda olmalarına rağmen bazı bölgelerde sinüs kanunu fonksiyonuyla benzeştiği görülmektedir.

Grafik 3.4.3: Temel Panlama Fonksiyonları ile Örtüşmeyen Yazılımlar

Grafik 3.4.3 (a) ile gösterilen Cubase (0), FL Studio (T), Reaper (0L) ve Grafik 3.4.3 (b) ile gösterilen Cubase (-3) yazılımlarında kullanılan panlama fonksiyonlarının, çalışmada belirtilen temel panlama fonksiyonlarından herhangi bir tanesi ile benzeşmediği görülmektedir.

3.5 Gruplanan Yazılımlarda Sabit Ara Pan Konumlarının Karşılaştırması

Sabit ara pan konumlarını inceleyebilmek amacıyla Reaper (0L), Cubase (0), Studio One ve Pro Tools (-3) yazılımlarında 101 tane mono kanal oluşturulmuş, 1. Kanal: L100, 2. Kanal: L99, 3. Kanal: L98...101. kanal: C olacak şekilde 100'den 0'a tüm pan konumları ayarlanmıştır. 1 saniye uzunluğundaki test sinyali birbiri ardına tüm kanallarda yerleştirilerek çıktı alınmıştır. Live dışındaki yazılımlar tam sol ve merkez pan arasını 100 eş parçaya bölerken, Live 50 eş parçaya bölmektedir. Live'da L50 pan diğer yazılımlarda L100'e eştir. Aynı şekilde Live'da L49 diğer yazılımlarda L98'a denk gelmektedir. Live ile aynı grupta bulunan Reaper (-3G) ve FL Studio (C) yazılımlarının Live ile uyum sağlaması açısından sadece çift sayılardan oluşan pan konumları kullanılarak çıktı alınmıştır. FL Studio yazılımında kanala eklenen bir sinyalin sonuna fazladan 0,01 saniye uzunluğunda sızma (bleeding) olarak adlandırılan birbiri ardına gelen sinyaller arasına bir çapraz geçiş (crossfade) uzantısı eklendiği görülmektedir. Karşılaştırmada tutarlılık sağlanması açısından, FL Studio yazılımında test sinyalleri birbiri ardına değil 1 saniye ara ile yerleştirilmiş, bu eklenen uzantının boş 1 saniye aralara denk gelmesi sağlanmıştır. Daha sonra bu boşluklar çıkartılarak elde edilen düzeltilmiş çıktı, karşılaştırmalarda kullanılmıştır. Çıktılar üzerinde 0,5 saniyelik aralıklarla ölçümler alınarak bu ölçüm farkları her grup için grafiklere aktarılmıştır.

Grafik 3.5.1: 1. Grup Sabit Pan Konumları Karşılaştırması

Tablo 3.5.1: 1. Grup Karşılaştırmalarında Ölçülen Maksimum Fark (dB) ve Pan Konumu

Karşılaştırma	Sol Kanal		Sağ Kanal	
	Konum	Fark	Konum	Fark
Live - FL Studio (C)	L12	-0,028	L100	43,99
Live- Reaper (-3G)	L4	-0,038	L100	43,99
FL Studio (C) - Reaper (-3G)	L8	-0,047	L98	3,325

Tablo 3.5.1’ de gösterilen konumlar, ölçümlerde kullanılan 50 ölçeği yerine uyumluluk açısından 100’lük ölçek üzerinden verilmiştir. Live karşılaştırmalarında sağ kanalda L100 konumunda 43,99 dB’lik fark dikkat çekmektedir. Tablo 3.1.2’de tespit edildiği üzere Live yazılımı tam sol pan konumunda sağ kanalda tam sessizliğe düştüğü halde -150 dB ile -106,0088 dB’in farkı hesaplanmıştır. FL Studio (C) - Reaper (-3G) karşılaştırmalarında ölçülen 3,325 dB fark -150 dB gürültü eşiğinin altında gerçekleşmiştir. Sağ kanalda oluşan farkların tam sol pan konumuna yakın noktalarda kümелendiği, merkeze doğru gidildikçe farkların azaldığı görülmektedir.

Grafik 3.5.2: 2. Grup Sabit Pan Konumları Karşılaştırması

Tablo 3.5.2: 2. Grup Karşılaştırmalarında Ölçülen Maksimum Fark (dB) ve Pan Konumu

Karşılaştırma	Sol Kanal		Sağ Kanal	
	Konum	Fark	Konum	Fark
Cubase (0) - FL Studio (T)	L99	2e-6	L98	2,144
Cubase (0) - Reaper (OL)	L100	0	L98	1,938
FL Studio (T) - Reaper (OL)	L99	-2e-6	L96	3,315

2. Grup sol kanal farklarına bakıldığında FL Studio (T) karşılaştırmalarında 0,000002 dB'lık fark görülmektedir. Sağ kanalda görülen maksimum farklar yaklaşık -47 dB civarındaki sinyal seviyeleri arasındadır. Sağ kanalda oluşan farkların tam sol pan konumuna yakın noktalarda kümelendiği, merkeze doğru gidildikçe farkların azaldığı göze çarpmaktadır.

Grafik 3.5.3: 3. Grup Sabit Pan Konumları Karşılaştırması

Grafik 3.5.3'te sol kanalda L50 pan konumuna yaklaştıkça farkların arttığı, tam sol ve merkeze yaklaştıkça farkların azaldığı görülmektedir. Sağ kanalda ise tam soldan merkeze doğru yaklaştıkça farkların azaldığı göze çarpmaktadır.

Tablo 3.5.3: 3. Grup Karşılaştırmalarında Ölçülen Maksimum Fark (dB) ve Pan Konumu

Karşılaştırma	Sol Kanal		Sağ Kanal	
	Konum	Fark	Konum	Fark
Cubase (-3) – Studio One	L45	-0,521	L98	-2,227
Cubase (-3) – Pro Tools (-3)	L47	-0,690	L80	-0,899
Studio One – Pro Tools (-3)	L52	-0,170	L98	2,227

3. Grup karşılaştırmalarında sağ kanalda oluşan maksimum farkların -49 dB civarındaki seviyelerde olduğu gözlenmiştir.

4. SONUÇ

Tablo 3.1.3'te gösterilen pan grupları incelemesinde 1. Grupta bulunan Live, FL Studio (C), Reaper (-3G) yazılımları ile 3. Grupta bulunan Cubase (-3), Studio One, Pro Tools (-3) yazılımlarının -3 pan kanununu kullanmalarına karşılık, merkez ve uç pan konumlarında oluşan -3 dB'lik fark nedeniyle birbirlerinden ayrıldıkları tespit edilmiştir. Buradan, yazılımlarda kullanılan -3 pan kanunu ayarı ortak olsa da, aynı ayarlar ile bu yazılımlardan alınacak çıktılarda farklı ses seviyeleri oluşacağı sonucu çıkmaktadır. 2. Grupta yer alan Cubase (0), FL

Studio (T) ve Reaper (0L) yazılımlarının ise 0 dB pan kanununu merkez ve uç pan konumlarında aynı şekilde kullandıkları görülmektedir.

128, 512 ve 1024 arabellek boyutları ile ayrı ayrı alınan pan otomasyonu çıktılarında bazı yazılımların bu arabellek boyutu değişiminden etkilendikleri tespit edilmiştir. Live yazılımında 512 ve 1024 arabellek boyutunda pan otomasyonları eşleşirken, 128 arabellek boyutunda diğerlerinden ayrıldığı, Cubase yazılımında arabellek boyutu küçüldükçe çözünürlüğün arttığı, Studio One yazılımında ise arabellek boyutu küçüldükçe otomasyon eğrisinin basamaklı bir yapıya doğru değiştiği tespit edilmiştir. Bu tespitler ışığında, Live, Cubase ve Studio One yazılımlarında arabellek boyutunun değiştirilmesinin gerek yazılımların kendi çıktılarının karşılaştırmasında gerekse diğer yazılımlar ile karşılaştırmalarında farklılık oluşmasında önemli bir kriter olduğu sonucu çıkarılmıştır.

Grafik 3.3.1 ve Tablo 3.3.1’de verilen 1. Gruptaki yazılımların merkezden başlayarak L100 konumunda biten doğrusal pan otomasyonu analizlerine göre, panın yöneldiği sol tarafta, yani sol kanalda oluşan farkların minimum düzeyde olduğu, sağ kanalda ise pan otomasyonu L100’e yaklaşırken, yani sağ kanal sessizliğe doğru ilerlerken düşük seviyedeki sinyaller arasında farklar olduğu tespit edilmiştir. Grafik 3.3.2 ve Tablo 3.3.2’de verilen 2. Gruptaki yazılımların analizinde sol kanal seviyesinin otomasyon boyunca özdeş olduğu, sağ kanalda ise farkların otomasyon L100’e doğru ilerledikçe, özellikle düşük sinyal seviyelerinde artmakta olduğu görülmektedir. Bu analizler neticesinde, 1. ve 2. Gruplardaki yazılımlarda, panlama otomasyonu ile oluşabilecek farkların, panlanan yönün tersi tarafta, uç noktaya doğru yaklaştıkça, düşük seviyedeki sinyaller üzerinde olduğu sonucuna varılmıştır. Grafik 3.3.3 ve Tablo 3.3.3’te yer alan 3. Gruptaki yazılımların analizlerinde ise, bu gruptaki yazılımların merkez ve uç noktalarında aynı ölçümler yapılmasına karşılık, pan otomasyonu ile ara pan konumları tarandığında, bu bölgelerde hem sol hem de sağ kanalda farklı davranışlar sergiledikleri sonucu çıkarılmaktadır. Sol kanalda L50 pan konumuna yaklaştıkça farkın arttığı, uç noktalara yaklaştıkça farkın azaldığı görülmektedir. Sağ kanalda ise otomasyon L100 konumuna yaklaştıkça düşük seviyedeki sinyaller arasında farklılığın artış gösterdiği görülmektedir.

Yazılımlarda kullanılan pan kanunu fonksiyonları incelendiğinde, 1. Grupta bulunan Live, FL Studio (C) ve Reaper (-3G) yazılımlarının sinüs panlama fonksiyonu ile örtüştüğü tespit edilmiştir. 3. Grupta yer alan Studio One ve Pro Tools (-3) yazılımlarının, birtakım farklılıklar göstermekle birlikte, sinüs panlama kanunu fonksiyonu ile benzeştiği sonucuna varılmıştır. 2. Grupta bulunan Cubase (0), FL Studio (T) ve Reaper (0L) ve 2. Grupta bulunan Cubase (-3) yazılımlarının ise üç temel panlama fonksiyonu dışında, pan konumu merkeze doğru yaklaştıkça gücün arttığı bir fonksiyon eğrisi sergiledikleri tespit edilmiştir.

L100 ve merkez pan konumları arasındaki tüm pan konumlarından, otomasyon kullanmadan, kanal üzerindeki pan kontrolü ile sabit bir şekilde pan ayarı yapılarak alınan çıktılar karşılaştırıldığında, Tablo 3.1.3, Grafik 3.5.1 ve Tablo 3.5.1’de görüleceği üzere 1. Grupta yer alan Reaper (-3G) ile ölçülen belirgin sayılabilecek farkların, bu grup oluşturulurken Reaper (-3G) yazılımının diğer yazılımlarla olan 0,01 dB’lik seviye farkının göz ardı edilmesi nedeniyle olduğu düşünülmektedir. Sağ kanalda oluşan farkların ise yine düşük seviyedeki sinyaller arasında olduğu tespit edilmiştir. Grafik 3.5.2 ve Tablo 3.5.2 analizleri ile 2. Grupta yer alan yazılımların sol kanalda özdeş, sağ kanalda ise düşük sinyal seviyelerinde uç pan konumunda farklılık gösterdiği sonucuna varılmıştır. Grafik 3.5.3 ve Tablo 3.5.3’te yer alan

analizler ile 3. Grupta yer alan yazılımlarda önceden alınan pan otomasyonu ölçümlerinde tespit edildiği üzere, sabit ara pan konumlarında da hem sağ hem sol kanalda farklılıklar meydana geldiği görülmektedir.

Bu çalışma sırasında, yazılımsal bir hata olasılığı veya yazılımın algoritmasına bağlı bir davranış olarak nitelendirilebilecek üç bulguya rastlanmıştır:

- Live yazılımında herhangi bir uç noktaya doğru panlama yapıldığında, diğer tarafta tam sessizlik yerine -106,0088 dB seviyesinde sinyal tespit edilmektedir.
- Studio One yazılımında 1024 ve 512 arabellek boyutlarında, pan otomasyonunun başlangıç anında, 0,01 saniyelik bir zaman diliminde, panlama yönündeki kanalda yüksek bir seviyeden beklenen seviyeye, diğer kanalda ise düşük bir seviyeden beklenen seviyeye doğru sıçramalar meydana geldiği tespit edilmiştir.
- FL Studio yazılımının ise projeye aktarılan sinyalin devamına yaklaşık 0,01 saniyelik bir uzantı eklediği tespit edilmiştir.

KAYNAKÇA

- Ableton. (2021). Live. <https://www.ableton.com/en/live/>, Erişim Tarihi: 01.04.2021
- Avid. (2021). Pro Tools. <https://www.avid.com/pro-tools>, Erişim Tarihi: 01.04.2021
- Cockos. (2021). Reaper. <https://www.reaper.fm/>, Erişim Tarihi: 01.04.2021
- Davis, Gary ve Jones, Ralph. (1990). *The Sound Reinforcement Handbook (Second Edition)*. Milwaukee: Hal Leonard Publishing Corporation
- Gallagher, Mitch. (2009). *The Music Tech Dictionary*. Boston, USA: Course Technology.
- Huber, David M. ve Runstein Robert E. (2005). *Modern Recording Techniques (Sixth Edition)*. Burlington: Focal Press
- Image Line. (2021). FL Studio. <https://www.image-line.com/>, Erişim Tarihi: 01.04.2021
- Kadis, Jay. (2012). *The Science of Sound Recording*. USA: Focal Press.
- Önen, Ufuk. (2021). 2020 DAW Anketi. <https://www.ufukonen.com/tr/2020-daw-anketi-sonuclari.html>, Erişim Tarihi: 01.04.2021
- Presonus. (2021). Studio One. <https://www.presonus.com/products/Studio-One>, Erişim Tarihi: 01.04.2021
- Rumsey, Francis ve McCormick, Tim. (2006). *Sound and Recording: an Introduction*. Burlington: Focal Press
- Steinberg. (2021). Cubase. <https://new.steinberg.net/cubase/>, Erişim Tarihi: 01.04.2021
- Tarr, Eric. (2021). Hack audio. <https://www.hackaudio.com/digital-signal-processing/stereo-audio/square-law-panning/>, Erişim Tarihi: 01.04.2021
- Thomson, Daniel M. (2005). *Understanding Audio Getting the Most Out of Your Project or Professional Recording Studio*. Berklee: Berklee Press