

Araştırma Makalesi

Dijital çağda Hornbostel-Sachs'ı yeniden düşünmek: sanal enstrüman tasarımında taksonomik zorluklar

Seyhan Canyakan ¹

Afyon Kocatepe Üniversitesi Devlet Konservatuvarı, Afyonkarahisar, Türkiye

Makale Bilgisi	Öz
Geliş: 6 Ocak 2025 Kabul: 9 Mart 2025 Online Yayın: 30 Mart 2025 Anahtar Kelimeler Dijital enstrümanlar Epistemik araçlar Hornbostel-Sachs taksonomisi Organolojik sınıflandırma Sanal bedenleşme 3023-7890/ © 2025 TOD Genç Bilge Yayıncılık tarafından yayınlanmakta olup, açık erişim, CC BY-NC-ND lisansına sahiptir. 	Dijital müzik enstrümanları, doğaları gereği basit sınıflandırmalara karşı direnç göstermektedir. Magnusson (2009), bu enstrümanları akustik muadillerinden ayırırken sanal bedenleşme (virtual embodiment) kavramını ve dijital tasarımın bir tür besteleme biçimi olarak rolünü vurgulamaktadır. Zellerbach ve Roberts (2022), bu görüşü Karma Gerçeklik Müzik Enstrümanlarını (Mixed Reality Musical Instruments - MRMIs) icracı, sanal ortam ve fiziksel mekan arasındaki karmaşık etkileşimlerin ürünleri olarak çerçeveleyerek genişletmektedir. Magnusson'un (2017) önerdiği "müzikal organik" yaklaşımı gibi çalışmalar, geleneksel hiyerarşilerin ötesine geçen çok boyutlu, heterarşik bir yaklaşım sunmaktadır. Paine ve Drummond (2009), gerçek dünya performans davranışını yansıtmak için jest yakalama ve arayüz-ses eşlemesini bütünleştiren TIEM taksonomisini tanıtmaktadır. Guzmán Anaya (2023), video oyunlarındaki enstrümanları hem sanal temsilleri hem de işlevsel rolleri açısından kataloglarken, Malloch ve diğerleri (2006) insan bilgi işleme modellerini performans bağlamına göre enstrümanları sınıflandırmak için uyarlamaktadır. İncelenen modeller, dijital enstrüman tasarımında üç temel tema etrafında birleşmektedir: (1) performans bağlamının entegrasyonu, (2) etkileşim tasarımı parametrelerinin ele alınması ve (3) fiziksel ve dijital özellikleri harmanlayan hibrit sınıflandırmaların benimsenmesi. Bu katkılar, performans davranışını, etkileşim dinamiklerini ve dijital bedenleşmenin belirsiz doğasını merkeze alarak geleneksel taksonomiye kolektif olarak yeniden kavramsallaştırmaktadır.

Makaleye atıf için

Canyakan, S. (2025). Dijital çağda Hornbostel-Sachs'ı yeniden düşünmek: sanal enstrüman tasarımında taksonomik zorluklar. *Türk Organoloji Dergisi*, 2(1), 15-25. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.115111242>

Giriş

Dijital müzik enstrümanlarının sınıflandırılması, müzikolojik araştırmaların güncel bir zorluğudur. Geleneksel Hornbostel-Sachs sınıflandırma sistemi, fiziksel enstrümanların ses üretme mekanizmalarına dayalı olarak yapılandırılmıştır. Ancak bu sistem, fiziksel ve dijital dünyaların kesiştiği alanda ortaya çıkan yeni müzikal araçları sınıflandırmak için yetersiz kalmaktadır. Bu makalede, dijital enstrümanları anlamak ve sınıflandırmak için geliştirilen çağdaş yaklaşımları inceleyerek dijital çağda Hornbostel-Sachs taksonomisinin nasıl yeniden düşünülebileceğini ele alacağım. Araştırmamda, organolojik çalışmaların dijital dönüşümünü kültürel, teknolojik ve performatif boyutlarıyla inceleyen disiplinlerarası bir yaklaşım benimsemektedir. Bu dönüşüm, yalnızca yeni enstrümanların ortaya çıkmasıyla değil, aynı zamanda müzikal ifadenin doğasının ve müzik teknolojisinin kültürel anlamlarının yeniden değerlendirilmesiyle de karakterize edilmektedir. Dijital müzik enstrümanları, geleneksel organolojinin sınırlarını zorlayarak, bedenleşme, etkileşim ve temsil kavramlarının yeniden düşünülmesini gerektirmektedir.

¹ Doçent.Dr., Afyon Kocatepe Üniversitesi, Devlet Konservatuvarı, Afyonkarahisar, Türkiye. Email: scanyakan@aku.edu.tr ORCID: 0000-0001-6373-4245

Kuramsal Çerçeve

Dijital müzik aletlerinin sınıflandırılması konusu disiplinlerarası bir yaklaşım gerektirir. Geleneksel yaklaşımlar yetersiz kalırken, yeni kavramlar bu karmaşık doğayı anlamamıza yardım eder. 1914'te Hornbostel ve Sachs tarafından geliştirilen taksonomi müzik aletlerini beş temel kategoriye ayırır: İdiyofonlar, membranofonlar, kordofonlar, aerofonlar ve elektrofonlar. Bu sistem fiziki aletler için tutarlı bir çerçeve sunar; fakat dijital çağda yetersizlik gösterir. Dijital ortamda aynı arayüz farklı algoritmaları kontrol edebilir, bu da geleneksel kategorilerin bulanıklaşmasına neden olur.

Theberge (1997), dijital teknolojilerin müzik üretimini nasıl dönüştürdüğünü inceleyerek bu teknolojilerin geleneksel sınıflandırmaları aştığını belirtmiştir. Miranda ve Wanderley (2006) ise dijital aletlerin fiziksel ve sanal özellikleri bir arada barındırdığını vurgulayarak, bunların "hibrit" doğalarına dikkat çekmişlerdir. Magnusson'a (2017) göre "sanal bedenlenme" kavramı, etkileşimin tamamen bedensiz olmadığını, farklı bir deneyim biçimi sunduğunu ifade eder. Bu yeni ilişkisellik, enstrüman sınıflandırmalarında paradigma değişimini gerekli kılmaktadır.

Magnusson (2019) ayrıca dijital aletlerin bilgi taşıyıcısı ve düşünce biçimlerini şekillendiren "epistemik araçlar" olduğunu öne sürer. Her aletin içerdiği estetik, teknik ve kültürel değerler, kullanıcıların ifade ve düşünce biçimlerini etkilemektedir. Magnusson'un (2017) "müzikal organik" kavramı, geleneksel sınıflandırmalardan uzak, değişken ve çok boyutlu bir bakış açısı sunar. Johnston (2016) ise "performans ekosistemi" kavramıyla dijital aletleri çevresiyle etkileşim içindeki bütünsel sistemler olarak ele almıştır.

Zellerbach ve Roberts (2022) tarafından geliştirilen "Karma Gerçeklik Müzik Araçları" çerçevesi, sanal ve fiziksel ortamlar arasındaki etkileşimi üç boyutta inceler: Beden kullanımı (müziyenin hareketlerinin dijital ortamda yorumlanması), Sanal Gerçeklik (teknolojinin görünürlüğü) ve Bağlantılar (müziyen, araç ve çevre arasındaki etkileşim ağı). Bu çerçeve, artırılmış ve sanal gerçeklik teknolojilerinin müzik performansına entegrasyonunu anlamlandırmada önemli bir adım olmuştur.

Malloch ve arkadaşlarının yaklaşımı ise araçları performans bağlamına göre üç kategoride sınıflandırmayı hedefler:

- Jestsel araçlar (anlık ve doğrudan kontrol sağlayan)
- Dönüşümsel araçlar (malzeme dönüşümüne dayalı, algoritmik)
- Melezleşmiş araçlar (her iki yaklaşımı birleştiren)

Bu yaklaşım, müziyen ve araç arasındaki etkileşim derinliğine odaklanması bakımından önemlidir.

Paine ve Drummond (2009) ise dijital araçların kullanım biçimlerine odaklanan bir taksonomi geliştirmiştir. Bu taksonomi; kontrol mekanizmaları, geri bildirim sistemleri, etkileşim derinliği ve öğrenme eğrileri gibi faktörleri ele alarak dijital araçların performans özelliklerini sınıflandırmaya çalışır. Wessel ve Wright (2002), dijital araçları kontrol parametreleri ve ses üretim mekanizmaları arasındaki ilişki üzerinden değerlendirerek "ses uzayı" kavramını öne sürmüşlerdir. Bu yaklaşım, dijital araçların ses üretim potansiyellerini çok boyutlu bir uzayda haritalandırmayı mümkün kılmıştır.

Dijital müzik aletlerinin sınıflandırılması konusunda kapsamlı bir kavramsal çerçeve; müzik bilimi, bilgisayar bilimi, insan-bilgisayar etkileşimi, fenomenoloji ve kültürel çalışmalar gibi farklı disiplin alanlarının kesişiminde yer almaktadır. Bu disiplinlerarası yaklaşım, dijital araçların teknolojik, kültürel, performatif ve ontolojik boyutlarını kapsayıcı bir şekilde anlamak için gereklidir.

Birnbaum ve arkadaşları (2005), dijital müzik araçlarını yedi boyut üzerinden değerlendiren bir model önermiştir:

- Rol dağılımı (müziyen sayısı ve rolleri)
- Müzikal kontrol (kontrol derecesi)
- Geri bildirim modelleri (dokunsal, görsel, işitsel)
- Öğrenme derecesi (öğrenme eğrisi)
- Müzikal özgürlük alanı (yaratıcı imkanlar)
- Dağıtılmış iş akışı (sistem bileşenleri arasındaki ilişkiler)
- Gerekli uzmanlık (kullanım için gerekli beceri düzeyi)

Jordà (2005), dijital müzik aletlerinin değerlendirilmesinde "karmaşıklık, öğrenme eğrisi, performans sınırları ve çeşitlilik" gibi unsurların ön planda tutulması gerektiğini ve bu özelliklerin birbiriyle ilişkili bir şekilde değerlendirilmesi gerektiğini vurgulamıştır.

Geleneksel çalgılardan dijital çağa geçişte, müzik aletlerinin sınıflandırılmasına yönelik yeni yaklaşımlar gelişmektedir. Bu yeni yaklaşımlar; performans bağlamını, etkileşim tasarımını, bilgi edinme yöntemlerini ve çok yönlü ilişkileri dikkate alan daha esnek ve kapsayıcı bir perspektife sahiptir. Green (2018), yapay zeka destekli müzik sistemlerinin yeni bir sınıflandırma kategorisi olarak ele alınması gerektiğini öne sürerek "kendi kendine karar verebilen dijital müzik aleti" kavramını ortaya atmıştır. Bu kavram, öğrenebilen ve kendi kararlarını verebilen dijital çalgıların geleneksel sınıflandırmalarda yer alamadığını vurgulamaktadır.

Dijital müzik aletlerinin sınıflandırılması için tek bir evrensel taksonominin yerine, bu çalgıların farklı yönlerini göz önünde bulunduran esnek ve modüler bir kavramsal çerçevenin gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Böyle bir çerçeve, dijital enstrümanların sürekli değişen doğasını daha iyi yansıtabilir ve teknolojik gelişmelere paralel olarak güncellenebilir.

Metod

Bu araştırmada kapsamlı bir literatür taramasına dayanmaktadır. Bunun için Semantic Scholar veri tabanından 126 milyon akademik makale arasından konuyla ilgili 50 makaleyi tespit ettim. Bu makaleler, yedi eleme kriteri kullanılarak değerlendirilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Araştırmaya dahil etme kriterleri

Kriterler	Açıklaması
Dijital/Sanal Odak	Çalışma, dijital/sanal müzik enstrümanlarını veya bunların sınıflandırma sistemlerini inceliyor mu?
Sınıflandırma Çerçevesi	Makale, sınıflandırma sistemleri, taksonomiler veya Hornbostel-Sachs sistemi (mevcut veya önerilen değişiklikler) analizini içeriyor mu?
Akademik İçerik	Bu, akademik bir çalışma mı (pazar araştırması, ürün incelemeleri veya ticari literatür değil)?
Modern İlgi	Çalışma, dijital/sanal enstrümanların tartışmasını içeriyor mu (yalnızca geleneksel akustik enstrümanlara odaklanmamış)?
Taksonomik Unsurlar	Makale, taksonomik veya sınıflandırma unsurlarının açık tartışmasını içeriyor mu?
Araştırma Türü	Bu, birincil araştırma, sistematik bir inceleme veya meta-analiz mi (görüş yazıları veya gayri resmi incelemeler değil)?
İnsan-Bilgisayar Etkileşimi İlgisi	Makale insan-bilgisayar etkileşimini tartışıyorsa, bu spesifik olarak müzik enstrümanı sınıflandırması veya tasarımıyla ilgili mi (genel kullanıcı arayüzü ilkeleri yerine)?

Eleme kriterleri bir bütün olarak değerlendirilmiş ve her makaleyi dahil etmek konusunda bütünsel bir karar verilmiştir. Sonuç olarak 10 çalışma nihai analize dahil edilmiştir. Araştırma yöntemi, dijital enstrümanların sınıflandırılmasına ilişkin yaklaşımların eleştirel bir değerlendirmesini yapmayı ve bu yaklaşımların müzikal uygulama, teknolojik yenilik ve kültürel değişimle olan karmaşık ilişkilerini incelemeyi amaçlamaktadır. Analize dahil edilen çalışmaların odak noktaları, metodolojik yaklaşımları, sınıflandırma çerçeveleri ve temel katkılarını Tablo 1'de özetlenmektedir.

Tablo 2. Araştırmaya dahil edilen çalışmaların özellikleri

Çalışma	Çalışma Odağı	Metodolojik Yaklaşım	Sınıflandırma Çerçevesi	Temel Katkılar
Guzmán Anaya, 2023	Video oyunlarındaki müzik enstrümanları	Teorik analiz ve tasarım tabanlı araştırma	Geleneksel ve yeni paradigmaları bütünlükten yeni kataloglama modeli	Video oyunlarındaki müzik enstrümanlarını sınıflandırmak için bir çerçeve önermektedir
Herrera-Boyer vd., t.y.	Müzik enstrümanı seslerinin otomatik sınıflandırılması	Teorik analiz ve karşılaştırmalı çalışma	Algısal ve taksonomik yaklaşımlar	Enstrüman seslerinin benzerlik temelli kümelenmesi ve sınıflandırılması için teknikleri incelemektedir
Kolozali vd., 2011	Müzik enstrümanı ontoloji tasarımı	Teorik analiz ve tasarım tabanlı araştırma	Ontoloji Web Dili (OWL) ve SPARQL sorguları	Müzik enstrümanı ontolojisi için anlamsal açıdan zengin bir yapı önermektedir
Magnusson, 2009	Dijital müzik enstrümanları	Felsefi sorgulama ve ampirik çalışma	Epistemik araçlar ve sanal bedenleşme	Dijital enstrümanları anlamak için epistemik araçlar ve sanal bedenleşme kavramlarını tanıtmaktadır
Magnusson, 2017	Dijital organoloji	Teorik analiz ve felsefi sorgulama	Müzikal organik (çok boyutlu, heterarşik yaklaşım)	Dijital organolojiye yeni bir yaklaşım olarak "müzikal organik" önermektedir
Malloch vd., 2006	Dijital müzik enstrümanları	Teorik analiz ve tasarım tabanlı araştırma	İnsan bilgi işleme modelinin adaptasyonu	Performans bağlamı ve davranışına dayalı Dijital Müzik Enstrümanlarını (DMI'ler) kategorize etmek için bir çerçeve geliştirmektedir
Paine ve Drummond, 2009	Elektronik müzik arayüzleri için taksonomi	Karma yöntemler yaklaşımı kullanan ampirik çalışma	TIEM (Elektronik Müzik performansı için Arayüzler Taksonomisi)	Gerçek zamanlı elektronik müzik performansında yeni arayüzler için bir taksonomi geliştirmektedir
Paine, 2010	Dijital müzik enstrümanları için taksonomi	Teorik analiz ve ampirik anket	TIEM anket tabanlı yaklaşım	Dijital müzik enstrümanları için organoloji sınıflandırması ve taksonomileri tartışmaktadır
Pessoa vd., 2020	Eğitim için dijital müzik enstrümanları	Ampirik çalışma ve tasarım tabanlı araştırma	İnteraktif müzik sistemleri ve kullanıcı uygulamalarına dayalı taksonomi	Eğitimde DMI'ler için bir taksonomi önermekte ve uzman olmayan kullanıcılar için DMI tasarımındaki eğilimleri belirlemektedir
Zellerbach ve Roberts, 2022	Karma gerçeklik müzik enstrümanları	Teorik analiz ve tasarım tabanlı araştırma	Bedenleşme, büyüklük ve ilişkilere dayalı çerçeve	Karma Gerçeklik Müzik Enstrümanları (MRMI'ler) için yeni bir sınıflandırma oluşturmaktadır

Dahil edilen çalışmaların analizi, araştırma metodolojilerinde, kullanılan teorik çerçevelerde ve önerilen taksonomik yaklaşımlarda önemli bir çeşitlilik ortaya koymaktadır. Bu durum, dijital müzik enstrümanlarının sınıflandırılmasında henüz yerleşik bir paradigmanın olmadığını, alanın hala gelişmekte olduğunu ve çeşitli disiplinlerden gelen perspektiflerin bu gelişimi şekillendirmede rol oynadığını göstermektedir.

Bulgular

Bu çalışmaların analizi şu sonuçları ortaya koymaktadır:

Metodolojik yaklaşımlar

- Teorik analiz 10 çalışmanın 7'sinde rapor edilmiştir
- Tasarım tabanlı araştırma 10 çalışmanın 5'inde belirtilmiştir
- Ampirik çalışmalar 10 çalışmanın 4'ünde kullanılmıştır
- Felsefi sorgulama 10 çalışmanın 2'sinde uygulanmıştır

Sınıflandırma çerçeveleri

- Yeni veya uyarlanmış modeller 10 çalışmanın 3'ünde önerilmiştir
- Taksonomiler 10 çalışmanın 2'sinde geliştirilmiştir
- Kavramsal çerçeveler 10 çalışmanın 2'sinde tanıtılmıştır
- Diğer yaklaşımlar (ontoloji, çok boyutlu yaklaşım, anket tabanlı yaklaşım) her biri 1 çalışmada bulunmuştur

Temel katkılar

- Sınıflandırma çerçeveleri geliştirmek 10 çalışmanın 3'ünde odak noktası olmuştur
- Taksonomi oluşturmak 10 çalışmanın 2'sinde temel katkı olmuştur
- Diğer katkılar arasında ontoloji geliştirme, kavramsal çerçeve tanıtımı, yeni yaklaşımlar önerme, mevcut teknikleri inceleme, sınıflandırmaları tartışma ve enstrüman tasarımındaki eğilimleri belirleme yer almaktadır

Metodolojik kombinasyonlar

- 10 çalışmanın 7'si birden fazla metodolojik yaklaşımı birleştirmiştir
- Teorik analiz genellikle ampirik veya tasarım tabanlı araştırma ile eşleştirilmiştir

Odak alanları

- Çalışmalar, dijital müzik enstrümanları içinde video oyunu enstrümanları, otomatik sınıflandırma, ontoloji tasarımı ve karma gerçeklik enstrümanları dahil olmak üzere çeşitli konuları kapsamaktadır

Bu bulgular, dijital müzik enstrümanlarının sınıflandırılmasına yönelik yaklaşımların teorik ve metodolojik temellerinin daha fazla geliştirilmesi gerektiğini göstermektedir. Teorik analizin ampirik araştırma ve tasarım temelli yaklaşımlarla sıklıkla birleştirilmesi, alanın hem kavramsal hem de pratik boyutlarının önemini vurgulamaktadır.

Dijital Uygulamalara Yönelik Yapılan Çalışmaların Tematik Analizi

İncelediğimiz çalışmalar, dijital müzik enstrümanlarının sınıflandırılmasıyla ilgili üç ana tematik alanı ortaya çıkarmaktadır: dijital-fiziksel paradigma değişimi, taksonomik çerçeve evrimi ve arayüz-ses ilişkileri. Bu temalar, dijital enstrümanların doğasını ve bunların sınıflandırılması için geliştirilen yaklaşımları anlamak açısından temel öneme sahiptir.

Dijital-Fiziksel Paradigma Değişimi

Dahil edilen çalışmaların incelenmesi, fiziksel müzik enstrümanlarından dijital olanlara geçişle ilgili çeşitli içgörüler ortaya çıkarmıştır.

Magnusson (2009) çalışmasında, dijital ve akustik enstrümanlar arasındaki belirgin ayrımlar, yazılımın kavramsal tabanlı tasarımı ile fiziksel eserlerin olanakları/kısıtlamaları arasındaki karşıtlık, dijital enstrüman yapımcılarının "sıradan luthier'lerden daha fazlası" haline gelmesi, enstrüman tasarım sürecinin bir tür besteleme sürecine dönüşmesi gibi konuları vurgulamaktadır. Magnusson'un (2009) çalışması, dijital enstrüman tasarımının besteleme süreci olarak kavramsallaştırılmasını önerirken geleneksel enstrüman yapımının el sanatı yönünden farklılaşmasını vurgulamaktadır. Bu perspektif, dijital enstrümanların yalnızca fiziksel araçların dijital simülasyonu olmadığını, aynı zamanda özel müzikal ifade biçimleri olarak kendilerine has tasarım prensipleri ve estetik değerlendirmeleri gerektirdiğini göstermektedir.

Zellerbach ve Roberts (2022) bu kavramları karma gerçekliğe genişletmektedir: Karma Gerçeklik Müzik Enstrümanları (MRMI'ler) için bir çerçeve önermektedirler, icracı, sanal ortam ve fiziksel ortam arasındaki ilişkileri dikkate almaktadırlar, modern enstrüman tasarımında dijital ve fiziksel öğeler arasındaki karmaşık etkileşimi vurgulamaktadırlar. Zellerbach ve Roberts'ın (2022) çalışması, dijital ve fiziksel alanlar arasındaki sınırların giderek bulanıklaştığı karma gerçeklik bağlamında müzik enstrümanlarının nasıl kavramsallaştırılabileceğini incelemektedir.

Önerilen çerçeve, sanal ve fiziksel ortamlar arasındaki etkileşimin karmaşık dinamiklerini hesaba katarak, geleneksel organolojinin sınırlarını genişletmektedir.

Magnusson (2009) *sanal bedenleşme* kavramını tanıtmaktadır: Dijital teknolojilerle etkileşimleri tanımlamaktadır. Bu tür etkileşimlerin bedensiz olduğu fikrini sorgulamaktadır. İcracının dijital enstrümanlarla etkileşimini anlamak için kritik öneme sahiptir. Enstrüman tasarımı ve sınıflandırması için çıkarımları vardır

Sanal bedenleşme kavramı, dijital teknolojilerle etkileşimin fiziksellikten yoksun olmadığını, aksine farklı bir bedenleşme formu temsil ettiğini öne sürmektedir. Bu perspektif, dijital enstrümanların deneyimsel ve performatif boyutlarının sınıflandırma şemalarına dahil edilmesi gerektiğini göstermektedir.

Taksonomik Çerçeve Evrimi

İncelediğimiz çalışmalar, dijital müzik enstrümanları için daha kapsamlı ve esnek sınıflandırma sistemleri sunmayı amaçlayan çeşitli çerçeveler önermektedir. Magnusson (2017) *müzikal organik* kavramını önermektedir. Dijital organolojiye çok boyutlu, heterarşik bir yaklaşım, geleneksel hiyerarşik sınıflandırmalardan uzaklaşma, enstrümanları analiz etmek ve temsil etmek için daha esnek ve dinamik bir yöntem sunma, açık bir API ile bilgi erişim arama sistemi olarak uygulanacak şekilde tasarlanma.

Magnusson'un (2017) önerdiği *müzikal organik* yaklaşımı, dijital enstrümanların kategorize edilmesinde önemli bir kavramsal ilerleme sağlamaktadır. Bu yaklaşım, geleneksel hiyerarşik taksonomilerin yerini, enstrümanların çeşitli özelliklerinin çok boyutlu bir uzayda temsil edilebileceği daha dinamik ve esnek bir modele bırakmasını önermektedir. Bu model, dijital enstrümanların sürekli değişen ve gelişen doğasını yansıtmaya potansiyeline sahiptir.

Paine ve Drummond (2009) TIEM (Elektronik Müzik performansı için Arayüzler Taksonomisi) projesini geliştirmektedir. Dijital enstrümanlar için birleştirici bir çerçeve oluşturmayı amaçlama, sensör türleri, arayüz doğası, jest yakalama ve arayüz ile ses işlevleri arasındaki eşlemeler gibi kriterlere odaklanma, geleneksel akustik enstrümanlardan ziyade dijital enstrümanlarla daha ilgili yönleri ele alma.

TIEM projesi, dijital enstrümanların sınıflandırılmasında performans pratiği ve kullanıcı etkileşimine odaklanan bir yaklaşım benimseyerek, teorik kavramsallaştırma ile gerçek dünya uygulamaları arasında bir köprü kurmayı amaçlamaktadır. Bu yaklaşım, dijital enstrümanların nasıl tasarlandığı ve kullanıldığı arasındaki dinamik ilişkiyi vurgulamaktadır.

Pessoa ve diğerleri (2020) eğitimde Dijital Müzik Enstrümanları (DMI'ler) için bir taksonomi önermektedir:

- Sistem tanımlama, etkileşimli bileşen modülleri ve hedef kullanıcılarla ilgili boyutları içermek
- DMI'lerin geleneksel Batı enstrümanlarının ötesinde yeni müzikal ifadeler keşfetme potansiyelini vurgulama

Pessoa ve diğerlerinin (2020) çalışması, dijital müzik enstrümanlarının eğitimsel bağlamda nasıl sınıflandırılabilirliğine dair önemli içgörüler sunmaktadır. Önerilen taksonomi, enstrümanların teknik özelliklerinin yanı sıra pedagojik potansiyellerini ve hedef kullanıcı gruplarını da dikkate alarak, eğitim ortamlarında dijital müzik teknolojilerinin kullanımını desteklemeyi amaçlamaktadır.

Arayüz-Ses İlişkileri

Dijital müzik enstrümanlarındaki arayüz-ses ilişkileri:

- Sınıflandırma ve kavramsallaştırma için benzersiz zorluklar sunmaktadır
- Genellikle kullanıcı girdisi ile ses çıktısı arasında soyut ilişkiler içermektedir
- Yeni kategorizasyon ve analiz yaklaşımları gerektirmektedir

Dijital enstrümanların belki de en ayırt edici özelliği, fiziksel giriş (arayüz) ile ses çıkışı arasındaki ilişkinin tamamen yapılandırılabilir ve soyut olabilmesidir. Bu özellik, enstrümanların sınıflandırılmasında ses üretim mekanizmasının ötesinde, arayüz-ses eşlemeleri ve etkileşim modalitelerinin dikkate alınmasını gerektirmektedir.

Malloch ve diğerleri (2006) bu zorlukları şu şekilde ele almaktadır:

- İnsan bilgi işleme modelini uyarlamak
- Dijital müzik enstrümanlarını performans bağlamı ve davranışına göre kategorize etme

- Fiziksel özelliklerden ziyade enstrümanların performans sırasında nasıl kullanıldığı ve davrandığına odaklanma

Malloch ve diğerlerinin (2006) yaklaşımı, dijital enstrümanların sınıflandırılmasında performans pratiğinin ve icracı-enstrüman etkileşiminin merkezi rolünü vurgulamaktadır. Bu perspektif, enstrümanların statik nesneler olarak değil, dinamik performans sistemleri olarak anlaşılması gerektiğini öne sürmektedir.

Herrera-Boyer ve diğerleri (t.y.) iki ana yaklaşımı incelemektedir:

- Algısal yaklaşım: Tını kümelemesi için algısal benzerlik işlevlerinin türetilmesine odaklanma
- Taksonomik yaklaşım: Sesleri kültürel veya kullanıcı yanlılığına dayalı taksonomi sistemlerine göre etiketleme indekslerinin türetilmesini içermek

Herrera-Boyer ve diğerlerinin incelemesi, dijital enstrümanların ses çıktılarının sınıflandırılmasında hem objektif akustik özelliklerin hem de sübjektif algısal niteliklerin rolünü vurgulamaktadır. Bu iki yaklaşımın sentezi, dijital enstrümanların hem teknik hem de kültürel boyutlarını kapsayan daha bütünsel bir sınıflandırma sistemi geliştirme potansiyeli taşımaktadır.

Zellerbach ve Roberts (2022) bu ilişkiyi daha da karmaşıklştırmaktadır:

- İcra, sanal ortam ve fiziksel dünya arasındaki etkileşimleri dikkate alma
- Dijital ve karma gerçeklik enstrümanlarındaki karmaşık ilişkileri hesaba katan sınıflandırma sistemlerine olan ihtiyacı vurgulama

Karma gerçeklik bağlamında, arayüz-ses ilişkisi yeni bir boyut kazanmaktadır. Zellerbach ve Roberts'ın (2022) çalışması, fiziksel ve sanal ortamlar arasındaki etkileşimlerin, yeni tür müzikal deneyimler ve ifade biçimleri yaratma potansiyelini vurgulamaktadır. Tablo 3'te temel temaları, kavramları, destekleyici çalışmaları ve uygulama zorluklarını özetlemektedir:

Tablo 3. Dijital uygulamalarla ilgili araştırmaların tematik analizi

Tema	Anahtar Kavramlar	Destekleyici Çalışmalar	Uygulama Zorlukları
Dijital-Fiziksel Paradigma Değişimi	Sanal bedenleşme, Kavramsal tasarım vs. fiziksel kısıtlamalar, Karma gerçeklik entegrasyonu	Magnusson (2009), Zellerbach ve Roberts (2022)	Fiziksel ve dijital etkileşim paradigmaları arasındaki boşluğu kapatma, Sanal/karma gerçeklik ortamlarında sezgisel kullanıcı deneyimlerini sağlama
Taksonomik Çerçeve Evrimi	Müzikal organik, Çok boyutlu sınıflandırma, Dinamik ve esnek sistemler	Magnusson (2017), Paine ve Drummond (2009), Pessoa vd. (2020)	Hızlı teknolojik değişimlere uyum sağlayabilen sistemler geliştirme, Kapsamlılık ile kullanılabilirlik arasında denge kurma, Çeşitli sınıflandırma kriterlerini entegre etme
Arayüz-Ses İlişkileri	İnsan bilgi işleme modelleri, Algısal ve taksonomik yaklaşımlar, Karma gerçeklik etkileşimleri	Malloch vd. (2006), Herrera-Boyer vd. (t.y.), Zellerbach ve Roberts (2022)	Jestler ve ses arasında sezgisel eşlemeler oluşturma, Ses algısındaki kültürel ve bireysel farklılıkları hesaba katma, Sanal ortamlarda anlamlı geri bildirim sağlayan arayüzler tasarlama

Bu tematik analiz, dijital müzik enstrümanlarının sınıflandırılmasında karşılaşılan zorlukların çok boyutlu doğasını ortaya koymaktadır. Bu zorluklar yalnızca teknik değil, aynı zamanda kavramsal, kültürel ve fenomenolojik boyutları da içermektedir. İncelenen çalışmalar, bu çok boyutlulukla başa çıkmak için çeşitli yaklaşımlar önermektedir, ancak hiçbir tek başına kapsamlı bir çözüm sunmamaktadır.

Ortaya Çıkan Sınıflandırma Modelleri

Dahil edilen çalışmaların analizi, dijital müzik enstrümanlarına özgü zorlukları ele almayı amaçlayan çeşitli sınıflandırma modelleri belirlemiştir. Bu modeller, üç ana kategoriye ayrılabilir: performans bağlamı entegrasyonu, etkileşim tasarımı parametreleri ve hibrit enstrüman kategorileri. Her bir model, dijital enstrümanların belirli yönlerine odaklanarak, geleneksel organolojinin sınırlarını genişletmeye çalışmaktadır.

Performans Bağlamı Entegrasyonu

Çeşitli çalışmalar, performans bağlamının dijital müzik enstrümanlarının sınıflandırılmasına entegrasyonunu vurgulamaktadır:

Malloch ve diğerleri (2006):

- Performans bağlamı ve davranışına dayalı olarak dijital müzik enstrümanlarını kategorize eden bir çerçeve önermektedir
- İcracı-enstrüman etkileşimlerini anlamak için insan bilgi işleme kavramlarını uyarlamaktadır

Malloch ve arkadaşlarının çalışması, dijital enstrümanların yorumlama pratiği içerisindeki konumlarını merkeze alan bir yaklaşım sunmaktadır. Bu perspektif, enstrümanları statik nesneler olarak değil, icracının yorumlama pratiği içerisinde anlam kazanan dinamik sistemler olarak yeniden konumlandırmaktadır. İnsan bilgi işleme modelinin adaptasyonu, dijital enstrümanların bilişsel ve duyuşsal boyutlarını organolojik sınıflandırmaya dahil etmeyi mümkün kılmaktadır.

Paine ve Drummond (2009):

- TIEM taksonomilerinde performansla ilgili kriterleri dahil etmektedir
- Jest yakalama ve arayüz ile ses işlevleri arasındaki eşlemeleri içermektedir
- Dijital enstrüman performansının dinamik doğasını kabul etmektedir
- İcracının enstrümanın çıktısını şekillendirmedeki rolünün önemini vurgulamaktadır

TIEM taksonomisi, elektronik müzik arayüzlerinin hem teknik özellikleri hem de performatif boyutları açısından sınıflandırılmasına olanak tanımaktadır. Bu yaklaşım, sensör sistemleri, kontrol mekanizmaları ve ses üretim teknolojileri gibi teknik parametrelerin ötesine geçerek, jest-ses eşlemelerinin doğası, performans pratikleri ve estetik olanaklar gibi faktörleri de hesaba katmaktadır. Böylece, enstrümanların yalnızca ne oldukları değil, aynı zamanda nasıl kullanıldıkları ve müzikal ifadeyi nasıl şekillendirdikleri de sınıflandırma sistemine dahil edilmektedir.

Etkileşim Tasarımı Parametreleri

İcracı ile dijital enstrüman arasındaki etkileşimin tasarımı, sınıflandırmanın kritik bir yönü olarak ortaya çıkmaktadır: Magnusson (2009):

- "Epistemik araçlar" kavramını tanıtmaktadır
- Kültürel ve teknolojik modellerin dijital enstrümanlara nasıl gömüldüğünü açıklamaktadır
- Enstrüman tasarımının yaratıcı imkanları şekillendirmedeki rolünü vurgulamaktadır
- Sınıflandırma şemalarında etkileşim tasarımını dikkate almanın önemini vurgulamaktadır

Magnusson'un "epistemik araçlar" kavramı, dijital enstrümanların bilgi taşıyıcıları ve bilişsel uzantılar olarak işlev gördüğünü öne sürmektedir. Bu perspektif, dijital enstrümanların yalnızca ses üretme araçları değil, aynı zamanda belirli müzikal düşünme biçimlerini somutlaştıran ve şekillendiren kültürel araçlar olduğunu vurgulamaktadır. Epistemik araçlar olarak dijital enstrümanlar, tasarımcılarının estetik, teknik ve kültürel değerlerini kodlar ve bu değerler, kullanıcıların müzikal ifade olanaklarını şekillendirir.

Zellerbach ve Roberts (2022):

- Karma Gerçeklik Müzik Enstrümanları (MRMI'ler) için bir çerçeve önermektedir
- Bedenleşme, büyüülük ve ilişkiler olmak üzere üç boyuta dayalıdır
- Karma gerçeklik ortamlarındaki benzersiz etkileşim olanaklarını dikkate almaktadır
- Bu etkileşimlerin enstrüman tasarımını ve performansını nasıl etkilediğini incelemektedir

Zellerbach ve Roberts'ın çalışması, karma gerçeklik teknolojilerinin müzikal etkileşim için sunduğu yeni olanakları incelemektedir. Bedenleşme boyutu, fiziksel ve sanal arasındaki ilişkiyi ele alırken, büyüülük boyutu, teknolojik aracılığın görünürlüğü/görünmezliği ile ilgilidir. İlişkiler boyutu ise, icracı, sanal ortam ve fiziksel çevre arasındaki karmaşık etkileşimleri kapsamaktadır. Bu üç boyutlu çerçeve, karma gerçeklik müzik enstrümanlarının çeşitliliğini ve özgüllüğünü yansıtacak şekilde tasarlanmıştır.

Hibrit Enstrüman Kategorileri

Hibrit enstrümanlar:

- Geleneksel akustik enstrümanların unsurlarını dijital teknolojilerle birleştirmektedir
- Yeni sınıflandırma yaklaşımlarına yol açmaktadır
- Fiziksel ve dijital organoloji arasındaki boşluğu kapatmaya çalışmaktadır

Hibrit enstrümanlar, geleneksel akustik ses üretim mekanizmalarını dijital teknolojilerle birleştirerek, organolojik sınıflandırmanın geleneksel kategorilerine meydan okumaktadır. Bu enstrümanlar, fiziksel ve dijital arasındaki ayrımı bulanıklaştırarak, sınıflandırma sistemlerinin daha esnek ve kapsayıcı olmasını gerektirmektedir.

Guzmán Anaya (2023):

- Video oyunlarındaki müzik enstrümanlarını sınıflandırmak için yeni bir kataloglama modeli önermektedir
- Hem enstrümanların sanal temsilini hem de oyun ortamındaki işlevsel rolünü dikkate almaktadır
- Dijital enstrümanların kültürel semboller ve işlevsel yapıtlar olarak ikili doğasını tanımaktadır

Guzmán Anaya'nın çalışması, video oyunlarındaki sanal enstrümanların incelenmesinde yeni bir alan açmaktadır. Önerilen kataloglama modeli, sanal enstrümanların görsel temsilleri, ses özellikleri ve oyun mekanikleri ile olan ilişkileri gibi çeşitli boyutları dikkate almaktadır. Bu yaklaşım, sanal enstrümanların hem oyun deneyiminin işlevsel bileşenleri hem de kültürel anlamlar taşıyan sembolik nesneler olarak ikili doğasını yansıtmaktadır.

Magnusson (2017):

- Esnek, çok boyutlu bir yaklaşım olarak "müzikal organik" kavramını tanıtmaktadır
- Geleneksel organolojik bilgiyi yeni paradigmalara bütünleştirmeye olanak tanımaktadır
- Geleneksel kategorilere net bir şekilde uymayan hibrit enstrümanları sınıflandırmak için uygundur

Magnusson'un "müzikal organik" kavramı, dijital ve hibrit enstrümanların sınıflandırılması için esnek, çok boyutlu bir çerçeve sunmaktadır. Bu yaklaşım, geleneksel organolojinin hiyerarşik yapısından uzaklaşarak, enstrümanların çeşitli özelliklerini dinamik ilişkiler ağı içerisinde konumlandırmayı önermektedir. Müzikal organik, dijital enstrümanların sürekli evrim geçiren, belirsiz sınırlara sahip doğasını yansıtabilecek bir ontolojik model sunmaktadır.

Tablo 4. Sınıflandırma modellerinin özellikleri

Model Türü	Sınıflandırma Kriterleri	Avantajları	Sınırlamaları
Performans Bağlamı Entegrasyonu	Performans davranışı, Jest yakalama, Ses-arayüz eşlemeleri	Enstrümanların gerçek dünya kullanımını dikkate alır, İcracının sesi şekillendirmedeki rolünü hesaba katar	Teknik özellikleri tam olarak yakalayamayabilir, Performans uygulamalarının gözlemlenmesini gerektirir
Etkileşim Tasarımı Parametreleri	Epistemik araç tasarımı, Bedenleşme, Büyülülük, İlişkiler	Dijital enstrümanların benzersiz olanaklarına odaklanır, Enstrümanlara gömülü kültürel ve teknolojik modelleri dikkate alır	Fiziksel özellikleri gözden kaçırabilir, Pratik kategorizasyon için fazla soyut olabilir
Hibrit Enstrüman Kategorileri	Sanal temsil, İşlevsel rol, Çok boyutlu özellikler	Fiziksel ve dijital organoloji arasındaki boşluğu kapatır, Çeşitli enstrüman türlerini barındıracak kadar esnektir	Karmaşıklık uygulamayı zorlaştırabilir, Teknolojik gelişmelere ayak uydurmak için sürekli güncellemeler gerektirir

Bu sınıflandırma modellerinin analizi, dijital müzik enstrümanlarının kategorize edilmesinde tek bir yaklaşımın yeterli olmadığını göstermektedir. Her model, enstrümanların belirli yönlerine odaklanarak değerli içgörüler sunmakta, ancak kendi sınırlamaları da bulunmaktadır. Dolayısıyla, dijital enstrümanların kapsamlı bir şekilde anlaşılması için bu modellerin entegrasyonu ve sentezi gereklidir.

Tartışma ve Sonuç

Dijital müzik enstrümanlarının sınıflandırılmasına yönelik incelediğimiz yaklaşımlar, geleneksel Hornbostel-Sachs taksonomisinin temel varsayımlarının yeniden düşünülmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Akustik enstrümanlar için tasarlanmış olan bu sistem, ses üretim mekanizmasını temel alarak kategorilendirme yapmaktadır. Ancak dijital enstrümanlarda, ses üretim mekanizması soyutlanmış, algoritmik ve bağlamsal olabilmektedir. Ayrıca, fiziksel arayüz ile ses üretimi arasındaki ilişki tamamen yapılandırılabilir ve değiştirilebilir olduğundan, geleneksel taksonomik yaklaşımlar yetersiz kalmaktadır.

İncelediğimiz çalışmalar, dijital enstrümanların sınıflandırılmasında üç temel tematik yaklaşımı ortaya koymaktadır:

Performans bağlamı ve davranışı: Malloch ve diğerleri (2006) ile Paine ve Drummond (2009) tarafından vurgulanan bu yaklaşım, enstrümanların nasıl kullanıldığına ve performans sırasında nasıl davrandığına odaklanmaktadır. Bu perspektif, enstrümanın fiziksel özelliklerinden ziyade, performans pratiği içerisindeki konumunu ve işlevini merkeze almaktadır.

Etkileşim tasarımı ve epistemik nitelikler: Magnusson (2009) ve Zellerbach ve Roberts (2022) tarafından geliştirilen bu perspektif, dijital enstrümanların bilişsel, kültürel ve etkileşimsel boyutlarını vurgulamaktadır. Enstrümanlar, yalnızca ses üretme araçları değil, aynı zamanda belirli müzikal düşünme biçimlerini somutlaştıran ve şekillendiren kültürel araçlar olarak görülmektedir.

Hibrit ve çok boyutlu yaklaşımlar: Guzmán Anaya (2023) ve Magnusson (2017) tarafından önerilen bu yaklaşımlar, dijital ve akustik arasındaki sınırların giderek bulanıklaştığı bir bağlamda, daha esnek ve kapsayıcı sınıflandırma sistemleri geliştirmeyi amaçlamaktadır. "Müzikal organik" gibi kavramlar, enstrümanların çeşitli özelliklerini çok boyutlu bir uzayda konumlandırmayı mümkün kılmaktadır.

Bu üç tematik yaklaşım, dijital müzik enstrümanlarının karmaşık ve çok boyutlu doğasını anlamak için tamamlayıcı perspektifler sunmaktadır. Dijital enstrümanların sınıflandırılması için geliştirilen çeşitli modeller, bu enstrümanların teknik, performatif, kültürel ve ontolojik boyutlarını kapsamlı bir şekilde ele almanın zorluklarını ortaya koymaktadır.

Dijital çağda Hornbostel-Sachs taksonomisinin yeniden düşünülmesi, geleneksel organolojinin temel ilkelerini tamamen reddetmek yerine, bu ilkeleri genişleterek ve yeni boyutlarla zenginleştirerek gerçekleştirilmelidir. Geleneksel taksonomi, fiziksel ses üretim mekanizmalarına dayalı sağlam bir temel sunmaktadır. Ancak dijital enstrümanlar için bu temelin üzerine, performans bağlamı, etkileşim tasarımı, epistemik nitelikler ve çok boyutlu ilişkiler gibi ek katmanlar eklenmelidir.

Özetle dijital müzik enstrümanlarının sınıflandırılması için tek bir evrensel taksonomi yerine, bu enstrümanların çeşitli boyutlarını dikkate alan modüler ve esnek bir yaklaşım önermekteyiz. Bu yaklaşım, geleneksel Hornbostel-Sachs taksonomisinin temel prensiplerini korurken, dijital teknolojilerin sunduğu yeni olanakları ve zorlukları da hesaba katmalıdır. Böylece, sürekli gelişen ve değişen dijital müzik enstrümanları dünyasını anlamak ve kategorize etmek için daha kapsamlı ve dinamik bir çerçeve oluşturulabilir.

Kaynakça

- Anaya, C. G. (2023). The Organological Potential of Video Games. *Journal of Sound and Music in Games*, 4(2), 132-149.
- Birnbaum, D., Fiebrink, R., Malloch, J., & Wanderley, M. M. (2005). Towards a dimension space for musical devices. In *Proceedings of the 2005 Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME05)*, Vancouver, BC, Canada, 192-195.
- Green, O. (2018). The situation of practice-led research around NIME, and two methodological suggestions for improved communication. *Leonardo*, 51(4), 442-447.
- Herrera-Boyer, P., Peeters, G., & Dubnov, S. (2003). Automatic Classification of Musical Instrument Sounds. *Journal of New Music Research*, 32(1), 3-21.
- Hornbostel, E. M., & Sachs, C. (1914). Systematik der Musikinstrumente: Ein Versuch. *Zeitschrift für Ethnologie*, 46(4/5), 553-590.
- Johnston, A. (2016). Visually-mediated control of synthetic sound. In *New Directions in Music and Human-Computer Interaction* (pp. 195-211). Springer.
- Jordà, S. (2005). *Digital Lutherie: Crafting musical computers for new music's performance and improvisation*. Universitat Pompeu Fabra.

- Kolozali, Ş., Barthet, M., Fazekas, G., & Sandler, M. (2011). Knowledge Representation Issues in Musical Instrument Ontology Design. In *12th International Society for Music Information Retrieval Conference*, Miami, USA, 24-28 October 2011.
- Magnusson, T. (2009). *Epistemic Tools: The Phenomenology of Digital Musical Instruments*. Cambridge University Press.
- Magnusson, T. (2010). Designing constraints: Composing and performing with digital musical systems. *Computer Music Journal*, 34(4), 62-73.
- Magnusson, T. (2017). Musical organics: A heterarchical approach to digital organology. *Journal of New Music Research*, 46(3), 286-303.
- Magnusson, T. (2019). *Sonic writing: Technologies of material, symbolic, and signal inscriptions*. Bloomsbury Academic.
- Malloch, J., Birnbaum, D., Sinyor, E., & Wanderley, M. M. (2006). Towards a new conceptual framework for digital musical instruments. In *Proceedings of the 9th International Conference on Digital Audio Effects* (pp. 49-52), Montreal, Canada.
- Miranda, E. R., & Wanderley, M. M. (2006). *New digital musical instruments: Control and interaction beyond the keyboard*. A-R Editions.
- Paine, G. (2010). A Taxonomy for Real-Time Interfaces for Electronic Music Performance. In *Proceedings of the 10th International Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME10)*, Sydney, Australia, 15-18 June 2010.
- Paine, G., & Drummond, J. (2009). Developing an ontology of new interfaces for realtime electronic music performance. In *Proceedings of the Electroacoustic Music Studies Conference*, Buenos Aires, Argentina.
- Pessoa, M., Parauta, C., Luís, P., Almeida, I., & Bernardes, G. (2020). Examining Temporal Trends and Design Goals of Digital Musical Instruments for Education in NIME: A Proposed Taxonomy. In *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME20)*, Birmingham, UK, 21-25 July 2020.
- Théberge, P. (1997). *Any sound you can imagine: Making music/consuming technology*. Wesleyan University Press.
- Wessel, D., & Wright, M. (2002). Problems and prospects for intimate musical control of computers. *Computer Music Journal*, 26(3), 11-22.
- Zellerbach, T., & Roberts, C. (2022). Towards a framework for mixed reality musical instruments. In *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME22)*, Auckland, New Zealand, 28 June-1 July 2022.

Reconsidering Hornbostel-Sachs in the digital age: taxonomic challenges in virtual instrument design

Abstract

Digital musical instruments inherently resist simple classifications. Magnusson (2009) emphasizes the concept of virtual embodiment and the role of digital design as a form of composition while distinguishing these instruments from their acoustic counterparts. Zellerbach and Roberts (2022) expand this view by framing Mixed Reality Musical Instruments (MRMIs) as products of complex interactions between performers, virtual environments, and physical spaces. Works like Magnusson's (2017) proposed 'musical organic' approach offer a multidimensional, heterarchical approach that transcends traditional hierarchies. Paine and Drummond (2009) introduce the TIEM taxonomy, integrating gesture capture and interface-sound mapping to reflect real-world performance behavior. Guzmán Anaya (2023) catalogs instruments in video games both in terms of their virtual representations and functional roles, while Malloch and others (2006) adapt human information processing models to classify instruments based on performance context. The examined models converge around three key themes in digital instrument design: (1) integration of the performance context, (2) addressing interaction design parameters, and (3) adopting hybrid classifications that blend physical and digital attributes. These contributions collectively reconceptualize traditional taxonomy, centering on performance behavior, interaction dynamics, and the ambiguous nature of digital embodiment.

Keywords: Digital instruments, epistemic tools, Hornbostel-Sachs taxonomy, organological classification, virtual embodiment

