

ÇOK KIPLİ DANS KOREOGRAFİ MODELİ MULTIMODAL DANCE CHOREOGRAPHY MODEL

F. Ofli, E. Erzin, Y. Yemez, A. M. Tekalp

Multimedya, Görü ve Grafik Laboratuvarı
Mühendislik Fakültesi, Koç Üniversitesi
{fofli,erzin,yyemez,mtekalp}@ku.edu.tr

ÖZETÇE

Araştırmamızda müzik ile dans hareketleri arasındaki ilinti modelinin öğrenilmesi ve öğrenilen model kullanılarak müziğe uygun dans hareketlerinin sentezi hedeflenmektedir. Bu amaçla müzik ölçülerinden dans figürlerine istatistiksel bağıntılar oluşturularak alternatif dans koreografilerini otomatik olarak sentezleyen bir sistem önerilmektedir. Müzikten dans figürlerine giden bağıntılar dört ayrı istatistiksel model yardımıyla elde edilir: Müzik ölçü modelleri, değiştirilebilir figürler modeli, koreografi modeli ve dans figürü modelleri. Oluşturulan istatistiksel bağıntılar ile alternatif dans koreografileri sentezlenir. Sentezlenen dans koreografilerindeki figürlere ait hareket parametreleri daha sonra dans figürü modelleri kullanılarak üretilip müzikle senkronize olarak 3B bir karakter modeli üzerinde oynatılır. Önerilen sistemin performansı öznel ve nesnel testlerle değerlendirilmiş ve önerilen sistem müzikle sürülen alternatif dans koreografileri sentezi ve animasyonu konusunda başarılı bulunmuştur.¹

ABSTRACT

We target to learn correlation models between music and dance performances to synthesize music driven dance choreographies. The proposed framework learns statistical mappings from musical measures to dance figures using musical measure models, exchangeable figures model, choreography model and dance figure models. Alternative dance choreographies are synthesized based on these statistical mappings. Objective and subjective evaluation results demonstrate that the proposed framework successfully synthesizes music-driven choreographies.

1. GİRİŞ

Koreografi, dans hareketlerinin sahne performansı için düzenlenmesi sanatıdır. Koreograflar müziğe uygun dans hareketlerini seçerken anlatmak istedikleri duygu ve düşünceleri dans performansı olarak ifade ederler. Bu sebeple dans yapısal, artistik ve yorumsal anlamda müzikle derinden ilintilidir. Özellikle, dans performansındaki beden hareketlerinin ritm ve ifadesi müziğin ritm ve ifadesiyle senkronize bir şekilde örtüşmektedir [1]. Koreograflar, hazırladıkları yeni koreografilerde, yapısal uyum yanı sıra müzikle dans hareketleri arasındaki içeriksel

¹Bu çalışma TÜBİTAK 106E201 ve COST2102 projeleri tarafından desteklenmiştir.

uyumu da korumak adına geçmişte kurgulanmış koreografilerden esinlenirler. Çalışmamızda, koreografların bu yaklaşımı baz alınarak, halihazırda var olan koreografilerdeki müzik-dans figürü ilişkilerinin istatistiksel modeller yardımıyla öğrenilmesi ve alternatif dans koreografilerinin otomatik olarak sentezlenmesi amaçlanmaktadır.

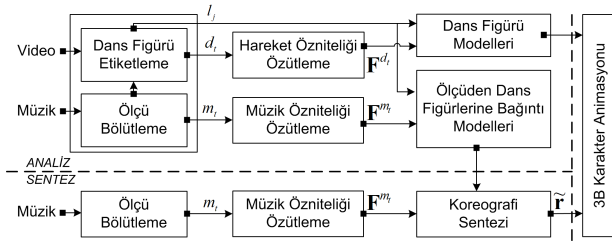
Müzikle sürülen dans animasyonu için ilk olarak müziğin yapısal analizi incelenmelidir ki bu da vuruş ve tempo takibi, ölçü analizi, ritm ve melodi yakalama gibi görevlere karşılık gelir. Literatürde müziğin yapısal analizi üzerine pek çok çalışma bulunmaktadır. Gao ve Lee müziğin tempo ve vuruşunu incelemek üzere maksimum sonsal kestirim tabanlı uyarlanabilir öğrenme tekniği önermişlerdir [2]. Ellis müziğin global temposuna en uygun vuruş zamanlarını tespit eden bir devingen programlama tekniği tasarlamıştır [3].

İnsan beden hareketi analizi/sentezi literatürde tek kipli olarak pek çok çalışmada incelenmiştir. Bregler ve diğerleri imge sekanslarından elde ettikleri alçak mertebeden olasılıksal kısıtlamaları yüksek mertebeden manifoldlara ve SMM tabanlı gösterimlere iliştiiren bir beden hareketi tanıma tekniği önermişlerdir [4]. Li ve diğerleri beden devinimini herbiri doğrusal dinamik bir sistem olarak tanımlanan tekstonlara bölerek, bir tekstondan diğerine geçiş olasılıklarını hesaplayarak, orijinal beden devinimine istatistiksel olarak yakın bir insan hareketi datası üretmeyi planlamışlardır [5].

Müzikle sürülen otomatik dans sentezi ise görece yeni bir çalışma alanı olup çözülmesi gereken pek çok problemi barındırmaktadır. Özellikle çok-kipli dans analizi ve sentezi üzerine az sayıda çalışma bulunmaktadır ve var olan çalışmaların hemen hemen hepsi yalnızca müzik ile dans hareketlerinin senkronizasyonu problemi üzerine odaklanmaktadır. Örneğin, Cardle ve diğerleri algısal müzik ipuçları kullanarak hareket parametrelerini yerel olarak uyarlamak suretiyle hareketi müziğe uyduran bir yöntem önermişlerdir [6]. Öte yandan, Lee ve Lee devingen programlama yardımıyla müzik ve dans hareketlerindeki zamanlamayı birbirine yaklaştırmayı önermişlerdir [7]. Ne var ki senkronizasyon yöntemleri yeni dans hareketi sentezleme amacı gütmemektedir.

Çalışmamızda temel olarak verilen bir müzik parçasına uygun, izleyicinin ilgisini çekebilecek alternatif dans koreografilerinin otomatik olarak sentezlenmesi hedeflenmektedir. Koreografi tasarımı genel anlamda sahne düzeni, dans hareketlerin estetiği ve hareketlerin sırasını belirleme gibi pek çok unsuru içermektedir. Fakat biz bu çalışmamızda kore-

ografi tasarım problemini dans figür sekansını belirleme ile sınırlamaktayız. Müzikle sürülen dans animasyonu sistemimiz müziğin ölçü bazında incelenmesi üzerine kurulmuştur. O nedenle müzik ölçüleri müziğin birimini, müzikteki ölçülerle yakından ilişkili olan dans figürleri de dansın birimini oluşturmaktadır. Ölçü, müzikte bir zaman bölütüdür ve belirli bir süredeki vuruş sayısı olarak hesaplanır. Dans figürü ise bir ölçü bölütüne karşılık gelen hareketin takip ettiği eğri olarak tanımlanır. Müzik ile dans birimleri arasındaki ilişki genel olarak çoktan çoğa olarak düşünülebilir. Yani, herhangi bir dans birimine (figürüne) eşlik eden birden çok farklı müzik birimi (ölçüsü) olabilir. Öte yandan, herhangi bir müzik birimi ile birlikte farklı dans figürleri yapılabilir. Bu noktada, önerdiğimiz sistem müzikle dans arasındaki çoktan çoğa ilişkileri öğrenebilmek amacıyla iki farklı istatistiksel model çıkarır; bu modellerin bir tanesi müzikle dans arasındaki çoktan bire, diğeri de birden çoğa bağıntıları yakalar.



Şekil 1: Çok-kipli dans koreografi analiz-sentez-animasyon sistemi.

2. SİSTEME GENEL BAKIŞ

Önerilen sistem, Şekil 1'de görüldüğü gibi 3 ana bölümden oluşmaktadır: analiz, sentez ve animasyon. Analiz bölümü veri önileme görev bloğunun yanısıra iki öznitelik özütleme ve modelleme görev bloklarını kapsamaktadır. Veri önileme görev bloğunda sistemin müzik girdisi dans uzmanı tarafından müzik birimlerine (yani ölçülere, m_t) bölütlenir. Ölçü bölütlemesiyle elde edilen sınırlar aynı zamanda dans girdisini dans birimlerine (yani dans figürlerine, d_t) bölütlemeye kullanılır. Dans uzmanı her bir dans figürü d_t 'ye hareketin türünü belirleyen bir etiket (l_j) atar. Bütün l_j 'lerin toplamı veritabanındaki aday dans figürlerinin kümesini oluşturur, $\mathcal{L} = \{l_j | j = 1, \dots, N\}$ ve N veritabanındaki farklı dans figürü sayısıdır. Öznitelik özütleme görev blokları dans figürü bölütlerinden (d_t) dans hareketi öznitelikleri (F^{dt}), müzik ölçü bölütlerinden de müzik öznitelikleri (F^{mt}) özütleme görev blokları dans hareketi öznitelikleri F^{dt} her bir dans figürü etiketi l_j için bir saklı Markov modeli h_j^d eğitmek için kullanılır. Öğrenilen saklı Markov modelleri (h_j^d) toplu olarak dans figürü modellerini (\mathcal{H}^d) oluşturur. Öte yandan, müzik öznitelikleri F^{mt} her bir dans figürü etiketi l_j için bir saklı Markov modeli h_j^m eğitmek için kullanılır. Öğrenilen saklı Markov modelleri (h_j^m) toplu olarak dans figürü modellerini (\mathcal{H}^m) oluşturur. Müzik kroma öznitelikleri ayrıca harmonik olarak benzerlikler gösteren müzik ölçü bölütlerini kümelemede de kullanılır. Elde edilen ölçü kümeleri daha sonra benzer ölçü bölütleriyle birlikte yapılan farklı dans figürlerini

belirleyip değiştirilebilir figürler modeli \mathcal{X} oluşturmada kullanılır. Bir yandan da figürler arası ilişkiler de koreografi modeli \mathcal{C} tarafından yakalanır. Sentez bölümü, analizde elde edilen üç modeli (\mathcal{X} , \mathcal{C} ve \mathcal{H}^m) kullanarak sisteme girdi olarak verilen bir test müziğine ait kromatik özniteliklere uygun dans figürü sekansını ($\tilde{\mathbf{r}}$), yani yeni koreografiyi, belirler. Burada dans figürü sekansı $\tilde{\mathbf{r}} = \{\tilde{r}_t\}_{t=1}^{t=T}$ olarak tanımlanabilir, ki $\tilde{r}_t \in \mathcal{L}$ ve T ölçü bölütlerinin toplam sayısıdır. Bu amaçla, koreografi sentez görev bloğu Viterbi algoritmasını değişik şekillerde kullanılarak değiştirilebilir figürler modeli \mathcal{X} ve koreografi modeli \mathcal{C} 'ye uygun farklı dans koreografileri sentezler. Son olarak, sentezlenen dans koreografisi $\tilde{\mathbf{r}}$ 'deki her bir dans figürüne ait hareket eğrisi analiz bölümünde eğitilen dans figürü modelleri \mathcal{H}^d kullanılarak üretilir ve üretilen parametreler ile 3B bir karakter oynatılır.

2.1. Dans Figürü Modelleri (\mathcal{H}^d)

Dans performansında dansçının hareketleri zamanla farklılıklar gösterebilir. Bu nedenle, bir hareketin gösterdiği varyasyonları zamansal istatistiksel modeller yardımıyla öğrenmek gerçekçi dans animasyonu sentezi için önemlidir. Ayrıca bu modeller kişiye özgü dans hareketi örüntülerini de modelleyeceğinden, eğitilen modeller kişiye özgü modeller olarak düşünülmelidir. Bu amaçla her bir dans figürü etiketi l_j için bir SMM (h_j^d) eğitilir. Eğitilen modeller soldan sağa SMM yapısına sahiptir ve bir durumdan kendisine veya bir sonraki duruma geçilebilmektedir. SMM yapısında her bir parametre tek bir Gauss fonksiyonu olarak gösterilir ve model için tam eşdeğışke matrisi hesaplanır. Bütün figürler için ayrı ayrı eğitilen modellerin toplamı dans figürü modelleri kümesini oluşturur; öyle ki, $\mathcal{H}^d = \{h_j^d | j = 1, \dots, N\}$.

2.2. Müziksel Ölçü Modelleri (\mathcal{H}^m)

Dans performansında bir figüre karşılık gelen ölçü bölütleri varyasyonlar gösterebilirler ve çoğu zaman farklı melodik örüntülerin toplamıdır. Bir başka deyişle, bir dans figürüne birden çok melodik örüntü eşlik edebilir; bu da müzikten dansa çoktan bire ilişki olduğunun örneğidir. Bu tarz çoktan bire bağıntıları yakalamak amacıyla bir dans figürüne karşılık gelen ölçü bölütlerine ait kromatik özniteliklerin tümü üzerinden bir SMM yapısı eğitilir. Bu nedenle bir dans figürüne karşılık gelebilen ölçü örüntüleri tek bir SMM yapısında öğrenilmeye çalışılır. Dolayısıyla da her bir dans figürü l_j için bir adet müziksel ölçü modeli h_j^m eğitilir. Eğitilen SMM'ler soldan sağa yapıya sahiptir ve bir durumdan tekrar kendisine, bir veya iki sonraki duruma geçiş mümkündür. Bir durumdan iki sonraki duruma geçebilme esnekliği ölçüler arasındaki zamansal uzunluk farklılıklarıyla başedebilme olanağı tanır. Modeldeki her bir parametre Gauss fonksiyonlarının karışımı olarak gösterilir ve model için köşegen eşdeğışke matrisi hesaplanır. Eğitilen modeller, müziksel ölçü modelleri kümesini oluşturur; öyle ki, $\mathcal{H}^m = \{h_j^m | j = 1, \dots, N\}$.

2.3. Koreografi Modeli (\mathcal{C})

Koreografi modeli, bir dans koreografisi içindeki dans figürlerinin kendi arasındaki bağıntıları modeller. Bu model temel olarak iki modelin bileşiminden elde edilir: i) figürden

figüre geçiş olasılıkları, ii) bir dans figürüne karşılık ölçü öznelite dizisinin gözlemlenme olasılığı. Koreografi modelinin ilk bileşeni, figürden figüre geçiş olasılıkları, n-gram dil modeli olarak, yani $d_{t-1}, d_{t-2}, \dots, d_{t-n+1}$ anlarında yapılan figürlerin i_1, i_2, \dots, i_{n-1} olduğu bilgisi verildiği durumda d_t anındaki figürün l_j olma olasılığının hesaplanmasıyla elde edilir, ki bu da $P(d_t = l_j | d_{t-1} = i_1, \dots, d_{t-n+1} = i_{n-1})$ demektir. Bu model dansın yapısında var olan figürden figüre geçiş kurallarıyla ilgili bilgi edinilmesini sağlar. Örneğin, eğitim videolarında hiçbir şekilde peşi sıra gelmeyen iki dans figürünün sentezlenen koreografinin herhangi bir yerinde arka arkaya gelmesini engellemede kullanılabilir. Ya da eğitim videolarında bir figürün her zaman belirli başka bir figür tarafından takip edilmesi durumu söz konusuysa, sentezlenen koreografide de bu durumun gerçekleşmesi garanti edilebilir. Koreografi modelinin ikinci bileşeni ise aslında bir dans figürü verildiği durumda, müzik öznelite sekansının bu dans figürüne ait modele uygunluğunun ölçülmesi olarak düşünülebilir ki bu da $P(\mathbf{F}^{m_t} | h_j^m)$ koşullu olasılığının hesaplanması demektir. Bu olasılıklar ölçü modelleri \mathcal{H}^m kullanılarak kolayca hesaplanabilir.

Dans dil modelini 2-gram olarak kabul ederek koreografi modeli \mathcal{C} 'yi ayrık SMM olarak tanımlanmaktadır. Koreografi modelinde dans figürleri durumlara karşılık gelir ve durum geçiş olasılık dağılımı $a_{ij} = P(d_t = l_j | d_{t-1} = l_i)$ olarak tanımlanır. Her ölçü bölütü m_t için dans figürü olasılık dağılımı $b_t(j) = P(\mathbf{F}^{m_t} | h_j^m)$ ve başlangıç dans figürü dağılımı $\pi_i = P(d_1 = l_i)$ olarak belirlenir. Koreografi modeli koreografi sentezinin temel yapı taşlarıdır. Dikkat edileceği üzere, tanımlanan ayrık SMM üzerinde Viterbi algoritması koşullarında dans figürü sekansı üretmek mümkündür.

2.4. Değiştirilebilir Figürler Modeli (\mathcal{X})

Bir dans performansında farklı dans figürlerinin aynı müziksel ölçü örüntüsüyle eş uyumlulukta gerçekleştirilmesi mümkündür. Bu durum müzikten dansa birden çoğa bağıntılara örnektir. Bu bağıntı ilişkisini yakalamak amacıyla değiştirilebilir figür grupları otomatik olarak gruplanır. Buradaki kriter aynı gruba düşen dans figürlerinin benzer ölçü örüntüleri ile yapılmış olmasıdır. Dolayısıyla ilk iş, benzer melodik içeriğe sahip ölçü bölütlerini kümelemektir. Bu amaçla aynı şarkı içinde geçen herhangi iki ölçü bölütü arasındaki melodik benzerlik ölçüsünü, ölçü bölütlerine karşılık gelen kroma öznelite matrisleri arasındaki uygunluk değeri olarak devingen zaman eğriltme yöntemi ile hesaplanır. Aynı şarkı içinde geçen bütün ölçü bölütleri arasındaki benzerlik değerleri hesaplandıktan sonra bu şarkıya ait benzerlik matrisi oluşturulur. Benzerlik matrisi oluşturulduktan sonra spektral kümeleme yöntemiyle ölçü bölütleri kümelere bölünür. Müziksel ölçü kümeleme işleminin başarımını artırmak amacıyla her bir şarkı için ayrı kümeleme yapılmaktadır. Öte yandan bütün şarkılardaki kümeler ayrı ayrı bulunduktan sonra, herhangi bir dans figürüne ait değiştirilebilir figürler grubu belirlenirken bütün kümeler göz önünde bulundurulup aynı kümeye denk düşen figürler gruba dahil edilir. Oluşturulan gruplar ile değiştirilebilir figürler modeli gösterge rassal değişken olarak

tanımlanır:

$$x_j(i) = I(l_i) = \begin{cases} 1, & \text{eğer } l_i \in \mathcal{G}_j \\ 0, & \text{diğerleri} \end{cases} \quad (1)$$

burada l_i figürleri, \mathcal{G}_j grubu ve $x_j(i)$ 'lerin toplamı değiştirilebilir figürler modeli kümesini (\mathcal{X}) oluşturur. Değiştirilebilir figürler modeli yaklaşımı farklı figür seçenekleri ile farklı figür organizasyonları sunarak dans koreografisinin öznel doğasını yansıtmaktadır. Bu anlamda, alternatif dans koreografileri sentezleme konusunda değiştirilebilir figürler modelinin katkısı önemlidir.

2.5. Müzikle Sürülen Dans Sentezi

Sistemin sentez kısmı öncelikle bir müzik parçasını girdi olarak alır. Analiz bölümünde önerilen modeller kullanılarak müzikle sürülen koreografi sentezlenir. Son olarak da sentezlenen koreografiye uygun 3B karakter animasyonu yapılır. Koreografi sentezi problemi koreografi modeli \mathcal{C} üzerinden dans figürü sekansı kestirilerek çözülmektedir. Koreografi sentezi \mathcal{C} ile tanımlanan latis üzerinde bir yol bulma problemi olarak düşünülebilir. Başlangıçta bütün figürlerin eşit olasılıkla seçildiği varsayılarak, latis üzerinde Viterbi algoritması değişik şekillerde kullanılarak üç farklı koreografi sentez senaryosu takip ettik. İlk senaryoda latis üzerinde takip edilebilecek en iyi yol, yani en yüksek toplam akustik skora sahip yol izlendi. İkinci senaryoda ise olası yollardan birisi seçildi. Üçüncü senaryoda ise değiştirilebilir figürler modeli kullanılarak en iyi yol üzerinde bazı güncellemeler yapılarak koreografi sentezlendi. Sentezlenen koreografi $\bar{\mathbf{r}}$ temel olarak dans figürlerinin sırasını ve süresini belirtir. Sentezlenen koreografideki her bir dans figürü ile ilgili dans figürü modeli h_j^d kullanılarak 3B karakter animasyonu için gerekli eklem açıları ile global pozisyon ve rotasyon parametreleri üretilir.

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Çalışmamızda Türk halk danslarından kaşık oyunları incelenmiştir. İşitsel-görsel veritabanı 36 dakika uzunluğunda olup 20 farklı kaşık oyunu müziği eşliğinde yapılan 20 farklı dans performansı içermektedir. Veritabanı toplamda 31 farklı dans figürü ($N = 31$) ve 1258 ölçü bölütü ($T = 1258$) içermektedir. Çalışmamızda beş-kat çarpraz sağlama yöntemi ile eğitim ve tanıma çalışmaları yapılmıştır.

Dans figürü sentezi performansını nesnel olarak ölçmek amacıyla sentezlenen figür dizisindeki her bir figür etiketi \tilde{r}_t 'yi, bu figürün karşılık geldiği ölçüye uzman tarafından atanan etiket r_t ile karşılaştırarak aşağıda açıklanan dört değerlendirme seviyesi tanımlanır:

- L0 (Tam-eşleşme): \tilde{r}_t ile r_t bire bir aynı ise,
- L1 (X-eşleşme): Sentez r_t 'den farklı, fakat r_t 'ye ait değiştirilebilir figür grubu \mathcal{G}_{r_t} 'de bulunuyor ise,
- L2 (Şarkı-eşleşme): Sentez r_t 'den farklı ve r_t 'nin değiştirilebilir figür grubu içerisinde değil, fakat aynı şarkı eşliğinde yapılıyorlar ise,
- L3 (Eşleşmeme): Yukarıdaki koşullar sağlanmıyorsa.

L0 seviyesinden L3'e doğru 0'dan 3'e artan ceza puanları ilişkilendirilmiştir. Böylece sentezlenen dans figürü dizisi

için genel bir ceza skoru hesaplanabilir. Öyle ki, bu skor ne kadar düşük olursa sentezlenen yeni koreografi o kadar kabul edilebilir düzeydedir. Çalışmamızda önerdiğimiz üç farklı şekilde alternatif dans koreografileri sentezlenmiştir. Bunların yanı sıra sadece figür geçişlerine dayalı ve müziği kullanmayan bir sentez de yapılmıştır. Sadece figür geçişlerine dayalı koreografinin ortalama ceza puanı 2.07 olarak hesaplanmıştır. Olası yol koreografisi için hesaplanan ortalama ceza puanı 0.91'dir. Öte yandan, en iyi yol koreografisi ve değiştirilebilir yol koreografisi için bu değerler sırasıyla 0.56 ve 0.63 olarak hesaplanmıştır. Bütün sentez senaryoları arasında en iyi yol koreografisi beklediği üzere en düşük ortalama ceza puanına sahiptir. Bir başka gözlem de en iyi yol ve değiştirilebilir yol sentez senaryolarının her ikisi de L3 seviyesine düşen figür sayısını büyük ölçüde azaltmakta son derece başarılılardır.

İzleyicilerden sentezlenen koreografilerin müzikle uyumu ve koreografinin kendi içindeki tutarlılığına ilişkin düşüncelerini almak amacıyla sentezlenen dans koreografi animasyonlarından kesitler kullanılarak A/B karşılaştırmalı öznel testi yapılmıştır. Testte, katılımcılara izledikleri video ikilileri arasında beğenilerine göre (-2,-1,0,1,2) ölçeğine karşılık gelen "Kesinlikle A'yı seçiyorum", "A'yı seçiyorum", "Bir seçimim yok", "B'yı seçiyorum" ve "Kesinlikle B'yı seçiyorum" ifadelerinden birini seçmeleri istenmektedir. Sentezlenen dans koreografilerinden her biri yaklaşık 15 saniye olan 35 kısa kesit hazırlanır. Bu kesitler belirlenirken veritabanındaki her şarkıdan örtüşmeyen en fazla iki kesit alınmasına dikkat edilir; ki böylece işitsel-görsel veritabanının geneli testte ele alınmış olur. 35 kesitin 5 tanesi birebir aynı yöntemle sentezlenen koreografi kesitleridir. Geri kalan 30 kesit ise farklı iki sentez yöntemiyle elde edilen farklı iki koreografinin karşılaştırılması için kullanılır. Teste 18 kişi katılmıştır. Bütün test karşılaştırmaları için elde edilen ortalama tercih notu Tablo 1'te sunulmuştur. Tabloda göze çarpan ilk şey orijinal koreografiyle birlikte çalışmamızda önerilen üç farklı yöntemle sentezlenen koreografiler sadece figür koreografisine üstünlük sağlamıştır. Ayrıca, olası yol ve değiştirilebilir yol koreografilerine sadece figür koreografisine kıyasla olan beğeni orijinal ve en iyi yol koreografilerine sadece figür koreografisine kıyasla olan beğeniden daha yüksektir. Bu durum müzikle uyum içinde olduğu sürece sentezlenen koreografide figür çeşitliliğinin fazla oluşunun izleyicinin ilgisini daha çok çektiğini göstermektedir. Öte yandan, öznel testler göstermiştir ki önerilen üç farklı sentez yöntemiyle elde edilen koreografilerin birini diğerine mutlak anlamda tercih etmek mümkün değildir. Örneğin, katılımcılar değiştirilebilir yol koreografisini orijinal koreografiye 0.7 skor gibi büyük bir farkla tercih etmekte; olası yol koreografisini de değiştirilebilir yol koreografisine -0.3 skor farkıyla tercih etmektedirler. Fakat, katılımcılar orijinal koreografi ile olası yol koreografisi arasında neredeyse bir tercih göstermemişlerdir (tercih skoru yalnızca 0.1 olarak hesaplanmıştır). Bu gözlemden çıkarılabilecek sonuç ise önerilen alternatif koreografi sentez yöntemleri tutarlı ve izleyicinin hoşuna giden koreografiler üretmektedirler.

Sentezlenen koreografilerden oluşturulan demo videosu mevcuttur². Bu videonun ilk kısmında orijinal ve sentezlenen koreografilerden önce uzun bir alıntı, sonra da görece daha kısa alıntılar sunulmaktadır. İlk kısımdaki koreografiler önerilen sis-

Tablo 1: A/B Karşılaştırmalı öznel test sonuçları

	O	EİY	OY	DY	SF
Orijinal (O)	0.1	-0.6	0.1	0.7	-0.2
En iyi yol (EİY)		0.2	0.2	0.7	-0.2
Olası yol (OY)			0.2	-0.3	-0.7
Değiştirilebilir yol (DY)				0.1	-0.7
Sadece figür (SF)					0.0

temin kaşık veritabanında bulunan şarkılarla sürülmesiyle elde edilmiştir. İkinci kısmında ise kaşık veritabanında bulunmayan iki yeni şarkı için alternatif koreografiler sentezlenir ve elde edilen sentezlerden iki uzun alıntıyla demo videosu tamamlanır.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmamızda müzikle sürülen dans koreografi sentezi ve animasyonu için bir sistem önerilmektedir. Önerilen sistem bu amaçla bir yandan müzikle dans figürleri arasında çoktan çoğa istatistiksel bağıntıları öğrenirken diğer yandan da dans figürlerinin kendi arasındaki ilişkilerini modeller. Öğrenilen modeller daha sonra müzikle sürülen dans sentezinde kullanılır. Önerilen farklı yöntemler sayesinde alternatif dans koreografileri sentezlenebilmektedir. Öznel değerlendirmeler göstermiştir ki önerilen sistem insanlar tarafından beğenilen, tutarlı, alternatif dans koreografileri sentezleyebilmektedir. Önerilen sistemin nesnel değerlendirmesi amacıyla tanımlanan kriterlere göre de sentezlenen alternatif koreografiler başarılı bulunmuştur.

5. KAYNAKÇA

- [1] W.C. Reynolds, "Foundations for the analysis of the structure and form of folk dance: A syllabus," *Yearbook of the International Folk Music Council*, vol. 6, pp. 115–135, 1974.
- [2] S. Gao and C.-H. Lee, "An adaptive learning approach to music tempo and beat analysis," *Acoustics, Speech, and Signal Processing. Proc. IEEE Int. Conf. on*, vol. 4, pp. 237–240, 2004.
- [3] D.P.W. Ellis, "Beat tracking by dynamic programming," *Journal of New Music Research*, vol. 36, no. 1, pp. 51–60, 2007.
- [4] C. Bregler, S.M. Omohundro, M. Covell, M. Slaney, S. Ahmad, D.A. Forsyth, and J.A. Feldman, "Probabilistic models of verbal and body gestures," in *Computer Vision in Man-Machine Interfaces*, 1998, pp. 267–290.
- [5] Y. Li, T. Wang, and H.-Y. Shum, "Motion texture: a two-level statistical model for character motion synthesis," *ACM Trans. Graph.*, vol. 21, no. 3, pp. 465–472, 2002.
- [6] M. Cardle, L. Barthe, S. Brooks, and P. Robinson, "Music-driven motion editing: local motion transformations guided by music analysis," *Eurographics UK Conference, Annual*, vol. 0, pp. 38–44, 2002.
- [7] H.-C. Lee and I.-K. Lee, "Automatic synchronization of background music and motion in computer animation," in *Computer Graphics Forum*, 2005, vol. 24, pp. 353–361.

²<http://mvgl.ku.edu.tr/Learn2Dance>