


## Rast Makamının Bilgisayar Destekli Analizi ve Algoritmik Beste Örnekleme

### Computer Aided Analysis of Rast Makam and Algorithmic Composition Sampling

Ferhat Kılınçarslan<sup>1\*</sup>   
Hüseyin Yükrük<sup>2</sup> 

<sup>1</sup> Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Türk Müziği Devlet Konservatuarı, TSM Anasanat Dalı, Van, Türkiye, ferhatkılınçarslan@yyu.edu.tr, ror.org/041jyzp61

<sup>2</sup> Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Güzel Sanatlar Eğitimi Bölümü, Müzik Eğitimi Anabilim Dalı, Van, Türkiye, hyukruks@gmail.com, ror.org/041jyzp61

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author

**Öz:** Müziğin herhangi bir tütünde bilgisayar destekli istatistiksel analizler yaparak algoritmik beste üretmek ve müzik eğitiminin çeşitli alanlarında kullanmak oldukça mümkündür. Bilgisayar programları aracılığıyla müziğin dili olan notaların kullanımı çeşitli kombinasyonlarla istatistiksel sonuçlar vermekte ve Markov modeli gibi işlem basamaklarıyla olasılık hesapları da yapılabilmektedir. Markov modelinden hareketle besteler yapma ve eserler hakkında nitel-nicel yorumlarda bulunma gibi imkânlar bu programlar sayesinde sunulabilmektedir. Makama ait eserlerin istatistiksel analizini yapabilmek için Bülent Behçet Gököz tarafından yazılan "Musicale" adlı program kullanılmıştır. Rast makamında seçilen 70 eser mus2 programında symbtr formatına dönüştürülerek bir arşiv oluşturulmuş ve gerekli analizlerin yapılması için istatistiksel bir veri bankası elde edilmiştir. Seçilen eserler Mus2 programında yazılan 70 eser olduğu için arşiv de bu sayıyla sınırlandırılmıştır. Bu çalışmada rast eserlerin bilgisayar destekli analizi sonrasında ortaya çıkan veriler ile Markov 2'li ve 3'lü zincirlerden hareketle rast makamında algoritmik besteleme yapılması amaçlanmıştır. Musicale tarafından random şekilde yapılan algoritmik rast beste, makamın tarifine uygun şekilde ortaya çıkmıştır. Ayrıca rastgele oluşturulan algoritmik beste ile rast makam arşivindeki veriler karşılaştırılarak yorumlamalar yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Makam, Rast, Analiz, İstatistik, Algoritmik Beste

Geliş Tarihi/Received: 05.06.2025  
Kabul Tarihi/Accepted: 17.08.2025  
Yayımlanma Tarihi/ Available Online: 13.11.2025

**Abstract:** It is quite possible to produce algorithmic compositions by performing computer-aided statistical analyses on any genre of music and to use them in various fields of music education. Through computer programs, the use of notes the language of music produces statistical results with various combinations, and probability calculations can also be performed using procedures such as the Markov model. Capabilities such as composing based on the Markov model and making qualitative and quantitative evaluations of musical works can be realized through these programs. In order to perform statistical analysis of pieces belonging to a specific makam, the program called "Musicale," written by Bülent Behçet Gököz, was used. An archive was created by converting 70 selected pieces in the Rast makam to symbtr format in mus2, and a statistical data bank was obtained for the required analyses. Since the selected works are 70 works written in the Mus2 program, the archive is limited to this number. This study aims to generate algorithmic compositions in the Rast makam using second and third order Markov chains, based on the data obtained through computer aided analysis of Rast pieces. The algorithmic rast composition made randomly by Musicale emerged in accordance with the description of the makam. In addition, comparative interpretations were made by comparing the algorithmically generated composition with the data in the Rast makam archive.

**Keywords:** Makam, Rast, Analysis, Statistics, Algorithmic Composition

## Extended Abstract

The rich maqam diversity of Turkish music and the works composed in these maqams constitute an important part of our musical culture. The Rast maqam, one of the oldest maqams, and the works belonging to it hold a significant place in our music, both as vocal and instrumental pieces. Traditional and statistical analyses of these works, made possible by today's technological tools, can reveal various characteristics of compositions. Producing musical works using data obtained through computer-aided analysis methods has become increasingly common. The expanding use of artificial intelligence demonstrates how rapidly technological advancement is accelerating. In 1901, Markov first introduced Markov chains based on a mathematical model. In 1957, Hiller and Isaacson first used Markov Chains in the field of music.

In Türkiye, Prof. Dr. Cihat Can's studies in this field are available in the literature. Notes written in the Finale notation program were converted to XML, then to TXT or XLS formats for statistical analysis, and to MIDI and CSOUND files for auditory control after the writing stage. For the conversion from MUSICXML format to TXT format, the XYDG and XNAS converters developed in C++ by Prof. Dr. M. Cihat Can, and the interface of the Alpharabius program, were used according to the analysis procedures (Yalçinkaya, 2004).

Traditional and statistical analyses of musical works, enabled by modern technological tools, can reveal various structural and stylistic characteristics of compositions. In this research, Rast pieces composed in different forms were analysed, statistical data were obtained, and compositions were algorithmically generated using the programme.

The aim of this research is to analyze and examine compositions in the Rast makam by using statistical methods through the programme called Musicale, developed by the authors, and to generate a new composition using Markov chains. This is a quantitative study, and statistical analysis methods were employed. The Sengin Semai rhythmic pattern (usul) was selected for the composition.

The Musicale programme was written by Bülent Behçet Gököz using MS Access Database and Visual Basic 6 programming language. The text files contain the names, values, durations, comma values, and other information about the pieces. In order to conduct statistical and mathematical analyses of the works to be examined within the scope of the thesis, all the pieces were first notated again in a digital environment using the Mus2 programme. These notated pieces were then converted into SymbTr format, which is a feature of the Mus2 programme, and saved as text files with a .txt extension. These text files contain all the characteristics of Turkish music and the complete notation of each piece.

The Rast maqam, which holds a prominent place in the repertoire and has a long history, was analysed in this study. Seventy pieces composed in various forms were converted into SymbTr format using the Mus2 programme, and the necessary data for the analysis were obtained. Based on the data, second- and third-order Markov chains were used with the 'Musicale' programme developed by the authors. In addition, interpretations were made by comparing the algorithmically generated composition with the data in the Rast maqam archive. Since the selected works are 70 works written in the Mus2 program, the archive is limited to this number.

In the comparison of the number-duration percentages of the Rast maqam archive data and the algorithmic composition, the fact that the neva pitch ranks first shows that the strong pitch of the maqam is used the most, and it is also seen that the most frequently used pitches in both are rast, çargâh, segâh and hüseyini pitches. In the Markov 2 chain comparison, the most frequently used pitches in the archive data are çargâh-segâh (2640), segâh-dügâh (2288), neva-çargâh (2224), while in the rast algorithmic composition, the most frequently used pitches are neva-dügâh (8), çargâh-dügâh (8), neva-neva (7), segâh-neva (6). In Markov 3 of Rast archive, the most note repetitions are neva-çargâh-segâh (1432), çargâh-segâh-dügâh (1289), segâh-dügâh-rast (1031) while in rast algorithmic composition neva-

hüseyini-neva (5), neva-dügâh-rast (4), dügâh-neva-çargâh (4) pitch triplets are used. While the pitches of both chains are not similar to the compositions, the combinations in the neva pitch are common.

With this study, it was possible to analyse different maqams using a computer aided program, and an algorithmic composition in the Rast maqam was generated by a Markov chain. After analysing the generated composition, it was observed that the result was consistent with the characteristic features of the Rast maqam. The algorithmic rast composition made randomly by Musicale emerged in accordance with the description of the makam.

In this study, it is also seen that the algorithmic composition in the Rast maqam, produced based on the created data archive, is in accordance with the theoretical definitions of the Rast maqam in Turkish music theory sources, and the statistical data support this conclusion.

## 1. Giriş

Türk mûsikîsi, zengin melodik yapısı, geniş repertuarı ve kendine has özelliğiyle tarihin kadim bir sanat anlayışını temsil eden bir mûsikî olmuştur. Makamlarındaki çeşitlilik ve icrasındaki farklılık bu müziği daha ilgi çekici yapmıştır. Kendine ait perdeler ile aralıklardan meydana gelen ve müzik dizilerinin özel bir ezgisel dolaşımı sonrasında meydana getirdiği bir yapı olan makam, bir dizide durak ve güçlünün önemi belirtilmek ve diğer kurallara da bağlı kalmak suretiyle nağmeler meydana getirerek gezinmeye denir (Karadeniz, 1983, s. 64).

Makamdaki bu ezgisel dolaşıma yani nağmeler ile yapılan gezintiye seyir denilmektedir. Makamın kendine has özelliklerinin oluşmasında oldukça önemlidir. Seyir olmadan bir makam dizisi tam anlamıyla bir şeyi ifade etmeyebilir. "Çeşni ise makamı oluşturan dörtlü ile beşlinin dışında, makamın yapısı içinde bulunan ve artık o makamın kimliğiyle bütünleşmiş, farklı makama veya makamlara ait üçlü, dörtlü ve beşlilerin kullanılmasıyla oluşturulan nağmelerdir" (Özkan, 2004, s. 170).

Türk Müziğinin zengin makamsal çeşitliliği ve bu makamlarda bestelenmiş eserler, müzik kültürümüzün önemli bir parçası olarak repertuarımızda bulunmaktadır. Uzun bir geçmişe sahip olan makamlarımızdan rast makamı ve bu makama ait olan eserler, musikimiz bünyesinde hem sözlü eserler hem de saz eserleri olarak sayıca geniş bir yer tutmaktadır.

Müzikteki seslerin sayılar ile ifade edilmesi mümkün olduğundan dolayı istatistiksel yöntemleri müzik analizinde kullanmak da mümkündür. "Müzikteki işlenen sesler ile sayılar arasında bulunan ilişki eski Mezopotamya Grek kültürlerinden beri bilinmekte olup günümüz müzik teorisi gelişmiş bir matematiksel birikime sahiptir" (Yener, 2004, s. 30). Günümüzdeki teknoloji kullanımında bilgisayar ile onun kullandığı araçlar müziğin algılayışını ve çözümlenmesinde önemli katkılar sunabilmektedir. Dünyada ve ülkemizde bilgisayarın çeşitli alanlarda kullanılmaya başlanmasıyla bu olanaklar eğitim dünyasında ve sanatta da yerini almaya başlamıştır. Müzikte ise besteleme, seslendirme, kayıt alma ve düzenlenmesine kadar her aşamada teknolojiden faydalanılmaktadır (Bayraktar, 1993, s. 140). Teknoloji yaşamımızda vazgeçemediğimiz bir olgu olmuş ve bununla beraber teknolojik gelişimin en büyük ürünlerinden kabul edilen bilgisayar, hayatımızın olmazsa olmazı haline almıştır (Konuk ve Kırdar, 2023, s. 7).

Müzikte istatistik kullanarak beste denemelerini Harry F. Olson da yapmıştır. Bir notanın kullanımı yalnız kendisinden önce gelen notaya değil, önceki iki notaya bağlıdır. Bu yapı üçlü nota zinciri A,B,C'nin görel frekansı gibi, üçlü nota zinciri olasılıklarıyla belirtilir. Üçlü nota zincir olasılıklarıyla devam edilerek daha karmaşık bir rastlantısal (stochastic) proses elde edilir" (Yükrük, 1998, s. 11).

Müzikal analizde istatistikten faydalanabilmek için önce incelenecek olan besteyi ya da müziği sayısal değerlere dönüştürmek gerekmektedir. Bir ezgideki seslerin pestlik, tizlik, süre ve gürlük gibi açılardan belli değerleri vardır. Bu değerlerin belirli sayısal karşılıklarını bulmak bazı programlarla mümkün

olabilmektedir. “Perdelerin ve kullanım sıklıklarının belirlenmesinde SPSS ve Excel gibi yazılımlar kullanılabilir” (Yener, 2004, s. 65).

Türkiye’de Prof. Dr. Cihat Can tarafından bu alanda yapılmış çalışma mevcuttur. Finale nota yazım programında yazılmış olan eserler, istatistik programlarına aktarılmadan önce ilk olarak XML ve sonrasında TXT veya XLS formatlarına, eserlerin notalarının yazımı esnasında dinlenerek kontrol edilmesi amacıyla MIDI veya CSOUND dosyalarına dönüştürülmüştür. MUSICXML formatının TXT formatına dönüşümü için Prof. Dr. M. Cihat Can tarafından C++ bilgisayar dilinin kullanıldığı XYDG, XNAS dönüştürücüleri (converter) Cihat Can tarafından yazılan Alfarabi adlı program yüzü kullanılmıştır (Yalçinkaya, 2004, s. 35).

Literatürdeki Çalışmalar;

- Hüseyin Yükrük’ün “Türk Halk Müziği Ezgilerinin Analizinde H. F. Olson Yöntemi” yüksek lisans çalışması,
- Begüm Yalçinkaya’nın “Geleneksel Türk Sanat Müziği Eserlerinin Bilgisayar Destekli İstatistiksel Analizi ve Bir Algoritmik Kompozisyon Örneği” yüksek lisans çalışması
- Yetkin Özer’in “Geleneksel Türk Sanat Müziği’nde Taksim” yüksek lisans çalışması,
- Gülçin Yahya Kaçar’ın “Yorgo Bacanos’un Ud Taksimleri” doktora çalışması,
- Serhat Yener’in “Bilgisayar Destekli Analiz Yoluyla Geleneksel Türk Sanat Müziği Hicaz Taksimlerinde Kalıplaşmış Ezgilerin Araştırılması” doktora çalışması.

Eserlerin geleneksel analizi ve günümüz teknolojisinin verdiği imkanlar dahilinde yapılabilen istatistiksel analizi bestelerin çeşitli özelliklerini ortaya koyabilmektedir. Bilgisayar programlarının müzik eğitiminde işitme, çalgı, bestecilik gibi alanlarda kullanımı son zamanlarda giderek artmaya başlamıştır. Bu anlamda günümüz imkanlarından faydalanılarak müziğin herhangi bir türünde istatistiksel analizler yaparak bilgisayar destekli algoritmik beste üretilmesi müzik eğitiminin çeşitli alanlarında kullanılabilir.

Bu araştırmanın amacı rast makamında yapılmış bestelerin “Musical” adlı program aracılığıyla istatistiksel yöntemler sayesinde analizini yaparak incelemek ve Markov zincirlerini kullanarak yeni bir beste üretebilmektir. Rastgele oluşturulan algoritmik beste ile rast makam arşivindeki veriler karşılaştırılarak yorumlamalar yapılmıştır.

### 1.1. Rast makamı

“Türk musikisinin hem çok kullanılan hem de eski makamlarından biri olan rast makamı klasik dönemde ana makam dizisi olarak kabul edilmiştir. Ayrıca Seydî’nin el-Matla’sında rast makamı için ümmü’l-makâmât denilmiştir” (Özkan, 2004, s. 115). 15. yüzyıldan beri nazariyat kitaplarında ilk olarak rast makamı ile başlandığı ve bu makamın fasılların vazgeçilmezlerinden olduğu görülmektedir. “Türk Mûsikîsinin bilinen en eski makâmlarından sayılan Rast makâmı, sistemci okul döneminden önce de kullanıldığı malûm olunmaktadır” (Kutluğ, 2000, s. 160).

Makamın seyrine durak sesi civarından başlanarak pest tarafa doğru (yegâhta rast dörtlüsü) genişlemeden sonra rast dizisinde karışık seyir ile gezindikten sonra nevâ perdesinde yarım karar yapılmaktadır. Makam için gerekli asma kalış perdeleri gösterildikten sonra rast perdesinde genelde yeden sesiyle karara gidilir (Özkan, 2004, s. 115).

Makamın durağı rast perdesi, güçlüsü neva perdesi, yedeni ise ırak perdesidir. Rast makamı çıkıcı bir seyir özelliğine sahiptir. Yerinde rast beşlisine nevâda bir rast dörtlüsünün ve değişmeli olarak buselik dörtlüsünün eklenmesiyle meydana getirilmiştir.

**Şekil 1***Rast Makamı Dizisi*

Rast makamının seyrine karar sesi olan rast perdesi civarından seyre başlanır. Makam, pest bölgeden genişleyerek karar sesi çevresinden seyre başlar. Rast beşli' sinindeki perdeler kullanılarak neva perdesinde asma kalış yapıldıktan sonra dizinin üst kısmında bulunan rast dördlüsünün perdelerine geçilir. Makamın çıkışında kullanılmış olan evç perdesi incici seyirle acem perdesine düşer. Rast makamında özellikle segâh sesinde asma kalışlar gösterilerek segâh çeşnisi yapılabilir.

**1.2. Bilgisayar destekli analiz ve Markov yöntemi**

Markov 1901 yılında ilk olarak matematiksel bir modele bağlı şekilde Markov zincirlerini tanıttı. İlk olarak 1957'de Hiller ve Isaacson Markov Zincirlerini müzik alanında kullanmış oldular. Bir Markov zinciri matematik model ile bir durumdan takip eden başka bir duruma bağlı olarak sıkça tekrar eden durumlarda kullanılmaktadır. Markov zincirleri, önceki olaylardan hareketle bir ya da daha fazla olaya bağlı olarak gelişen durumun olasılık matrislerinden oluşmaktadır. Olasılık, rastlantı temelli matematiksel bir ölçüm olup geçmiş ya da anlık durumların olasılıklarından hareketle gelecekteki olasılıkları belirlemek Markov analizinin ana temasını oluşturmaktadır. Algoritma, bir sonuca ulaşmak için yapılan belirli işlemler ve kurallar dizisi demektir. Disiplinlerarası araştırmada müzikoloji ile bilgisayarın birlikte kullanımı otomatik besteleme alanında bazı algoritmaları kullanılmaktadır. Markov zinciri, bilgisayar sistemleri içinde kullanılan temsil edici bir mahiyette otomatik eşlik ve olasılık teorisine dayalı bir otomatik besteleme yöntemi algoritmasıdır (Yang & Lee, 2024, s. 2). Bu yöntemde ardışık durumlara geçme olasılıkları göz önünde bulundurulur. 0 sayısından büyük bir "n" doğal sayısının tanımlı olduğu varsayılırsa bir durumdan n adım sonraki tüm var olan durumların tespiti yapılabilir ve bu olasılıklara göre geçişler yapılır. Eğer ki "n adım" sonra benzer bir durum geçişi varsa, aynı olasılıkta yeni bir duruma geçilir. "n sayısı" dereceyi belirtir ve n sayısı 1 ise algoritmanın 1. dereceden Markov zincirleri ya da 5 ise 5. dereceden Markov zincirleri olduğu anlaşılabilir (Gül, 2015, s. 46).

Algoritma ise bir dizi kurallar dizisiyle sonuca ulaşmak için işlem yapılmasıdır. Algoritmik besteleme yönü de yeni besteler üretirken istatistiksel verilerle algoritmaları kullanmaktır. Algoritmik besteleme, bestelerin oluşturulmasında matematiksel kuralların ve algoritmaların birlikte kullanıldığı bir yöntemdir. Bu yöntem ile bir müzik eseri, belli kurallar dizisi çerçevesinde bir algoritma aracılığıyla sistematik olarak üretilir. Algoritmik besteleme, müzik teorisine bağlı yapıları gözeterek ve olasılık teorisini de kullanarak hareket edebilme kabiliyetine uygun programlar sayesinde verimli bir şekilde kullanılabilir. Markov zincirlerinin algoritmik bestelemeye daha uygun olacak şekilde, bilgisayar programı aracılığıyla rastgele bir şekilde kurgulanmasıyla besteler üretilebilmektedir.

**2. Yöntem**

Bu araştırmada "Musicale" adlı bir program ile "Bilgisayar Destekli İstatistiksel Analiz Yöntemi" kullanılmıştır. Musicale programı Bülent Behçet Gököz tarafından programlanmış, program oluşturulurken ise yazar tarafından Türk Müziği teorisi yönüyle katkı sunulmuştur. Yapılan beste için usûl olarak sengin semai usûlü seçilmiştir.

Musicaled adlı program özel bir şekilde çalışmamız için MS Access Database (Veritabanı) ve Visual Basic 6 programlama dili kullanılarak Bülent Behçet Gököz tarafından yazılmıştır. Text dosyaları içeriğinde eserdeki notaların adları, değerleri, süreleri, koma değerleri ve eserle ilgili başka bilgiler de bulunmaktadır. Seçilen eserler Mus2 programında yazılan 70 eser olduğu için arşiv de bu sayıyla sınırlandırılmıştır. İncelenecek eserlerin bilgisayar yardımıyla istatistiksel ve matematiksel analizlerinin yapılabilmesi için öncelikle eserler Mus2 programının kendi özelliği olan symbTr formatına aktarılarak txt uzantılı metin dosyaları oluşturulmuştur. Bu metin dosyası eserin tüm Türk Müziği özelliklerini ve notasyonunu içermektedir.

Metin dosyaları MS Office Excel Programıyla dış veri al özelliği kullanılarak excel dosyalarına dönüştürülerek incelenecek eserlerin sayısal olarak çokluğu ve istatistiksel analizlerin elle yapılmasının zorluğu nedeniyle bu program yazılmıştır. Program VB Net Programlama dilini ve Access Veritabanını kullanmaktadır. Program otomatik olarak Excel dosyasını Access Veritabanına aktarmakta, Access Veritabanında bulunan verilere ADO (ActiveX Data Objects) kullanılarak erişilmekte ve SQL (Structured Query Language- Yapılandırılmış Sorgu Dili) kullanılarak bu veriler istenen form ve yapıda analiz edilmek üzere elde edilmektedir.

Program bu verileri kullanarak tüm sayısal, istatistiksel ve grafiksel analizleri yapabilmektedir. Elde edilen veriler sonrasında symbtr formatında ve rastgele bir şekilde Markov zincirlerini kullanarak beste üretilmiştir. Üretilen bestenin MIDI ve MP3 formatında dinlenebilmesi için Türk Müziğindeki her perde için sesler Mus2 programından ayrı ayrı alınıp tanıtılarak bir ses bankası arşiv verisi oluşturulmuştur. Bestenin text halinde ortaya çıkması sonrasında verilerin dinlenmesi için text halindeki dosyanın ses karşılığı mp3'e çevrildikten sonra mus2 nota yazım programı ile notaya alınmıştır.

### 3. Bulgular

Rast Makamında farklı formlarda seçilmiş olan eserler Mus2 programına aktarılmış ve eksik olan notalar tekrar yazılarak gerekli olan Symbtr formatında veriler elde edilmiştir. Eserlerin analizinin yapılabilmesi için mus2 programının özelliği olan symbtr formatında olması gerekmektedir. Bu yüzden mus2 nota arşivinde yazılmış olan 70 eser olduğundan dolayı çalışma da 70 eserle sınırlandırılmıştır.

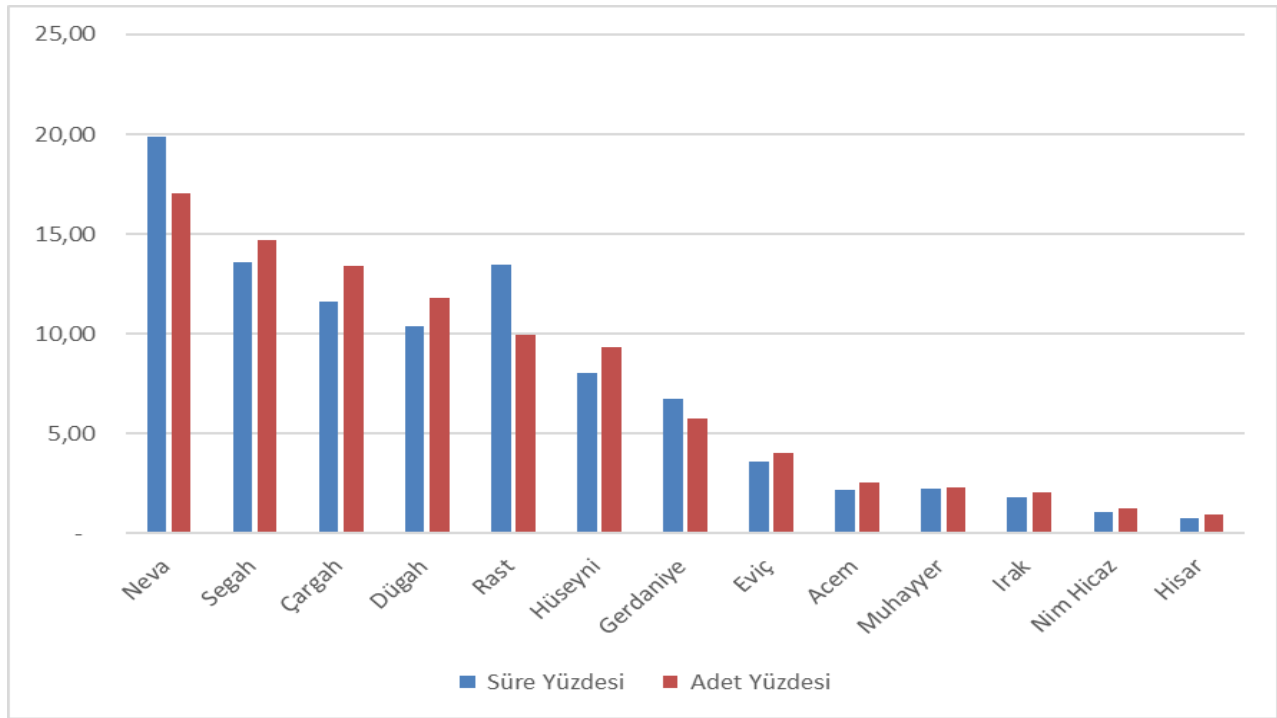
**Tablo 1**

*Rast Makamında İncelenen Eserler*

1.	Rast	Pesrev	Cifteduyek	Sirri_Abdulbaki_Dede
2.	Rast	Pesrev	Devrikebir	Giriftzen_Asim_Bey
3.	Rast	Pesrev	Muhammes	Tatyos_Efendi
4.	Rast	Pesrev	Sakil	Benli_Hasan_Aga
5.	Rast	Sarki	Agiraksak	Cevr_Olur_Serif_Icli
6.	Rast	Sarki	Agiraksak	Muy-İ_Julidem_Sakir_Aga
7.	Rast	Sarki	Aksak	Aski_Huznumle_Mildan_Niyazi_Bey
8.	Rast	Sarki	Aksak	Ay_Gulsun_Ismail_Baha_Surelsan
9.	Rast	Sarki	Aksak	Bin_Can_İle_Tanburi_Buyuk_Osman_Bey
10.	Rast	Sarki	Aksak	Bir_Dame_Haci_Faik_Bey
11.	Rast	Sarki	Aksak	Calima_Bak_Lavtaci_Hristo
12.	Rast	Sarki	Aksak	Reng-İ_Ruhsarina_Erol_Sayan
13.	Rast	Sarki	Aksak	Sen_Nazla_Gezerken_Kazim_Nami_Erdolen
14.	Rast	Sarki	Cengiharbi	Bulan_Ozunu_Refik_Fersan
15.	Rast	Sarki	Curcuna	Aglasam_Her_Gulbenkyan
16.	Rast	Sarki	Curcuna	Anlatayim_Halimi_Tanburi_Ali_Efendi
17.	Rast	Sarki	Curcuna	Asik_Oldur_Haci_Arif_Bey
18.	Rast	Sarki	Curcuna	Aylar_Geciyor_Selahaddin_Pinar
19.	Rast	Sarki	Curcuna	Gamdan_Azade_Rifat_Bey
20.	Rast	Sarki	Curcuna	Hatirimdan_Cikmaz_Haci_Arif_Bey

**Tablo 1** (Devamı)

21.	Rast	Sarki	Curcuna	İcime_Hep	Yildirim_Gurses
22.	Rast	Sarki	Curcuna	Mey-İ_Lalinle	Tatyos_Efendi
23.	Rast	Sarki	Curcuna	Nedendir_Bu	Sevki_Bey
24.	Rast	Sarki	Curcuna	Nihansin_Dideden	Haci_Faik_Bey
25.	Rast	Sarki	Devrihindi	Gonlumun_Ezhar	Fehmi_Tokay
26.	Rast	Sarki	Duyek	Bana_Nasil	Alaeddin_Yavasca
27.	Rast	Sarki	Duyek	Belki_Bir_Sabah	Sekip_Ayhan_Ozsisik
28.	Rast	Sarki	Duyek	Ben_Kuskunum	Baki_Duyarlar
29.	Rast	Sarki	Duyek	Bir_Gonul	Ferit_Sidal
30.	Rast	Sarki	Duyek	Gorsemleni	Dede_Efendi
31.	Rast	Sarki	Duyek	Her_Telden	Sakir_Aga
32.	Rast	Sarki	Duyek	Hicran_Olacaksa	Ferit_Sidal
33.	Rast	Sarki	Duyek	Ne_Sarkilarda	Omer_Dilek
34.	Rast	Sarki	Duyek	Omrumce_Hep	İrfan_Ozbakir
35.	Rast	Sarki	Duyek	Saclarin_Tarumar	Sekip_Ayhan_Ozsisik
36.	Rast	Sarki	Duyek	Senin_Askinla	Basmaci_Abdi_Efendi
37.	Rast	Sarki	Duyek	Sensiz_Kalan	İrfan_Ozbakir
38.	Rast	Sarki	Duyek	Sevdim_Seni	Adnan_Aydemir
39.	Rast	Sarki	Duyek	Uftadenim_Ey	Dede_Efendi
40.	Rast	Sarki	Evfer	Kordonboyu	Erol_Sayan
41.	Rast	Sarki	Musemmen	Hab-Gahi	Giriftzen_Asim_Bey
42.	Rast	Sarki	Musemmen	Vuslatindan_Gayri	Haci_Arif_Bey
43.	Rast	Sarki	Semai	Askim_Guzel	Neveser_Kokdes
44.	Rast	Sarki	Semai	Ask_Denilen	Erol_Sayan
45.	Rast	Sarki	Semai	Geccsin_Gunler	Erol_Sayan
46.	Rast	Sarki	Semai	Perisan_Sadarin	Yesari_Asim_Arsoy
47.	Rast	Sarki	Semai	Sevmek_Seni	Neveser_Kokdes
48.	Rast	Sarki	Semai	Yine_Bir_Gulnihal	Dede_Efendi
49.	Rast	Sarki	Senginsemai	Bilmem_Ki	Selanikli_Ahmed_Efendi
50.	Rast	Sarki	Senginsemai	Bir_Gonlume	Tatyos_Efendi
51.	Rast	Sarki	Senginsemai	Bu_Zevk_U_Safa	Lemi_Atli
52.	Rast	Sarki	Senginsemai	Dil_Bir	Dede_Efendi
53.	Rast	Sarki	Senginsemai	Hafizin_Kabri	Munir_Nurettin_Selcuk
54.	Rast	Sarki	Senginsemai	Sevda_İle_Dillendi	Munir_Nurettin_Selcuk
55.	Rast	Sarki	Sofyan	Acilan_Bir	Dramali_Hasan_Guler
56.	Rast	Sarki	Sofyan	Bir_Acaib	Civan_Aga
57.	Rast	Sarki	Sofyan	Gelmez_Oldu	Dramali_Hasan
58.	Rast	Sarki	Sofyan	Karli_Dagi	Rifat_Bey
59.	Rast	Sarki	Sofyan	Sazin_Gibi	Lemi_Atli
60.	Rast	Sarki	Sofyan	Yarali_Gonlumde	Omer_Sami_Gupgup
61.	Rast	Sarki	Turkaksagi	Asude_Fikrim	Hafiz_Yusuf_Efendi
62.	Rast	Sarki	Turkaksagi	Esti_Nesim-İ_Nevbahar	Haci_Arif_Bey
63.	Rast	Sarki	Yuruksemai	Erdi_Bahar	Munir_Nurettin_Selcuk
64.	Rast	Sarki	Yuruksemai	Fitneler_Gizlemis	Mahmut_Celalettin_Pasa
65.	Rast	Sarki	Yuruksemai	Sevdim_Yine	Basmaci_Abdi_Efendi
66.	Rast	Sarki	Yuruksemai	Unutulmus_Birer	Gultekin_Ceki
67.	Rast	Sarki	Yuruksemai	Yuzundur_Cihani	Dede_Efendi
68.	Rast	Seseri	Cifteduyek	Du-Sems	Farabi
69.	Rast	Ssemai	A.Semai	Benli_Hasan_Aga	
70.	Rast	Ssemai	A.Semai	Kantemiroglu	

**Şekil 2***Rast Arşiv'in Adet ve Süre Yüzdeleri*

Rast makamında bestelenmiş farklı formlardaki 70 eserin nota adet ve süre yüzdeleri tabloda görülebilmektedir. Rast makamının nazari tariflere göre güçlüsü neva, karar perdesi rast ve yeden perdesi ise irak perdesidir. Grafikteki verilerde güçlü olan neva perdesinin %20 süre, %17 adet ile en fazla orana sahip olduğu görülmektedir. Sonrasında ise segâh perdesinin %14 süre, %15 adet; çargâh perdesinin ise %12 süre, %13 adet yüzdesiyle en sık kullanılan perdeler olduğu görülmektedir. Makam arşiv verilerinden çıkan sonuçların rast makamına uygun olduğu görülmektedir. Rast makamında yegâh perdesindeki rast dörtlüsü kullanımı tariflere göre vardır; ancak yapılan eserlerin analizinde süre/adet yüzdesi düşük çıktığından tabloda gösterilmemiştir.

Turan Sağır'ın yüksek lisans tezinde alfarabius programı ile yaptığı 50 eser analizinde rast makamının güçlü sesi olan neva frekans yüzdesi olarak 17,61 çıkmış iken süre yüzdesi ise 17,40 çıkmış ve en sık kullanılan perde durumunda olmuştur (Sağır, 1998, s. 49).

**Tablo 2***Rast Arşiv'in Markov 2'li Zinciri*

	Irak	Rast	Dügah	Kürdi	Segah	Çargah	Neva	Hisar	Hüseyini	Acem	Eviç	Gerdaniye
Irak	33	466	52		11	4	8			2	1	
Rast	495	978	<b>1143</b>	12	330	202	314		98	18	7	94
Dügah	84	<b>1727</b>	643	35	<b>1516</b>	252	113		23	4		13
Segâh	2	400	<b>2288</b>	130	617	<b>1657</b>	395	2	82	8	12	24
Çargâh		4	191	23	<b>2640</b>	503	<b>1386</b>	7	287	11	13	10
Neva		87	40	4	359	<b>2224</b>	<b>1421</b>	147	<b>1322</b>	162	67	290
Hisar						5	203	49			81	17
Hüseyini					10	176	<b>2170</b>	2	335	250	432	91
Acem						2	25	1	742	99	19	61
Eviç						4	76	146	433	20	145	598
Gerdaniye		6	1	1		12	103	1	147	394	703	390

Markov 2'li zincirinde sayıların karmaşasından kaçınmak için 1000 ve üzeri rakamlar baz alınmıştır. Rast Arşiv'in Markov 2' lisine bakıldığında en fazla nota tekrarı çargâh-segâh zinciri ile (2640) olmuş ve sonrasında ise segâh- dügâh (2288), neva-çargâh (2224), hüseyini-neva (2170) ve dügah-rast (1727) zincirinin olduğu görülmektedir.

**Tablo 3**

*Rast Arşiv'in Markov 3'lü Zinciri*

		Irak	Rast	Dügâh	Segah	Çargâh	Neva	Hüseyini	Acem	Eviç	Gerdaniye
Çargâh	Segâh		81	<b>1289</b>	386	468	206	60	5	10	17
Segâh	Dügâh	8	<b>1031</b>	464	553	126	56	12	1		8
Neva	Çargâh			10	<b>1432</b>	232	388	110	10	6	7
Hüseyini	Neva		15	4	85	874	542	380	47	6	78
Dügâh	Rast	316	479	458	139	71	138	31	9	2	37
Segâh	Çargâh		4	158	496	69	791	125		7	
Dügâh	Segâh	2	203	415	30	820	37	4			2
Nevâ	Neva		22	17	62	518	272	210	48	19	107
Çargâh	Neva		15	10	134	385	242	458	35	6	37
Neva	Hüseyini					150	620	63	153	259	42
Rast	Dügah	63	251	49	703	42	2	1			2

Markov 3'lü zincirinde sayıların karmaşasından kaçınmak için 1000 ve üzeri rakamlar baz alınmıştır. Rast Arşiv'in Markov 3'lü matrisine bakıldığında en fazla nota tekrarı neva-çargâh-segâh zinciri ile (1432) olmuş ve güçlü perde olan neva perdesi bu zincirde kullanılmıştır. Sonrasında ise çargâh-segâh-dügah (1289) ve segâh-dügah-rast (1031) perdelerinin sıkça tekrarlanan zincir olduğu görülmektedir. Makam karar sesi olan rast perdesine en fazla segâh-dügah-rast (1031) şeklinde gitmiştir.

Şekil 3

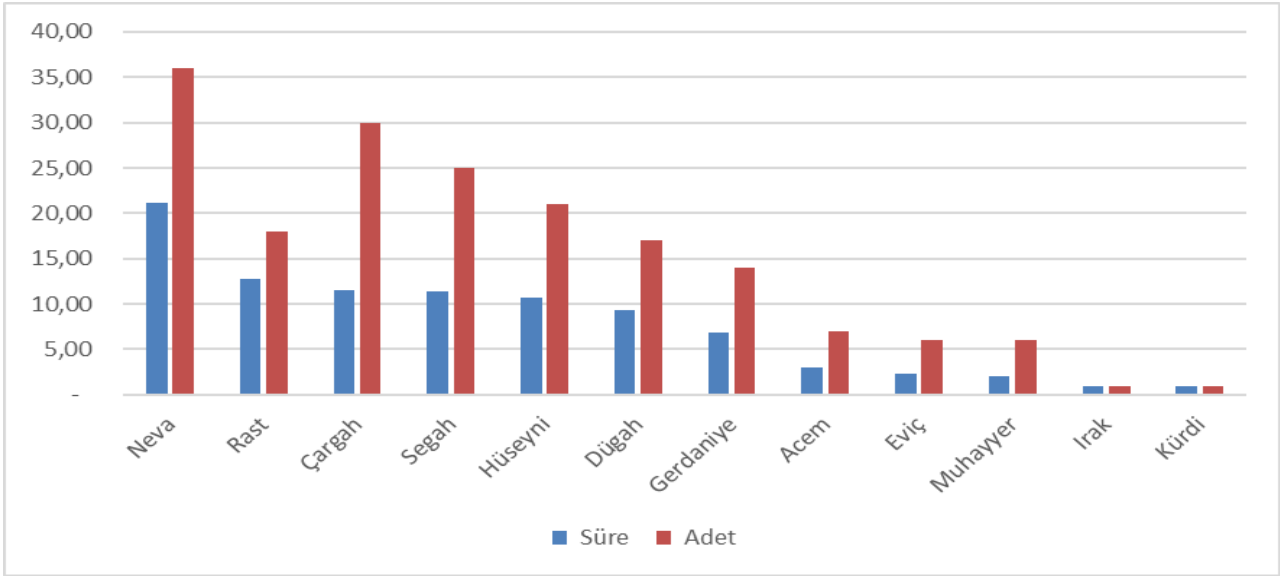
Rast Algoritmik Beste Örneği

Rast Algoritmik Beste Örneği

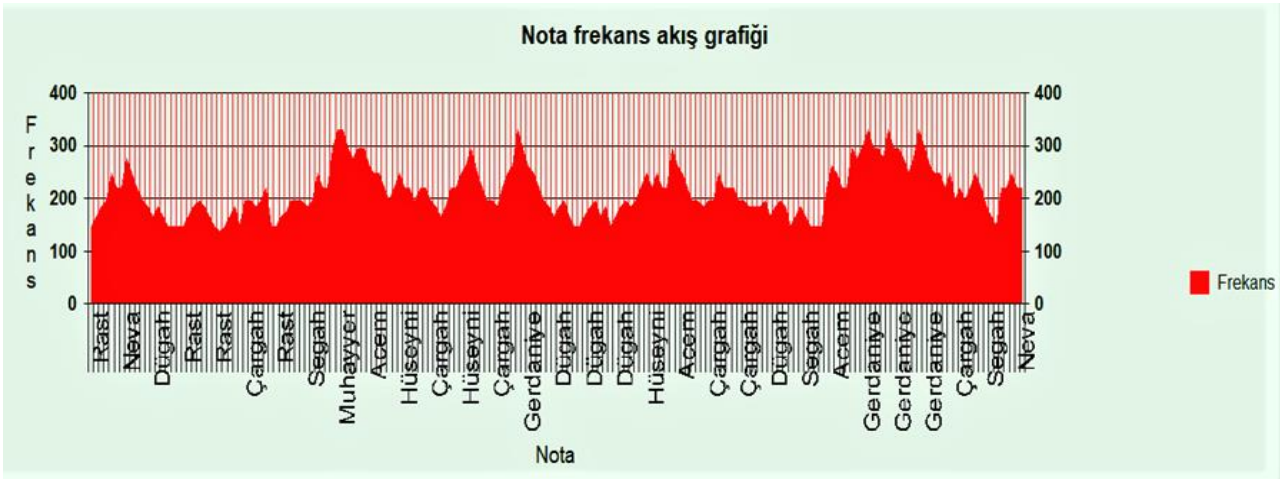
Sengin Semai

Musicale

The musical score is written on nine staves. The first staff begins with a treble clef, a key signature of one sharp (F#), and a 4/4 time signature. The melody consists of quarter and eighth notes, with some rests. The second staff continues the melody with similar rhythmic patterns. The third staff introduces a more complex rhythmic pattern with sixteenth notes. The fourth staff features a series of eighth notes. The fifth staff has a section marked with a double bar line and a repeat sign, indicating a specific rhythmic or melodic motif. The sixth staff continues the melody with eighth notes. The seventh staff has a section marked 'SON' above it, indicating the end of a phrase. The eighth staff continues the melody with eighth notes. The ninth staff concludes the piece with a double bar line and a repeat sign.

**Şekil 4***Rast Algoritmik Beste Adet ve Süre Yüzdeleri*

Makamın güçlü perdesi olan neva perdesinin ve çevresinin sayısal olarak baskın olması, makamın güçlü sesi olan neva perdesini istatistiksel olarak da desteklediğini söyleyebiliriz. Grafikteki verilere ayrıntılı olarak bakıldığı zaman neva perdesinin %36 adet, %21 süre ile en fazla orana sahip olduğu görülmektedir. Sonrasında ise çargâh perdesinin %30 adet, %12 süre; rast perdesinin ise %18 adet, %13 süre oranıyla en sık kullanılan perdeler olduğu görülmektedir.

**Şekil 5***Rast Algoritmik Beste Eser Akışı*

Şekil 5'te rast makamında bestelenen algoritmik bestenin perde isimleri ve eser içindeki perdelerin frekans dağılımı gösterilmiştir.

**Tablo 4***Rast Algoritmik Beste Markov 2'li Zinciri*

	Irak	Rast	Dügâh	Kürdi	Çargâh	Neva	Hüseyini	Acem	Eviç	Gerdaniye	Muhayyer
Neva		3	8		5	7	5	1	1	1	
Çargâh	1	5	8		4	4	2				
Segâh	1	4	4	1	7	6					
Hüseyini	1	4	2		2	5		1		1	
Gerdaniye		4	2		4	2	1	1			1
Dügâh		2	1		2	5	1				
Rast		4		2	1		1				
Acem		1	1		1	3					1
Eviç			2		1	2				2	2
Muhayyer					2	2					
Kürdi			1								
Irak		1									

Markov 2'li zincirinde sayıların karmaşasından kaçınmak için 5 ve üzeri rakamlar baz alınmıştır. Rast bestenin Markov 2' lisine bakıldığında en fazla neva-dügâh (8), neva-neva (7) ve segâh-neva (6) olarak kullanılmıştır. Güçlü perdenin bu zincirlerde hangi perdelerle kullanıldığı görülmektedir.

**Tablo 5***Rast Algoritmik Bestenin Markov 3'lü Zinciri*

	Irak	Rast	Dügâh	Çargâh	Neva	Hüseyini
Segâh	Neva			3	1	2
Çargâh	Dügâh	3	3			
Neva	Dügâh	4	2			
Dügâh	Neva			4	1	
Çargâh	Rast	1	1		2	
Neva	Neva	1		2	2	
Neva	Hüseyini				5	
Hüseyini	Neva			2	2	1
Çargâh	Neva			1	1	2
Neva	Çargâh			1	3	
Hüseyini	Rast		2		2	
Gerdaniye	Rast	1	3			
Rast	Rast	2		1		
Segâh	Rast	1	1			
Segâh	Dügâh		2	1		

Markov 3'lü zincirde sayıların karmaşasından kaçınmak için 4 ve üzeri rakamlar baz alınmıştır. Rast bestenin Markov 3' lüsüne bakıldığında en fazla nota tekrarının neva-hüseyini-neva zinciri (5), neva-dügâh-rast (4) ve dügâh-neva-çargâh (4) zincirinin olduğu görülmektedir. 3'lü matriste de güçlü perde olan neva perdesi sıkça kullanılmıştır.

**Tablo 6***Rast Algoritmik Beste ve Rast Arşivin Veri Karşılaştırması*

Algoritmik Beste			Rast Arşiv Veri		
	Süre %	Adet %		Süre %	Adet %
<b>Neva</b>	21,14	36,00	<b>Neva</b>	19,85	17,06
<b>Rast</b>	12,73	18,00	<b>Segâh</b>	13,57	14,72
<b>Çargâh</b>	11,59	30,00	<b>Rast</b>	13,44	9,96
<b>Segâh</b>	11,36	25,00	<b>Çargâh</b>	11,62	13,39
<b>Hüseyni</b>	10,68	21,00	<b>Dügâh</b>	10,38	11,79
<b>Dügâh</b>	9,32	17,00	<b>Hüseyni</b>	8,05	9,32
<b>Gerdaniye</b>	6,82	14,00	<b>Gerdaniye</b>	6,73	5,75
<b>Acem</b>	2,96	7,00	<b>Eviç</b>	3,56	4,02
<b>Eviç</b>	2,27	6,00	<b>Muhayyer</b>	2,24	2,27
<b>Muhayyer</b>	2,05	6,00	<b>Acem</b>	2,15	2,57
<b>Irak</b>	0,91	1,00	<b>Irak</b>	1,79	2,07
<b>Kürdi</b>	0,91	1,00	<b>Nim Hicaz</b>	1,04	1,22

Rast makamı arşiv verilerinde ve algoritmik bestede neva perdesinin yani makamın güçlü perdesinin her iki veride de ilk sırada olduğu göze çarparken algoritmik bestede neva perdesinin %36 ile arşiv verisinden daha çok kullanıldığını görmekteyiz. Algoritmik bestede ikinci sırada makamın karar sesi olan rast perdesi en çok kullanılmış iken; arşiv verisinde segâh perdesi ikinci sırada en çok kullanılan perde olmuştur. Hem arşiv verileri hem de algoritmik bestede rast makamının özellikleri sonuçlara da yansımış ve makama uygun veriler çıkmıştır.

#### 4. Sonuç

Bilgisayar destekli analiz yöntemleriyle elde edilen veriler ile eserler üretmek son zamanlarda kullanılan bir yöntem olmuş ve müziğin çeşitli alanlarında teknolojiyle birlikte kullanılmaktadır. Algoritmik besteleme, bilgisayar bilimini, matematiği ve müzik disiplininin bir araya geldiği yenilikçi bir alandır. Bu yaklaşım, bestecilere ve müzik yapımcılarına eserlerini oluştururken, algoritmaların ve bilgisayar destekli sistemlerin sunduğu imkanları kullanma fırsatı sunmaktadır. Günümüzde algoritmik besteleme, müzik endüstrisinde ve dijital sanat platformlarında giderek daha fazla tercih edilmektedir.

Klasik Türk Müziğine geniş makam perspektifiyle bakıldığında bilgisayar destekli programlar sayesinde makamlar ve eserler ile birçok veri alanı için imkân bulunabilmektedir. İstatistiksel analiz sayesinde bir makamın ya da eserin daha objektif bir şekilde yorumlanması mümkün olabilmekte olup aynı zamanda yapılan analiz yorumlarına daha bilimsel bir nitelik kazandırılabilmektedir. Müziğin matematik ile olan bağının daha somut verilerle ortaya konması yapılan İstatistiksel analizler ile mümkün olabilmektedir.

Repertuar içinde geniş bir yeri olan ve uzun bir geçmişi olan rast makamı bu çalışma ile ele alınmıştır. Çeşitli formlarda bestelenmiş olan 70 eser mus2 programında symbtr formatına dönüştürülerek analiz için gerekli datalar elde edilmiştir. Elde edilen datalar sonrasında "Musicale" programı ile Markov 2'li ve 3'lü zincirler kullanılmıştır.

Türk Müziğinde makam üzerinde istatistiksel analiz yaparak beste üretmek pek kullanılan bir çalışma alanı olmamıştır. Bu çalışma ile farklı makamların analizini bilgisayar destekli bir program ile yapabilmek mümkün olmuş ve Markov zinciriyle rastgele bir şekilde rast makamında algoritmik bir

beste üretilmiştir. Üretilen bestenin analizinin yapılması sonrasında rast makamının karakteristik özelliklerine uygun olarak bir beste örneklemesinin olduğu görülmüştür.

Rast makamı arşiv verileri ile algoritmik bestenin adet-süre yüzdeleri karşılaştırmasında neva perdesinin ilk sırada yer alması makamın güçlü perdesinin en çok kullanıldığını göstermekte ve ayrıca sonrasında her ikisinde de en sık kullanılan perdelerin rast, çargâh, segâh ve hüseyini perdeleri olduğu görülmektedir. Markov 2'li zincirindeki karşılaştırmada arşiv verisinde en fazla çargâh-segâh (2640), segâh-dügâh (2288), neva-çargâh (2224) perdeleri iken; rast algoritmik bestede ise en fazla neva-dügâh (8), çargâh-dügâh (8), neva-neva (7), segâh-neva (6) perdeleri kullanılmıştır. Rast Arşiv'in Markov 3'ünde en fazla nota tekrarı neva-çargâh-segâh (1432), çargâh-segâh-dügâh (1289), segâh-dügâh-rast (1031) üçlü perdeleri iken; rast algoritmik bestede neva-hüseyini-neva (5), neva-dügâh-rast (4), dügâh-neva-çargâh (4) perde üçlüsü kullanılmıştır. Her iki zincirin yapılan besteyle perdeleri benzerlik göstermezken neva perdesindeki kombinasyonlar ortak görülmektedir.

Sonuç olarak oluşturulan veri arşivinden hareketle üretilen rast makamındaki algoritmik bestedeki yapısal özelliklerin Türk müziği nazariyatı kaynaklarında yapılan rast makamı tarifine uygun şekilde olduğu ve istatistiksel verilerinin de bu durumu desteklediği görülmektedir. Rast makamında var olan yegâh perdesindeki genişleme (yegâhta rast dörtlü) arşivdeki verilerde yetersiz olduğundan ve rastgele bir besteleme şekli olduğundan dolayı algoritmik bestede görülmemektedir. Bu durum her algoritmik beste denemesinde farklılık gösterebilir.

Türk Müziğinde kullanılan diğer makamların arşivleri musicale programı aracılığıyla analiz edilebilir ve Markov zincirleri kullanılarak algoritmik besteler yapılabilir. Üretilen besteler solfej çalışmaları ya da bir çalgının eğitiminde etüt mahiyetinde kullanılarak alana pratik katkılar sunabilir. Ayrıca Türk Müziğindeki makamların arşivleri oluşturularak yapılacak analizler, bazı makamların daha iyi tanınmasına, tanımın doğrulanmasına ve hatta bazen geleneksel tanımdan farklı bir şekilde ortaya çıkan bir durumun tespitine yardımcı olabilir. Ayrıca oluşturulan arşiv verileriyle Markov zincirlerinin kullanıldığı bir program sayesinde yeni besteler oluşturulabilir.

## Kaynakça

- Bayraktar, E. (1993). *Müzik eğitimi*. Müzik Ansiklopedisi Yayınları.
- Gül, H. (2015). *Markov zincirleri kullanılarak yeni besteler üretilmesi ve üretilen bestelerin sınıflandırılması* (Tez No. 425734) [Yüksek lisans tezi, Anadolu Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Karadeniz, M. E. (1983). *Türk mûsikîsinin nazariye ve esasları*. İş Bankası Yayınları.
- Konuk, E., & Kırdar, Y. (2023). Dijital teknoloji çağında müzik. *Journal of Awareness*, 8(1), 1-17.
- Kutluğ, Y. F. (2000). *Türk musikisinde makamlar*. Yapı Kredi Yayınları.
- Özkan, İ. H. (2004). *Türk musikisi nazariyatı ve usulleri*. Ötüken Neşriyat.
- Sağır, T. (1998). *Okul müziği çerçevesinde geleneksel Türk sanat müziği makam sistemi üzerine bir inceleme* (Tez No. 76348) [Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Yahya Kaçar, G. (2009). *Türk mûsikîsi rehberi*. Maya Akademi.
- Yalçınkaya, B. (2004). *Geleneksel Türk sanat müziği eserlerinin bilgisayar destekli istatistiksel analizi ve bir algoritmik kompozisyon örneği* (Tez No. 190377) [Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Yang, W., & Lee, I. (2024). Research on the construction of AI composition system based on HMM. *Yegâh Müzikoloji Dergisi*, 7(3), 216-240. <https://doi.org/10.51576/ymd.1536267>
- Yener, S. (2004). *Bilgisayar destekli analiz yoluyla geleneksel Türk sanat müziği hicaz taksimlerinde kalıplaşmış ezgilerin araştırılması* (Tez No. 191799) [Doktora tezi, Gazi Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Yükrük, H. (1998). *Türk halk müziği ezgilerinin analizinde H. F. Olson yöntemi* (Tez No. 76371) [Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>

## Makale Bilgi Formu

**Yazarların Katkıları:** Birinci yazar tarafından musical programı kullanılarak verilerin işlenmesi, analizi ve tablo-şekillerin yapılması.

İkinci yazar tarafından gerekli sonuç ve öneriler bölümü, gerekli kontrollerin sağlanması ve makalede yapılan düzeltmeler.

**Çıkar Çatışması Bildirimi:** Yazar tarafından potansiyel çıkar çatışması bildirilmemiştir.

**Yapay Zeka Bildirimi:** Bu makale yazılırken hiçbir yapay zekâ aracı kullanılmamıştır.

**İntihal Beyanı:** Bu makale iThenticate tarafından taranmıştır.