

ISSN 1012-2354



ERCIYES ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ

ENSTİTÜSÜ DERGİSİ

*Erciyes University
Journal of
the
Institute
of
Science and Technology*

Cilt (Vol.): 35

Sayı (No): 3

Silisyum Güneş Hücreleri Veriminin Üst-Çevrim ile Artırılması için Çift Dalga Boyunda Yansıma Yapabilen Dağılımlı Bragg Yansıtıcı Tasarımı ve Üretimi

Mehmet Koç^{1,2,3}, İlker Yıldız^{1,4,5}, Selçuk Yerci^{*1,2,6},

¹Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Güneş Enerjisi Araştırma ve Uygulama Merkezi, Ankara

²Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mikro ve Nanoteknoloji Programı, Ankara

³Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, Ankara

⁴Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Merkez Laboratuvarı, Ankara

⁵Dumlupınar Üniversitesi, Fizik Bölümü, Kütahya

⁶Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, Ankara

(Alınış / Received: 02.12.2019, Kabul / Accepted: 25.12.2019, Online Yayınlanma / Published Online: 31.12.2019)

Anahtar Kelimeler
fotonik üst çevrim
güneş hücreleri
dağılımlı Bragg yansıtıcı

Öz: Tek eklemli güneş hücrelerinde iki temel enerji kaybı vardır. Bunlardan birincisi bant aralığından düşük enerjili fotonların soğrulamaması; ikincisi, bant aralığından daha yüksek enerjiye sahip fotonların ürettiği elektron-deşik çiftlerinin enerjisinin bant aralığı seviyesindeki bir enerji değerine ısı yayararak düşmeleridir. Güneş hücrelerindeki temel kayıpların azaltılması, tayfin yeniden şekillendirilmesi ile gerçekleştirilebilir. Bu işlem, yüksek enerjili fotonların iki veya daha fazla daha düşük enerjili fotona dönüştürülmesi (alt-çevrim) veya enerjisi soğurucu malzeme bant aralığından küçük olduğu için soğrulamayacak olan iki veya daha fazla fotonun, enerjisi bant aralığından daha fazla olan bir fotona dönüştürülmesi (üst-çevrim) ile gerçekleşir. Bu çalışmada silisyum güneş hücrelerinde kullanılmak üzere, dağılımlı Bragg yansıtıcı yapısı erbiyum iyonlarının temel emisyon ve birinci üst-çevrim bantlarındaki ışığın silisyum güneş hücresine geri yansıması için tasarlanmış ve üretilmiştir. Toplam 5 adet amorf silisyum ve silisyum dioksit çiftine sahip olan bu yapı ile 980 nm dalga boyu civarında %90 ve 1550 nm dalga boyu civarında ise %95'in üzerinde yansıma elde edilmiştir. Bu çalışmada geliştirilen dağılımlı Bragg yansıtıcı yapısı silisyum güneş hücrelerinin verimini artırmak için maliyet etkin bir yaklaşımdır.

Design and Fabrication of Distributed Bragg Reflector Capable of Reflecting at Two Distinct Wavelengths for Enhancing Silicon Solar Cell Efficiency by Upconversion

Keywords
Photonics upconversion
solar cells
distributed Bragg reflector

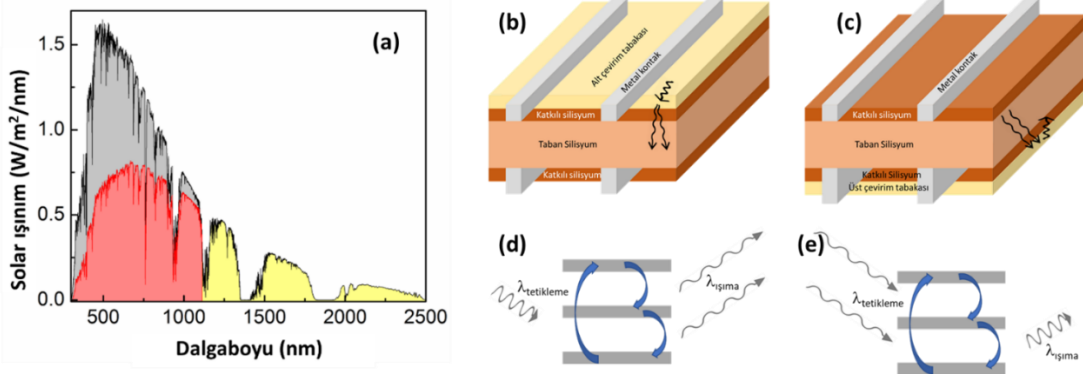
Abstract: Solar cells made of single band gap material suffer from two fundamental losses: (1) non-absorbed photons with energies below the band gap of the absorber, and (2) thermalization losses due to the absorption of photons with energies well-above the band gap of the absorber. These fundamental losses can be reduced by spectrum reshaping in which a high energy photon can be converted to two or multiple lower energy photons (i.e. down-conversion) and/or two or more low energy photons can be converted to a high energy photon (i.e. up-conversion). In this study, a distributed Bragg reflector is designed and fabricated to reflect the light originated from the fundamental and first excited states of erbium ions back into silicon solar cells. The reflector has a total of 5 amorphous silicon and silicon dioxide stacks, and capable of reflecting around 90% near a wavelength of 980 nm and above 95% near a wavelength of 1550 nm. The distributed Bragg reflector structure developed in this study provides a cost-effective approach to boost the efficiency of silicon solar cells.

1.Giriş

İdeale yakın bant aralığı ve yüksek saflıkta, düşük-maliyetli ve tek kristal yapılı tabaka üretilmesine olanak sağlayan gelişmiş Si teknolojisi sayesinde, tek ve çok kristalli Si tabanlı güneş hücreleri fotovoltaik piyasasının yaklaşık %90'ını oluşturmaktadır [1]. Si, CdTe, CIGS, GaAs gibi sadece bir soğurucu yarı iletken üretilen güneş hücrelerinin erimi temel olarak, soğurucu malzemenin bant aralığından daha düşük enerjili fotonları soğuramamasından (Şekil 1a'da sarı bölge) ve soğurucu malzemenin bant aralığından daha yüksek enerjiye sahip fotonların ürettiği elektron-deşik çiftlerinin enerjisinin bant aralığı seviyesindeki bir enerji değerine düşmeleri (Şekil 1a'da gri bölge) nedenleriyle sınırlıdır. Sonuç olarak, Si güneş hücresi tarafından kullanılabilen güneş ışınımının dalga-boylarına göre dağılımı Şekil 1a'da kırmızı alan olarak gösterilmiştir. Temelde, güneş hücrelerinin verimini artırmak için tandem güneş hücreleri üretilebilir veya gelen fotonların yarıiletkenin bant aralığına yakın (ve fazla) enerjiye sahip olması için güneş ışınım tayfı yeniden şekillendirilebilir. Tandem güneş hücrelerinde sırasıyla üste ve alta, geniş ve dar bant aralığına sahip yarıiletkenler istiflenir. Tandem güneş hücrelerinin, kristal örgü eşleşmesi ve akım eşleşmesi (her bir tabakada eşit miktarda elektron-deşik çifti oluşması gerekliliği) sınırlamalarına bağlı zorlukları bulunmaktadır [2]. GaAs kristal örgü sabiti ile eşleşen malzemelerden yüksek verimlilikte (~%40) tandem güneş hücreleri üretilmiş olmasına rağmen, bu sistemlerin çok yüksek maliyet / verimlilik oranına sahip olmaları sebebiyle geniş uygulama alanları bulunmamaktadır [2,3]. Mevcut endüstriyel malzemeleri içeren tandem güneş hücrelerinin geliştirilmesine yönelik çalışmalar yoğun bir şekilde devam etmektedir. Güneş ışınım tayfının yeniden şekillendirilmesi alt-çevrim ve/veya üst-çevrim ile gerçekleştirilebilir [4-10]. Şekil 1b ve 1d'de gösterildiği üzere, alt-çevrim işlemi güneş hücresinin üzerine yerleştirilmiş alt-çevrim tabakası, yüksek enerjili fotonları soğurur ve güneş hücresinin bant aralığına yakın bir enerjide iki veya daha fazla foton yayar. Buna karşılık, üst-çevrim işlemi (Şekil 1c ve 1e), güneş hücresinin bant aralığından daha küçük enerjideki iki veya daha fazla foton güneş hücresinin alt kısmında bulunan üst-çevrim tabakasında soğurular ve bant aralığı enerjisinden daha yüksek enerjide bir foton salınır. Üst-çevrim işlemi, enerjisi güneş hücresi tarafından soğurulamaya yetmeyecek kadar düşük enerjili fotonlar daha yüksek enerjide soğurulan fotonlara dönüştürülür.

Silisyum güneş hücrelerinde verim artışı için kullanılacak bir üst çevrim tabakası şu özelliklere sahip olmalıdır:

- 1,12 eV değerinden düşük enerjiler için geniş bir spektrum aralığında güçlü soğurma,
- 1,12 eV değerinden yüksek enerjilerde üst-çevrim sayesinde ışık yayma,
- Yüksek üst-çevrim verimi,
- Düşük uyarım şiddetlerinde etkinlik (W/cm^2),
- Üst-çevrim fotonlarının Si güneş hücresine ulaşabilmesi için 1,12 eV'tan yüksek enerjilerde yüksek optik geçirgenlik.

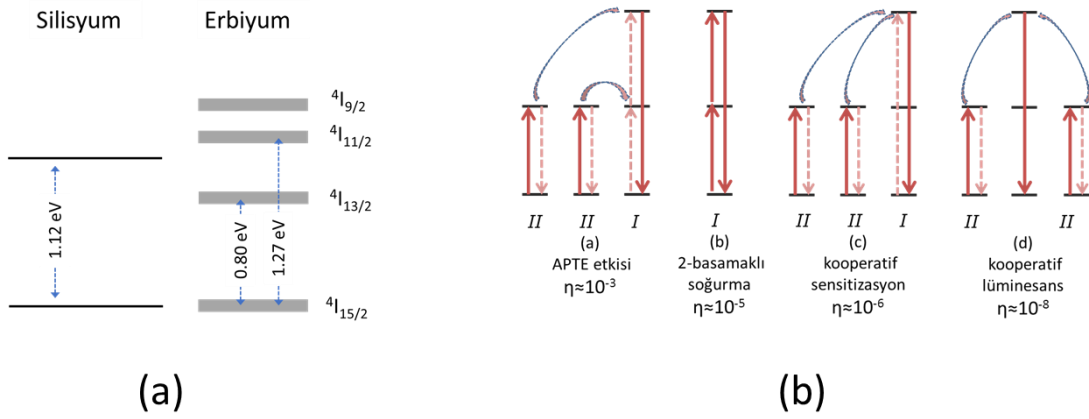


Şekil 1. (a) Solar ışınım tayfı (gri, sarı ve kırmızı alanlar sırasıyla termalizasyon kayıplarını, soğurulamayan foton kayıplarını ve silisyum güneş hücreleri tarafından yararlanılabilir bölgeleri gösteriyor), (b) alt-çevrim tabakalı ve (c) üst-çevrim tabakalı silisyum güneş hücresinin şeması, (d) alt-çevrim ve (e) üst-çevrim prosesinin enerji diagram şeması.

Şekil 2a'da Er^{3+} iyonlarının enerji seviyeleri (diğer deyişle soğurma ve ışım çizgileri) ile Stark seviyeleri ve her spektral özellik için Russell-Saunders etiketleri gösteriliyor. Şekil 2a'da görüleceği üzere Er katkı yapıları 1550 nm civarındaki fotonları 980 nm, 810 nm ve daha yüksek enerjilere üst-çevrim yapabilir. Erbium ve diğer nadir toprak elementlerinde üst-çevrim işlemi birçok biçimde gerçekleştirilebilir. Bunlardan en önemlilerinin göreceli üst-çevrim verimlilikleri Şekil 2b'de verilmektedir [7]. APTE (fotonların enerji transferi ile eklenmesi)

veya ETU (enerji transferli üst-çevrim) diye bilinen işlemde, üç Er^{3+} iyonunun yer alması gerekmektedir. Bu açıdan, kooperatif hassaslaştırmaya benzemektedir. Kooperatif hassaslaştırmada iki elektron iki iyondan aynı işlemde 3. iyonla transfer olurken, APTE işleminde bu transfer ayrı ayrı olmaktadır ki bu daha verimli bir işlemdir. İki basamaklı soğurmada, ikinci foton uyarılmış enerji seviyesinde bulunan elektron tarafından soğrulur. Kooperatif lüminesans işleminde iki iyon, soğurma yaptıktan sonra gerçekte var olmayan bir seviyeden salınım yapar. Şekil 2b'de gösterildiği üzere, ikinci harmonik üretiminin verimliliği kooperatif lüminesans ile aynıdır.

Er^{3+} ile üst-çevrim, Si güneş hücresinin verimini göreceli olarak %7 artırabilir [11]. Örneğin, %20 verimlilik değerlerine sahip güneş hücreleri, hücrelerin arka kısmına Er-katkılı üst-çevrim tabakası yerleştirilerek %21,4 verim değerlerine yükseltilebilir. Bu artış az görünse de Si güneş hücrelerinin veriminin teorik maksimuma yakın olduğu ve son 20 yılda sadece %1 civarında artırılabilirdiği unutulmamalıdır. Er-katkılı malzemeler üst-çevrim işlemi ile Si güneş hücrelerinde verimi yükseltmek için gerekli yukarıda verilen şartların büyük bir kısmını karşılar. Ancak, Er^{3+} iyonlarının görece küçük soğurma kesitine ve düşük üst-çevrim verimine sahip olması, üst-çevrim tabakasının kalın olmasını gerektirir; bu da güneş hücrelerinin maliyetini yükseltir ve maliyet / verim oranının düşmesini kısıtlar [12]. Üst-çevrim ile güneş hücrelerinin verimini artırma işleminden fotovoltaik endüstrisinin faydalanabilmesi için düşük maliyetli ve Si güneş hücresi üretim metotlarıyla uyumlu, kimyasal kirliliğe ve kusura yol açmayacak malzemeler ve yöntemler gereklidir.



Şekil 2. (a) Kristal Si ve Er^{3+} iyonunun enerji seviyelerinin şema gösterimi. Er^{3+} iyonunun $4I_{13/2}$ ve $4I_{15/2}$ enerji seviyelerinin farkı silisyumun bant aralığından küçük iken diğer enerji seviyelerinden $4I_{15/2}$ enerji seviyesine gerçekleşen geçişler silisyumun bant aralığından daha yüksek bir enerji gerektirir. (b) Çeşitli üst-çevrim mekanizmalarının genel taslağı (Ref. 10'dan uyarlanmıştır). Uyarılma (veya geri-uyarılma) enerji seviyeleri dikey oklarla, enerji transferleri iyonları birleştiren oklar ile ve yatay çizgiler ile gerçekte var olan enerji seviyeleri gösterilmiştir. Her bir işlemin verimi (η) çizimlerin altında verilmiştir.

Daha önce, organik malzemeler, geçiş metalleri ve nadir-toprak elementlerine dayalı üst-çevrim işlemleri önerilmiştir [5, 7]. Bunlar arasında, Er^{3+} iyonlarının 1550 nm civarında soğurma bandının olması ve görünür dalga boylarında birçok uyarılmış enerji seviyesine sahip olması sayesinde, Er-katkılı SiO_2 , Al_2O_3 , Si_3N_4 , BaY_2F_8 , $NaYF_4$, $Y_2Ti_2O_7$, Gd_2O_2S , $CaBi_2Ta_2O_9$, $BaCl_2$, CdF_2 , $LiYF_4$, $Er_3Cl(SiO_4)_2$, $ErCl_3$, $Er_2Si_2O_7$ ve $SrAl_2O_4$ gibi malzemeler üst-çevrim için çalışılmıştır [7, 12-23]. 2010 yılında Fischer ve ark. tarafından 1523 nm lazer kullanarak sırasıyla $4020 W/m^2$ ve $1880 W/m^2$ ışık akıları altında elde edilen %8,6 ve %5,1 oranlarındaki üst-çevrim verimleri bu alandaki en başarılı çalışmalar arasındadır [12, 25]. Lazer ışığı altında yapılan bu çalışmalar mekanizmayı anlamak açısından oldukça yararlı olsa da sisteme 1 güneş ($<1000 W/m^2$) veya yoğunlaştırılmış güneş ışığı uygulamak ve mümkün olan en geniş aralıkta üst-çevrim gerçekleştirmek istenir. Lazer yerine geniş dalga boyu aralığına sahip ışık kaynaklarıyla da özellikle Gd_2O_2S ve $NaYF_4$ matrisleri kullanılarak çalışmalar yapılmıştır [25-30]. $Gd_2O_2S:\%10Er^{3+}$ ve $\beta-NaYF_4:\%25Er^{3+}$ ile yapılmış çalışmalarda üst-çevrim veriminin tek dalga boyu ve çoklu dalga boyuna sahip ışık kaynaklarında benzer olduğu gösterilmiştir. 2014 yılında, Fischer ve ark., 1460 – 1600 nm dalga boyları arasında ve 78 güneş yoğunluğunda ışık kaynağı kullanarak %0,69 dış kuantum verimine ulaşmayı başardılar [29]. Bu çalışmada, $\beta-NaYF_4:\%25Er^{3+}$ polimer perflorosiklobütül (PFCB) içerisinde sentezlenmiştir.

Yine 2014'te Fischer ve ark., %1,28 dış kuantum verimini $\beta-NaYF_4:\%25Er^{3+}$ malzemesini bir toz kabına koyarak 77 güneş yoğunluğunda bir ışık kaynağı kullanarak elde etmişlerdir [31]. Son olarak 2015 yılında, yine aynı grup, bu kez $BaY_2F_8:\%30Er^{3+}$ kullanarak 94 güneş yoğunluğunda bir ışık kaynağı ile %9,5 dış kuantum verimi

elde etmişlerdir [31]. Bu rekor verime sahip çalışmada $\text{BaY}_2\text{F}_8: \%30\text{Er}^{3+}$ tek kristali Czochralski metodu ile üretilmiştir.

Er iyonlarının soğurma ve üst-çevrim katsayılarının düşük olması nedeniyle literatürde genellikle kalın Er üst-çevrim tabakaları kullanılmıştır. Bu iki değeri artırmak için plazmonik ve fotonik yapılar kullanılabilir [13, 32-39]. Plazmonik ile üst-çevrim verimi metal parçacıklara yakın yerlerde deneysel olarak 3,8 kat artırılmış olsa da bu tekniğin en önemli engeli Er iyonlarının metal parçacıklara çok yakın olma zorunluluğudur. Ayrıca, 1550 nm dalgaboyu civarındaki ışığın aynı zamanda metal parçacıklar tarafında soğurulmasına ve enerji kaybına yol açar. Diğer yandan fotonik yapılarda plazmonik yapıların bu dezavantajları yoktur. Dielektrik malzemeler kullanılarak yapılan Bragg yansıtıcılar [40], üç [41] ve iki [40, 42-45] boyutlu fotonik ızgaralar kullanılarak üst-çevrim verimini artırma çalışmaları yapılmıştır. Bragg yansıtıcılar üst-çevrim tabakasının arkasına veya ön ve arkasına iki farklı kırılma indisine sahip olan malzemelerin çiftler halinde çoklu tabaka olarak üretilmesi ile elde edilir. Johnson ve ark., $\beta\text{-NaYF}_4:\text{Er}^{3+}$ nanoparçacıklarını 30-çift Bragg geometrisinin içerisine koyarak 980 nm üst-çevriminde 6-kat artış elde etmişlerdir. Bu çalışmada boşluklu Si (porous Si) kullanılmış olup bu yapı k-Si gibi maliyet etkin olmayan bir malzemenin işlenmesini gerektirmektedir. Nadir toprak metalleri haricinde üçleme-üçleme imhası moleküler foton üst-çevrimi (molecular photon upconversion via triplet-triplet annihilation) yöntemi ile küçük moleküller de üst-çevrim amaçlı kullanılmaktadır [46].

Bragg yansıtıcılar yüksek yansıtma performansına sahip yalıtkan dizinlerdir. Sıradan metal aynalara göre temel avantajı, bu yapıların kızılötesinde ve görünür spektrum bölgesinde çok düşük parazitik kayıpları vardır. Yüksek kırılma indisli ve düşük kırılma indisli malzemelerle üretilen ince filmlerin birbiri ardına dizilmesiyle elde edilen yapıcı girişimler sayesinde yüksek yansıtma performansına ulaşırlar. En basit örneği 3 katmandan oluşan yüksek-düşük-yüksek kırılma indisine sahip dizilimdir. N-periyoda sahip Bragg yansıtıcıları için genel tasarım rehberi olarak toplam $2N+1$ katmandan oluşan yüksek kırılma indisli bir katman ile başlayıp yine yüksek kırılma indisli bir katmanla bitirilen ve birbiri ardına bir yüksek bir düşük kırılma indisli katmanların geldiği yapılar verilebilir. Katman kalınlıkları, dalganın katman içindeki boyunun dörtte biri olmalıdır. Yüksek yansıtma spektrumunun bant genişliği, yüksek ve düşük kırılma indisli katmanların indis oranına bağlıdır. N-periyotlu bir Bragg yansıtıcının yüzeyinden elde edilen yansıma için aşağıdaki formül verilebilir [47]:

$$R = \left[\frac{n_0(n_Y)^{2N} - n_A(n_D)^{2N}}{n_0(n_Y)^{2N} + n_A(n_D)^{2N}} \right]^2 \quad (1)$$

burada N periyot sayısını, n_Y , n_D , n_0 ve n_A ise sırasıyla yüksek, düşük, hava ve alttaş (silisyum) kırılma indislerini göstermektedir. Yüksek yansıma elde edilen bandın genişliği (Δf) aşağıdaki formülde verilmiştir:

$$\Delta f = \frac{4f_0}{\pi} \arcsin\left(\frac{n_Y - n_D}{n_Y + n_D}\right) \quad (2)$$

burada λ_0 yansıma yapılan bandın merkez dalga boyudur.

Bragg yansıtıcılar lazerlerde yansıtıcı olarak uzun yıllardır kullanılmakta olsa da fotonik üst-çevrim yapılarında kullanılması görece olarak yenidir. Yakın kızılötesi bölgesinden görünür bölgeye üst-çevrim yapan ışık saçan aygıtlar [48, 49] ve lazerler geliştirilmiş olmasına rağmen [50] Er iyonları ile üst-çevrim içeren çalışma sayısı sınırlıdır [40-45]. Çift Bragg ızgara yapısının Er iyonları ile üst-çevrim elde edilmesine yönelik bir çalışma ise bizim bilginiz dâhilinde literatürde bulunmamaktadır.

Bu çalışmada foton üst-çevrimi için erbiyumun bant yapısı dikkate alındığında 980 nm ve 1550 nm dalga boyuna sahip fotonlar için Bragg yansıtıcısı transfer matris metodu ile tasarlanmış ve rf manyetron saçtırma yöntemi ile üretilmiştir. Yüksek ve düşük kırılma indisli katmanlar olarak sırasıyla amorf silisyum (a-Si) ve silisyum dioksit (SiO_2) kullanılmıştır. Üretilen Bragg yansıtıcının yapısı elipsometri, uçuş süresi ikincil iyon kütle spektroskopisi (TOF-SIMS) ve taramalı elektron mikroskop (SEM) ölçümleriyle incelenmiş ve geçirgenlik ve yansıma ölçümleriyle test edilmiştir.

2. Materyal ve Metot

Bragg yansıtıcı Si <100> alttaşlar üzerine rf manyetron saçtırma yöntemi ile üretilmiştir. Her iki tabaka için de Si hedefe 300 W güç uygulanmış ve üretim 8 mTorr basınç altında yapılmıştır. Üretim sırasında 16,1 sccm Ar

ve 3,8 sccm O₂ gaz akısı kullanılmıştır. Amorf silisyum (a-Si) üretimi sırasında oksijen gazı kesilmiş ve silisyum dioksit (SiO₂) üretimi sırasında açılmıştır.

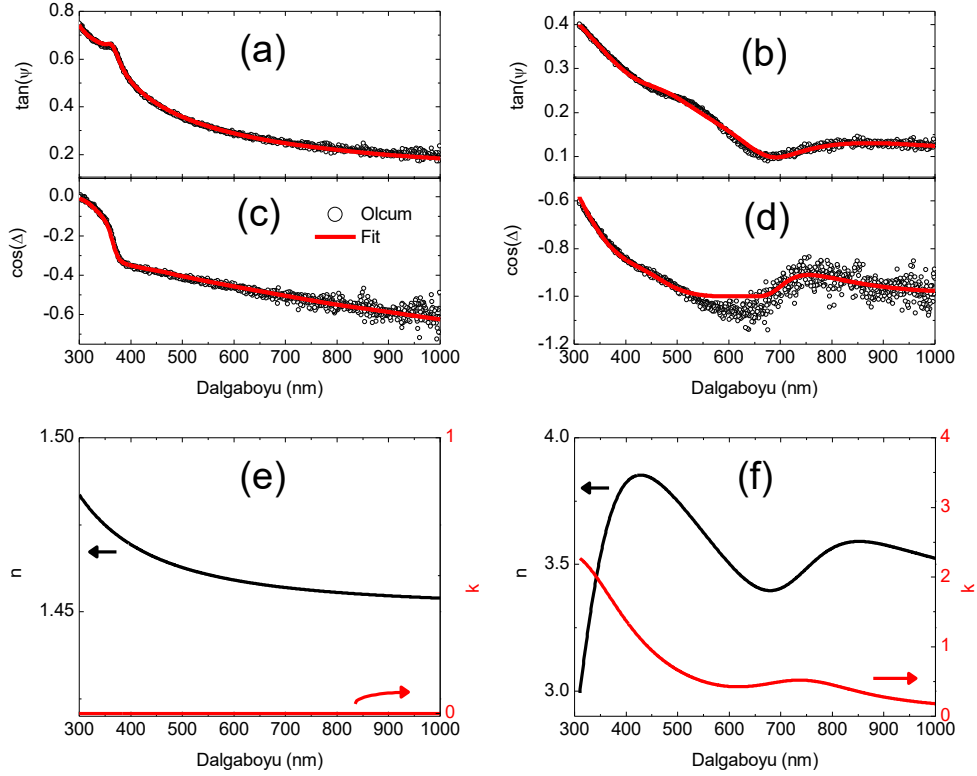
Optik hesaplar için transfer matrisi yöntemi kullanılmıştır [51]. Transfer matris hesapları için kendi yazdığımız bir MatLab kodu kullanılmıştır. Kodun doğruluğu, COMSOL waveoptics programından elde edilen sonuçlarla karşılaştırılarak teyit edilmiştir. Toplam yansıma ve geçirgenlik oranları, yapının içerisinde oluşan ışığın geldiği yöndeki elektrik alanlarını ve ışığın ilerleyiş yönündeki katmanlar içerisinde ve yapıyı terk ettiği ortam içerisinde oluşan elektrik alanlarını hesaplayarak elde edilmiştir. Optik benzetim modeli olarak da ışığın geliş yönünde ortam hava olarak kabul edilmiş olup alttaş olarak 300 µm kalınlığında tek kristal Si kullanılmış ve ışık yeniden hava ortamına çıkacak şekilde benzetim yapılmıştır.

Ellisometri ölçümlerinde Semilab marka cihaz kullanılmış olup 300 nm ve 1000 nm dalga-boyları arasında 5 nm aralıklar ile ölçüm yapılmıştır. Amorf Si ve SiO₂ için sırasıyla Tauc-Lorentz ve Cauchy uyma algoritmaları kullanılmıştır. Geçirgenlik ve yansıma spektrumları Bentham marka cihaz ve toplayıcı küre kullanılarak 300 nm ve 1700 nm dalga-boyları arasında 5 nm aralıklarla ile ölçüm yapılmıştır. Taramalı elektron mikroskop görüntüleri Zeiss Evo HD15 marka cihaz ile 20 keV enerjili elektron demeti kullanılarak alınmıştır.

TOF-SIMS analizinde aktif aşındırma kaynağı olarak 1 keV Cs⁺ kaynağı kullanılmıştır. Cs⁺ kaynağının Faraday kafes ile yapılan aşındırma akımı ölçüm değeri 44,45 nA ve aşındırma yüzey genişliği 300 µm x 300 µm'dir. Yapılan ölçümlerde aktif olmayan iyon kaynağı olarak Bi⁺ kaynak kullanılmıştır. Bizmut kaynak ölçüm parametresi 25 keV enerji 1,5 pA atımlı akım ve analiz için 100 µm x 100 µm yüzey alanı kullanılmıştır. Yüzey alanının küçük seçilmesinin sebebi aktif aşındırma sonucu oluşturulan kraterin aşındırma kenar etkisinden mümkün olduğunca kurtulmaktır. Ölçüm 1x10⁻⁹ mBar vakum seviyesinde gerçekleştirilmiştir.

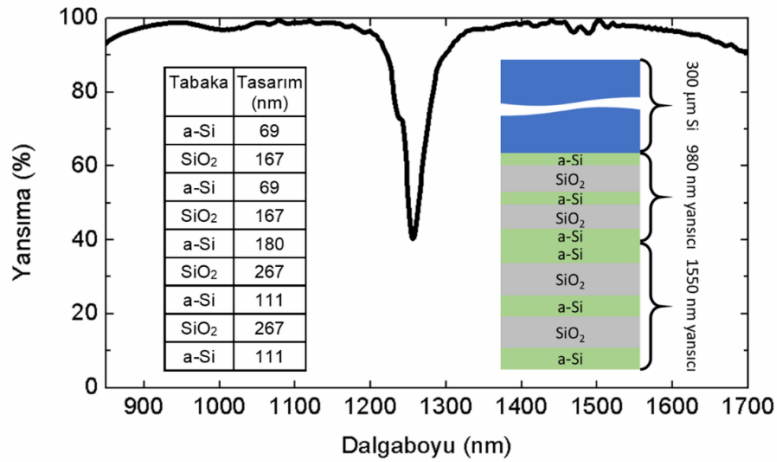
3. Bulgular

Bragg yansıtıcı üretilmeden önce a-Si ve SiO₂ tabakaları Si alttaşlar üzerine üretilerek kırılma indisleri ve sönümlenme katsayıları elipsometri ölçümleriyle tespit edilmiştir. Bu sonuçlar Şekil 3'te gösterilmiştir. Elipsometri ile elde edilen cos(Δ) ve tan(Ψ) değerlerine yapılan uymalar (Şekil 3a-d) %97'nin üzerinde güven payına sahip olup elde edilen kırılma ve sönümlenme katsayıları Şekil 3e ve 3f'de verilmiştir. SiO₂'nin kırılma indisi, uzun dalga boylarında, beklenildiği üzere 1,46 civarında olup sönümlenme katsayısı sıfırdır. Bu değerler üretilen tabakanın stokiyometrik SiO₂ olduğunu doğrulamaktadır. Diğer yandan, üretilen a-Si'nin kırılma indisi 3,5 civarındadır ve azalan bir sönümlenme katsayısına sahiptir. Amorf Si'nin sönümlenme katsayısı 1000 nm dalgaboyunda 0,1 olup kullanılan uyma algoritması göz önüne alındığında 1500 nm dalga-boyunda sıfıra inmesi öngörülmektedir. Ayrıca, elipsometri ölçümlerinde kalınlık tayini yapılarak rf saçtırma ile biriktirmenin hızı hesaplanmış ve bu hızlar baz alınarak tasarlanan Bragg yansıtıcının üretimi yapılmıştır.



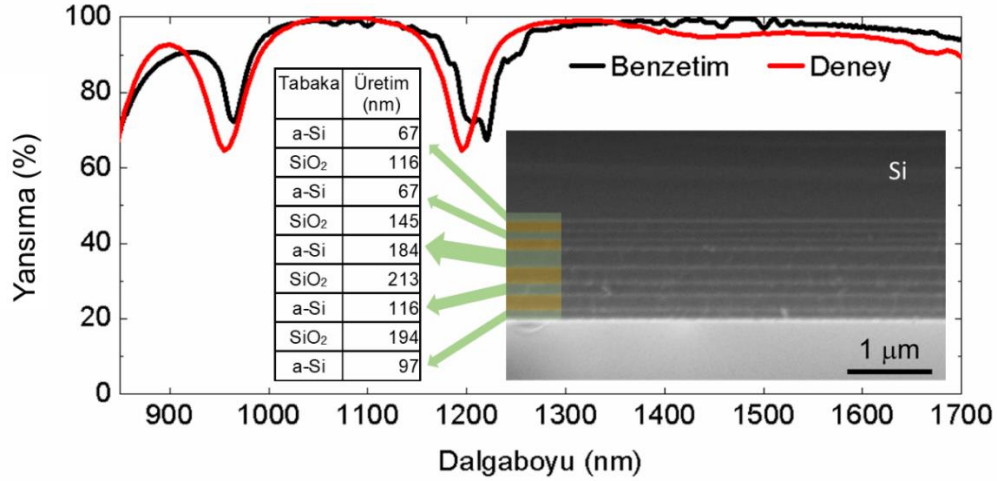
Şekil 3. SiO_2 'nin (a) ve a-Si 'nin (b) $\tan(\Psi)$ spektrumları ile bunlara yapılan fitler. SiO_2 'nin (a) ve a-Si 'nin (b) $\cos(\Delta)$ spektrumları ile bunlara yapılan fitler. SiO_2 'nin (e) ve a-Si 'nin (f) kırılma indisi ve sönümlenme katsayısı spektrumları

Bragg yansıtıcının katman kalınlıkları 980 nm için 69 nm a-Si ve 167 nm SiO_2 , 1550 nm içinse 111 nm a-Si 267 nm SiO_2 olacak şekilde tasarlanmıştır. Bu çalışmada kullanılan yapı kalın (300 μm) kristal silisyum katmanın altında Bragg yansıtıcısı şeklindedir (Şekil 4, iç ek). Amorf Si ve SiO_2 'nin 980 nm için kırılma indisleri sırasıyla 3,53 ve 1,47'dir. Bu kırılma indisleri için elde edilen yüksek yansıma değerine sahip bant genişliği 980 nm dalga boyu civarında 529 nm ve 1550 nm dalga boyu civarında ise 841 nm olarak hesaplanmıştır. İki dalga boyunu da (980 nm ve 1550 nm) aynı anda yansıtan 2 farklı Bragg yansıtıcısının aynı anda kullanıldığı optik benzetim sonuçlarından elde edilen yansıma spektrumu Şekil 4'te verilmiştir. Ayrıca, tabaka kalınlıklarını gösteren tablo Şekil 4'ün iç ekinde verilmiştir. Tasarlanan Bragg yansıtıcı erbiyumun temel emisyon yaptığı ve üst-çevrim yaptığı her iki dalga boyu bölgesinde de %100'e yakın yansıma yapabilmektedir.



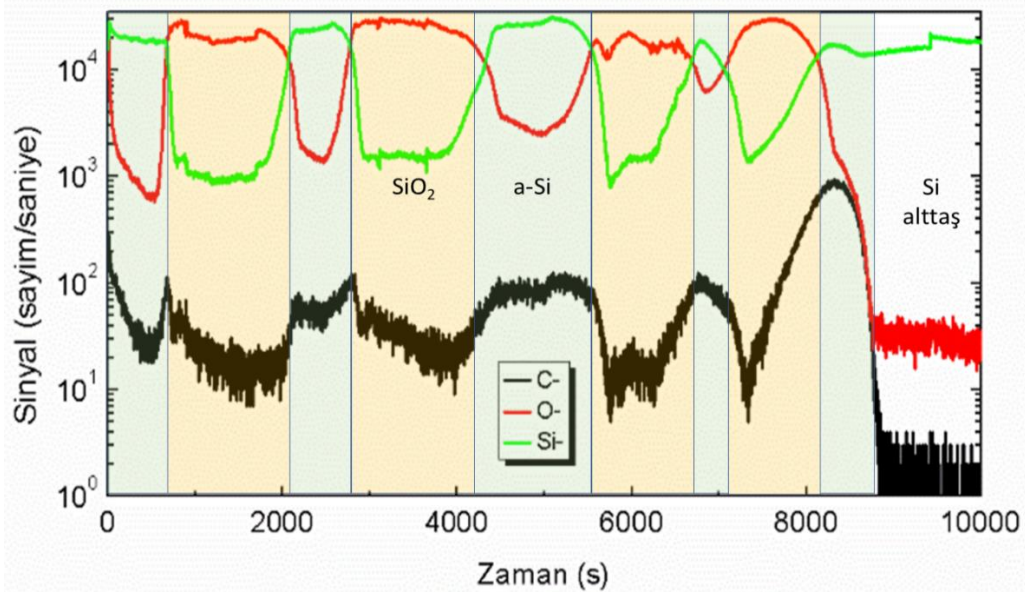
Şekil 4. Tasarımı yapılan Bragg yansıtıcının hesaplanan optik yansıma spektrumu. Tasarımda kullanılan tabakaların kalınlıkları ve yapının şeması iç ekinde gösterilmektedir.

Üretilen Bragg yansıtıcının enine kesitinin SEM görüntüsü, SEM görüntüsünden elde edilen kalınlıklar, bu kalınlıklar kullanılarak tekrar hesaplanan optik modelin yansımaya spektrumu ve üretilen yapının yansımaya spektrumu Şekil 5'te verilmiştir. Özellikle SiO₂ tabakasının hedeflenen ve elde edilen kalınlıkları arasında farklar olsa da Bragg yansıtıcının hedef dalga-boylarında yüksek yansımaya sahiptir. Ölçümler ile SEM görüntülerinden elde edilen kalınlıklar ile hesaplanan teorik tasarım uyum içerisindedir. Oluşan küçük farklar a-Si ile SiO₂ filmleri arasında keskin geçişler olmayabileceğini göstermektedir. Bunu anlamak için TOF-SIMS deneyi yapılmıştır.



Şekil 5. 1550 nm ve 980 nm dalga boyları için tasarlanmış Bragg yansıtıcının deneysel yansımaya tayfi ve tasarımın şeması. Üretilen Bragg yansıtıcının SEM yan kesit görüntüsü ve bu görüntüden elde edilen kalınlıkları veren tablo iç ek olarak gösterilmektedir.

Üretimi yapılan Bragg yansıtıcının TOF-SIMS ile elde edilen derinlik profili Şekil 6'da gösterilmektedir. Genel olarak Si ve O yoğunlukları ve dolayısıyla a-Si ve SiO₂ tabakaları SEM görüntüleri ile uyum içerisindedir. Filmlerde Si ve O haricinde sadece karbon bulgusuna rastlanmış ve karbonun varlığının ilk üretilen tabakalarda ve amorf silisyum tabakalarında biraz daha fazla olduğu belirlenmiştir. Gürültü seviyesi göz önüne alındığında karbon yoğunluğunun Si ve O yoğunluğuna göre çok daha az olduğu söylenebilir. Ayrıca, ilk üretilen tabakalardaki a-Si ve SiO₂ geçişlerinde belirsizlikler gözlemlenirken son üretilen yüzeye yakın tabakalardaki geçişlerin oldukça (yaklaşık 5-10 nm) keskin olduğu gözlemlenmiştir. Hesaplanan ve ölçülen yansımaya spektrumlarının arasındaki fark, karbonun varlığından ve Si/SiO₂ geçişlerinin özellikle ilk üretilen tabakalarda keskin olmamasından kaynaklanabilir.



Şekil 6. Dağılımlı Bragg yansıtıcının TOF-SIMS ile derinlik atomik profili

4. Tartışma ve Sonuç

Amorf Si ve SiO₂ ikili tabakalarından oluşan ve hem erbiyumun temel emisyonunda hem de birinci üst-çevrim emisyonunda %100'e yakın yansıma yapabilen dağılımlı Bragg yansıtıcı tasarlanmış ve rf manyetron saçtırma yöntemi ile üretilmiştir. Tasarlanan yapıya göre SiO₂ tabakalarının kalınlıklarında üretim sırasında sapmalar yaşanmıştır. Bunun nedeninin tek kristal silisyumun üzerine üretilen tek tabaka SiO₂ ile Bragg yansıtıcı içerisinde üretilen SiO₂'nin büyüme hızlarının farklı olması ve a-Si ve SiO₂ geçişlerinin yeterince belirgin olmaması nedeniyle kalınlıkların tespitinde hata paylarının yüksek olması gösterilebilir. Bu çalışmada geliştirilen Bragg yansıtıcı, silisyum güneş hücrelerinin fotonik üst-çevrim veriminin artırılması için maliyet etkin bir alternatif sunmaktadır.

Teşekkür

TÜBİTAK'a 116F104 projesi çerçevesinde destekleri için teşekkürlerimizi sunarız. Umut Bekci'ye Bragg yansıtıcının üretimi sırasındaki katkıları için teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynakça

- [1] Neuhaus, D.-H. ve Munzer, A., (2007), *Advances in OptoElectronics*, 24521(1-15).
- [2] Green, M.A, Emery, K., Hishikawa, Warta, W. ve Dunlop, E.D., (2013), *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 21, 1-11.
- [3] Green, M., (2007), *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 18, 15-19.
- [4] Badescu, V., (2008), *Journal of Applied Physics*, 104, 113120(1-10).
- [5] de Wild, J., Meijerink, A., Rath, J.K., van Sark, W. ve Schropp, R.E.I., (2011), *Energy & Environmental Science*, 4, 4835-4848.
- [6] Lahoz, F., Perez-Rodriguez, C., Hernandez, S. E., Martin, I. R., Lavin, V. ve Rodriguez-Mendoza, U. R., (2011), *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 95, 1671-1677.
- [7] Strümpel, C., McCann, M., Beaucarne, G., Arkhipov, V., Slaoui, A., Scrccek, V., del Canizo, C. ve Tobias, I., (2007), *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 91, 238-249.
- [8] van Sark, W.G.J.H.M., de Wild, J. Rath, J.K., Maijerink, A. ve El Schropp, R., (2013), *Nanoscale Research Letters*, 8, 1-10.
- [9] van der Ende, B.M., Aarts, L. ve Meijerink A., (2009), *Physical Chemistry Chemical Physics*, 11, 11081-11095.
- [10] Trupke, T., Green, M.A. ve Würfel, P., (2002), *Journal of Applied Physics*, 92, 4117-4122.
- [11] Johnson, C.M., Sanghun, W. ve Conibeer, G.J., (2014), *IEEE Journal of Photovoltaics*, 4, 799-806.
- [12] Fischer, S., Goldschmidt, J.C., Loper, P., Bauer, G.H., Bruggemann, R., Kramer, K.W., Biner, D., Hermle, M., Glunz, S.W., (2010), *Journal of Applied Physics*, 108, 044912(1-11).
- [13] Gong, Y., Makarova, M., Yerci, S., Li, R., Stevens, M.J., Baek, B., Nam, S.W., Hadfield, R.H., Dorenbos, S.N., Zwiller, V., Vučković, J. ve Dal Negro, L., (2010), *Optics Express*, 18, 2601-261.
- [14] Yerci, S., Li, R. ve Dal Negro, L., (2010), *Applied Physics Letters*, 97, 081109(1-3).
- [15] Boccolini, A., Faoro, R., Favilla, E., Veronesi. ve Tonelli, M., (2013), *Journal of Applied Physics*, 114, 064904.
- [16] Ting, C.-C., Chiu, Y-S., Chang, C-W. ve Chuang, L-C., (2011), *Journal of Solid State Chemistry*, 184, 563-571.
- [17] Martín-Rodríguez, R., Fischer, S., Ivaturi, A. Froehlich, B., Kramer, K.W., Goldschmidt, J.C., Richards, B.S. ve Meijerink, A., (2013), *Chemistry of Materials*, 25, 1912-1921.

- [18] Huang, W., Lu, C., Jiang, C., Wang, W., Song, J., Ni, Y. ve Xu, Z., (2012), *Journal of Colloid and Interface Science*, 376, 34-39.
- [19] Peng, D., Xusheng, W., Xi, Y., Xu, C-N. ve Jian, L., (2012), *Journal of Applied Physics*, 111, 104111(1-5).
- [20] Ayvacıklı, M., Ege, A., Yerci, S. ve Can, N., (2011), *Journal of Luminescence*, 131, 2432-2439.
- [21] Ivanova, S. ve Pellé, F., (2009), *Journal of the Optical Society of America B*, 26, 1930-1938.
- [22] Chen, G., Ohulchanskyy, T.Y., Kachynski, A., Agren, H. ve Prasad, P.N., (2011), *ACS Nano*, 5, 4981-4986.
- [23] Bradley, J.D., Stoffer, R., Agazzi, L., Ay, F., Worhoff, K. ve Pollnau, M., (2010), *Optics Letters*, 35, 73-75.
- [24] Richards, B.S. ve Shalav, A., (2007), *IEEE Transactions on Electron Devices*, 54, 2679-2684.
- [25] Fischer, S., Martín-Rodríguez, R., Froehlich, B., Kramer, K.W., Meijerink, A. ve Goldschmidt, J.C., (2014), *Journal of Luminescence*, 153, 281-287.
- [26] Fischer, S., Froehlich, B., Steinkemper, H., Kramer, K.W. ve Goldschmidt, J.C., (2014), *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 122, 197-207.
- [27] Goldschmidt, J.C., Fischer, S., Loper, P., Kramer, K.W. Biner, D., Hermle, M. ve Glunz, S.W., (2011), *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 95, 1960-1963.
- [28] MacDougall, S.K.W., Ivaturi, A., Marques-Hueso, J., Kramer, K.W. ve Richards, B.S. (2012), *Optics Express*, 20, A879-A887.
- [29] Fischer, S., Ivaturi, A. Froehlich, B., Rudier, M., Richter, A., Kramer, K.W., Richards, B.S. ve Goldschmidt, J.C., (2014), *IEEE Journal of Photovoltaics*, 4, 183-189.
- [30] de Wild, J., Duindam, T.F., Rath, J.K., Maijerink, A., van Sark, W.G.J.H.M. ve Schropp, R.E.I., (2013), *IEEE Journal of Photovoltaics*, 3, 17-21.
- [31] Fischer, S., Favilla, E., Tonelli, M. ve Goldschmidt, J.C., (2015), *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 136, 127-134.
- [32] Goldschmidt, J.C., Fischer, S., Steinkemper, H., Hellermann, F., von Plesses, G., Kramer, K.W., Biner, D. ve Hermle, M., (2012), *IEEE Journal of Photovoltaics*, 2, 134-140.
- [33] Bao, J., Yu, N., Capasso, F., Mates, T., Troccoli, M. ve Belyanin, A., (2007), *Applied Physics Letters*, 91, 131103(1-3).
- [34] Gong, Y., Yerci, S., Li, R., Dal Negro, L. ve Vuckovic, J., (2009), *Optics Express*, 17, 20642-20650.
- [35] Gopinath, A., Boriskina, S.V., Yerci, S., Li, R. ve Dal Negro, L., (2010), *Applied Physics Letters*, 96, 071113(1-3).
- [36] Gong, Y., Makarova, M., Yerci, S., Li, R., Stevens, M.J., Baek, B., Nam, W., Dal Negro, L. ve Vuckovic, J., (2010), *Optics Express*, 18, 13863-13873.
- [37] Trevino, J., Forestiere, C., Di Martino, G., Yerci, S., Priolo, F. ve Dal Negro, L., (2012), *Optics Express*, 20, A418-A430.
- [38] Biteen, J.S., Pacifici, D., Lewis, N.S. ve Atwater, H.A., (2005), *Nano Letters*, 5, 1768-1773.
- [39] Fischer, S., Hellermann, F., Eichelkraut, T., von Plessen, G., Kramer, K.W., Biner, D., Steinkemper, H., Hermle, M. ve Goldschmidt, J.C., (2012), *Optics Express*, 20, 271-282.

- [40] Johnson, C.M., Reece, P.J. ve Conibeer, G., (2013), *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 112, 168-181.
- [41] Niu, W., Su, L.T., Chen, R., Chen, H., Wang, Y., Palaniappan, A., Sun, H. ve Tok, A.L.Y., (2014), *Nanoscale*, 6, 817-824.
- [42] Goldschmidt, J.C., Fischer, S., Loper, P., Peters, I.M., Steidl, L., Hermle, M. ve Glunz, S.W., (2014), *Photonics for Solar Energy Systems V*; 91400G.
- [43] Herter, B., Wolf, S., Fisher, S., Gutmann, J., Blasi, B. ve Goldschmidt, J.C., (2013), *Optics Express*, 21, A883-A900.
- [44] Rigneault, H., Amra, C., Robert, S., Begon, C., Lamarque, F., Jacquier, B., Moretti, P., Jurdyc, A.M. ve Belarouci, A., (1999), *Optical Materials*, 11, 167-180.
- [45] Peters, M., Goldschmidt, J.C., Loper, P., Gros, Bernhard, Upping, J., Dimroth, F., Wehrspohn, R.B. ve Blasi, B., (2010), *Energies*, 3, 171-193.
- [46] Dilbek, T., Hanson, K., (2018), *J. Phys. Chem. Lett.* 9, 5810-5821.
- [47] https://en.wikipedia.org/wiki/Distributed_Bragg_reflector
- [48] Ding, H., Lu, L., Shi, Z., Wang, D., Li, L., Li, X., Ren, Y., Liu, C., Cheng, D., Kim, H., Giebink, N. C., Wang, X., Yin, L., Zhao, L., Luo, M., Sheng, X., (2018), *PNAS*, 115, 6632-6637.
- [49] Shi, Z., Ding, H., Hong, H., Cheng, D., Rajabi, K., Yang, J., Wang, Y., Wang, L., Luo, Y., Liu, K., Sheng, X., (2019), *Photon. Res.* 7, 1161-1168
- [50] Tsuda, S., Knox, W.H., Cundiff, S. T., (1996) *Appl. Phys. Lett.*, 69, 1538-1540.
- [51] [https://en.wikipedia.org/wiki/Transfer-matrix_method_\(optics\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Transfer-matrix_method_(optics))

Genetik Algoritma Kullanılarak Verilerin Karma Normal Modele Dayalı Kümelmesi

Maruf Gögebakan*¹, Tayfun Servi²

*¹ Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Denizcilik İşletmeleri Yönetimi Bölümü,
BANDIRMA / BALIKESİR

² Adıyaman Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi İktisat Bölümü, ADIYAMAN

(Alınış / Received: 11.11.2019, Kabul / Accepted: 16.12.2019, Online Yayınlanma / Published Online: 31.12.2019)

Anahtar Kelimeler

Genetik Algoritma,
Karma Normal Model,
Modele dayalı kümeleme,
Bilgi kriterleri

Öz: Bu çalışmada, çok değişkenli homojen ve heterojen büyük verilerin kümelemesi için yeni bir kümeleme algoritması geliştirildi. Heterojen verideki parçalanmalar, kümelerin sayısını ve yerini belirler. Heterojen verilerdeki parçalanmaların sayısı, hem grafiksel hem de hesaplamalı yöntemlere dayalı olarak belirlenir. Grafiksel yöntemlerde her bir değişkenin olasılık grafikleri, hesaplamalı yöntemlerde ise her değişkenin tek değişkenli karma normal dağılımları kullanılır. Genetik algoritmalar, heterojen verideki parçalanmalara karşılık gelen kümelene merkezlerinin yerini ve yapısını belirlemede kullanılır. Kümelene merkezlerinin sayısı ve yapısına dayalı belirlenen modeller Karma normal dağılımlar kullanılarak elde edilir. Karma normal modellerdeki her bir küme merkezi, değişkenlerdeki parçalanmalara karşılık gelir. Karma normal modeller arasından veri yapısına uyan en iyi karma model karma normal dağılımlardan elde edilen bilgi kriterleri kullanılarak elde edilir.

Normal Mixture Model-Based Clustering of Data Using Genetic Algorithm

Keywords

Genetic Algorithm,
Gaussian Mixture Models,
Model Based Clustering,
Information Criteria

Abstract: In this study, a new clustering algorithm was developed for the clustering of multivariate homogeneous and heterogeneous big data. Fragments in heterogeneous data determine the number and location of clusters. The number of fragments in heterogeneous data is determined based on both graphical and computational methods. In graphical methods, the probability graphs of each variable are used, while the computational methods use the univariate mixture normal distributions of each variable. Genetic algorithms are used to determine the location and structure of clustering centers corresponding to fragmentation in heterogeneous data. Determined models based on the number and structure of cluster centers is obtained by using mixture normal distributions. Each cluster center in mixture normal models corresponds to fragmentation in the variables. The best mixture model that matches the data structure from the mixture normal models is obtained by using the information criteria obtained from mixture normal distributions.

Denizcilik İşletmeleri Yönetimi Bölümü, Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi, Balıkesir
İktisat Bölümü, Adıyaman Üniversitesi, Adıyaman
*İlgili yazar, email: mgogebakan@bandirma.edu.tr

1. Giriş

Sonlu karma dağılımlarda modele dayalı kümeleme, p -boyutlu çok değişkenli veriyi altgruplara ayırmak için kullanılan en etkili kümeleme yöntemlerindedir [1]. Çok değişkenli normal dağılımların karmasındaki her bileşeni, çok değişkenli heterojen verideki bir kümeye karşılık gelir [2]. Çok değişkenli heterojen verideki kümelenemenin, n tane p -boyutlu x_1, \dots, x_n gözleminde her biri bilinmeyen π_1, \dots, π_g olasılıkları ile sonlu sayıdaki g grup yoğunluklarının karmasından geldiği varsayılır [3]. Normal dağılımların karma modeli,

$$f(x_j; \theta) = \sum_{i=1}^g \pi_i f_i(x_j; \psi_i) \quad (1)$$

şeklinde yazılır. Burada $i = 1, \dots, g$ için π_i , $0 < \pi_i < 1$ arasında ve $\sum_{i=1}^g \pi_i = 1$ olacak biçimde i . küme veya grup için karma oranını göstermektedir. $j = 1, \dots, n$ için grup koşullu yoğunluk fonksiyonu $f_i(x_j; \psi_i)$, bilinmeyen parametreler vektörü ψ_i 'ye bağlıdır. Bu çalışmada $f_i(x_j; \psi_i)$ 'nin μ_i ortalamalı Σ_i varyans-kovaryans matrisli çok değişkenli normal dağılım olduğu varsayılır. Burada ψ_i , bileşenlerin parametre vektörüdür ve $\psi_i = (\mu_i, \Sigma_i)$ şeklinde gösterilir. $f_i(x_j; \mu_i, \Sigma_i)$ çok değişkenli olasılık yoğunluk fonksiyonu,

$$f_i(x_j; \mu_i, \Sigma_i) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{p}{2}} |\Sigma_i|^{\frac{1}{2}}} \exp \left\{ -\frac{1}{2} (x_j - \mu_i)^T \Sigma_i^{-1} (x_j - \mu_i) \right\} \quad (2)$$

denklemleri ile verilir. (2)'deki eşitlikte T üst indisi, matrisin transpozunu göstermektedir. Böylece (1)'deki eşitlikte $\theta = \pi_1, \dots, \pi_g, \psi_1, \dots, \psi_g$ vektörü, Ω parametre uzayında çok değişkenli normal dağılımların karmasının bilinmeyen parametrelerinin tümünü temsil eden vektördür.

Çok değişkenli veri setinde çoklu kümelendirme yapılarını tanımlamada değişkenlerin yapıları ve parçalanmaları veriye en uygun küme sayısını bulmada kullanılır [4]. Karma normal dağılımlarla kümeleme yapmak için kök seçim metodu verideki alt grup yapılarını tanımlamak üzere geliştirilmiştir [5]. Çok değişkenli sonlu karma modellerde değişkenlerdeki yapının belirlenmesi verideki maksimum küme sayısının belirlenmesi ile başlar. Belirlenen bu stratejide küme sayısının belirlenmesinde Genetik Algoritmalar kullanılır (GA) [6]. Normal dağılımların karmasındaki bütün parametreler, beklenti ve maksimum yapma (Expectation and Maximazation - EM) algoritmasıyla en çok olabilirlik (Maximum Likelihood) metodu kullanılarak belirlenir [7]. Veri için en iyi kümelendirme modeli, Akaike bilgi kriteri (AIC) [8] ve Bayesçi bilgi kriteri (BIC) [9] gibi bilgi kriterleri optimizasyon amaçlı kullanılabilir. AIC değeri minimum olan karma dağılım modeli optimum model olarak belirlenir ancak, AIC verideki kümelendirme sayısını olduğundan fazla göstermeye meyilli olduğundan başka bilgi kriterlerinede ihtiyaç vardır. Modele dayalı kümeleme yapmak için verilerdeki değişkenlerin parçalanmasına bağlı yeni bir Genetik Algoritma kullanarak karma normal dağılımlardan model sayılarıyla ilgili bir aralık elde edilir [10]. Büyük verideki ızgara yapılarında modele dayalı karma normal modellerin kümelendirme için değişken veri segmentasyonu kullanılır [11]. Uzaktan algılama görüntü verisinin karma normal modele dayalı yarı denetimli (semi-supervised) sınıflandırılmasında Genetik Algoritmalar kullanılır [12]. Sonlu karma modellerdeki model sayılarının ve yapılarının doğru ve etkili elde edilmesinde bilgi kriterleri kullanılır [13].

Bu çalışmada homojen ve heterojen değişkenler içeren on beş değişkenli verideki kümelendirmeyi karma normal dağılımları kullanarak belirlemek için yeni bir kümeleme algoritması geliştirilmiştir. Bu kümeleme algoritması ilk basamakta değişkenlerdeki heterojen yapıyı ortaya çıkarıp verileri kategorik verilere dönüştürmek için geliştirilen "değişken veri segmentasyonu" tekniğini kullanmaktadır. K-ortalamlar algoritması ile her bir değişkendeki küme yapısını belirleyip Genetik Algoritmalar ile modeller oluşturulmaktadır. Modele dayalı kümeleme için karma normal dağılımlardan karma modelleri elde edilip verideki en iyi kümelendirmeyi belirlemektedir.

Bu amaçla ikinci bölümde çok değişkenli heterojen verinin her bir değişkenindeki bölünme sayısına dayalı olarak parçalanmalar belirlenmiştir. Değişkenlerdeki parçalanmalara dayalı Genetik Algoritma kullanılarak verinin kümelendirme yapısı ve kümelendirme merkezlerinin sayısı hesaplanmıştır. Değişkenlerdeki parçalanmalar kullanılarak heterojen veride kümelendirme yapısı için karma normal dağılımlardan elde edilen aday modeller oluşturulmuştur. Oluşturulan aday modellerdeki parametreler tahmin edilmiştir. Her bir normal dağılımların karması için log-likelihood, AIC ve BIC değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan ve elde edilen değerlerin sonucuna göre çok değişkenli heterojen verideki kümelendirme yapısını belirleyen en iyi model seçilmiştir. Son bölümde bu çalışmayla ilgili yorumlar ve bazı sonuçlar verilmiştir.

2. Materyal ve Metot

Çok değişkenli verilerde her bir değişkendeki parçalanmalar tek değişkenli normal karma dağılımlar ve grafiksel yöntemler ile belirlenir [14]. Çok değişkenli veride her bir heterojen değişkendeki bölünme ya da parçalanma sayısının belirlenmesinde tek değişkenli karma modeller kullanılır. Bu çalışmada kullanılan metot ve prensiplerini teorik olarak ortaya koymak için simülasyon ile üretilen çok değişkenli sentetik veri seti kullanılmıştır. Sentetik veri setindeki her bir değişkene tek değişkenli karma normal model oluşturarak modelde bileşen sayısı belirlenir. Tek değişkenli normal dağılımların karması

$$f(x; \theta) = \sum_{i=1}^g \pi_i f_i(x; \mu_i, \sigma_i) \quad (3)$$

şeklinde gösterilir. Burada $f(x)$ tek değişkenli normal dağılımın karmalarının olasılık yoğunluk fonksiyonu, g karma dağılımdaki bileşen sayısı, π_i karma olasılık ağırlıklarını göstermektedir.

Tek değişkenli karma normal dağılımların olasılık yoğunluk fonksiyonları $f_i(x; \mu_i, \sigma_i)$, ortalama vektörü μ ve standart sapması σ olmak üzere,

$$f(x; \mu, \sigma^2) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{1}{2}\frac{(x-\mu)^2}{\sigma^2}\right\}, x \in \mathbb{R} \quad (4)$$

şeklinde ifade edilir. Değişkenlerdeki parçalanma sayısını elde etmek için karma normal dağılımların log-likelihood, AIC ve BIC gibi istatistiksel bilgi kriterleri kullanılmaktadır. Oluşturulan her bir tek değişkenli karma normal model için log-likelihood, AIC ve BIC değerleri değişkenlerdeki olasılık ağırlıkları π , ortalama vektörü μ ve varyansı σ^2 değerlerinden hesaplanır. Tek değişkenli karma modellerin parametreleri EM algoritması kullanılarak elde edilir. z tamamlanmış veride etiket vektörü olmak üzere EM kümeleme algoritmasında $\{X_1, X_2, \dots, X_n, Z_1, Z_2, \dots, Z_n\}$ verideki likelihood fonksiyonu,

$$L = f(x_1, x_2, \dots, x_n, z_1, z_2, \dots, z_n; \pi, \theta) = \prod_{i=1}^n \prod_{g=1}^k [\pi_g f(x; \theta_g)]^{z_{gi}} \quad (5)$$

şeklinde elde edilir. Burada likelihood fonksiyonundaki hesaplamaların daha kolay elde edilmesi için fonksiyonun logaritması alınarak log likelihood fonksiyonu,

$$\ln L(\pi, \theta; x_1, x_2, \dots, x_n, z_1, z_2, \dots, z_n) = \sum_{i=1}^n \sum_{g=1}^k z_{gi} \ln[\pi_g f(x; \theta_g)] \quad (6)$$

olarak elde edilir. Buradaki amaç likelihood fonksiyonunun değeri en büyük yapan etiket vektörünü elde etmektir. EM algoritması iki adımdan oluşur, ilk adım (E) beklenti adımı ve ikinci adım (M) en büyük yapma adımıdır.

E Adımı: Bayesci bir kümeleme yaklaşımı olan EM algoritmasında z_{gi} değerlerini tahmin etmek için koşullu beklenen değer,

$$\hat{z}_{gi} = E(z_{gi} | x; \pi, \theta) = \frac{\pi_g f(x; \theta_g)}{\sum_{g=1}^k \pi_g f(x; \theta_g)} \quad (7)$$

şeklinde tahmin edilir.

M Adımı: Bu adımda olasılık ağırlıkları toplamı $\sum_{g=1}^k \pi_g = 1$ olduğundan dolayı log likelihood fonksiyonunu maksimize etmek için

$$\ln L(\pi, \theta; x_1, x_2, \dots, x_n, z_1, z_2, \dots, z_n) = \sum_{i=1}^n \sum_{g=1}^k \hat{z}_{gi} \ln[\pi_g f(x; \theta_g)] \quad (8)$$

denklemini kullanılır. EM algoritması loglikelihood fonksiyonundaki parametre değerleri değişmeye kadar denemeye devam eder ve parametreleri tahmin etmiş olur.

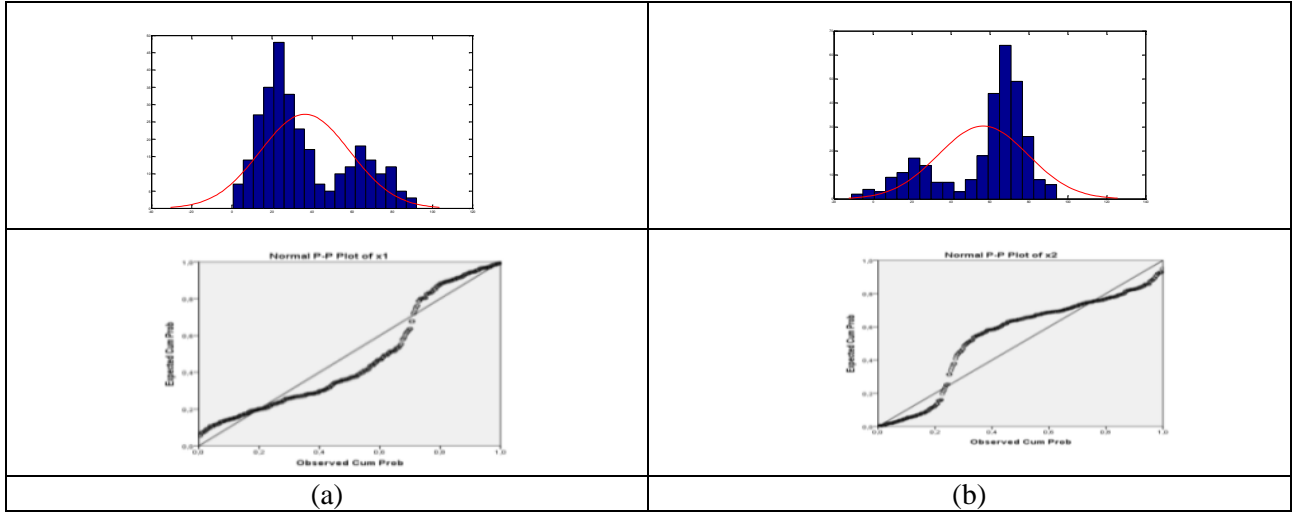
Her bir heterojen değişkendeki parçalanmayı model tabanlı belirlemek amacıyla parametreleri tahmin edilen log-likelihood fonksiyonlarından ve AIC ve BIC değerleri hesaplanır. Log-likelihood fonksiyon değerinin maksimum, AIC ve BIC değerlerinin minimum olduğu modelde parçalanma sayısı optimum olarak bulunur.

Tablo 1.Değişkenlerdeki parçalanmaların tek değişkenli karma normal modellerin Log-likelihood, AIC ve BIC değerlerine göre belirlenmesi.

Değişken No	Log-Likelihood	AIC	BIC	Parçalanma sayısı
1	-1753.4	3510.7	3510.8	2
	-1704.7	3419.4	3439.4	
	-1702.3	3420.6	3452.5	
2	-1775.8	3555.7	3563.7	2
	-1693	3369	3416	
	-1693	3402	3433.9	
3	-1485.9	2975.9	2983.8	1
	-1485.8	2981.5	3001.5	
	-1485.4	2986.7	3018.6	
4	-1471.2	2948.3	2956.3	1
	-1471.7	2953.4	2973.4	
	-1471.8	2959.6	2991.5	
5	-1482.6	2969.3	2977.3	1
	-1482.6	2975.3	2995.3	
	-1480	2977	3009	
6	-1489.4	2982.8	2990.7	1
	-1488.5	2986.9	3006.9	
	-1486.6	2989.2	3021.2	
7	-1495	2993.9	3001.9	1
	-1495	2999.9	3019.9	
	-1494	3003.9	3035.9	
8	-1491.4	2986.8	2994.8	1
	-1490.7	2991.3	3011.3	
	-1490.4	2996.7	3028.7	
9	-1500.6	3005.2	3013.1	1
	-1500.5	3010.9	3030.9	
	-1500.5	3017	3048.9	
10	-1499.8	3003.7	3011.7	1
	-1499.9	3009.8	3029.7	
	-1499.8	3015.6	3047.6	
11	-1490.6	2985.2	2993.2	1
	-1490.6	2991.2	3011.2	
	-1490.3	2996.6	3028.6	
12	-1468.8	2941.5	2949.5	1
	-1466.3	2942.6	2962.6	
	-1460	2948.1	2980	
13	-1488.2	2980.4	2988.4	1
	-1487.1	2984.2	3004.2	
	-1487	2989.9	3021.9	
14	-1478.6	2961.2	2969.2	1
	-1478.6	2967.3	2987.2	
	-1475.4	2965.1	2997	
15	-1475.3	2954.5	2962.5	1
	-1476.6	2959.3	2979.2	
	-1471.5	2959	2991.	

Çok değişkenli büyük veri setinde her bir değişkendeki parçalanma sayısını belirlemek için tek değişkenli karma normal dağılımında bileşen sayısı $k = 1,2,3$ olarak girilmiş ve üç değer arasından en iyi parçalanma sayısı bulunan istatistiksel bilgi kriterlerindeki kırılma sayısına göre belirlenmiştir. Kümeleme sayısındaki üst limit olan n sayısı grafiksel yöntemlerdeki olasılık grafiklerindeki normal doğru ile kesişme sayısına göre belirlenmektedir. On beş değişkenli büyük veride her bir değişken için elde edilen değerlere bakılarak

X_1 ve X_2 değişkenlerinde uygun parçalanma sayısı $k_1 = 2$ ve $k_2 = 2$ olarak elde edilmiş, tablodaki diğer X_3, X_4, \dots, X_{15} değişkenlerde parçalanmanın olmadığı homojen yapı gözlenmiştir. Çok değişkenli verideki her bir değişkenin Histogram ve Normal P-P grafiklerine bakılarak değişkenlerde parçalanmaların olup olmadığına karar verilebilir.



Şekil 1. On beş değişkenli veri setindeki (a) X_1 değişkeni (b) X_2 değişkeni için histogram ve P-P grafikleri. Çok değişkenli veri setinde X_1 ve X_2 değişkenleri için uygun parçalanmanın belirlenmesinde histogram grafiğindeki tepe (mod) sayısı ve P-P grafiğinin normallik veya $y = x$ doğrusu ile verideki gözlemlerin oluşturduğu eğrinin kesişim sayısına bakılarak parçalanma sayıları belirlenir. **Şekil 1** deki grafiklere bakılarak birinci veri setinde $k_1 = 2$ ve $k_2 = 2$ olarak tahmin edilmiştir. X_1 değişkeni iki normal dağılımın karması, X_2 değişkeni iki normal dağılımın karmasından meydana gelmiştir.

2.1. Değişkendeki Parçalanmalara Düşen Gözlemlerin K-Ortalamalar Algoritması ile Belirlenmesi

Çok değişkenli veride değişken veri parçalanması uygulandıktan sonra elde edilen heterojen değişkenlerdeki parçalanmalara değişkendeki hangi gözlemlerin düşeceği k -ortalamalar algoritması ile belirlenir. Heterojen X_1 ve X_2 değişkenlerinin parçalanmaları sırasıyla X_{11}, X_{12} ve X_{21}, X_{22} olarak altgruplara ayrılmıştır. Veri setindeki diğer değişkenler homojen yapıda olduğundan altgrupları bulunmamaktadır. Başlangıçta her bir değişkenin parçalanma sayısı k kadar merkez sayısı belirlenerek adimsal işlemlerle gözlemler arasındaki uzaklıklara göre merkez etrafındaki en yakın gözlemler parçalanmalara atanmaktadır. Seçilen giriş küme merkezi değeri ile gözlemler arasındaki uzaklık

$$\operatorname{argmin}_s \sum_{i=1}^k \sum_{j \in S_i} \|x_j - \mu_i\|^2 \quad (9)$$

denklemini ile hesaplanır. Parçalanmalar arası mesafenin maksimum (heterojenlik) aynı zamanda parçalanmalara düşen gözlemler arası mesafenin minimum (homojenlik) olduğu durum optimum kümelenebilir. $n \times 15$ tipindeki veri setinde değişken veri parçalaması ve parçalanmaların bulunduğu değişkenlere k -ortalamalar algoritması uygulanarak değişkenlerdeki heterojenlik incelenmiştir. Çok değişkenli veri setinde X_1 ve X_2 değişkenlerinde parçalanma olduğundan veri iki değişkenli $n \times 2$ formundadır. İki değişkenli veri matrisi $X = [X_1, X_2]$ şeklinde gösterilebilir. n_1 elemanlı X_1 değişkeni $X_1 = \begin{bmatrix} X_{11} \\ X_{12} \end{bmatrix}$ şeklinde gösterilir, burada X_{11} ve X_{12} sırasıyla n_{11} ve n_{12} elemanlı olup $n_1 = n_{11} + n_{12}$ olarak elde edilir. n_2 elemanlı X_2 değişkeni $X_2 = \begin{bmatrix} X_{21} \\ X_{22} \end{bmatrix}$ şeklinde gösterilir, burada X_{21} ve X_{22} sırasıyla n_{21} ve n_{22} elemanlı olup $n_2 = n_{21} + n_{22}$ olarak elde edilir.

Çok değişkenli veri setindeki değişkenler ve değişkenlere k -means algoritması uygulandıktan sonra değişkenlerdeki parçalanmalara düşen gözlem sayıları **Tablo 2.** de verilmiştir.

Tablo 2. On beş değişkenli veri setindeki değişkenler ve değişkenlerdeki parçalanmalara düşen gözlem sayıları.

Değişken	X_1		X_2		X_3	X_4	X_5
Değişken parçaları	$X_{1,1}$	$X_{1,2}$	$X_{2,1}$	$X_{2,2}$			
Gözlem sayısı	$n_{1,1} = 120$	$n_{1,2} = 280$	$n_{2,1} = 150$	$n_{2,2} = 250$	$n_3 = 400$	$n_4 = 400$	$n_5 = 400$
Değişken	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}
Gözlem sayısı	$n_6 = 400$	$n_7 = 400$	$n_8 = 400$	$n_9 = 400$	$n_{10} = 400$	$n_{11} = 400$	$n_{12} = 400$
Değişken	X_{13}			X_{14}		X_{15}	
Gözlem sayısı	$n_{13} = 400$			$n_{14} = 400$		$n_{15} = 400$	

2.2. Karma Normal Modellerde Küme Merkez Sayısı ve Yerinin Belirlenmesi

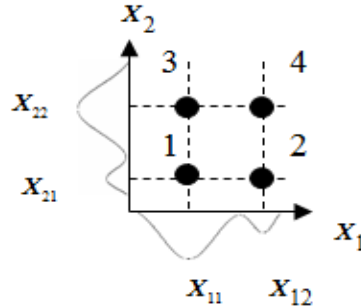
Çok değişkenli X_1 ve X_2 değişkenin heterojen ve diğer değişkenlerin homojen olduğu veri setinde modeldeki kümelene merkez sayıları değişkenlerdeki parçalanmalara bağlı olarak hesaplanır. Değişkenlerdeki parçalanmaların sayısı kümelene merkez sayısını, parçalanmalara düşen gözlem değerleri ve sırasıyla, kümelene merkezlerinin yerini, şeklini ve büyüklüğünü belirlemektedir [15]. Modeldeki değişkenlerin parçalanmalarının oluşturduğu maksimum ve minimum kümelene merkezlerinin sayısı C_{max} ve C_{min} , $s = 1, \dots, p$ olmak üzere k_s değerlerine bağlı olarak,

$$C_{max} = \prod_{s=1}^p k_s, \quad C_{min} = \max\{k_s\} \quad (10)$$

denklemlerinden hesaplanır. Verideki parçalanmalara karşılık gelen en çok kümelene merkezi sayısı

$$C_{max} = k_1 \cdot k_2 \cdot \dots \cdot k_{15} = 2 \cdot 2 \cdot 1 \cdot \dots \cdot 1 = 4 \text{ ve en az kümelene merkezi sayısı}$$

$$C_{min} = \max\{k_1, k_2, \dots, k_{15}\} = \max\{2, 2, 1, \dots, 1\} = 2 \text{ olarak elde edilir.}$$



Şekil 2. On beş değişkenli büyük veride X_1 ve X_2 değişkeninin alt gruplarına karşılık gelen küme merkezleri

Şekil 2. te gösterilen modelde her bir küme merkezi değişkenlerdeki alt gruplara karşılık gelir. 1. küme merkezi X_{11} ve X_{21} alt gruplarından, 2. küme merkezi X_{12} ve X_{21} alt gruplarından, 3. küme merkezi X_{11} ve X_{22} alt gruplarından, X_{12} ve X_{22} alt gruplarından meydana gelir.

2.3. Çok Değişkenli Büyük Veride Karma Normal Modellerde Toplam Model Sayısı ve Modellerin Yapısının Belirlenmesi

On beş değişkenli X_{11} ve X_{21} değişkenin ikiye bölündüğü ve diğer değişkenlerde parçalanmanın olmadığı durumda kümelene merkezleri için M_{toplam} ile gösterilen oluşabilecek tüm modellerin sayısı

değişkenlerdeki parçalanmalara bağlı

$$M_{Toplam} = 2^{C_{Max}} - 1 = 2^4 - 1 = 15 \quad (11)$$

olarak elde edilir. Burada çıkarılan 1 model varsayıma uymayan kümelene merkezi bulunmayan boş modeldir.

2.4. Karma Normal Modellerde Aday Model Sayısının Hesaplanması

Çok değişkenli veride heterojen değişkenlerin alt gruplarından oluşan küme merkezlerinin sayısı ve yerine bağlı olarak model sayısı hesaplanır. Karma normal modeller oluşturulurken değişkenlerdeki her parçalanmaya en az bir küme merkezi karşılık gelir. Alt gruplara karşılık gelmeyen merkezlerin bulunduğu modeller geçerli olmayan modeller olarak hesaplamalardan çıkarılır. Geçerli modeller Şekil 2. te gösterilen merkezler üzerinden kısaca her satır ve her sütunda en az bir kümelene merkezi bulunacak varsayımına dayanır. Varsayıma uyan modeller uygun aday modellerdir. Uygun aday model sayısı değişken sayısı ve değişkenlerdeki parçalanma sayısına bağlı olarak hesaplanabilir. Alt grup bulunmayan homojen değişkenlerin küme merkezi oluşturmada ve model oluşumunda etkisi bulunmadığından karma normal modeller iki değişkenli modellerden oluşturulur.

Heterojen değişkenlerin ikiye bölündüğü durumda veride olabilecek sırasıyla minimum ve maksimum kümelene merkez sayısı 2 ve 4 olan karma modeller için merkez sayıları, merkezlerin konumları, model sayısı için bağıntılar ve model sayıları Tablo 3. de verilmiştir. Model sayıları arasından uygun adayların sayılarının hesaplanması zor bir problemdir. Değişken sayısının artması ve her değişkendeki parçalanma sayısına göre olabilecek küme sayılarının değişmesi ile çok parametrelili bir kombinatorik probleme dönüşmektedir. Burada satır ve sütunlara düşen küme sayısına göre kombinatorik hesaptan bağıntılar elde edilmiştir.

Tablo 3. Karma normal modellerde uygun aday modeller için merkez sayıları, merkezlerin konumları, model sayısı için bağıntılar ve model sayıları.

Merkez Sayısı	Merkezlerin Konumu	Modellerin Sayısı İçin Bağntı	Model Sayısı
2 merkezli	1 1 şeklinde parçalananan model	$\binom{2}{1}\binom{1}{1} = 2! = 2$	2
3 merkezli	2 1 şeklinde parçalananan model	$\binom{2}{1}2! = 2.2 = 4$	4
4 merkezli	2 2 şeklinde parçalananan model	$\binom{4}{4} = 1$	1
Toplam model sayısı		$2^{2.2} - 1 = 15$	
Toplam Uygun model sayısı		$0 + 0 + 2 + 4 + 1 = 7$	

Varsayım altındaki uygun aday model sayısının hesaplanmasındaki problem bir matristeki grup yapısına karşılık gelmektedir. Varsayımdaki değişkenler ve değişkenlerin parçalanmaları matrisin satır ve sütunlarına karşılık gelmektedir. n_{ij} elemanı i . satır ve j . sütundaki küme merkezini göstermek üzere, $n \times m$ tipindeki sıfırlardan oluşan bir kare matriste her satır ve her sütunda en az bir kümelene merkezi olduğu başka bir ifade ile sıfırdan farklı en az bir elemanın bulunduğu matrislerin sayısı

$$\begin{aligned}
 f(n; k) &= \sum_{i=0}^n (-1)^i \binom{n}{i} \sum_{j=0}^m (-1)^j \binom{(n-i)(m-j)}{k} \\
 &= \sum_{i,j=0}^{n,m} (-1)^{i+j} \binom{n}{i} \binom{m}{j} \binom{(n-i)(m-j)}{k}
 \end{aligned} \tag{12}$$

şeklinde hesaplanır [16].

Burada n_r değişkenlerdeki veya matrisin boyutlarına karşılık gelen parçalanmaları, i_r parçalanmalardaki küme sayısını ve k karma modeldeki küme sayısını göstermektedir.

Bu yedi uygun duruma karşılık gelen kümelene yapılarının modelleri Tablo 4. te verilmiştir.

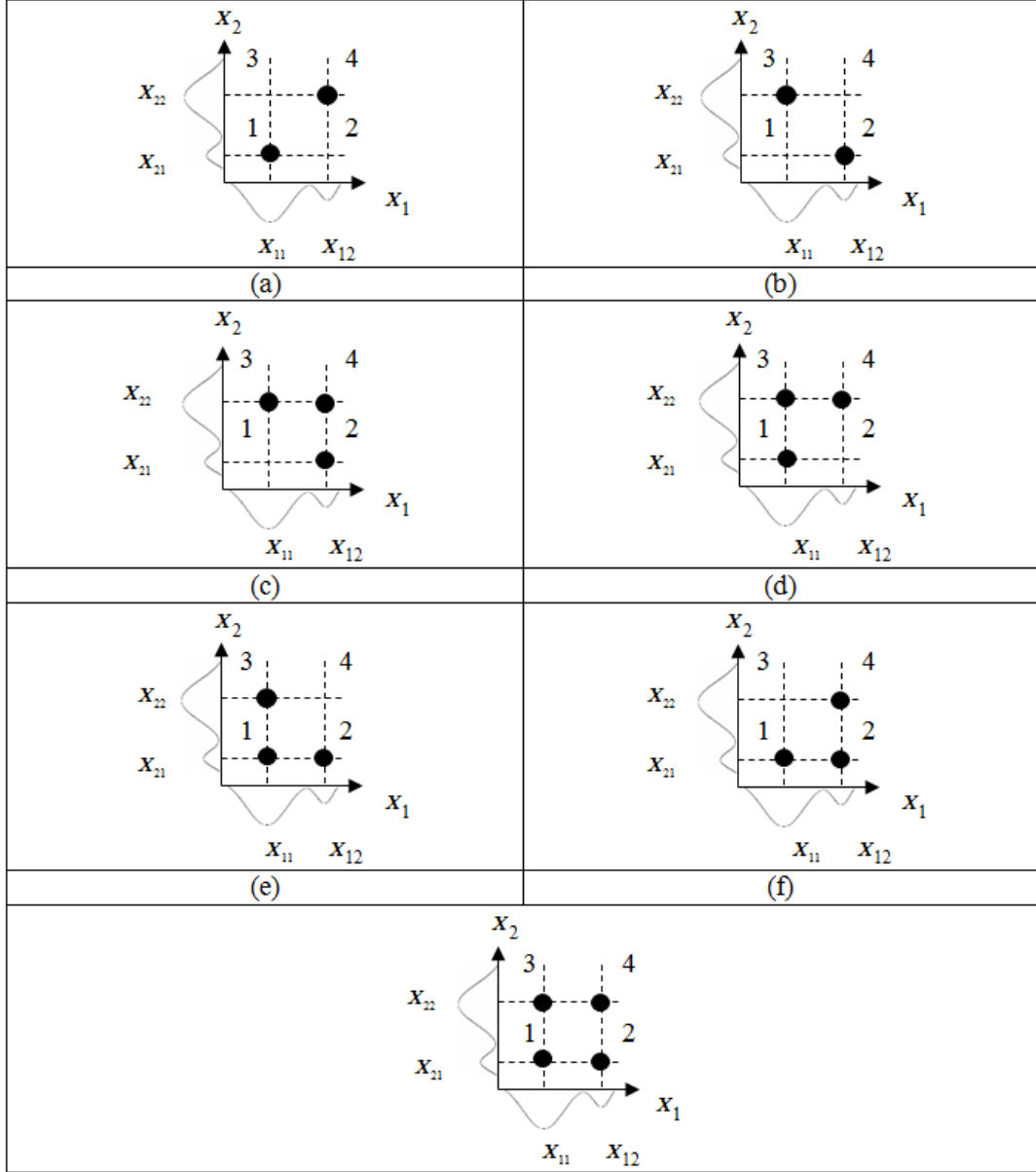
Tablo 4. Çok değişkenli X_1 ve X_2 değişkenin ikiye bölündüğü ve diğer değişkenlerde parçalanmanın olmadığı karma normal modeller arasından varsayıma uyan uygun aday modellerin sayısı, genetik algoritmaya karşılık gelen küme yapılarının dizi gösterimleri.

Kümelenme Sayısı	Merkez	Durum Sayısı	Uygun Durum Sayısı	Uygun Durumlara Karşılık Gelen Modellerin Dizi Gösterimleri
				123456...15
Bir Küme Modeller	Merkezli	4	-	-
İki Küme Modeller	Merkezli	6	2	100100000000000 011000000000000 111000000000000
Üç Küme Modeller	Merkezli	4	4	110100000000000 101100000000000 011100000000000
Dört Küme Modeller	Merkezli	1	1	111100000000000

Çok değişkenli büyük veride değişkenlerdeki heterojenlik, her bir değişkene tek değişkenli karma normal model uygulanarak değişken veri parçalama metodu ile ortaya çıkarılmıştır. On beş değişkenli veri setinde Tablo 4. teki değerlere bakılarak X_1 ve X_2 değişkenlerinde $k_1 = 2$ ve $k_2 = 2$ parçalanma belirlenmiş diğer X_3, X_4, \dots, X_{15} değişkenlerinde parçalanmanın bulunmadığı yani homojenlik tespit edilmiştir. Veri setindeki homojen değişkenler model oluşturmada etkisi olmadığından elenmiştir. Veri setindeki model oluşturmada etkisi bulunmayan değişkenlerin elenmesi değişken seçimi (variable selection) olarak adlandırılır. Çok değişkenli veri setinde değişken seçimi yapılıncaya boyut indirgeme (dimension reduction) işlemi yapılmıştır. Boyut indirgenince iki değişkenli veri setinde her bir değişkenin ikiye parçalandığı yapı oluşmuştur.

2.5. Karma Normal Modellerde Uygun Aday Modellerin Oluşturulması ve Parametre Tahminleri

İki değişkenli karma normal dağılım modelleri için bileşen ağırlıkları, ortalama vektörleri ve varyans-kovaryans matrisleri verideki heterojen değişkenlerdeki parçalanmalar kullanılarak örnekleme dayalı tahmin edilmektedir. Karma modeldeki her bir merkezin olasılık ağırlıkları, ortalama vektörleri ve varyans-kovaryans matrisi modeldeki olasılık yoğunluk fonksiyonunu elde etmek için kullanılır. Tablo 4. te uygun aday modellerin genetik algoritma için dizi gösterimleri modeldeki merkezlerin numaralarına göre verilmiştir. Genetik algoritmayı model üzerinde uygularken modeli temsil eden dizdeki (DNA Sequence) "0" ve "1" elemanları (gen) modeldeki karşılık gelen merkezde yığılmanın (kümelenmenin) olup olmadığını göstermektedir. Eğer uygun aday modelde herhangi bir merkezde kümelenme varsa "1" yoksa "0" ile gösterilmiştir. Veri setindeki değişkenlerin her birisi matris gösteriminde satır ve sütunlara karşılık geldiğinden, iki boyutlu düzlemde uygun durumlar ve bu durumların merkezlerinin yerlerinin anlatıldığı modeller elde edilmiştir. İki değişkenli ve her değişkenin ikiye parçalandığı veri setinde oluşabilecek uygun aday modellerin dizi gösteriminden elde edilen modellerin ızgara yapısı Şekil 3. te verilmiştir.



Şekil 3. Çok değişkenli veri setinde (a) ve (b) iki merkezli karma normal, (c), (d), (e) ve (f) üç merkezli karma normal modeller ve (g) dört kümelendirme merkezli uygun aday karma normal modellerin düzlemsel grafiklerini göstermektedir.

Karma normal modellerdeki k küme merkez sayısını $i, j = 1, 2$ olmak üzere, Uygun aday modellerin ortalama vektörü μ_k , varyans-kovaryans matrisi Σ_k ve korelasyon katsayısı ρ_k sırasıyla $\mu_k = \begin{bmatrix} \mu_{1i} \\ \mu_{1j} \end{bmatrix}$, $\Sigma_k =$

$$\begin{bmatrix} \sigma_{1i}^2 & \rho_k \sigma_{1i} \sigma_{2j} \\ \rho_k \sigma_{2i} \sigma_{1j} & \sigma_{2j}^2 \end{bmatrix} \text{ ve } \rho_k = \text{Corr}(X_{1i} X_{2j}) = \frac{\sigma_{1i2j}}{\sigma_{1i} \sigma_{2j}}$$

olacak şekilde elde edilir. Bu durumda, k . küme merkezindeki veriler, $N(x; \mu_k, \Sigma_k)$ çok değişkenli normal dağılıma sahip olur.

2.6. Genetik Algoritma ile Karma Normal Model Oluşturulması

Çok değişkenli veri setindeki iki değişkenin her birinin ikiye bölünmesi durumunda oluşacak kümelendirme merkezleri Şekil 2. te gösterilmiştir. Tablo 4. te her bir veri setindeki parçalanmalara karşılık gelen ve varsayımlara uyan uygun aday modellerin dizi gösterimi verilmiştir.

Toplam 7 uygun aday model içerisinde iki, üç ve dört bileşenli karma normal modellere karşılık gelen modeller $u = 1, \dots, 4$ ve $i = 1, \dots, 4$ için, $0 < \pi_i < 1$ ve $\sum_{i=1}^4 \pi_i = 1$ olmak üzere normal bileşen yoğunluk fonksiyonları

$$f(x; \mu^{(u)}, \Sigma^{(u)}) = \sum_{i=1}^4 \pi_i f_i(x; \mu^{(u)}, \Sigma^{(u)}) \quad (13)$$

olmak üzere, olasılık ağırlıkları $\pi_i^{(u)} = \frac{\pi_i}{\sum_{i=1}^4 \pi_i}$, $x = 1, \dots, 4$ ve $y = 1, \dots, 4$ olmak üzere ortalama vektörleri

$$\mu_i^{(u)} = \begin{bmatrix} \mu_{1x}^{(u)} \\ \mu_{2y}^{(u)} \end{bmatrix} \text{ ve varyans-kovaryans matrisi } \Sigma_k^{(u)} = \begin{bmatrix} (\sigma_{1x}^{(u)})^2 & \rho_{1x,2y}^{(u)} \sigma_{1x}^{(u)} \sigma_{2y}^{(u)} \\ \rho_{2y,1x}^{(u)} \sigma_{2y}^{(u)} \sigma_{1x}^{(u)} & (\sigma_{2y}^{(u)})^2 \end{bmatrix} \text{ olarak}$$

ifade edilir.

3. Bulgular

Modele dayalı kümeleme yapmak için on beş değişkenli veride homojen değişkenler değişken seçimi ile elenip veride boyut indirgeme işleminden sonra iki değişkenli ve her bir değişkenin ikiye parçalandığı veri setindeki uygun aday modellerin karma normal modelleri genetik algoritma ile belirlenmiştir. Karma normal modeller arasından en iyi modelin seçimi uygun aday modellerin DNA dizilimindeki (1001) her bir gen ("0" ve "1") elemanlarına atanan ağırlıklar ve parametrelere göre istatistiksel öğrenme yöntemleri ile log-likelihood, AIC ve BIC gibi bilgi kriterleri yardımı ile belirlenir. Log-likelihood fonksiyonu

$$\log L(\Psi) = \sum_{j=1}^n \log(\sum_{i=1}^g \pi_i f_i(x_j; \theta_i)) \quad (14)$$

olarak elde edilir.

Çok değişkenli karma normal modellerin log-likelihood fonksiyonuna bağlı olarak Bayesci bilgi kriteri (BIC)

$$BIC = -2\log L(\Psi) + d \log n \quad (15)$$

olarak elde edilir. Burada n olasılık yoğunluk fonksiyonundaki gözlem sayısını, K bileşen veya grup sayısı ve p değişken sayısına bağlı olarak d modeldeki bağımsız parametre sayısını

$$d = (K - 1) + (Kp) + \left(Kp \frac{(p+1)}{2} \right) \quad (16)$$

elde edilir. Akaike bilgi kriteri de (AIC) log-likelihood fonksiyonuna bağlı olarak

$$AIC = -2\log L(\Psi) + 2d \quad (17)$$

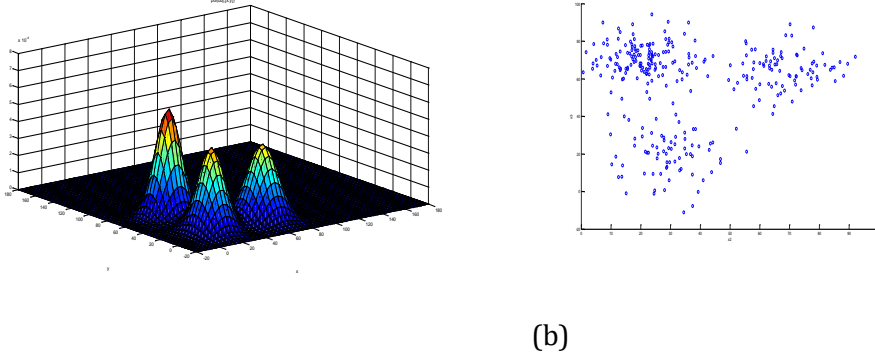
şeklinde elde edilir.

On beş değişkenli büyük verilerin parçalanması ile elde edilen segmentasyona dayalı değişken seçimi (variable selection) yapılarak homojen yapıdaki değişkenler çıkarıldıktan sonra iki değişkendeki ikiye parçalanmadan kaynaklanan küme merkezlerine göre uygun aday modellerin log-likelihood, AIC ve BIC değerlerinin hesaplandığı değerler Tablo 5. te verilmiştir.

Tablo 5. Genetik algoritma ile belirlenen iki değişkenli karma normal dağılımların modele dayalı kümelenmesi için Log L, AIC ve BIC değerleri.

Model	Log L (Ψ)	AIC=-2ln L(Ψ)+2d	BIC=-2ln L(Ψ)+d log n	d
1.	-3979	7980	7958	11
2.	-4544.6	9111.1	9089.1	11
3.	-4091.8	8217.6	8183.6	17
4.	-4103.8	8241.5	8207.5	17
5.	-3466.5	6967	6933	17
6.	-4050.2	8134.5	8100.5	17
7.	-3550.9	7147.9	7101.9	23

Modele dayalı kümeleme için çok değişkenli karma normal modeller arasından en iyi modelin seçimi modellerin log-l, AIC ve BIC değerlerine dayalı olarak belirlenmektedir. Çok değişkenli veri setinde karma normal modellerden uygun aday modellerin log-l, AIC ve BIC değerleri hesaplanmış ve Tablo 5. de verilmiştir. Uygun aday modeller arasından modele dayalı kümelemede en iyi model, log-likelihood değeri en büyük aynı zamanda AIC ve BIC değerleri en küçük olan modeldir. Elde edilen değerlere göre veri setindeki değişkenlerin parçalanmalarına düşen parametrelerinden elde edilen üç kümelenme merkezli ve Tablo 4'te verilen **101100000000000** gen dizilimine sahip karma normal Model (GMM) en iyi modeldir.



Şekil 4. On beş değişkenli büyük verideki X_1 ve X_2 değişkenlerindeki alt gruplardan oluşan modeller arasından veri yapısına uyan en iyi modelin (a) yoğunluk fonksiyonunun yüzey grafiği (b) saçılım grafiği.

4. Tartışma ve Sonuç

Çok değişkenli büyük veride değişkenlerin parçalanmasına dayalı karma modellerin elde edilmesi ve bu modeller arasından Genetik Algoritmalarla (GA) uygun modellerin belirlenmesi modele dayalı karma normal modeller ile belirlenmiştir. Aşamalı olarak gerçekleşen kümeleme algoritmasında veri yapısına uygun değişken seçimi ve bu heterojen değişkenler kategorilere dönüştürülmüştür. Karma modeller elde edildikten sonra modeldeki parametreler verideki olasılık ağırlıkları, ortalama vektörü ve kovaryans matrisleri kullanılmıştır. Böylece kümeleme algoritması için bilgi karmaşıklığı oluşmamış ve modeller hızlı aynı zamanda eksiksiz olarak elde edilmiştir. Elde edilen karma normal modeller arasından veriye en uygun kümeleme yapısı optimizasyon ile Değişken Veri Segmentasyonuna dayalı Karma Normal Model (GMM) kümeleme ile elde edilmiştir.

Kaynakça

- [1] Fraley, C. and Raftery, A. E. (2002). Model-Based Clustering, Discriminant Analysis, and Density Estimation. *Journal of the American Statistical Association*, 97, 611-631.
- [2] Fraley, C. and Raftery, A. E., 1998. How Many Clusters? Which Clustering Method? Answers via Model-Based Cluster Analysis. *The Computer Journal*, 41, 578-588.
- [3] McLachlan, G. J. and Chang, S. U. (2004). Mixture Modelling for Cluster Analysis. *Statistical Methods in Medical Research* 13, 347-361.
- [4] Galimberti, G. and Soffritti, G. (2007). Model-based methods to identify multiple cluster structures in a data set. *Computational Statistics and Data Analysis*. doi 10.1016/j.csda.2007.02.019.
- [5] Seo, B. and Kim, D. (2012). Root selection in normal mixture models. *Computational Statistics and Data Analysis*. 56, 2454-2470.
- [6] Nguyen, T. T., Liew, A. W. C., Tran, M. T., & Nguyen, M. P. (2014, August). Combining multi classifiers based on a genetic algorithm—a gaussian mixture model framework. In *International Conference on Intelligent Computing* (pp. 56-67). Springer, Cham.
- [7] McLachlan, G. J. and Krishnan, T. (1997). *The EM Algorithm and Extensions*. New York, Wiley.
- [8] Akaike, H., 1974. A new look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control* 19 (6): 716–723.
- [9] Schwarz, G., 1978. Estimating the dimension of a model, *Ann. Statist.* 6 pp. 461–464.
- [10] Servi, T. and Erol, H., 2007. On Total Number Of Candidate Component Cluster Centers And Total Number of Candidate Mixture Models In Model Based Clustering. *Selçuk Journal of Applied Mathematics* Vol.8. No.2. pp. 57 – 69.

- [11] Erol, H. Gogebakan, M. Erol, R. (2017) Grid Structures and Orientations Of Clusters Using Discretization Of Variables In Big Data. Proceedings of International Conference on Engineering, Technology, and Applied Science ICETA 2017, ISSN 2411-9318, pp. 16-31.
- [12] Gogebakan, M., & Erol, H. (2018). A New Semi-supervised Classification Method Based on Mixture Model Clustering for Classification of Multispectral Data. Journal of the Indian Society of Remote Sensing, 46(8), 1323-1331.
- [13] Akogul, S., & Erisoglu, M. (2017). An Approach for Determining the Number of Clusters in a Model Based Cluster Analysis. Entropy, 19(9), 452-0
- [14] Gogebakan, M., & Erol, H. (2019). Mixture Model Clustering Using Variable Data Segmentation and Model Selection: A Case Study of Genetic Algorithm, Mathematics Letters. Vol. 5, No. 2, 2019, pp. 23-32. doi: 10.11648/j.ml.20190502.12
- [15] Erol, H., 2013. A model selection algorithm for mixture model clustering of heterogeneous multivariate data. In Innovations in Intelligent Systems and Applications. 2013 IEEE International Symposium on Innovations in Intelligent Systems and Applications, At Albena, Bulgaria. (pp. 1-7). DOI: 10.1109/INISTA.2013.6577617
- [16] Cheballah, H., Giraud, S., & Maurice, R., 2015. Hopf algebra structure on packed square matrices. Journal of Combinatorial Theory, Series A, 133, 139-182.

Kapsüllenmiş Faz Değiştiren Malzemelerin Sıcak Su Tankları İçerisindeki Konumlarının Isıl Enerji Depolama Performansı Üzerindeki Etkisi

Doğan Erdemir*¹

*¹ Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği, KAYSERİ

(Alınış / Received: 05.09.2019, Kabul / Accepted: 26.12.2019, Online Yayınlanma / Published Online: 31.12.2019)

Anahtar Kelimeler

Düşey mantolu sıcak su tankı,
Güneş enerjili sıcak su sistemi,
Isıl enerji depolama,
Hibrit ısı enerji depolama

Öz: Güneş enerjili sıcak su sistemleri yenilenebilir enerji ve ısı enerji depolama uygulamalarının bilinen ve yaygın türlerinden biridir. Güneş enerjili sıcak su sistemlerinde kullanılan sıcak su tanklarının ısı enerji depolama kapasitesini arttırmak için tank içerisine faz değiştiren malzeme yerleştirmek yaygın bir yöntemdir. Bu çalışmada, kapsüllenmiş parafinlerin tank içerisindeki konumlarının ısı enerji depolama performansı üzerindeki etkisi deneysel olarak araştırılmıştır. Parafin kapsüllerin tank tabanından 0, 200, 400, 600 ve 800 mm mesafede yerleştirilmiştir. Yapılan çalışmanın sonucunda, parafin kapsüllerinin tank içerisinde sıcak su bölgesinin başladığı konumdan itibaren yerleştirilmesinin tanktan elde edilen sıcak su miktarını arttırdığı gözlenmiştir. Kapsüller tank tabanından 400 mm mesafede yerleştirilmesi durumunda tanktan 639 litre sıcak su elde edilmiştir. Parafin kapsüllerinin konumunun 0 mm olması durumunda ise 619 litre sıcak su elde edilmiştir. 400 mm'ye kadar elde edilen sıcak su miktarı artış gösterirken, 600 mm'den sonra tanktan elde edilen sıcak su miktarı düşmüştür.

Effect of Position of Encapsulated Phase Change Materials in Hot Water Tanks on Thermal Energy Storage Performance

Keywords

Vertical mantled hot water tank,
Solar domestic hot water system,
Thermal energy storage,
Hybrid thermal energy storage

Abstract: Solar domestic hot water systems are one of the known and common types of renewable energy and thermal energy storage applications. It is a common way to place phase change material in the tank in order to increase the thermal energy storage capacity of the hot water tanks used in solar domestic hot water systems. In this study, the effect of the location of encapsulated paraffin in the tank on thermal energy storage performance was investigated experimentally. Paraffin capsules were placed at a distance of 0, 200, 400, 600 and 800 mm from the tank bottom. As a result of the study, it was observed that the placement of paraffin capsules from the position where the hot water zone started inside the tank increased the hot water output from the tank. When the capsules were placed at a distance of 400 mm from the bottom of the tank, 639 liters of hot water were obtained from the tank. If the position of the paraffin capsules was 0 mm, 619 liters of hot water was obtained. While the amount of hot water obtained up to 400 mm increased, the amount of hot water obtained from the tank decreased after 600 mm.

Makine Mühendisliği Bölümü, Erciyes Üniversitesi, Kayseri
*İlgili yazar, email: erdemir@erciyes.edu.tr

1. Giriş

Enerji depolama; enerji arz talep dengesini kurmak açısından kullanılabilir önemli yöntemlerden biridir. Güneş enerjisi gibi enerji kaynağının sürekli olarak aktif olmadığı enerji kaynaklarında enerji kullanımına devam etmeyi ve enerji pik yüklerini pik olmayan saatlere kaydırmayı sağlarlar. Enerji depolama enerji kaynağı kullanımına devam etmek ve pik yükleri kaydırmanın dışında çok sayıda avantajları vardır. Enerji depolama sistemlerinin avantaj ve dezavantajları Dinçer ve Rosen [1] tarafından detaylı bir şekilde irdelenmiştir. Enerji depolama her bir

enerji türünde gerçekleştirilebilmektedir. Enerji depolama türlerinin; enerji depolama yoğunluğu, sistem ömrü, ilk yatırım maliyeti, gelişmişlik, çevresel etkiler vb. kriterler üzerinden değerlendirilmesi ve kıyaslanması [2] tarafından gerçekleştirilmiştir. Isıl enerji depolama sistemleri; enerji depolama sistemleri arasında teknik uygunluk ve kolay adapte olabilme açısından öne çıkmaktadır. Isı enerjisi dünya genelinde üretilen ve tüketilen enerjinin yarısından fazlasını kapsamaktadır. Ayrıca, enerji kayıplarının büyük kısmı yine ısı enerjisi olarak gerçekleşmektedir. Yaygın üretilen ve kullanılan enerji türü olması, kayıpları geri kazanmada direk olarak kullanılabilmesi açısından da ısı enerjisi depolama sistemleri önem arz etmektedir.

Güneş enerjili sıcak su elde etme sistemleri hem yenilenebilir enerji uygulaması hem de ısı enerjisi depolama uygulaması olarak hem bireysel hem de büyük ölçekte yaygın kullanılan sistemlerden biridir. Sıcak su tankları geçmişten günümüze ısı enerjisi depolamanın en yaygın kullanılan uygulamalarındandır. Sıcak su tanklarının yaygın bir uygulama alanına sahip olmasından dolayı, araştırmacılar tarafından incelenmiş ve iyileştirilmeye çalışılmıştır. Bir sıcak su tankı için en önemli performans kriterlerinden biri sıcaklık tabakalaşmasıdır. Ayrıca tanktan elde edilen sıcak su miktarı da hem kullanıcı memnuniyeti hem de direkt sistem çıkışı olmasından dolayı önemli bir performans kriteridir. İyileştirilmiş sıcak su tankları tanktan elde edilen sıcak su miktarını da arttırmaktadır [3-6]. Sıcak su tanklarının ısı enerjisi depolama kapasitesini ve tanktan elde edilen sıcak su miktarını arttırmak için tank içerisindeki faz değiştiren malzeme kullanımını etkin bir yöntemdir. Çünkü malzemeler faz değişimi sırasında daha yüksek miktarda enerji gerektirdiği ve ortaya çıkardığından dolayı aynı hacimde daha fazla miktarda enerji depolamaya olanak sağlamaktadır. Faz değiştiren malzemeler tank içerisine farklı şekillerde yerleştirilerek sıcak su tankında hem duyulur hem de gizli ısı enerjisi depolamaya olanak sağlamaktadır. Böylece tankın ısı enerjisi depolama kapasitesini önemli ölçüde arttırmaktadır.

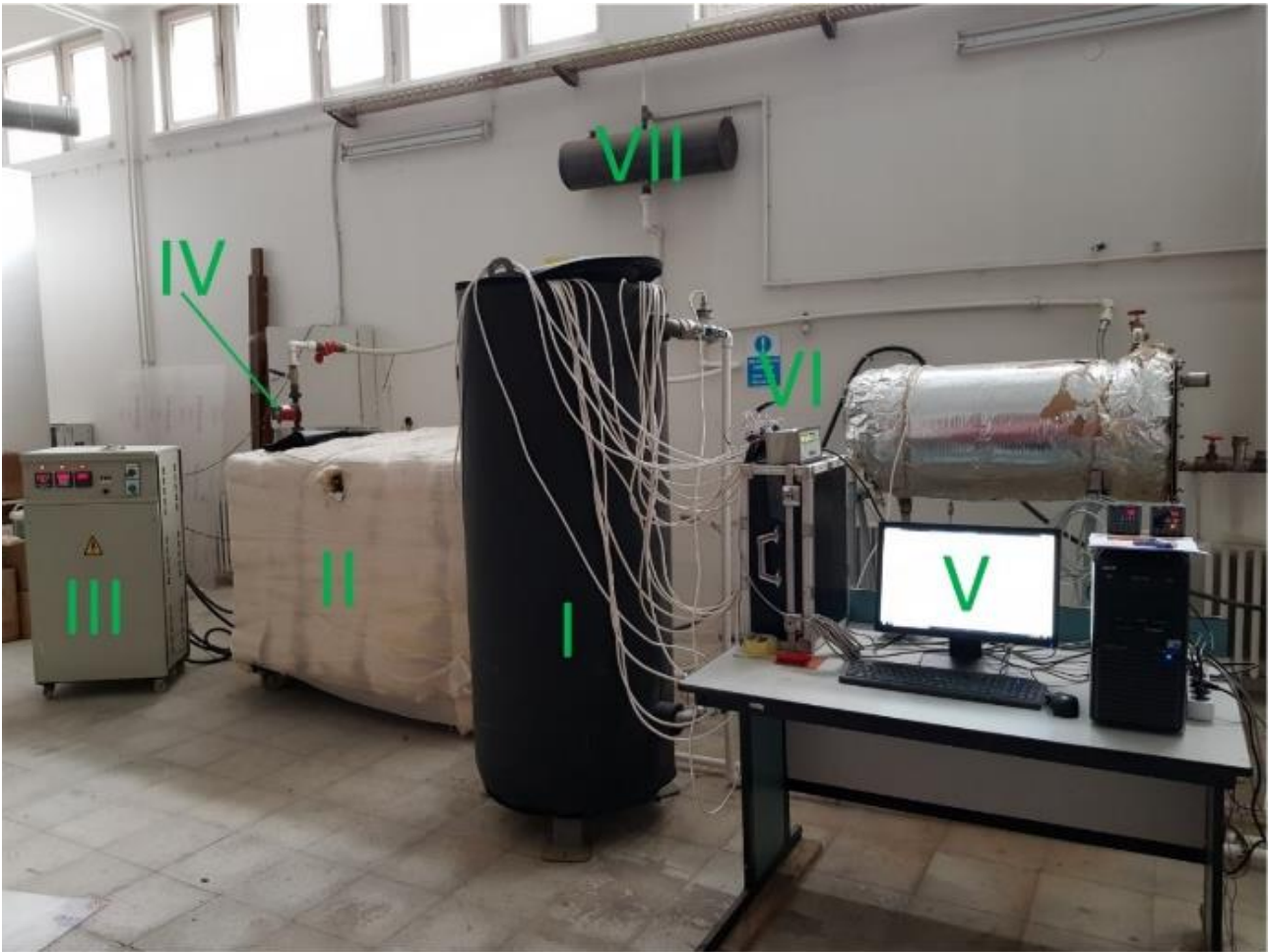
Elias ve Stathopoulos [7] enerji depolama sistemlerinde kullanılan faz değiştiren malzemeler ile alakalı son gelişmeleri ve potansiyelleri incelemişlerdir. Parhizi ve Jain [8] enerji depolama sistemlerinde kullanılan faz değiştiren malzemeleri incelemişler ve onların termofiziksel özelliklerinin sistemin performansını ve optimizasyonunu önemli ölçüde etkilediğini vurgulamışlardır. Alva vd. [9] bazı ısı enerjisi depolama malzemelerinin güneş enerjili sıcak su sistemlerinde kullanımı incelemişlerdir. Sharif vd. [10] ısıtma ve sıcak su elde sistemlerinde faz değiştiren malzeme kullanımı uygulamalarını incelemişlerdir. Sıcak su tanklarında faz değiştiren malzeme olarak sodyum asetat trihidrat kullanımının ısı enerjisi depolama performansını önemli ölçüde arttırdığı tespit edilmiştir [11, 12]. Kılıçkap vd. [13] sıcak su tanklarında kalsiyum klorür heksahidrat kullanımının faz değiştiren malzeme olarak etkisi irdelemişlerdir. Yang vd. [14] enerji depolama periyodunda kapsüllü faz değiştiren malzeme kullanımının bir gizli ısı enerjisi depolama sistemi üzerindeki etkisi incelemişlerdir. He vd. [15] bir sıcak su tankı içerisine 230 kg parafinin kapsüllenmiş şekilde yerleştirmenin etkisini deneysel olarak incelemişler ve bu çalışmanın sonucunda parafinin tankın enerji depolama kapasitesini %30 arttırdığını tespit etmişlerdir. Zhou vd. [16] güneş enerjili sıcak su sisteminde çelik kapsüller içerisinde parafin kullanmanın etkisini araştırmışlar ve parafinin tankın ve sistemin verimini arttırdığını gözlemlemişlerdir. Parakash vd. [17] parafin, puretemp68 ve stearik asit ve palmitik asit karışımı üç farklı faz değiştiren malzemenin sıcak su tankında kullanımının etkisini incelemişlerdir. Sıcak su elde etme sistemlerinde faz değiştiren malzeme duvarı kullanımının etkisi Thantong vd. [18, 19] tarafından araştırılmıştır. Frazzica vd. [20] sıcak su tanklarında makro olarak kapsüllenmiş parafin ve hidrat tuzlarının faz değiştiren malzeme olarak kullanımının etkisini incelemişler ve tanktan elde edilen sıcak su miktarını önemli ölçüde arttırdığını belirtmişlerdir. Mazman vd. [21] parafin, sterik asit ve palmitik asit ve miristik asit karışımının faz değiştiren malzeme olarak kullanımını gerçek şartlar altında 150 litrelik tankta deneysel olarak incelemişlerdir. Fazilati vd. [22] bir düşey mantolu sıcak su tankında küresel kapsüller içerisinde parafin kullanımının enerji depolama yoğunluğunu %39, ekserji verimini %16 ve elde edilen sıcak su tankını %25 arttırmıştır. Meng ve Zhang [23] boru şeklinde gizli ısı enerjisi depolama sisteminde parafin kullanımının etkisini incelemişlerdir. Agresti vd. [24] parafinin nano emülsiyon olarak ısı enerjisi depolama sisteminde kullanılmasını incelemişlerdir. Kahvaji vd. [25] parafinin termofiziksel özelliklerinin üretici firmalara göre önemli ölçüde değiştiğini vurgulamışlardır. Bu yüzden parafinin termofiziksel özelliklerinin iyi şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Nkwetta vd. [26] sıcak su tanklarında faz değiştiren malzeme kullanımını ve onların konumunun sıcak su ihtiyaç profiline göre değerlendirmesini yapmışlardır. Akgün vd. [27] parafinin katılma ve sıvılaşma karakteristiklerini incelemişlerdir. Felinski ve Sekret [28] vakum tüplü güneş enerjili sıcak su sistemlerinde parafin kullanımının etkisi araştırmışlar ve bu yeni sistemin verimini %45 ile %79 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Essa vd. [29] vakum tüplü güneş enerjili sıcak su sistemlerinde faz değiştiren malzeme kullanımını enerji yükleme ve boşaltma periyotlarında incelemişlerdir.

Literatür taramasından görüldüğü üzere, sıcak su tanklarında faz değiştiren malzeme kullanmanın tanktan elde edilen sıcak su miktarını arttırmak için önemli potansiyele sahiptir. Ayrıca, faz değiştiren malzeme kullanımının tankın sıcaklık tabakalaşması üzerinde önemli bir etkisi olmadığı görülmektedir. Bu çalışmada, tank içerisine 5 litrelik silindirik kapsüller içerisinde faz değiştiren malzeme olarak parafin yerleştirilmiştir. Parafin kapsüllerinin tank tabanından mesafesinin ısı enerjisi depolama üzerindeki etkisi deneysel olarak incelenmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Deneysel Sistemi

Bu çalışmada Şekil 1’de görülen deneysel sistemi kullanılmıştır. Deneysel sistemi; düşey mantolu sıcak su tankı, ısıtıcı tank, varyak trafo, pompa, bilgisayar, veri toplayıcı, genişleme tankı, debimetreler ve termokupplardan oluşmaktadır. Manto ve şebeke çevrimlerindeki anlık debileri ve geçen toplam su hacimlerini belirlemek için 2 adet debimetre kullanılmıştır. Debimetrelerin anlık ölçüm hassasiyeti $\pm\%1.5$ 'dir. Sıcaklık ölçümleri PT100 tipi termokupplarla gerçekleştirilmiş olup ölçüm hassasiyeti ise ± 0.2 °C'dir. Manto ve şebekeden geçen akışkanların debisini kontrol etmek için vanalar kullanılmıştır. Isıtıcı tank içerisinde 15 kW'lık rezistans bulunmaktadır. Rezistanslara elektrik akımı bir varyak trafo tarafından sağlanmaktadır. Varyak trafo üzerinde bir otomatik kontrol birimi bulunmakta olup, ısıtıcı tank içerisindeki sıcaklık suyun ± 2 °C tutulmaktadır. Isıtıcı tank içerisindeki su bir sirkülasyon pompasıyla düşey mantolu sıcak su tankına gönderilmektedir. Deneysel için şebeke suyu direk şebeke hattından sağlanmıştır. Deneysel sistemde akan suyun sıcaklık farklılıklarından kaynaklanan hacim değişimlerinin sisteme zarar vermemesi için bir genişleme tankı sisteme entegre edilmiştir. Termokupplardan ve debimetrelerden gelen bilgileri işlemek ve kaydetmek için bir adet ELİMKO E680 veri toplayıcı kullanılmıştır. Deneysel verilerinin işlenmesi ve görüntülenmesi için bir adet bilgisayar kullanılmıştır.



I: test tankı, II: ısıtıcı, III: varyak trafo, IV: pompa, V: bilgisayar, VI: veri toplayıcı, VII: genişleme tankı

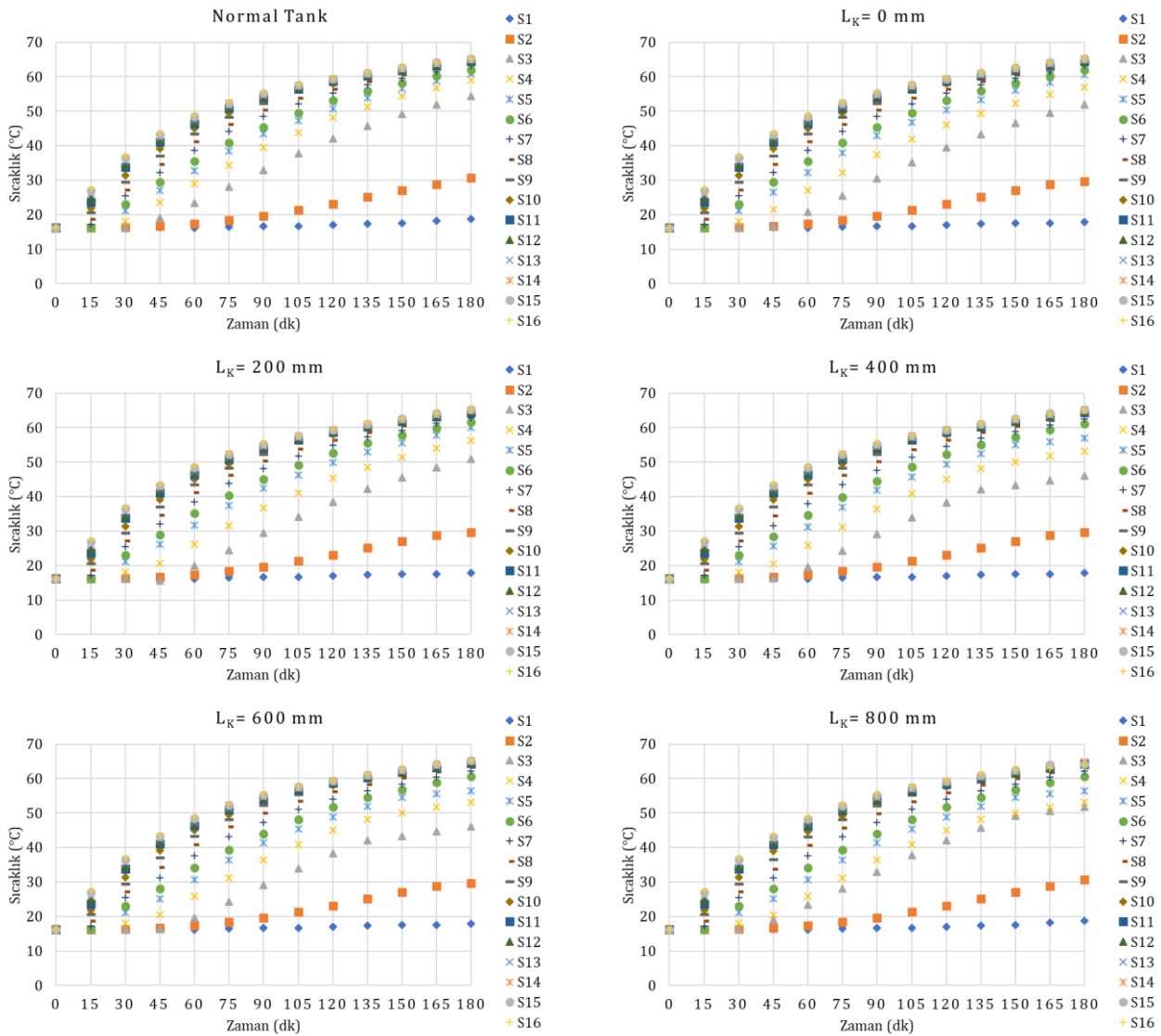
Şekil 1. Deneysel sistemin görünümü

2.2. Düşey Mantolu Sıcak Su Tankı

Bu çalışmada, güneş enerjili sıcak su sistemlerinde yaygın olarak kullanılan bir düşey mantolu sıcak su tankı kullanılmıştır. Tankın görünümü Şekil 1’de (I) numara ile verilmiştir. Test tankının şematik görünümü ve ölçüleri Şekil 2’de verilmiştir. Tank 450 litre olup, 2 mm kalınlığında paslanmaz çelik plakalardan üretilmiştir. Tankın giriş ve çıkışları 50 mm çaptadır. Tanktan çevreye olan ısı kaybını azaltmak için tankın üzeri 6 cm kalınlığında kauçuk köpük malzeme yalıtım malzemesi ile kaplanmıştır. Tank içerisinden ölçüm almak için tank tabanından başlayarak her 100 mm’de bir sıcaklık ölçümü alınmıştır. Toplamda 16 termokupl yerleştirilmiştir. Bu termokuplları tank içerisine yerleştirmek için 40 mm genişliğinde bir çubuk kullanılmıştır. Şekil 2.a’dan görüldüğü üzere,

3.1. Kapsül Konumunun Enerji Yükleme Periyodunda Sıcaklık Dağılımı ve Manto Giriş/Çıkış Sıcaklıkları Üzerindeki Etkisi

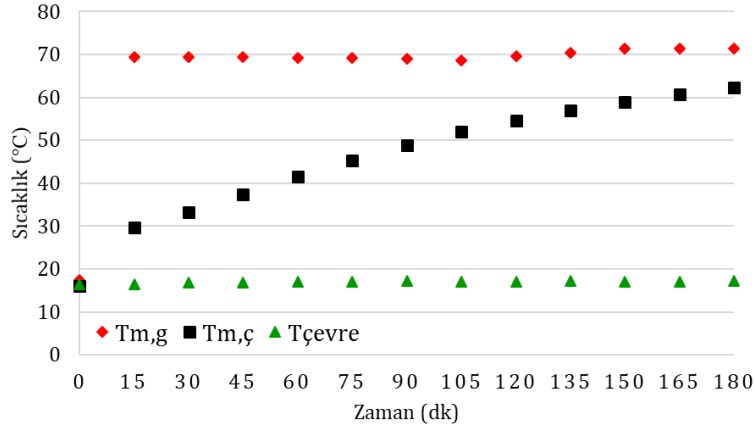
İçerisinde parafin kapsülü bulunmayan normal tank için ve tank tabanından farklı yüksekliklerde 13 kapsül bulunan durumlar için 180 dakikalık enerji yükleme periyodunda sıcaklıkların zamanla değişimi Şekil 3'te verilmiştir. Şekil 3'ten görüldüğü üzere, içeriside parafin kapsüllerinin bulunmayan tankta 180 dakikalık enerji depolama süresi sonunda tankın alt kısmında bir soğuk su bölgesi bulunmaktadır. Tank tabanından 100 mm'de su sıcaklığı neredeyse şebeke suyu sıcaklığına eşit olup 18°C 'dir. 200 mm mesafedeki su sıcaklığı ise 30.5°C 'dir. Tank tabanından 300 mm mesafeden sonra tank içerisindeki suyun sıcaklığı ani olarak yükselmiş ve 400 mm'den sonra tank içerisindeki sıcak su bölgesi başlamıştır. Termoklin (thermocline) bölgesi olarak adlandırılan düşük sıcaklıktan yüksek sıcaklığa geçiş bölgesi oldukça dar bir bölgede kalmıştır. Geçiş bölgesi kalınlığı yaklaşık 200 mm'dir. Tank içerisine kapsül yerleştirmek ve kapsül konumlarının sıcaklık dağılımı karakteristiği üzerinde önemli bir etkisi olmadığı Şekil 3'ten görülmektedir. Kapsüller bulunduğu konumların sıcaklık seviyesini etkilemiştir. L_K mesafesinin artmasıyla, Tankın alt kısmındaki soğuk bölgenin yeri değişirse de üst kısımdaki sıcak su seviyesi düşüş göstermiştir. $L_K=0$ ve 200 mm olduğu durumda, sıcaklık dağılımı karakteristikleri önemli bir değişiklik olmamakla beraber, S3, S4 ve S5 konumlarında yaklaşık 1°C 'lik düşüş gerçekleşmiştir. Ancak termoklin kalınlığında ciddi bir değişiklik olmamıştır. $L_K=400$ ve 600 mm olması durumunda, S3, S4 ve S5 sıcaklıklarında meydana gelen düşüşten dolayı tankın termoklin kalınlığı genişlemiştir. $L_K=800$ mm olduğu durumda, tankın alt S1 ile S7 arasındaki sıcaklık dağılımı normal tank ile benzerken, S8 ile S16 arasında parafin kapsüllerinin enerji absorbe etmesiyle beraber sıcaklıklar yaklaşık olarak 0.5 ile 1.5°C arasında düşmüştür. Sıcaklık dağılımı karakteristiğinden ve termoklin kalınlığından görüldüğü üzere, tank içerisindeki sıcaklık tabakalaşmasının derecesi tank içerisine kapsül yerleştirilmesiyle olumsuz etkilenmiştir. $L_K=400$ ve 600 mm olduğu durumlarda sıcaklık tabakalaşmasının derecesi en kötü durumdadır.



Şekil 3. Enerji yükleme periyodunda tank içerisindeki sıcaklık dağılımının zamanla gelişimi

Güneş enerjili sıcak su sistemlerinde sistemin sürekli kullanılmaması durumunda tank içerisinde sıcaklık seviyesi aşırı seviyede yükselir. Sistem kullanılmadığı zaman tank içerisindeki su sıcaklığı düşmeden yeniden yükseleceğinden su kaynamaya başlar. Bu durum buhara kalma olarak adlandırılır ve hem sisteme hem de kullanıcılara zarar verebilir. Buhara kalma durumunun önüne geçmek ve tank içerisindeki sıcaklığı kontrol etmek için tank içerisinde faz değiştiren malzeme kullanmak etkili bir yöntemdir. Şekil 3'ten görüldüğü üzere, tank içerisindeki sıcaklık, tank içerisine 13 kapsül ve 32.5 kg parafin yerleştirme ile tank içerisindeki sıcaklık 1.5 °C düşürülebilmektedir.

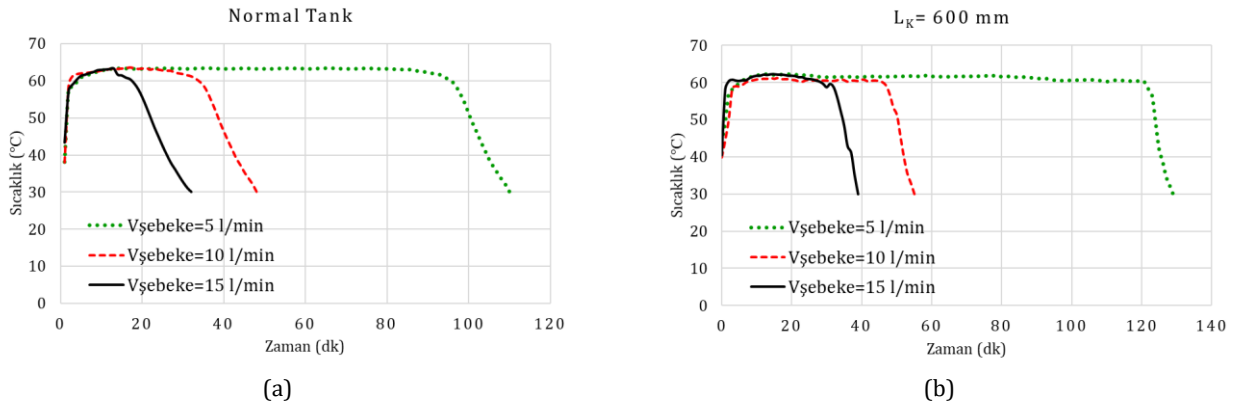
Deneyler sırasında enerji yükleme periyodunda sadece manto çevrimi aktifti. Deneyler tek bir enerji yükleme şartında ($T_{m,g}=70$ °C ve $V_{manto}=5$ l/min) şartında gerçekleştirilmiştir. Şekil 4'te enerji yükleme periyodunda manto giriş ve çıkış sıcaklıklarının zamanla değişimi görülmektedir. Şekil 4'teki durum tüm kapsül durumlarında benzerdir. Tüm durumlarda tanka aynı miktarda enerji yüklenmiştir. Çevre sıcaklığı tüm deneyler boyunca 18 ± 1 °C'de seyretmiştir.



Şekil 4. Enerji yükleme periyodunda manto giriş ve çıkış sıcaklıklarının zamanla değişimi

3.2. Kapsül Konumunun Şebeke Giriş ve Çıkış Sıcaklıkları Üzerindeki Etkisi

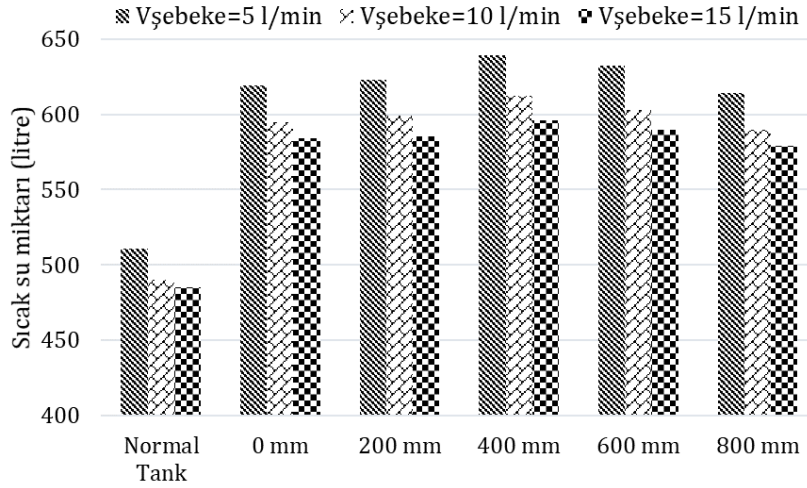
Bir sıcak su tankında depolanan enerjinin geri kazanılan kısmı, şebeke giriş ve çıkış sıcaklıklarından direk olarak anlaşılmaktadır. Sıcak su tanklarında şebeke giriş suyu giriş sıcaklığı sıcak su kullanımı sırasında genellikle sabit kalmaktadır. Bu çalışmada, enerji boşaltma döneminde şebeke giriş sıcaklığı 16 ile 17.5 °C civarında seyretmiştir. Şebeke giriş sıcaklığı neredeyse sabit seyrettiğinden şebeke çıkış sıcaklığının yüksekliği ve elde edilen sıcak suyun miktarı tanktan geri kazanılan enerji miktarını belirlemektedir. İçerisinde engel bulunmayan ve 13 kapsülün $L_K=600$ mm pozisyonun yerleştirildiği durumdaki şebeke giriş ve çıkış sıcaklıklarının zamanla değişimi Şekil 5'te görülmektedir. Şekil 5'ten görüldüğü üzere, içerisinde kapsül olmayan duruma göre şebeke çıkış sıcaklığı yaklaşık 1.5 °C düşmüş ancak enerji boşaltma periyodu uzamıştır. Şebeke debisinin 5 l/dk olduğu durumda normal tankta enerji boşaltma süresi 32 dakika sürmüştür, 13 kapsülün $L_K=600$ mm konumunda olduğu durumda ise 39 dakika sürmüştür. Şebeke debisinin 10 l/dk olduğu durumda normal tank ve içerisinde 13 kapsül bulunan tank için sırasıyla 48 ve 55 dakika, 15 l/dk olduğu durumda enerji boşaltma süresi 110 ve 120 dakika sürmüştür. Ayrıca, içerisinde engel bulunmayan tankta tanktan en yüksek seviyeden alınan suyun sıcaklığının 30 °C'ye düşmesi 20 dakika sürerken, içerisinde kapsül bulunan durumlarda yaklaşık 10 dakika sürmüştür. Şekil 5.b'de görülen sıcaklık değişim karakteristiği tüm L_K durumlarında benzerdir. Sadece en yüksek seviyeden alınan suyun süresi değişmiştir. Bu süre değişimi de tanktan elde edilen sıcak suyun miktarını değiştirmiştir.



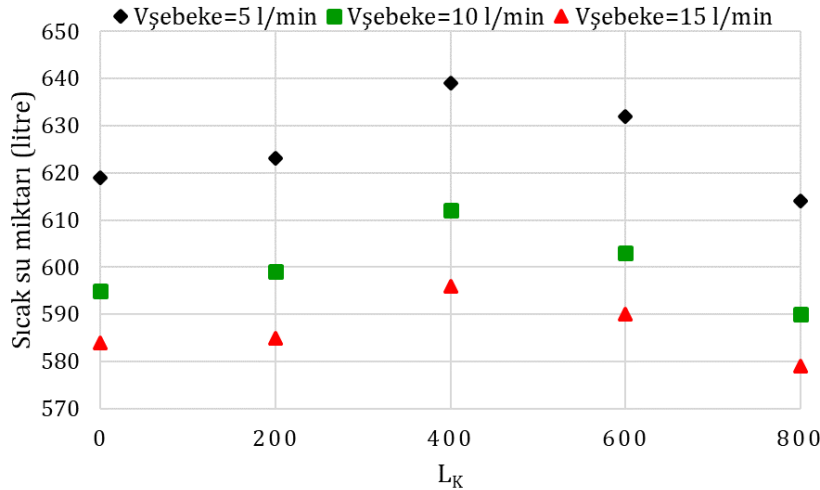
Şekil 5. Enerji boşaltma periyodunda şebeke giriş/çıkış sıcaklıklarının zamanla değişimi a) normal tank ve b) $L_K=600$ mm

3.3. Kapsül Konumunun Tanktan Elde Edilen Sıcak Miktarı Üzerindeki Etkisi

Bir sıcak su tankından alınan en önemli çıktı tanktan elde edilen sıcak su miktarıdır. Kullanıcılar tarafından bir tanktan elde edilen sıcak su miktarı en yüksek miktarda ve yüksek sıcaklıkta istenir. Bu çalışmada tank içerisine 13 kapsül yerleştirilmiştir. 13 kapsül toplamda tank içerisinde 65 litre hacim kaplamaktadır ve kapsüller içerisinde 32.5 kg parafin bulunmaktadır. Tank içerisinde 13 parafin kapsülü yerleştirmek tanktan elde edilen sıcak su miktarını en az %20 arttırmıştır. Bu artışı parafinin faz değişimi sırasında bünyesinde depoladığı gizli ısı enerjisiyle sağlamaktadır. Şekil 6'da bu çalışmada incelenen tüm durumlar için tanktan elde edilen sıcak su miktarı görülmektedir. Tanktan en yüksek miktarda sıcak su $L_K=400$ mm konumunda elde edilmiştir. Normal tanka göre tanktan elde edilen sıcak su miktarı 110 litre artmıştır. Şekil 7'de tanktan elde edilen sıcak su miktarının parafin konumu ile değişimi görülmektedir. Şekil 7'den görüldüğü üzere, düşey mantolu sıcak su tankından maksimum miktarda sıcak su elde etmek için kapsüller tank tabanından $L_K=400$ mm konumda tutulmalıdır. Kapsüllerin konumu ayarlanarak tanktan elde edilen sıcak su miktarı 20 litre artırılabilir. Bu durum üzerinde en önemli etken tank içerisindeki sıcaklık dağılımıdır. Tank içerisindeki kapsül bulunmayan durumda tankın ilk 200 mm'lik kısmında soğuk su bölgesi ve 400 mm'lik konuma kadar ise termoklin bölgesi bulunmaktadır. Bu bölgelerde parafin kapsülleri tutulsa da parafin sıcaklığı yükselip erimeyeceğinden efektif olarak enerji depolamayacaktır. Parafin kapsüllerinden maksimum seviyede yararlanmak için tank içerisindeki sıcaklık karakteristiği iyi bir şekilde incelenmelidir. Parafin kapsülleri sıcak su bölgesinin tank tabanının en yakın bölgesine konumlandırılmalıdır.



Şekil 6. Çalışmada incelenen tüm durumlar için tanktan elde edilen sıcak su miktarları



Şekil 7. Tanktan elde edilen sıcak miktarının kapsül konumları ile değişimi

4. Sonuçlar

Bu çalışmada düşey mantolu sıcak su tanklarında tank içerisinde yerleştirilen parafinlerin konumlarının ısı enerjisi depolama üzerindeki etkisi incelenmiştir. Tank içerisine içinde 2.5 kg parafin bulunan 13 adet 5 litrelik silindirik

kapsül yerleştirilmiştir. Kapsüller tank tabanından $L_K=0, 200, 400, 600$ ve 800 mm mesafelere yerleştirilmiştir. Yapılan çalışmanın sonucunda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- Tank içerisinde toplam 65 litre hacim kaplayan 32.5 kg parafin yerleştirmek tanktan elde edilen sıcak su miktarını önemli ölçüde arttırmaktadır. Tanktan elde edilen sıcak su miktarı en az %20 seviyede artırılabilir.
- Tank içerisinde parafin kapsüllerinin tutulduğu konum ayarlanarak tanktan elde edilen sıcak su miktarı 20 litreye kadar artırılabilir. En yüksek miktarda sıcak su $L_K=400$ mm konumunda elde edilmiştir.
- Tank içerisinde parafin kapsülleri sıcaklık tabakalaşmasını $L_K=0$ ve 200 mm konumlarında etkilemezken, $L_K=400$ ve 600 mm konumlarında olumsuz yönde etkilemiştir. $L_K=400$ mm konumunda tank içerisindeki sıcaklık tabakalaşmasının derecesi düşse de tanktan en yüksek miktarda sıcak su yine aynı konumda elde edilmiştir.
- Tank içerisine yerleştirilen faz değiştiren malzemelerden maksimum seviyede yararlanmak için tank içerisindeki konumu dikkatli bir şekilde ayarlanmalıdır. Parafin kapsülleri tank içerisindeki sıcak su bölgesinin başladığı tank tabanına en yakın konumda tutulmalıdır.

Kısaltmalar ve Semboller

L_K	:	Kapsül konumu (mm)
$S1, S2, \dots S16$:	Tank içerisindeki termokupl konumları
$V_{\text{şebeke}}$:	Şebeke giriş debisi (l/dk)
$T_{\text{çevre}}$:	Çevre sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)
$T_{m,g}$:	Manto giriş sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)
$T_{m,\text{ç}}$:	Manto çıkış sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)
$T_{\text{ş,g}}$:	Şebeke giriş sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)
$T_{\text{ş,\text{ç}}}$:	Şebeke çıkış sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)

Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK 1002 Hızlı Destek Programı kapsamında 217M993 nolu proje kapsamında desteklenmiştir. Yazar sağlanmış olduğu destekten dolayı TÜBİTAK'a teşekkürlerini sunar.

Kaynakça

- [1] Acar, C. 2018. A comprehensive evaluation of energy storage options for better sustainability. International Journal of Energy Research, 42(12), 3732-3746. doi:10.1002/er.4102
- [2] Agresti, F., Fedele, L., Rossi, S., Cabaleiro, D., Bobbo, S., Ischia, G., & Barison, S. 2019. Nano-encapsulated PCM emulsions prepared by a solvent-assisted method for solar applications. Solar Energy Materials and Solar Cells, 194, 268-275. doi:10.1016/j.solmat.2019.02.021
- [3] Akgün, M., Aydın, O., Kaygusuz, K. 2007. Experimental study on melting/solidification characteristics of a paraffin as PCM. Energy Conversion and Management, 48(2), 669-678. doi:10.1016/j.enconman.2006.05.014
- [4] Alva, G., Liu, L., Huang, X., Fang, G. 2017. Thermal energy storage materials and systems for solar energy applications. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 68, 693-706. doi:10.1016/j.rser.2016.10.021
- [5] Arslan, M., Igci, A. A. 2015. Thermal performance of a vertical solar hot water storage tank with a mantle heat exchanger depending on the discharging operation parameters. Solar Energy, 116, 184-204. doi:10.1016/j.solener.2015.03.045
- [6] Dehghan, A. A., Barzegar, A. 2011. Thermal performance behavior of a domestic hot water solar storage tank during consumption operation. Energy Conversion and Management, 52(1), 468-476. doi:10.1016/j.enconman.2010.06.075
- [7] Dincer, I., Rosen, M. A. 2011. Thermal Energy Storage Systems and Applications: Wiley and Sons, Ltd., Publication.
- [8] Elias, C. N., Stathopoulos, V. N. 2019. A comprehensive review of recent advances in materials aspects of phase change materials in thermal energy storage. Energy Procedia, 161, 385-394. doi:10.1016/j.egypro.2019.02.101

- [9] Erdemir, D., Altuntop, N. 2016. Effect of thermal stratification on energy and exergy in vertical mantled heat exchanger. *International Journal of Exergy*, 20(1), 105-121. doi:10.1504/ijex.2016.076681
- [10] Essa, M. A., Mostafa, N. H., Ibrahim, M. M. 2018. An experimental investigation of the phase change process effects on the system performance for the evacuated tube solar collectors integrated with PCMs. *Energy Conversion and Management*, 177, 1-10. doi:10.1016/j.enconman.2018.09.045
- [11] Fazilati, M. A., Alemrajabi, A. A. 2013. Phase change material for enhancing solar water heater, an experimental approach. *Energy Conversion and Management*, 71, 138-145. doi:10.1016/j.enconman.2013.03.034
- [12] Feliński, P., Sekret, R. 2016. Experimental study of evacuated tube collector/storage system containing paraffin as a PCM. *Energy*, 114, 1063-1072. doi:10.1016/j.energy.2016.08.057
- [13] Frazzica, A., Manzan, M., Sapienza, A., Freni, A., Toniato, G., Restuccia, G. 2016. Experimental testing of a hybrid sensible-latent heat storage system for domestic hot water applications. *Applied Energy*, 183, 1157-1167. doi:10.1016/j.apenergy.2016.09.076
- [14] He, Z., Wang, X., Du, X., Amjad, M., Yang, L., Xu, C. 2019. Experiments on comparative performance of water thermocline storage tank with and without encapsulated paraffin wax packed bed. *Applied Thermal Engineering*, 147, 188-197. doi:10.1016/j.applthermaleng.2018.10.051
- [15] Huang, H., Wang, Z., Zhang, H., Dou, B., Huang, X., Liang, H., Goula, M. A. 2019. An experimental investigation on thermal stratification characteristics with PCMs in solar water tank. *Solar Energy*, 177, 8-21. doi:10.1016/j.solener.2018.11.004
- [16] Kahwaji, S., Johnson, M. B., Kheirabadi, A. C., Groulx, D., White, M. A. 2018. A comprehensive study of properties of paraffin phase change materials for solar thermal energy storage and thermal management applications. *Energy*, 162, 1169-1182. doi:10.1016/j.energy.2018.08.068
- [17] Kılıçkap, S., El, E., Yıldız, C. 2018. Investigation of the effect on the efficiency of phase change material placed in solar collector tank. *Thermal Science and Engineering Progress*, 5, 25-31. doi:10.1016/j.tsep.2017.10.016
- [18] Mazman, M., Cabeza, L. F., Mehling, H., Nogues, M., Evliya, H., Paksoy, H. Ö. 2009. Utilization of phase change materials in solar domestic hot water systems. *Renewable Energy*, 34(6), 1639-1643. doi:10.1016/j.renene.2008.10.016
- [19] Meng, Z. N., & Zhang, P. (2017). Experimental and numerical investigation of a tube-in-tank latent thermal energy storage unit using composite PCM. *Applied Energy*, 190, 524-539. doi:https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.12.16
- [20] Nkwetta, D. N., Vouillamoz, P.-E., Haghghat, F., El-Mankibi, M., Moreau, A., & Daoud, A. (2014). Impact of phase change materials types and positioning on hot water tank thermal performance: Using measured water demand profile. *Applied Thermal Engineering*, 67(1), 460-468. doi:https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2014.03.051
- [21] Parhizi, M., & Jain, A. (2019). The impact of thermal properties on performance of phase change based energy storage systems. *Applied Thermal Engineering*, 114154. doi:https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2019.114154
- [22] Prakash, J., Roan, D., Tauqir, W., Nazir, H., Ali, M., & Kannan, A. (2019). Off-grid solar thermal water heating system using phase-change materials: design, integration and real environment investigation. *Applied Energy*, 240, 73-83. doi:https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.02.058
- [23] Sharif, M. K. A., Al-Abidi, A. A., Mat, S., Sopian, K., Ruslan, M. H., Sulaiman, M. Y., & Rosli, M. A. M. (2015). Review of the application of phase change material for heating and domestic hot water systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42, 557-568. doi:https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.09.034
- [24] Thantong, P., & Chantawong, P. (2017). Experimental Study of Solar - Phase Change Material Wall for Domestic Hot Water Production under the Tropical Climate. *Energy Procedia*, 138, 38-43. doi:https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.10.042

- [25] Thantong, P., Khedari, J., & Chantawong, P. (2018). Study of Solar- PCM Walls for domestic hot water production under the tropical climate of Thailand. *Materials Today: Proceedings*, 5(7, Part 1), 14880-14885. doi:<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2018.04.023>
- [26] Wang, Z., Zhang, H., Huang, H., Dou, B., Huang, X., & Goula, M. A. (2019). The experimental investigation of the thermal stratification in a solar hot water tank. *Renewable Energy*, 134, 862-874. doi:<https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.11.088>
- [27] Yang, H., Song, J., He, B., & Ding, G. (2019). Numerical study on charging characteristics of heat pipe-assisted cylindrical capsule for enhancing latent thermal energy storage. *Solar Energy*, 190, 147-155. doi:<https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.08.007>
- [28] Zachár, A. (2015). Investigation of a new helical flow distributor design to extract thermal energy from hot water storage tanks. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 80, 844-857. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2014.09.055>
- [29] Zhou, Z., Liu, J., Wang, C., Huang, X., Gao, F., Zhang, S., & Yu, B. (2018). Research on the application of phase-change heat storage in centralized solar hot water system. *Journal of Cleaner Production*, 198, 1262-1275. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.281>
- [30] BAYKIM Chemicals. 2019. Erişim tarihi: 18.08.2019., Available from: <http://www.baykim.com.tr/tr-TR/12-22/3/10/66/>.

Obtaining New Fixed Point Theorems By Using Generalized Banach-Contraction Principle

Yunus ATALAN*¹, Vatan KARAKAYA²,

*¹ Department of Mathematics, Faculty of Science and Arts, Aksaray University, AKSARAY

² Department of Mathematical Engineering, Faculty of Chemical and Metallurgical Engineering, Yıldız Technical University, ISTANBUL

(Alınış / Received: 10.09.2019, Kabul / Accepted: 13.12.2019, Online Yayınlanma / Published Online: 31.12.2019)

Keywords

Jungck-Contraction Principle,
New Iterative Algorithm,
Convergence,
Stability

Abstract: In this study, a new three step iterative algorithm was introduced with the help of Jungck-contraction principle which is one of the remarkable generalizations of Banach-contraction principle. Also, the convergence and stability results were obtained for the pair of nonself mappings which satisfy a certain contractive condition by using this iterative algorithm in any Banach space. In addition, it was shown that the new iterative algorithm has a better convergence speed when compared the other Jungck-type iterative algorithms in the current literature, and to support this result, numerical examples were given.

Genelleştirilmiş Banach-Büzülme Prensibi Kullanılarak Yeni Sabit Nokta Teoremlerinin Elde Edilmesi

Anahtar Kelimeler

Jungck-Büzülme Prensibi,
Yeni İterasyon Algoritması,
Yakınsaklık,
Kararlılık

Öz: Bu çalışmada, Banach-büzülme prensibinin dikkate değer genellemelerinden biri olan Jungck-büzülme prensibi yardımıyla yeni üç adımlı iterasyon algoritması tanımlanmıştır. Ayrıca bu iterasyon algoritması kullanılarak, kendi üzerine olmayan ve belirli bir büzülme şartını sağlayan dönüşüm çifti için herhangi bir Banach uzayında yakınsaklık ve kararlılık sonuçları elde edilmiştir. Ek olarak, tanımlanan yeni algoritmanın literatürde bulunan diğer Jungck-tipindeki algoritmalarla kıyaslandığında yakınsama anlamında daha hızlı olduğu gösterilmiş ve bu sonucu destekleyen nümerik örnekler verilmiştir.

Department of Mathematics, Aksaray University, Aksaray
Department of Mathematical Engineering, Yıldız Technical University, ISTANBUL
*Corresponding author, email: yunus_atalan@hotmail.com

1. Introduction

Fixed point theory has become an interesting and fundamental subject of nonlinear functional analysis with its wide range of applications in various fields of mathematics (differential and integral equations, linear algebra, approximation theory, control theory, game theory, etc.). This theory also has very fruitful applications in almost all branches of science such as chemistry, biology, statistics, computer science, engineering and economics. Particularly in the last fifty years, fixed point theory has been one of the most active areas of research that has risen on the basis of analysis and topology and today in this sense continues to attract the attention of many researchers as a dynamic field of study.

Let X is nonempty set. The point that provides the equation $Tx = x$ for the T mapping is called the fixed point of T . Geometrically, this means the points on the $y = x$ line. The basic idea in fixed point theory is to find the x point that provides the equation given above. Theorems constructed for the existence and uniqueness of the fixed point are called fixed point theorems.

The Banach contraction principle, which is one of the most famous theorems in fixed point theory, formulated and proved by Banach [1] guarantees the existence and uniqueness of a fixed point of a mapping defined on a complete metric space under appropriate conditions.

Also, it says that the sequence obtained from the Picard iteration will converge to this fixed point. Because of its simplicity and usefulness, this theorem has become a popular tool in the search for fixed points. Later, this theorem was extended and generalized in many ways by many authors (see [2]-[5]). However, the Banach contraction principle cannot guarantee the convergence of the sequence obtained from Picard iteration for non-expansive mappings. Therefore, new iterative algorithms are defined and fixed point theorems are obtained for different mapping classes in many spaces from Hilbert spaces to metric spaces (see [6]- [11]).

When defining an iterative algorithm, it is important that it must be faster and simpler in terms of convergence. Moving from this point, a new iterative algorithm of Jungck-type is defined in this study and convergence is obtained in Banach spaces. In addition, stability has been proved by using the newly defined iterative algorithm for a more general mapping class than the Jungck-contraction mapping. Finally, it has been shown that the new algorithm is faster than the other Jungck type algorithms in the literature.

2. Material and Method

One of the most important generalizations of the Banach contraction principle is obtained by Jungck [4] using commutative mappings as follows: In this paper we assume that X is a Banach space Y an arbitrary set and $S, T: Y \rightarrow X$ such that $T(Y) \subseteq S(Y)$.

Theorem 2.1. Suppose (X, d) is a complete metric space. Let f and g be two functions such that $f, g: X \rightarrow X$ satisfy the following conditions for all $x, y \in X$:

- i. (f, g) are commutative mapping pair
- ii. g is continuous
- iii. $f(X) \subset g(X)$
- iv. $d(fx, fy) \leq k. d(gx, gy)$ such that $k \in [0,1)$.

Then f and g have a unique common fixed point such as $p \in X$.

In this theorem, the condition given by (iv) is called the Jungck-contraction mapping. Furthermore, if $g(x) = x$ this theorem reduces to classical Banach contraction principle. As a result of this theorem, the following iterative algorithm is defined by Jungck [4]:

$$Sx_{n+1} = Tx_n \tag{1}$$

for all $n \in \mathbb{N}$. This equation is called Jungck iterative algorithm. If $S = I$ (unit mapping) and $Y = X$ in the above equation, it is clear that classical Picard iterative algorithm is obtained.

This approach, introduced by Jungck, has paved the way for many researchers to rewrite classical iterative algorithms in Jungck-type to obtain various types of fixed point theorems. Some of the studies carried out with this approach are as follows:

In 2005, Singh et al. [13] defined Jungck-Mann (JM) iterative algorithm as follows:

$$Sx_{n+1} = (1 - \alpha_n)Sx_n + \alpha_nTx_n \tag{2}$$

where $\{\alpha_n\}_{n=0}^\infty \subset [0,1]$.

Jungck-Ishikawa (JI) and Jungck-Noor (JN) iterative algorithms were defined as follow respectively:

$$\begin{cases} Sx_{n+1} = (1 - \alpha_n)Sx_n + \alpha_nTy_n \\ Sy_n = (1 - \beta_n)Sx_n + \beta_nTx_n \end{cases} \tag{3}$$

and

$$\begin{cases} Sx_{n+1} = (1 - \alpha_n)Sx_n + \alpha_nTy_n \\ Sy_n = (1 - \beta_n)Sx_n + \beta_nTz_n \\ Sz_n = (1 - \gamma_n)Sx_n + \gamma_nTx_n \end{cases} \quad (4)$$

where $\{\alpha_n\}_{n=0}^\infty, \{\beta_n\}_{n=0}^\infty, \{\gamma_n\}_{n=0}^\infty \subset [0,1]$ (see [14], [15]).

In 2011, Jungck-SP (JSP) iterative algorithm was defined as follows:

$$\begin{cases} Sx_{n+1} = (1 - \alpha_n)Sy_n + \alpha_nTy_n \\ Sy_n = (1 - \beta_n)Sz_n + \beta_nTz_n \\ Sz_n = (1 - \gamma_n)Sx_n + \gamma_nTx_n \end{cases} \quad (5)$$

where $\{\alpha_n\}_{n=0}^\infty, \{\beta_n\}_{n=0}^\infty, \{\gamma_n\}_{n=0}^\infty \subset [0,1]$ (see [16]).

Jungck-CR (JCR) iterative algorithm were defined by Hussain et al. as follow:

$$\begin{cases} Sx_{n+1} = (1 - \alpha_n)Sy_n + \alpha_nTy_n \\ Sy_n = (1 - \beta_n)Tx_n + \beta_nTz_n \\ Sz_n = (1 - \gamma_n)Sx_n + \gamma_nTx_n \end{cases} \quad (6)$$

where $\{\alpha_n\}_{n=0}^\infty, \{\beta_n\}_{n=0}^\infty, \{\gamma_n\}_{n=0}^\infty \subset [0,1]$ (see [17]).

In 2014, Khan et al. defined Jungck-Khan (JK) iterative algorithm as follow:

$$\begin{cases} Su_{n+1} = (1 - \alpha_n - \beta_n)Su_n + \alpha_nTv_n + \beta_nTu_n \\ Sv_n = (1 - b_n - c_n)Su_n + b_nTw_n + c_nTu_n \\ Sw_n = (1 - a_n)Su_n + a_nTu_n \end{cases} \quad (7)$$

where $\{\alpha_n\}_{n=0}^\infty, \{\beta_n\}_{n=0}^\infty, \{\gamma_n\}_{n=0}^\infty, \{a_n\}_{n=0}^\infty, \{b_n\}_{n=0}^\infty, \{c_n\}_{n=0}^\infty \subset [0,1]$ (see [18]).

Remark 2.2.

- Putting $S = I$ and $Y = X$ in the JM iterative algorithm (2), we get classical Mann iterative algorithm [6].
- Putting $S = I$ and $Y = X$ in the JI iterative algorithm (3) and JN iterative algorithm (4), we get classical Ishikawa and classical Noor iterative algorithms, respectively [7], [8].
- Putting $S = I$ and $Y = X$ in the JSP iterative algorithm (5), we get classical SP iterative algorithm [19].
- Putting $S = I$ and $Y = X$ in the JCR iterative algorithm (6), we get classical CR iterative algorithm [20].
- Putting $\beta_n = c_n = 0$ in the JK iterative algorithm (7), we get JN iterative algorithm (4).

Also putting $\alpha_n = 0$ and $\alpha_n = 0, \beta_n = 1$ in the JCR iterative algorithm (6) respectively, we obtain the following Jungck-Agarwal (JA) iterative algorithm [21] and Jungck-Sahu (JS) iterative algorithm [17]:

$$\begin{cases} Sx_{n+1} = (1 - \beta_n)Tx_n + \beta_nTy_n \\ Sy_n = (1 - \gamma_n)Sx_n + \gamma_nTx_n \end{cases} \quad (8)$$

and

$$\begin{cases} Sx_{n+1} = Ty_n \\ Sy_n = (1 - \gamma_n)Sx_n + \gamma_n Tx_n \end{cases} \quad (9)$$

It is shown that the sequence obtained from the iterative algorithm given by (1) converges to the common fixed point of S and T mappings which satisfies the Jungck-contraction condition by Jungck [4]. The following mapping class, which is more general than the Jungck-contraction mapping condition, was described by Olatinwo [14] and some convergence and stability results were obtained for the Jungck-Ishikawa iteration algorithm:

Definition 2.3. The pair $S, T: Y \rightarrow X$ is called contractive if there exist a real number $\delta \in [0,1)$ and a continuous function $\phi: \mathbb{R}^+ \rightarrow \mathbb{R}^+$ such that $\phi(0) = 0$ and for all $x, y \in Y$, we have

$$\|Tx - Ty\| \leq \phi(\|Sx - Tx\|) + \delta\|Sx - Sy\|. \quad (10)$$

Hussain et al. [17] obtained some convergence and stability results by using this mapping for the JCR iterative algorithm (6) in any Banach space and showed that the convergence rate of this algorithm is better compared to other iterative algorithms.

In the light of the studies mentioned above, we have defined a new Jungck type iterative algorithm (JY) as follows:

$$\begin{cases} Sx_{n+1} = Ty_n \\ Sy_n = (1 - \alpha_n)Sz_n + \alpha_n Tz_n \\ Sz_n = Tx_n \end{cases} \quad (11)$$

where $\{\alpha_n\}_{n=0}^\infty \subset [0,1]$.

Definition 2.4. Let X be a nonempty set and $S, T: X \rightarrow X$ be mappings.

- i. If $Tx = Sx$, then $x \in X$ is called coincidence point of T and S .
- ii. If $x = Tx = Sx$, then $x \in X$ is called common fixed point of T and S .
- iii. If $p = Tx = Sx$ for some $x \in X$, then p is called the point of coincidence of T and S .
- iv. If $TSx = STx$ for all $x \in X$, then a pair (S, T) is called commuting.
- v. If $TSx = STx$ whenever $Tx = Sx$ for some $x \in X$, then a pair (S, T) is called weakly compatible [22].

Lemma 2.5. Let $\{\sigma_n\}_{n=0}^\infty$ and $\{\mu_n\}_{n=0}^\infty$ be nonnegative real sequences satisfying the following inequality

$$\sigma_{n+1} \leq (1 - \lambda_n)\sigma_n + \mu_n$$

where $\lambda_n \in (0,1)$ for all $n \geq n_0$, $\sum_{n=0}^\infty \lambda_n = \infty$ and $\frac{\mu_n}{\lambda_n} \rightarrow 0$ as $n \rightarrow \infty$. Then $\lim_{n \rightarrow \infty} \sigma_n = 0$ [23].

Definiton 2.6. Let $\{c_n\}_{n=0}^\infty$ and $\{d_n\}_{n=0}^\infty$ be two sequences of real numbers with limits c and d , respectively. Suppose that there exists

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{|c_n - c|}{|d_n - d|} = l$$

- i. If $l = 0$, then we say that $\{c_n\}_{n=0}^\infty$ converges faster to c than $\{d_n\}_{n=0}^\infty$ to d .
- ii. If $0 < l < \infty$, then we say that $\{c_n\}_{n=0}^\infty$ and $\{d_n\}_{n=0}^\infty$ have the same rate of convergence [24].

Definition 2.7. Let $S, T: Y \rightarrow X$, $T(Y) \subseteq S(Y)$ and $p = Tx = Sx$. For any $x_0 \in Y$, let the sequence $\{Sx_n\}_{n=0}^\infty$ generated by the iterative algorithm $Sx_{n+1} = f(T, x_n)$ converges to p . Let $\{Sy_n\}_{n=0}^\infty \subset X$ be an arbitrary sequence and set $\epsilon_n = d(Sy_{n+1}, f(T, y_n))$, $n = 0, 1, 2, \dots$. Then the iterative algorithm $f(T, x_n)$ will be called (S, T) -stable if and only if $\lim_{n \rightarrow \infty} \epsilon_n = 0$ implies that $\lim_{n \rightarrow \infty} Sy_n = p$ [13].

3. Results

For the sake of simplicity in the rest of this paper, we assume that $S, T: Y \rightarrow X$ satisfy contractive condition (10) where $T(Y) \subseteq S(Y)$ such that $S(Y)$ is complete subset of X and $C(S, T)$ denotes the set of coincidence points of S and T .

Theorem 3.1. Let $\{Sx_n\}_{n=0}^{\infty}$ be iterative sequence (11) with $\sum_{n=0}^{\infty} \alpha_n = \infty$. Assume that there exist a $z \in C(S, T)$ such that $p = Tz = Sz$. Then $\{Sx_n\}_{n=0}^{\infty}$ converges to p . In addition, p is a unique common fixed point of S and T if $Y = X$ and S and T are weakly compatible.

Proof. By using iterative algorithm (11) and contractive condition (10), we obtain

$$\begin{aligned} \|Sx_{n+1} - p\| &= \|Ty_n - p\| \leq \phi(\|Sz - Tz\|) + \delta\|Sz - Sy_n\| \\ &= \delta\|Sy_n - p\| \end{aligned} \quad (12)$$

Also

$$\begin{aligned} \|Sy_n - p\| &= \|(1 - \alpha_n)Sz_n + \alpha_nTz_n - p\| \\ &\leq (1 - \alpha_n)\|Sz_n - p\| + \alpha_n\|Tz_n - p\| \\ &\leq (1 - \alpha_n)\|Sz_n - p\| + \alpha_n\{\phi(\|Sz - Tz\|) + \delta\|Sz - Sz_n\|\} \\ &= [1 - \alpha_n(1 - \delta)]\|Sz_n - p\| \end{aligned} \quad (13)$$

and

$$\begin{aligned} \|Sz_n - p\| &= \|Tx_n - p\| \leq \phi(\|Sz - Tz\|) + \delta\|Sz - Sx_n\| \\ &= \delta\|Sx_n - p\|. \end{aligned} \quad (14)$$

Substituting (14) in (13) and (13) in (12) respectively, we have

$$\|Sx_{n+1} - p\| \leq \delta^2[1 - \alpha_n(1 - \delta)]\|Sx_n - p\| \quad (15)$$

Then

$$\begin{aligned} \|Sx_{n+1} - p\| &\leq \prod_{k=0}^n \delta^2[1 - \alpha_k(1 - \delta)]\|Sx_0 - p\| \\ &\leq \frac{\delta^{2n}}{e^{(1-\delta)\sum_{k=0}^n \alpha_k}} \|Sx_0 - p\| \end{aligned} \quad (16)$$

Taking the limit in both sides of the above inequality, it can be seen that $\lim_{n \rightarrow \infty} \|Sx_n - p\| = 0$.

Now we show that p is a unique common fixed point of S and T when $Y = X$. Assume that there exist another point of coincide p_* of the pair (S, T) . Then there exist $z_* \in C(S, T)$ such that $Sz_* = Tz_* = p_*$. By using inequality (10), we get

$$0 \leq \|p - p_*\| = \|Tz - Tz_*\| \leq \phi(\|Sz - Tz\|) + \delta\|Sz - Sz_*\| = \delta\|p - p_*\|$$

which implies that $p = p_*$. Also S and T are weakly compatible and $Sz = Tz = p$, then $Tp = TTz = TSz = STz$ implies $Tp = Sp$. Hence, Tp is a point of coincidence of the pair (S, T) and because point of coincidence is unique, then $Tp = p$. So, $Sp = Tp = p$ implies that p is a unique common fixed point of S and T .

Theorem 3.2. Assume that $z \in C(S, T)$ such that $p = Tz = Sz$. Let $\{Sx_n\}_{n=0}^{\infty}$ be iterative sequence (11) with $0 < \alpha_1 < \alpha_n$ converges to p . Also let $\{Su_n\}_{n=0}^{\infty} \subset X$ be an arbitrary sequence and let $\epsilon_n = d(Su_{n+1}, f(T, u_n)), n = 0, 1, 2, \dots$. Then iterative algorithm (11) will be called (S, T) -stable if and only if $\lim_{n \rightarrow \infty} \epsilon_n = 0$ implies that $\lim_{n \rightarrow \infty} Su_n = p$.

Proof. Let $\{Su_n\}_{n=0}^{\infty} \subset X$ be an arbitrary sequence and let $Sv_n = (1 - \alpha_n)Sw_n + \alpha_n Tw_n, Sw_n = Tu_n$ and $\lim_{n \rightarrow \infty} \epsilon_n = 0$ such that $\epsilon_n = \|Su_{n+1} - Tv_n\|$. It will be shown that $\lim_{n \rightarrow \infty} Su_n = p$.

$$\begin{aligned} \|Su_{n+1} - p\| &\leq \|Su_{n+1} - Tv_n\| + \|Tv_n - p\| \\ &\leq \epsilon_n + \|Tz - Tv_n\| \\ &\leq \epsilon_n + \phi(\|Sz - Tz\|) + \delta\|Sz - Sv_n\| \\ &= \epsilon_n + \delta\|Sv_n - p\| \end{aligned} \quad (17)$$

and

$$\begin{aligned} \|Sv_n - p\| &\leq (1 - \alpha_n)\|Sw_n - p\| + \alpha_n\|Tw_n - p\| \\ &\leq (1 - \alpha_n)\|Sw_n - p\| \\ &\quad + \alpha_n\{\phi(\|Sz - Tz\|) + \delta\|Sz - Sw_n\|\} \\ &= [1 - \alpha_n(1 - \delta)]\|Sw_n - p\| \end{aligned} \quad (18)$$

Moreover

$$\|Sw_n - p\| \leq \phi(\|Sz - Tz\|) + \delta\|Sz - Su_n\| = \delta\|Su_n - p\| \quad (19)$$

Substituting (19) in (18) and (18) in (17) respectively, we have

$$\|Su_{n+1} - p\| \leq \epsilon_n + \delta^2[1 - \alpha_n(1 - \delta)]\|Su_n - p\| \quad (20)$$

Hence $0 < \alpha_1 < \alpha_n$ and $\delta \in [0, 1)$, we get $[1 - \alpha_n(1 - \delta)] \leq [1 - \alpha_1(1 - \delta)] < 1$. Then we obtain $\lim_{n \rightarrow \infty} Su_n = p$.

Now, we suppose that $\lim_{n \rightarrow \infty} Su_n = p$. It will be shown that $\lim_{n \rightarrow \infty} \epsilon_n = 0$:

$$\begin{aligned} \epsilon_n = \|Su_{n+1} - Tv_n\| &\leq \delta\|Su_{n+1} - p\| + \|Tv_n - p\| \\ &\leq \|Su_{n+1} - p\| + \phi(\|Sz - Tz\|) + \delta\|Sz - Sv_n\| \\ &= \|Su_{n+1} - p\| + \delta\|Sv_n - p\| \end{aligned} \quad (21)$$

From (18) it can be seen easily $\|Sv_n - p\| \leq [1 - \alpha_n(1 - \delta)]\|Sw_n - p\|$. Then we get

$$\epsilon_n \leq \|Su_{n+1} - p\| + \delta[1 - \alpha_n(1 - \delta)]\|Sw_n - p\|$$

Also $\|Sw_n - p\| \leq \delta \|Su_n - p\|$. Hence we obtain

$$\epsilon_n \leq \|Su_{n+1} - p\| + \delta^2 [1 - \alpha_n(1 - \delta)] \|Su_n - p\|$$

Taking the limit in both sides of the above inequality, it can be seen that $\lim_{n \rightarrow \infty} \epsilon_n = 0$.

Theorem 3.3. Let $\{Sx_n\}_{n=0}^{\infty}$ be iterative sequence (11) with $\sum_{n=0}^{\infty} \alpha_n = \infty$ and $\lim_{n \rightarrow \infty} \alpha_n = 0$. Let $\{Su_n\}_{n=0}^{\infty}$ be iterative sequence (7) with $\lim_{n \rightarrow \infty} \beta_n = 0$ and $0 \leq \alpha_n + \beta_n \leq \frac{1}{1+\delta}$. Assume that p is the unique common fixed point of the pair (S, T) . Then $\{Sx_n\}_{n=0}^{\infty}$ converges to p faster than $\{Su_n\}_{n=0}^{\infty}$ for $x_0 = u_0 \in Y$.

Proof. From inequality (16) in Theorem 3.1., we have

$$\|Sx_{n+1} - p\| \leq \delta^{2(n+1)} \prod_{i=0}^n [1 - \alpha_i(1 - \delta)] \|Sx_0 - p\| \quad (22)$$

Also from JK iterative algorithm (7), we have

$$\begin{aligned} \|Sw_n - p\| &\leq (1 - a_n) \|Su_n - p\| + a_n \|Tu_n - p\| \\ &\leq [1 - a_n(1 - \delta)] \|Su_n - p\| \end{aligned} \quad (23)$$

and

$$\begin{aligned} \|Sv_n - p\| &\leq (1 - b_n - c_n) \|Su_n - p\| + b_n \|Tw_n - p\| + c_n \|Tu_n - p\| \\ &\leq (1 - b_n - c_n) \|Su_n - p\| + b_n \delta \|Sw_n - p\| + c_n \delta \|Su_n - p\|. \end{aligned} \quad (24)$$

Substituting (23) in (24), we obtain

$$\|Sv_n - p\| \leq \{1 - b_n - c_n + b_n \delta [1 - a_n(1 - \delta)] + c_n \delta\} \|Su_n - p\| \quad (25)$$

Also

$$\|Su_{n+1} - p\| \geq (1 - \alpha_n - \beta_n) \|Su_n - p\| - \alpha_n \|Tv_n - p\| - \beta_n \|Tu_n - p\| \quad (26)$$

and because $\|Tv_n - p\| \leq \delta \|Sv_n - p\|$, we have

$$\begin{aligned} \|Su_{n+1} - p\| &\geq (1 - \alpha_n - \beta_n) \|Su_n - p\| \\ &\quad - \alpha_n \delta \{1 - b_n - c_n + b_n \delta [1 - a_n(1 - \delta)] + c_n \delta\} \|Su_n - p\| \\ &\quad - \beta_n \delta \|Su_n - p\| \\ &= \left\{ \begin{array}{c} 1 - \alpha_n - \beta_n \\ -\alpha_n \delta \{1 - b_n - c_n + b_n \delta [1 - a_n(1 - \delta)] + c_n \delta\} - \beta_n \delta \end{array} \right\} \|Su_n - p\| \end{aligned} \quad (27)$$

Because $c_n \delta < c_n$, $b_n \delta < b_n$ and $[1 - a_n(1 - \delta)] \leq 1$, we obtain

$$\|Su_{n+1} - p\| \geq (1 - \alpha_n - \beta_n - \alpha_n \delta - \beta_n \delta) \|Su_n - p\|$$

$$= [1 - (\alpha_n + \beta_n)(1 + \delta)] \|Su_n - p\|$$

From the above inequality we obtain

$$\|Su_{n+1} - p\| \geq \prod_{i=0}^n [1 - (\alpha_i + \beta_i)(1 + \delta)] \|Su_0 - p\| \quad (28)$$

By using (22) and (28), we get

$$\left\| \frac{Sx_{n+1} - p}{Su_{n+1} - p} \right\| \leq \frac{\delta^{2(n+1)} \prod_{i=0}^n [1 - \alpha_i(1 - \delta)] \|Sx_0 - p\|}{\prod_{i=0}^n [1 - (\alpha_i + \beta_i)(1 + \delta)] \|Su_0 - p\|}$$

Define

$$\psi_n = \frac{\delta^{2(n+1)} \prod_{i=0}^n [1 - \alpha_i(1 - \delta)] \|Sx_0 - p\|}{\prod_{i=0}^n [1 - (\alpha_i + \beta_i)(1 + \delta)] \|Su_0 - p\|}$$

Then we have

$$\frac{\psi_{n+1}}{\psi_n} = \frac{\delta^2 [1 - \alpha_n(1 - \delta)]}{[1 - (\alpha_{n+1} + \beta_{n+1})(1 + \delta)]}$$

By assumption $\lim_{n \rightarrow \infty} \alpha_n = \lim_{n \rightarrow \infty} \beta_n = 0$, we get $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\psi_{n+1}}{\psi_n} = \delta^2 < 1$. That is $\lim_{n \rightarrow \infty} \psi_n = 0$ which implies that $\{Sx_n\}_{n=0}^{\infty}$ converges to p faster than $\{Su_n\}_{n=0}^{\infty}$.

The following examples show that our newly defined iterative algorithm is faster than other Jungck-type algorithms which mentioned in this paper:

Example 3.4. Let $Y = [-1, 1] \subset \mathbb{R}$ be endowed with usual metric. Define $T, S: [-1, 1] \rightarrow [-1, 1]$ with a common fixed point $p = 0$ by $Tx = \frac{x}{8}$ and $Sx = \frac{x}{2}$. It is clear that $T([-1, 1]) \subseteq S([-1, 1])$ and $S([-1, 1])$ is a complete subset of $[-1, 1]$. The pair (S, T) satisfies condition (10) with $\delta \in [\frac{2}{5}, 1)$ and $\phi(t) = \frac{t}{8}$. Let $x_0 = 0.79$ and $\alpha_n = \beta_n = \gamma_n = a_n = b_n = c_n = \frac{1}{4}$.

The following table shows that the new iterative algorithm (11) converges to $p = 0$ faster than all of Jungck-type iterative algorithm:

Table 1. Comparison of rate of convergence of some Jungck-type iterative algorithms for $x_0 = 0.79$ initial point

Iter. No.	JY	JCR	JSP	JN	JA	JI	JS	JM	JK
1	0,790000	0,790000	0,790000	0,790000	0,790000	0,790000	0,790000	0,790000	0,790000
2	0,040117	0,152947	0,423738	0,632039	0,188242	0,632617	0,160469	0,641875	0,474656
3	0,002037	0,029611	0,227283	0,505662	0,044855	0,506588	0,032595	0,521523	0,285187
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
6	0,000000	0,000215	0,035073	0,258946	0,000607	0,260134	0,000273	0,279733	0,061857
7	⋮	0,000042	0,018813	0,207170	0,000145	0,208310	0,000055	0,227283	0,037165
8		0,000008	0,010091	0,165746	0,000034	0,166811	0,000011	0,184668	0,022330
9		0,000002	0,005412	0,132605	0,000008	0,133579	0,000002	0,150042	0,013417
10		0,000000	0,002903	0,106090	0,000002	0,106968	0,000000	0,121909	0,008061
11		⋮	0,001557	0,084877	0,000000	0,085658	0,000000	0,099051	0,004843
⋮			⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
23			0,000001	0,005837	⋮	0,005956	⋮	0,008199	0,000011
24			0,000000	0,004670		0,004769		0,006661	0,000006
⋮			⋮	⋮		⋮		⋮	⋮
29				0,001531		0,001570		0,002359	0,000001
30				0,001225		0,001258		0,001916	0,000000
⋮				⋮		⋮		⋮	⋮
64				0,000001		0,000001		0,000002	
65				0,000000		0,000001		0,000001	
66				⋮		0,000000		0,000001	
⋮						⋮			
69								0,000001	
70								0,000000	

Table 1 shows that while the newly defined iterative algorithm reaches the fixed point at the 6th step;

- Jungck-CR iterative algorithm at the 10th step,
- Jungck-SP iterative algorithm at the 24th step,
- Jungck-Noor iterative algorithm at the 65th step,
- Jungck-Agarwal iterative algorithm at the 11th step,
- Jungck-Ishikawa iterative algorithm at the 66th step,
- Jungck-Sahu iterative algorithm at the 10th step,
- Jungck-Mann iterative algorithm at the 70th step,
- Jungck-Khan iterative algorithm reaches to the fixed point at the 30th step.

Example 3.5. Let $Y = [4,5] \subset \mathbb{R}$ be endowed with usual metric. Define $T, S: [4,5] \rightarrow [16,25]$ with a coincidence point $p = 16$ by $Tx = 2x + 8$ and $Sx = x^2$. It is clear that $T([4,5]) \subseteq S([4,5])$ and $S([4,5])$ is a complete subset of $[16,25]$. The pair (S, T) satisfies condition (10) with $\delta \in [\frac{1}{5}, 1)$ and $\phi(t) = \frac{t}{8}$. Let $x_0 = 5$ and $\alpha_n = \beta_n = \gamma_n = a_n = b_n = c_n = \frac{1}{4}$.

The convergence result for various Jungck-type iterative algorithms to $p = 16 = S4 = T4$ are listed in the following table:

Table 2. Comparison of rate of convergence of some Jungck-type iterative algorithms for $x_0 = 5$ initial point

Iter. No	JY	JCR	JSP	JN	JA	JI	JS	JM	JK
1	5,000000	5,000000	5,000000	5,000000	5,000000	5,000000	5,000000	5,000000	5,000000
2	4,049142	4,189182	4,552299	4,812098	4,232129	4,812579	4,200435	4,821825	4,616665
3	4,002491	4,036464	4,301403	4,657939	4,054970	4,658752	4,040615	4,674229	4,376874
4	4,000127	4,007054	4,163259	4,531936	4,013079	4,532962	4,008246	4,552299	4,228900
5	4,000006	4,001365	4,088045	4,429293	4,003115	4,430436	4,001675	4,451822	4,138459
6	4,000000	4,000264	4,047366	4,345926	4,000742	4,347113	4,000340	4,369205	4,083535
7	⋮	4,000051	4,025447	4,278388	4,000177	4,279567	4,000069	4,301403	4,050317
8		4,000010	4,013661	4,223795	4,000042	4,224927	4,000014	4,245851	4,030278
9		4,000002	4,007331	4,179746	4,000010	4,180808	4,000003	4,200400	4,018209
10		4,000000	4,003933	4,144261	4,000002	4,145238	4,000001	4,163259	4,010947
11		⋮	4,002110	4,115711	4,000001	4,116596	4,000000	4,132937	4,006579
12			4,001132	4,092766	4,000000	4,093558	⋮	4,108205	4,003954
⋮			⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
24			4,000001	4,006430	⋮	4,006555	⋮	4,009021	4,000009
25			4,000000	4,005145		4,005250	⋮	4,007331	4,000005
⋮			⋮	⋮		⋮	⋮	⋮	⋮
29				4,002108		4,002159	⋮	4,003196	4,000001
30				4,001687		4,001729	⋮	4,002597	4,000000
⋮				⋮		⋮	⋮	⋮	⋮
62				4,000001		4,000001	⋮	4,000003	
63				4,000001		4,000001	⋮	4,000003	
⋮				⋮		⋮	⋮	⋮	
66				4,000001		4,000001	⋮	4,000001	
67				4,000000		4,000000	⋮	4,000001	
⋮				⋮		⋮	⋮	⋮	
71							⋮	4,000001	
72								4,000000	

Table 2 shows that while the newly defined iterative algorithm reaches the fixed point at the 6th step;

- Jungck-CR iterative algorithm at the 10th step,
- Jungck-SP iterative algorithm at the 25th step,
- Jungck-Noor iterative algorithm at the 67th step,
- Jungck-Agarwal iterative algorithm at the 12th step,
- Jungck-Ishikawa iterative algorithm at the 67th step,
- Jungck-Sahu iterative algorithm at the 11th step,
- Jungck-Mann iterative algorithm at the 72th step,
- Jungck-Khan iterative algorithm reaches to the fixed point at the 30th step.

4. Discussion and Conclusion

Considering the results obtained in Theorem 3.1, Theorem 3.2, Theorem 3.3 and Table 1 - Table 2;

- The fact that the newly defined Jungck-type iterative algorithm (11) has a higher convergence rate compared to other algorithms in the literature shows that this algorithm has good potential for future applications.
- In addition to the high convergence rate, it is observed that stability results can be obtained by using the new iterative algorithm (11) for more general mapping classes.
- It is also seen from Table 1 and Table 2 that the rate of convergence of an iterative algorithm can be changed depend on its control sequences.

References

- [1] Banach, S. 1922. Sur les operations dans les ensembles abstraites et leurs applications aux equations integrales. *Fund. Math.*, 3, 133-181.
- [2] Ciric, L. J. 1974. A generalization of Banach's contraction principle. *Proceedings of American Mathematical Society*, 45, 267-273.
- [3] Edelstein, M. 1961. An extension of Banach contraction principle. *Proceedings of American Mathematical Society*, 1, 7-10.
- [4] Jungck, G. 1976. Commuting mappings and fixed points. *American Mathematical Monthly*, 83(4), 261-263.
- [5] Presic, S. B. 1965. Sur Une Classe D'inequations Aux Differences Finite Et. Sur La Convergence De Certaines Suites. *Publications de l'Institut Mathématique*, 5(25), 75-78.
- [6] Mann, W.R. 1953. Mean value methods in iteration. *Proceedings of the American Mathematical Society*, 4, 506-510.
- [7] Ishikawa, S. 1974. Fixed points by a new iteration method. *Proceedings of the American Mathematical Society*, 44(1), 147-150.
- [8] Noor, M.A. 2000. New approximation schemes for general variational inequalities. *Journal of Mathematical Analysis and Applications*, 251(1), 217-229.
- [9] Atalan, Y. 2019. On Numerical Approach to The Rate of Convergence and Data Dependence Results for a New Iterative Scheme. *Konuralp Journal of Mathematics*, 7(1), 97-106.
- [10] Karapinar, E. 2018. A Short Survey on the Recent Fixed Point Results on b-Metric Spaces, *Constr. Math. Anal.* 1, 15-44.
- [11] Kadelburg, Z., Radenović, S. 2018. Notes on Some Recent Papers Concerning F-Contractions in b-Metric Spaces, *Constr. Math. Anal.*, 2, 108-112.
- [12] Khan, A. R., Gürsoy, F., and Karakaya, V., 2016. Jungck-Khan iterative scheme and higher convergence rate. *International Journal of Computer Mathematics*, 93(12), 1029-2105.
- [13] Singh, S.L., Bhatnagar, C. Mishra, S.N. 2005. Stability of Jungck-type iterative procedures. *International Journal of Mathematics and Mathematical Sciences*, 19, 3035-3043.
- [14] Olatinwo, M.O. 2008. Some stability and strong convergence results for the Jungck-Ishikawa iteration process. *Creative Mathematics and Informatics*, 17, 33-42.
- [15] Olatinwo, M.O. 2008. A generalization of some convergence results using a Jungck-Noor three-step iteration process in arbitrary Banach space. *Polytechnica Posnaniensis*, 40, 37-43.
- [16] Chugh, R., Kumar, V. 2011. Strong Convergence and Stability results for Jungck-SP iterative scheme. *International Journal of Computer Applications*, 36(12), 40-46.
- [17] Hussain, N., Kumar, V., Kutbi, M. A. 2013. On rate of convergence of Jungck-type iterative schemes, *Abstract and Applied Analysis*, 2013, 1-15.
- [18] Khan, A. R., Kumar, V., Hussain, N. 2014. Analytical and numerical treatment of Jungck-type iterative schemes. *Applied Mathematics and Computation*, 231, 521-535.
- [19] Phuengrattana W., Suantai, S. 2011. On the rate of convergence of Mann, Ishikawa, Noor and SP-iterations for continuous functions on an arbitrary interval. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 235(9), 3006-3014.
- [20] Chugh, R., Kumar, V., Kumar, S. 2012. Strong Convergence of a New Three Step Iterative Scheme in Banach Spaces. *American Journal of Computational Mathematics*, 2, 345-357.

- [21] Chugh, R., Kumar, S. 2013. On the Stability and Strong Convergence for Jungck-Agarwal et al. Iteration Procedure International Journal of Computer Applications, 64(7), 39-44.
- [22] Jungck, G., Hussain, N. 2007. Compatible maps and invariant approximations. J. Math. Anal. Appl, 325 (2), 1003-1012.
- [23] Berinde, V. 2007. Iterative Approximation of Fixed Points, Springer, Berlin.
- [24] Berinde, V. 2004. Picard iteration converges faster than the Mann iteration in the class of quasi-contractive operators. Fixed Point Theory Appl, 2, 97-105.

Multivariate Adaptive Regression Splines (Mars) Method For Unemployment in OECD Countries

Haydar Koç*¹, Emre Dünder², Tuba Koç¹

*¹Çankırı Karatekin University, Faculty of Science, Department of Statistics, ÇANKIRI

² Ondokuz Mayıs University, Faculty of Art and Science, Department of Statistics, SAMSUN

(Alınış / Received: 05.12.2019, Kabul / Accepted: 28.12.2019, Online Yayınlanma / Published Online: 31.12.2019)

Keywords

Multivariate Adaptive
Regression Splines (MARS),
Unemployment Rate,
OECD

Abstract: Unemployment is one of the most important macroeconomic problems in all countries and it is very important task for identification of the key determinants of it. Therefore, in recent years determining the factors affecting the unemployment is attracting the researcher. In this study, the factors affecting unemployment in Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) countries were tried to be determined. In this context, data for the years 2000-2017 were analyzed by using MARS method. For each year, we estimated the Multivariate Adaptive Regression Splines (MARS) models and we tracked the effective predictors. According to our findings, the indicators Gross domestic product (Gdp), tax revenue rate, long term interest rate, saving rate and inflation usually have a significant impact on the unemployment rates. The annual growth rate of import, export and exchange rate do not influence the unemployment ratios. Besides these results, the industrial production, the industrial value added and current account balance are influential for a few years.

Çok Değişkenli Uyarlanabilir Regresyon Eğrileri Yöntemi ile OECD Ülkelerindeki İşsizlik

Anahtar Kelimeler

Çok Değişkenli Uyarlanabilir
Regresyon Eğrileri,
İşsizlik Oranı,
OECD.

Öz: İşsizlik tüm ülkelerde en önemli makroekonomik problemlerden biridir ve işsizliğin temel göstergelerinin belirlenmesi oldukça önemlidir. Bu nedenle son yıllarda işsizliği etkileyen faktörlerin belirlenmesi araştırmacıların ilgisini çekmiştir. Bu çalışmada OECD ülkelerindeki işsizlik oranlarını etkileyen faktörler belirlenmeye çalışıldı. Bu bağlamda 2000-2017 yıllarına ait veriler MARS metodu kullanılarak analiz edildi. Her bir yıl için MARS modelleri tahmin edildi ve etkili olan açıklayıcı değişkenler değerlendirildi. Sonuçlara göre Gayri safi yurt içi hasıla (Gsyih), vergi gelir oranı, uzun vadeli faiz oranı, tasarruf oranı ve enflasyon göstergeleri genellikle işsizlik oranları üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Yıllık ithalat büyüme oranı, ihracat ve döviz kuru oranları işsizlik oranlarını etkilememektedir. Bu sonuçların yanı sıra, sanayi üretimi, sanayi katma değeri ve cari işlemler dengesi birkaç yıl için etkili bulunmuştur.

Department of Statistics, Çankırı Karatekin University, Çankırı
Department of Statistics, Ondokuz Mayıs University, Samsun
*Corresponding author, email: haydarkoc@karatekin.edu.tr

1. Introduction

Unemployment is one of the most important macroeconomic problems in all countries. The reason why unemployment is such an important problem is that it is the source of both economic and social problems. Unemployment affects not only the unemployed individuals but also their families and social order in a vast scale. The imbalance in income distribution increases with unemployment and social serenity decreases. Unemployment may occur in many countries, from region to region, from sector to sector or from industry to industry. It comes to existence in the economic structures of countries with different characteristics according to different

development levels. If the reason of unemployment is examined according to the level of development of countries, it can be said that due to the lack of capital in underdeveloped countries, lack of qualified labor force, high population rate and low investment causes unemployment. In developed countries, it can be said that unemployment is caused by advanced technologies. When the studies about unemployment are examined, there are many studies that take into account the economic variables that determine the unemployment. Gatti and Voubourg [1] examined the relationship between labor and financial factors in order to reveal the financial determinants of unemployment by using the data of 1980-2004 for 18 OECD countries. They concluded that there was a strong relationship between labor market and financial factors by using the generalized moment method. Gyekye and Kyei [2] attempted to determine the determinants of unemployment for 2008 by using principal components and clustering analysis for Limpopo province in South Africa. Güriş and Yaman [3] analyzed the factors affecting unemployment in OECD countries with panel data models. They decided that the model in which the crisis puppet was included was the most fitted econometric model. According to the results of this model, it is observed that the variable with the most decreasing effect on unemployment in terms of OECD countries is the investment rate, while economic growth, inflation, budget deficit and current account balance have a decreasing effect on unemployment. Bayrak and Tatli [4] used panel data analysis to determine the factors affecting youth unemployment rate in OECD countries.

According to this study, while the economic growth rate, inflation and domestic gross savings adversely affect youth unemployment, it has been concluded that labor productivity positively affects youth employment. Bruno et al. [5] demonstrated the short and long-term effects of financial crises on youth unemployment in OECD countries by applying dynamic panel data analysis. Uzunkaya et al. [6] determined the factors affecting the economic growth rate in the USA using Multivariate Adaptive Regression Splines (MARS) models. It was concluded that there is a positive relationship between private investment, government spending and net exports. In recent years, there are many studies about the MARS model, which is commonly used in the fields of economics and finance. Some of these are [7, 8 and 9].

In this study, the MARS model, which has become popular in recent years, has been used in determining the factors affecting unemployment for 35 OECD countries. The remainder of the study is organized as follows. In section 2, we introduce MARS models for data analysis. The section 3 explains the application of the MARS model with unemployment data for OECD countries. Finally, a brief discussion is given in Section 4.

2. Material and Method

2.1. Multivariate Adaptive Regression Splines (MARS) Model

The MARS method uses smoothing splines to control the non-parametric error variance in determining the relationship between dependent and independent variables. In this case, the obtained equation will have a bent structure instead of a straight line. Bend points are called knots. When drawing more than two dimensional extensions, basic functions are required for each extension. The basic function selects the regions that will change the original data to zero [10]. Thus, this method first divides the data stack into regions and regions are based on the data. The MARS method creates a regression equation for each region [11]. MARS regression model is defined as,

$$f(x) = \sum_{i=1}^k c_i B_i(x_i) + \varepsilon$$

where B_i is a function from a set of basis function, c_i the coefficient vector and ε indicates the random error term.

The basis function features:

- Constant term can be taken as "1" to reduce bias
- The basic function for linear and nonlinear expansion is used in two ways:

$h(x) = \max(0, x - t)$ or $h(x) = \max(0, t - x)$ where t is a constant [12].

After determining both the basic functions and the knots, the functions with the highest estimation performance are determined by the least squares method [13]. Model selection is based on Generalized Cross Validation (GCV) measurement [14].

$$GCV = \sum_{i=1}^n \frac{(y_i - \hat{y})^2}{(1 - C(M)/n)^2}$$

where \hat{y} indicates the predicted values and $C(M)$ shows a penalty measure which is related with the number of selected parameters.

3. Results

In this part, we implemented MARS models to uncover the possible determinants of the unemployment rates in OECD countries. Since MARS can be used as a modeling technique for time series without any stationary assumption, we preferred MARS for constructing the models. MARS can also select the relevant variables so it becomes possible to identify the main characteristic variables related with unemployment ratio.

Table 1. Description of the variable

Variable	Explanation
y (response variable)	Unemployment rate (% of GDP)
x ₁	Gross domestic product (GDP-per capita)
x ₂	Tax revenue rate (% of GDP)
x ₃	Industrial production (2005=100)
x ₄	Long term interest rate
x ₅	Saving rate (% of GDP)
x ₆	Inflation
x ₇	Industrial value-added rate (% of total value added)
x ₈	Annual growth rate % of import
x ₉	Annual growth rate % of export
x ₁₀	Exchange rate (national currency units/US dollar)

Table 1 denotes the explanation of the variables used for the implementation part. We selected eleven different macroeconomic indicators as the independent variables which can have effect on the unemployment rates. We collected the data set for OECD countries from the website <https://data.worldbank.org/>.

Table 2. Selected variables by the MARS models for each year

Year	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	x ₇	x ₈	x ₉	x ₁₀	x ₁₁
2000	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2001	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2002	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2003	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2004	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-
2005	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-
2006	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-
2007	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
2008	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
2009	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
2010	+	-	+	-	-	+	+	-	-	-	-
2011	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-
2012	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-
2013	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-
2014	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-
2015	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
2016	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-
2017	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-

Table 2 shows the selected variables by MARS model which have direct effect on the unemployment rates in OECD countries. We report the chosen determinants for each year. The symbol “+” represents the related variable as selected and “-” represents as not selected. Mostly, we observe that Gdp, tax revenue rate, long term interest rate, saving rate and inflation have significant impact on the unemployment rates.

Until 2006, the indicators Gdp and tax revenue have affected the unemployment rates permanently. The industrial production and the industrial value added rate are only effective for two years. The current account balance is only selected for 2008. However, annual growth rate of import, export and exchange rate were not selected for all the years.

Table 3. The estimated MARS equations for all the years

Year	Equation of the MARS model
2000	$6.6954 + 0.0005 \times \max(0, 19515.8 - x_1) + 5.9557 \times \max(0, x_2 - 32.4280) - 0.3241 \times \max(0, 33.3580 - x_2) - 8.6515 \times \max(0, x_2 - 33.3580) + 3.0381 \times \max(0, x_2 - 36.2420)$
2001	$5.9445 + 0.0003 \times \max(0, 28981.3800 - x_1) - 0.4305 \times \max(0, 32.8380 - x_2)$
2002	$6.1436 + 0.0003 \times \max(0, 30482.1500 - x_1) - 0.4131 \times \max(0, 33.2270 - x_2)$
2003	$6.3862 + 0.0003 \times \max(0, 30787.4100 - x_1) - 0.3819 \times \max(0, 33.1180 - x_2)$
2004	$6.2727 + 0.0003 \times \max(0, 32249.9300 - x_1) - 0.4539 \times \max(0, 31.2080 - x_2)$
2005	$6.2408 + 0.0003 \times \max(0, 33331.1100 - x_1) - 0.4192 \times \max(0, 31.2120 - x_2) - 0.8407 \times \max(0, x_6 - 2.0120)$
2006	$7.3499 + 0.0004 \times \max(0, 25827.95 - x_1) - 6.794248e - 05 \times \max(0, x_1 - 25827.95) - 0.3092 \times \max(0, 30.8310 - x_2) - 0.91422 \times \max(0, x_4 - 4.411)$
2007	$6.0099 + 0.0002 \times \max(0, 27822.6500 - x_1) - 1.0809 \times \max(0, x_4 - 4.4900)$
2008	$6.7045 - 0.1630 \times \max(0, x_{11} - (-4.9960))$
2009	$7.3405 + 0.2317 \times \max(0, 84.8790 - x_3)$
2010	$4.9416 + 0.0003 \times \max(0, 35007.7 - x_6) + 0.4065 \times \max(0, x_3 - 93.3670) + 0.3680 \times \max(0, 99.9950 - x_3) - 1.2946 \times \max(0, x_6 - 1.5250) - 0.3589 \times \max(0, x_7 - 18.4190)$
2011	$9.1197 + 0.9126 \times \max(0, x_4 - 4.9800) - 0.2771 \times \max(0, x_5 - 1.3830)$
2012	$8.7691 + 0.9024 \times \max(0, x_4 - 3.3790) - 0.2922625 \times \max(0, x_5 - 2.0240)$
2013	$9.1590 + 2.3136 \times \max(0, x_4 - 3.8280) - 0.3651 \times \max(0, x_5 - 2.5250)$
2014	$4.8413 + 0.5182 \times \max(0, 7.7500 - x_5) + 6.9380 \times \max(0, 0.6200 - x_6)$
2015	$7.3330 + 5.5423 \times \max(0, 0.2920 - x_6) - 0.5271 \times \max(0, x_{11} - 1.1620)$
2016	$4.3191 + 0.8834 \times \max(0, 4.3070 - x_5) - 0.0805 \times \max(0, x_5 - 4.307) + 3.3488 \times \max(0, 0.8910 - x_6) + 0.8974 \times \max(0, x_6 - 0.8910)$
2017	$7.8287 - 0.2959 \times \max(0, x_7 - 19.0585)$

Table 3 shows the MARS equations which are obtained yearly for OECD countries. Within the MARS equations, it is possible to perform prediction according to any selected year.

Also, the MARS equation enables the prediction with a few macroeconomic indicators. However, the use of these equations has a representative value in terms of prediction because we have all the values for each year.

4. Discussion and Conclusion

Unemployment is a crucial indicator for all over the world and it is very important task to identification of the key determinants of it. In accordance with this purpose, we used MARS models to discover the correlates of the unemployment ratios between 2000 and 2017 in OECD countries. For each year, we estimated the MARS models and we tracked the effective predictors.

According to our findings, the indicators Gdp, tax revenue rate, long term interest rate, saving rate and inflation usually have a significant impact on the unemployment rates in OECD countries. The annual growth rate of import, export and exchange rate do not influence the unemployment ratios. Besides these results, the industrial production, the industrial value added and current account balance are influential for a few years. Thus, these variables cannot be considered as the main factors of the unemployment rates.

GDP should be increased to reduce unemployment rates. The increase in national income should have the qualities to contribute to employment. Countries should increase their production levels. Employment-friendly sectors, particularly tourism and textiles, mining, and sectors capable of creating employment should be supported. Sanzoa et al. (2017) have demonstrated the negative effects of taxes on economic growth if the tax burden exceeds 30% in 20 OECD countries. Negative effects on economic growth indirectly increase unemployment rates. Unemployment rates can be reduced by lowering tax income rates. In order to prevent unemployment, it is generally recommended to increase national income, lower tax income rates and improve economic growth performance.

Reference

- [1] Gatti, D., Vaubourg, A.G. 2010. The Financial Determinants of Unemployment: do they interact with labor market institutions?. Wiliam Davidson Institute Working Paper, Vol.273.
- [2] Gyekye, K.B., Kyei, K.A. 2011. Determinants of unemployment in Limpopo province in South Africa: exploratory studies. *Journal of Emerging Trends in Economics and Management Sciences*, 2(1), 54-61.
- [3] Güriş, S., Yaman, B. 2018. OECD Ülkelerinde İşsizliği Etkileyen Faktörlerin Panel Veri Modelleri ile Analizi. *Social Sciences Research Journal*, C, 7, 136-146.
- [4] Bayrak, R., Tatli, H. 2018. The Determinants of Youth Unemployment: A Panel Data Analysis of OECD Countries. *The European Journal of Comparative Economics*, 15(2), 231-248.
- [5] Bruno, G.S., Choudhry Tanveer, M., Marelli, E., Signorelli, M.2017. The short-and long-run impacts of financial crises on youth unemployment in OECD countries. *Applied Economics*, 49(34), 3372-3394.
- [6] Uzunkaya, S. Ş., Dinçer, H., Yüksel, S. 2019. ABD'nin Ekonomik Gelişmesinin Tarihsel Bir Analizi (1947-2017). *MANAS Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 8(1/1), 215-228.
- [7] Di Sanzo, S., Bella, M., & Graziano, G. 2017. Tax structure and economic growth: A panel cointegrated VAR analysis. *Italian Economic Journal*, 3(2), 239-253.
- [8] Dinçer, H., Hacıoğlu Ü., Yüksel, S. 2017. Determining Influencing Factors of Currency Exchange Rate for Decision Making in Global Economy using MARS Method. Chapter 13: Geopolitics and Strategic Management in the Global Economy, IGA Global.
- [9] Bolder, J., Rubin, T. 2007. Optimization in a Simulation Setting: Use of Function Approximation in Debt Strategy Analysis. Bank of Canada Working Paper, 1-92.
- [10] Yüksel, S., Zengin S., Kartal, M.T. 2016. Identifying the Macroeconomic Factors Influencing Credit Card Usage in Turkey by Using MARS Method. *China-USA Business Review*, 15(12), 611-615.
- [11] Friedman, J.H. 1991. Multivariate adaptive regression splines. *The annals of statistics*, 19(1), 1-67.
- [12] Lee, T.S., Chiu, C.C., Chou, Y.C., Lu, C.J.2006. Mining the customer credit using classification and regression tree and multivariate adaptive regression splines. *Computational Statistics & Data Analysis*, 50(4), 1113-1130.
- [13] Friedman, J., Hastie, T., Tibshirani, R. 2001. The elements of statistical learning. Vol. 1, No. 10, New York: Springer series in statistics.
- [14] Salford Systems, 2001. TreeNet stochastic gradient boosting: An implementation of the MART methodology.
- [15] Craven, P., Wahba, G. 1979. Estimating the correct degree of smoothing by the method of generalized cross-validation", *Numerische Mathematik*, 31, 377-403.

Mathematical Estimation of Expenditures in The Health Sector in TURKEY with Grey Modeling

Zafer ÖZTÜRK*¹, Halis BİLGİL²,

^{1*} Aksaray University, Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Mathematics, AKSARAY

²Aksaray University, Department of Mathematics, AKSARAY

(Alınış / Received: 22.07.2019, Kabul / Accepted: 28.12.2019, Online Yayınlanma / Published Online: 31.12.2019)

Keywords

Grey Estimation Model, Grey System Theory, Forecast Accuracy, Least Squares Method,

Abstract: Grey theory is an effective theory that deals with systems that lack weak information and / or information. With this theory, effective and very accurate estimates can be created for future times by utilizing a small number of data. The grey modeling method is a sub-branch of the theory of grey systems and the modeling process is carried out with the help of differences equations and differential equations. The least squares approach plays a role in the precise results of the method. Using the GM (1,1) modeling method, which is the basis of grey prediction models with its accuracy and usefulness, health expenditures in Turkey that will be achieved in the coming years were estimated. These estimates are particularly useful for health and economic policies.

Gri Modelleme ile Türkiye Sağlık Sektöründe Harcamaların Matematiksel Tahmini

Anahtar Kelimeler

Gri Tahmin Modeli, Gri Sistem Teorisi, Tahmini Doğruluk, En Küçük Kareler Yöntemi

Öz: Gri teorisi, zayıf bilgi ve / veya bilgi içermeyen sistemlerle ilgilenen etkili bir teoridir. Bu teoriyle, az sayıda veri kullanılarak gelecek zamanlar için etkili ve çok doğru tahminler oluşturulabilir. Gri modelleme yöntemi, gri sistem teorisinin bir alt dalıdır ve modelleme işlemi, denklemler ve diferansiyel denklemler yardımıyla gerçekleştirilir. En küçük kareler yaklaşımı, yöntemin kesin sonuçlarında rol oynar. Gri tahmin modellerinin temeli olan GM (1,1) modelleme yönteminin doğruluğu ve kullanışlılığı ile Türkiye’de önümüzdeki yıllarda sağlanacak sağlık harcamaları tahmin edilmiştir. Bu tahminler özellikle sağlık ve ekonomi politikaları için faydalıdır.

Department of Mathematics, Aksaray University, AKSARAY
Department of Mathematics, Aksaray University, AKSARAY
*Corresponding author, email: zaferozturk@aksaray.edu.tr

1.Introduction

Grey modeling method plays an important role in grey systems theory and was first introduced by Deng (1982). This model is expressed in the form of GM(1,1) and is used to produce high precision estimates based on a small number of data [1].

The grey prediction modeling method has been used successfully in many fields such as industry, science and technology, economy, energy consumption [2-8]. In recent years, improved or modified versions of GM(1,1) have been studied by researchers [9-13]. Grey modeling methods provide effective results in estimating exponential number sequences.

In this study, with the help of GM(1,1) modeling method, expenditures on the health sector in Turkey between 2004-2017 were collected and next expenditures were estimated by 2025. As a result of the predictions made with the same model, the error rate was very low, and this situation encouraged the certainty of subsequent predictions. This article is composed of 4 parts. The Grey modeling GM(1,1) method is given in the section 2. The implementation of the GM(1,1) method on health expenditures derived from the health sector in Turkey was carried out in the third section. In the fourth and final section, results based on the findings are given.

2. Material and Method

2.1 Grey Modelling Theory

Step 1: The initial data is created with an array of $X^{(0)}$ data.

$$X^{(0)} = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n)). \quad (1)$$

Step 2: $X^{(1)}$ accumulated generating sequence is created.

$$X^{(1)} = (x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), \dots, x^{(1)}(n)). \quad (2)$$

$$x^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^k x^{(0)}(i).$$

Step 3: The first-order average value operator $Z^{(1)}$ is created.

$$Z^{(1)}(k) = \frac{x^{(1)}(k) + x^{(1)}(k-1)}{2}$$

where $k = 2, 3, \dots, n$

$$Z^{(1)} = (z^{(1)}(2), z^{(1)}(3), \dots, z^{(1)}(n)). \quad (3)$$

Step 4:

The equation

$$x^{(0)}(k) + az^{(1)}(k) = b \quad (4)$$

is called the basic form of the GM (1,1) model.

a and b coefficients of equality are determined by the least squares method. Where k is the coefficient of development and progress of a time point a and b respectively [13]. The equation (4) can be expanded as,

$$\begin{aligned} x^{(0)}(2) + az^{(1)}(2) &= b \\ x^{(0)}(3) + az^{(1)}(3) &= b \\ &\vdots \\ x^{(0)}(n) + az^{(1)}(n) &= b \end{aligned} \quad (5)$$

from the system (5) can be written as follow,

$$Y = B\hat{a} \quad (6)$$

where,

$$B = \begin{pmatrix} -z^{(1)}(2) & 1 \\ -z^{(1)}(3) & 1 \\ \vdots & \\ -z^{(1)}(n) & 1 \end{pmatrix}$$

$$Y = \begin{pmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ \vdots \\ x^{(0)}(n) \end{pmatrix} \quad \hat{a} = \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}$$

The goal is to determine a and b coefficients. The least squares are multiplied by B^T on both sides of the equation $Y = B\hat{a}$ according to the least squares method,

$$B^T Y = B^T B \hat{a}$$

and thence,

$$\hat{a} = (B^T B)^{-1} B^T Y$$

can be found. The matrix multiplication algorithm and the least squares method are used to calculate the parameters of this model.

Proof: Substitute all data values into the grey differential equation

$$x^{(1)}(k+1) = \beta_1 x^{(1)}(k) + \beta_2$$

gives that

$$x^{(1)}(2) = \beta_1 x^{(1)}(1) + \beta_2,$$

$$x^{(1)}(3) = \beta_1 x^{(1)}(2) + \beta_2,$$

... .. ,

$$x^{(1)}(n) = \beta_1 x^{(1)}(n-1) + \beta_2,$$

That is, $Y = B\hat{a}$, for the evaluated values of β_1 and β_2 , substitute $x^{(1)}(k+1)$, ($k=1,2,\dots, n-1$) with $\beta_1 x^{(1)}(k) + \beta_2$, which gives the error sequence $\varepsilon = Y - B\hat{a}$.

Hence, the S operator is can be defined as,

$$S = \varepsilon^T \varepsilon = (Y - B\hat{a})^T (Y - B\hat{a}) = \sum_{k=1}^{n-1} (x^{(1)}(k+1) - \beta_1 x^{(1)}(k) - \beta_2)^2$$

For minimum values of S, β_1 and β_2 should satisfy following equations,

$$\frac{\partial S}{\partial \beta_1} = -2 \sum_{k=1}^{n-1} ((x^{(1)}(k+1) - \beta_1 x^{(1)}(k) - \beta_2) x^{(1)}(k)) = 0$$

$$\frac{\partial S}{\partial \beta_2} = -2 \sum_{k=1}^{n-1} ((x^{(1)}(k+1) - \beta_1 x^{(1)}(k) - \beta_2))$$

$$= 0$$

These equations can be solved easily. Therefore β_1 and β_2 are found as,

$$\beta_1 = \frac{\sum_{k=1}^{n-1} x^{(1)}(k+1)x^{(1)}(k) - \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^{n-1} x^{(1)}(k+1) \sum_{k=1}^{n-1} x^{(1)}(k)}{\sum_{k=1}^{n-1} (x^{(1)}(k))^2 - \frac{1}{n-1} (\sum_{k=1}^{n-1} x^{(1)}(k))^2}$$

$$\beta_2 = \frac{1}{n-1} \left[\sum_{k=1}^{n-1} x^{(1)}(k+1) - \beta_1 \sum_{k=1}^{n-1} x^{(1)}(k) \right]$$

From $Y = B\hat{a}$, it follows that

$$B^T B \hat{a} = B^T Y, \hat{a} = (B^T B)^{-1} B^T Y$$

It is clear that,

$$B^T B = \begin{pmatrix} x^{(1)}(1) & 1 \\ x^{(1)}(2) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ x^{(1)}(n-1) & 1 \end{pmatrix}^T \begin{pmatrix} x^{(1)}(1) & 1 \\ x^{(1)}(2) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ x^{(1)}(n-1) & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum_{k=1}^{n-1} x^{(1)}(k)x^{(1)}(k+1) \\ \sum_{k=1}^{n-1} x^{(1)}(k+1) \end{pmatrix}$$

Therefore,

$$\begin{aligned} \hat{a} &= (B^T B)^{-1} B^T Y = \frac{1}{(n-1) \sum_{k=1}^{n-1} (x^{(1)}(k))^2 - \frac{1}{n-1} (\sum_{k=1}^{n-1} x^{(1)}(k))^2} \\ &\times \begin{pmatrix} (n-1) \sum_{k=1}^{n-1} x^{(1)}(k)x^{(1)}(k+1) - \sum_{k=1}^{n-1} x^{(1)}(k+1) \sum_{k=1}^{n-1} x^{(1)}(k) \\ - \sum_{k=1}^{n-1} x^{(1)}(k) \sum_{k=1}^{n-1} x^{(1)}(k)x^{(1)}(k+1) + \sum_{k=1}^{n-1} x^{(1)}(k+1) \sum_{k=1}^{n-1} (x^{(1)}(k))^2 \end{pmatrix} \\ &= \begin{pmatrix} \frac{\sum_{k=1}^{n-1} x^{(1)}(k)x^{(1)}(k+1) - \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^{n-1} x^{(1)}(k+1) \sum_{k=1}^{n-1} x^{(1)}(k)}{\sum_{k=1}^{n-1} (x^{(1)}(k))^2 - \frac{1}{n-1} (\sum_{k=1}^{n-1} x^{(1)}(k))^2} \\ \frac{1}{n-1} (\sum_{k=1}^{n-1} x^{(1)}(k+1) - \beta_1 \sum_{k=1}^{n-1} x^{(1)}(k)) \end{pmatrix} \\ &= [\beta_1, \beta_2]^T \end{aligned}$$

Step 5:

The Grey differential equation is defined follow as,

$$\frac{dx^{(1)}(k)}{dk} + ax^{(1)}(k) = b$$

where the grey developmental coefficient a and grey control parameter b are the model parameters to be estimated.

The grey derivative for the first-order grey differential equation with (1) data as the intermediate information is conventionally represented as

$$\frac{dx^{(1)}(k)}{dk} = \lim_{\Delta k \rightarrow 0} \frac{x^{(1)}(k + \Delta k) - x^{(1)}(k)}{\Delta k}$$

and

$$\frac{dx^{(1)}(k)}{dk} = \frac{\Delta x^{(1)}(k)}{\Delta k} = x^{(1)}(k+1) - x^{(1)}(k) = x^{(0)}(k+1)$$

when $\Delta k \rightarrow 1$ roughly. The background value of $\frac{dx^{(1)}(k)}{dk}$, $x^{(1)}(k)$ is taken as the mean of $x^{(1)}(k)$ and $x^{(1)}(k+1)$. The solution to equation

$$\frac{dx^{(1)}(k)}{dk} + ax^{(1)}(k) = b$$

with system parameters determined by least-squares method and initial condition $x^{(1)}(1) = x^{(0)}(1)$ is

$$\hat{x}^{(1)}(k + 1) = \left(x^{(0)}(1) - \frac{b}{a}\right) e^{-ak} + \frac{b}{a} \tag{7}$$

is obtained in the form of $(k=1,2,\dots,n-1)$. The GM(1,1) model is a special modeling approach based on the exponential functions of the solution. Therefore the prediction values can be generated by,

$$\hat{x}^{(0)}(1) = x^{(0)}(1) \tag{8}$$

$$\hat{x}^{(0)}(k) = \hat{x}^{(1)}(k) - \hat{x}^{(1)}(k - 1), k= 2, 3, \dots, n$$

3. Results

3.1 An Application of The GM (1,1) Model on Health Expenditures in TURKEY

Turkish Statistical Institute (TUIK) which reports complete, correct and official data. The data includes the amount of total health expenditures between 2004 and 2017 (Million TL). This section presents a systematic predicting methodology which includes data collection, parameter estimation, result analysis and future health expenditures for Turkey.

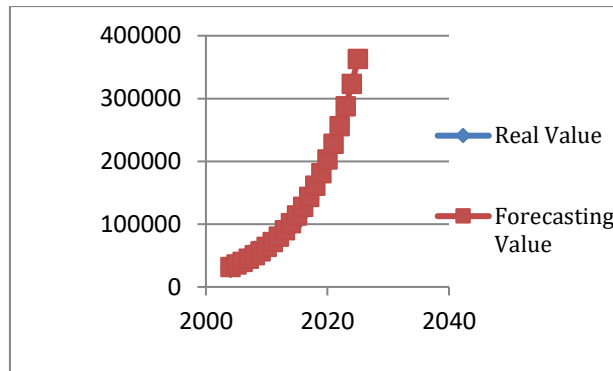
Table 1: Health expenditures and forecasts in health sector in Turkey

Years	Expenditures Amount (Million TL)	GM(1,1)	Error Rate (ε)
2004	30020,8457	31732,0974	5,70
2005	35358,9075	35636,1038	0,78
2006	44068,6811	40020,4209	9,19
2007	50904,3009	44944,1415	11,71
2008	57740,0000	50473,6283	12,58
2009	57910,7320	56683,4091	2,12
2010	61677,5979	63657,1805	3,21
2011	68607,4094	71488,9364	4,20
2012	74188,7119	80284,2348	8,22
2013	84390,0912	90161,6205	6,84
2014	94749,5074	101254,2231	6,87
2015	104567,5392	113711,5507	8,74
2016	119755,7799	127701,5060	6,63
2017	140647,3488	143412,6483	1,97
Average Error Rate			6,34
Health Expenditures Estimates (Million TL)			
2018		161056,7356	
2019		180871,5786	
2020		203124,2457	
2021		228114,6630	
2022		256179,6565	
2023		287697,4918	
2024		323092,9727	
2025		362843,1671	

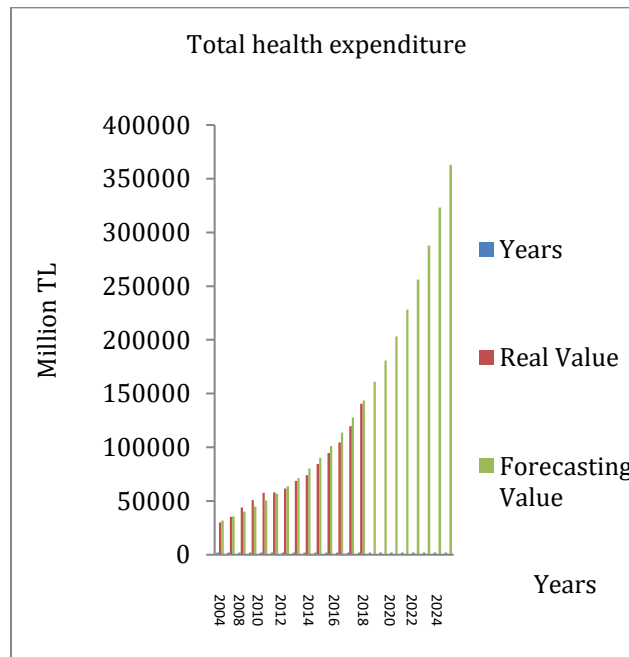
4. Discussion and Conclusions

In the study, expenditures in the health sector in Turkey between 2004-2017 were analyzed and forecasts were made for the following years by using the grey modelling theory. The data at hand were compared with the generated model and the mean error was calculated as 6.34%. In the literature, the results for models with an error rate below 10% are acceptable [9].

The size of a country's health economy represents the development of the country. It is clear that, major investments in the health sector are inevitable to create quality health care. To ensure success in the field of health, the health economy needs to be managed properly. Increased population and following of emerging technologies shows that the inevitable increase in health spending in Turkey.



(a)



(b)

Figure 1: Actual values and forecasting values of health expenditures

Error calculation,

$$\varepsilon(k) = \left| \frac{x^{(0)}(k) - \hat{x}^{(0)}(k)}{x^{(0)}(k)} \right| * 100 \quad (9)$$

and average error,

$$\text{Average Error} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \varepsilon(k) \quad (10)$$

calculated in the form of.

The results show that the increase in health expenditures is mainly due to increased population and other factors.

References

- [1] J.L.Deng 1982. Control problem of grey system, Syst. Control Lett. 5 (1982) 288-294.
- [2] Yong-Huang Lin, Pin-Chan Lee, Ta-Peng Chang 2009. Adaptive and high-precision grey forecasting model, Expert Syst. Appl. 36 (2009) 9658-9662.
- [3] S.F. Liu, Y.G. Dang, Z.G. Fang 2004. Grey System Theory and its Application, third ed., Science Press, Beijing, 2004 (Chapter 5).
- [4] W. Zhou, J.-M. He 2013. Generalized gm (1,1) model and its application in forecasting of fuel production, Applied Mathematical Modelling 37 (9) (2013) 6234-6243.
- [5] S. Javed, S. Liu 2018. Predicting the research output/growth of selected countries: application of even gm(1,1) and ndgm models, Scientometrics. 115 (1) (2018) 395-413.
- [6] S.-L. Ou 2012. Forecasting agricultural output with an improved grey forecasting model based on the genetic algorithm, Comput. Electron. Agric. 85 (85) 80 (2012) 33-39.
- [7] B. Zeng, Y. Tan, H. Xu, J. Quan, L. Wang, X. Zhou 2018. Forecasting the electricity consumption of commercial sector in hong kong using a novel grey dynamic prediction model, J. Grey Syst. 30 (1) (2018) 157-172.
- [8] S. Ene, N. Ozturk 2018. Grey modelling based forecasting system for return How of end-of-life vehicles, Technological Forecasting and Social Change 117 (2018) 155-166.
- [9] X. Ma, Z. Liu 2017. Application of a novel time-delayed polynomial grey model to predict the natural gas consumption in china, Journal of Computational and Applied Mathematics. 324 (2017) 17-24.
- [10] J.Cui, S.F.Liu, B.Zeng, N.M. Xie 2013. A novel grey forecasting model and its optimization, Applied Mathematical Modelling 37 (2013) 4399-4406.
- [11] X. Ma, Z. Liu, Y. Wang 2019. Application of a novel nonlinear multivariate grey bernoulli model to predict the tourist income of china, J. Comput. Appl. Math. 347 (2019) 84-94.
- [12] Z. X. Wang, Q. Li, L. L. Pei 2018. A seasonal gm(1,1) model for forecasting the electricity consumption of the primary economic sectors, Energy 154 (2018) 522-534.
- [13] D. Akay, M. Atak 2007. Grey prediction with rolling mechanism for electricity demand forecasting of turkey, Energy 32 (9) (2007) 1670-1675.

Bazı Üriner Sistem Taşlarının X-Işını Toz Kırınım Yöntemi ile Nitel Analizi

Atiye Atifet GÜVENÇ^{*1}, Zeliha ATİOĞLU² and Mehmet AKKURT¹

^{*1} Erciyes Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümü, KAYSERİ

² Kapadokya Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu Uçak Elektrik Elektronik Bölümü, NEVŞEHİR

(Alınış / Received: 12.10.2019, Kabul / Accepted: 29.11.2019, Online Yayınlanma / Published Online: 31.12.2019)

Anahtar Kelimeler

X-Işını,
Toz Kırınım Metodu,
Üriner Sistem Taşları

Öz: Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesinde yatan 12 farklı hastadan alınan üriner sistem taşlarının X-ışını toz kırınım yöntemi ile nitel analizleri yapıldı. Agat havanda öğütülen numunelerin toz kırınım desenleri Bruker AxsDS Advence model difraktometre CuK_{α} radyasyonu kullanılarak elde edildi. EVA programı kullanılarak difraksiyon desenleri üzerinde fiziksel ve geometrik faktör düzeltmeleri yapıldı. Toz kırınım desenlerinden elde edilen pik verileri Hanawalt metoduna göre değerlendirildi ve örneklerin yapılarına giren maddeler nitel olarak tayin edildi. Analiz sonucunda ağırlıklı olarak numunelerde uric acid, whewellite, weddellite bileşiklerine rastlandı. Bu çalışmayla üriner sistem rahatsızlıklarına sebep olan taşların X-ışını toz kırınım yöntemi ile içeriklerinin saptanabileceği gözlemlendi.

Qualitative Analysis of Some Urinary Stones Using the X-ray Powder Diffraction Method

Keywords

X-Ray,
Powder Diffraction Method,
Üriner Sistem Stones

Abstract: The urinary system stones which are taken from 12 different patients in Ege University Hospital were analyzed by X-ray powder diffraction method. Powder diffraction patterns of the samples were obtained by a CuK_{α} radiation in Bruker AxsDS Advence model diffractometer. Physical and geometric factor corrections were performed on the diffraction patterns by using the EVA program. The picks on the powder diffraction patterns were evaluated according to the Hanawalt method and the materials entering the structures were determined qualitatively. Urinary acid, whewellite, weddellite were heavily found. In this study, it was observed that the contents of the stones causing urinary system disorders could be determined by X-ray powder diffraction method.

Fizik Bölümü, Erciyes Üniversitesi, Kayseri
Uçak Elektrik Elektronik Bölümü, Kapadokya Üniversitesi, Nevşehir
^{*}İlgili yazar, email: atysn@hotmail.com

1. Giriş

Üriner sistem taşları yaklaşık %97 oranında kristal ve mineral faz ve %3 oranında kristal olmayan ya da organik faz içerir. Böbrek taşları idrar içinde çöken kristallerin böbrek iç yüzeyine tutunması ve birikmesi ile oluşur [1]. İçeriğinde bulunan maddeye göre taşlar sınıflandırılır. Taş tipi ileri tanı testini belirlemede etkili faktördür. Bu taş tipleri kalsiyum oksalat, kalsiyum fosfat, ürik asit, amonyum urat, strüvit, sistin, ksantin, dihidroksiadenin, ilaç taşları gibi yapısı bilinmeyen taşlardır [2]. En sık görülen kalsiyum oksalat ve kalsiyum fosfat taşıdır. Kalsiyum oksalat birçok üriner sistem taşı içindeki ana bileşeni oluşturur. Üriner sistem taşlarının türlerinin görülme sıklığı Tablo 1.' de verilmiştir.

Strüvit taşlarının görülme sıklığı Tablo 1. 'den de görüldüğü gibi %10-15 aralığına sahiptir. Ürik asit taşları da en sık erkeklerde rastlanan bir taş türüdür. Sistin taşları ise en az görülme oranına sahip taş grupları arasındadır [3].

Genellikle böbrek taşının ilk belirtisi şiddetli ağrı şeklinde ortaya çıkar. Böbrek taşları röntgen veya ultrasonografik incelemeler sonucunda tespit edilir. Bol miktarda su içmek ve bunu alışkanlık haline getirmek taş oluşumunu engellemek için yapılabilecek en kolay harekettir [5].

6 mm çapından küçük taşlar genellikle kendiliğinden düşerler. Daha büyük taşlara ise yerine ve büyüklüğüne göre açık veya kapalı cerrahi, taş kırma veya ilaç tedavisi uygulanabilir.

Tablo 1. Taş türlerinin görülme sıklığı

Kalsiyum okzalat (Calsium Oxalate, CaC_2O_4) Kalsiyum fosfat(Calsium Phosphate $CaC_2O_4(H_2O)$) veya her ikisi	%70-80
Strüvit (Struvite, $NH_4MgPO_4 \cdot 6H_2O$)	%10-15
Ürik asit (Uric Acid, $C_5H_4N_4O_3$)	%5-10
Sistin (Cystine, $C_6H_{12}N_2O_4S_2$)	%1
Diğer: Ksantin (Xanthine, $C_5H_4N_4O_2$) Silikat (Silicate, $Na_2(SiO_2)_nO$) İndinavir (Indinavir, $C_{36}H_{47}N_5O_4$) Tiramteren (Triamterene, $C_{12}H_{11}N_7$)	%1

Ülkemizde yaygın olarak görülen üriner sistem taş hastalıkları multifaktöriyel bir hastalık olup genetik, metabolik, çevresel faktörler olmak üzere birçok nedene bağlıdır. Yetersiz sıvı alımı, aile öyküsü ve kişisel öykü, yaş, cinsiyet ve ırk, bazı hastalıklar, diyet, az hareket veya hareketsizlik vb. böbrek taşı oluşumunu etkileyen faktörler olarak saptanmıştır [4]. Etkili olan bu faktörlerden dolayı güvenilir analizler etkili tedavi tanımlanmasında yardımcı olacaktır.

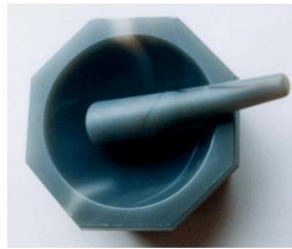
X-ışınları toz kırınım difraktometresinde üriner sistem taşlarının kırınım desenleri alınıp Hanawalt metodu ile taşların türü tespit edilerek incelenen taşlardaki bileşikler nitel olarak saptanabilir. Toz deseni (I) şiddet ve (2θ) difraksiyon açısı ve (d) mesafe verilerinden oluşur. Kırınım deseni bir cismin karakteristiğidir ve adeta cismin tanıtan parmak izi gibidir. Eğer elimizde çok sayıda cismin difraksiyon deseninin bir koleksiyonu olursa, bilinmeyen bir cismin difraksiyon desenini hazırlayıp elimizdeki desenler dizisinden hangisinin tam olarak bilinmeyen desenine uyduğuna bakarak tayin etmemiz mümkün olurdu. Bilinmeyen desene uyanı hemen bulabilmek için bilinen desenlere ait bir sisteme ihtiyaç vardı. Böyle bir sistem 1936'da Hanawalt tarafından kurulmuştur [6, 10].

Daha sonra bu yöntem geliştirilerek bilinen kırınım desenlerine ait Toz Difraksiyon Dosyası (PDF) oluşturuldu ve verilerin kullanımını kolaylaştırmak için bilgisayar ortamına depolandı. Böylece bilinmeyen materyalden elde edilen d-I verisi ile bilgisayar ortamdakiler karşılaştırılarak materyal tespit edilebildi. Bu yöntemin kristal yapıya sahip olan üriner sistem taşlarının analizine uygulanışı ilk kez Prien ve Frondel tarafından 1963'te gerçekleştirildi [7].

2. Materyal ve Metot

X-ışınları difraksiyonu kristal yapıya sahip maddeleri analiz etmek için kullanılan bir yöntemdir [8]. X-ışınları 0,02 Å ve 100Å arasındaki dalga boyuna sahip elektromanyetik dalgalar olduğundan dolayı kristalleri oluşturan bileşenler tespit edilebilir. X-ışını toz kırınım metodu ile kristal yapısındaki bileşenler çok küçük hata payları ile bulunabilir. Vücudun kendiliğinden ürettiği ve ciddi rahatsızlıklara sebep olan üriner sistem taşları kristal yapıya sahiptir. X-ışını toz kırınım metodu kullanılarak bu gibi taşların içerisindeki bileşenler tespit edilebilir.

Bu çalışmada, 12 hastadan alınmış üriner sistem taşları agat havanda toz haline getirildi (Şekil 1.). Kullanılan havanın agat olmasının sebebi agat taşının sertlik derecesinin çok fazla olması dolayısıyla numunenin toz haline getirilirken etkilenmemesidir.

**Şekil 1.** Agat havan

Toz haline getirilen üriner sistem taşlarının kırınım deseni Bruker AxsD8 Advance marka X-ışınları toz difraktometresinde çekildi (Şekil 2.). Bu çalışmada, Erciyes Üniversitesi Tekmer'deki Bruker AxsDS Advance model difraktometre kullanıldı. Nikel filtre kullanarak jeneratör gerilimi 40kV'da jeneratör akımı 40mA de tutuldu. Bakır anot kullanıldığından dolayı dalga boyu 1.540598Å oldu. Başlangıç açısı (2θ) 5° ve bitiş açısı (2θ) 90° olarak ayarlandı. 1 saniye de 0.02 derece tarandı. Kırınım desenleri üzerinde $K\alpha_2$ ve background düzeltmeleri yapıldı. Daha sonra uygun pikler için d, I ve 2θ değerleri tayin edildi [9].



Şekil 2. Numunelerin kırınım deseninin alındığı Bruker AxsDS Advence model difraktometre

Elde edilen kırınım deseninden yararlanarak Hanawalt metoduna göre bileşik analizi yapıldı. Programda yüklü olan PDF dosyalarına sahip numunelerin kırınım desenleriyle bilinmeyen numunelerin kırınım desenleri karşılaştırılarak numunelerin içerdiği madde veya maddeler tespit edildi. Bu işlem her bir üriner taş numunesi için tekrar edildi ve en şiddetli üç ışıma ait olan d değerleri Hanawalt metoduna göre karşılaştırıldı. Sırasıyla en şiddetli üç pik olan d1, d2, d3 kullanılarak bilinmeyen cisim karakterize edildi. Bilinmeyen numunenin tek fazlı olması durumunda d1, d2, d3 çizgileri çakıştı, çok fazlı olduğunda en şiddetli piklere ait d1, d2, d3 değerlerinden her defasında biri çıkarılarak bilinen numune desenleriyle karşılaştırıldı. Doğru numune bulunduktan sonra boşta kalan pikler için işleme devam edildi. Bu tekrar açıkta hiçbir pik kalmayınca kadar yapıldı [10,11-13]. Bilinmeyen toz deseninin içerisindeki maddeler bu şekilde nitel olarak belirlendi.

Bilgisayarda EVA programının SEARCH modülü kullanılarak bilinmeyen taşın yapısını oluşturan bileşen maddeler, PDF dosyaları taranarak da nitel olarak belirlenebildi. Bilgisayarın önerdiği sonuçlardan mümkün olanları ayıklandı. Böylece Hanawalt metoduna göre Eva bilgisayar programı kullanılarak üriner taşı içerisinde yer alan maddeler tespit edildi.

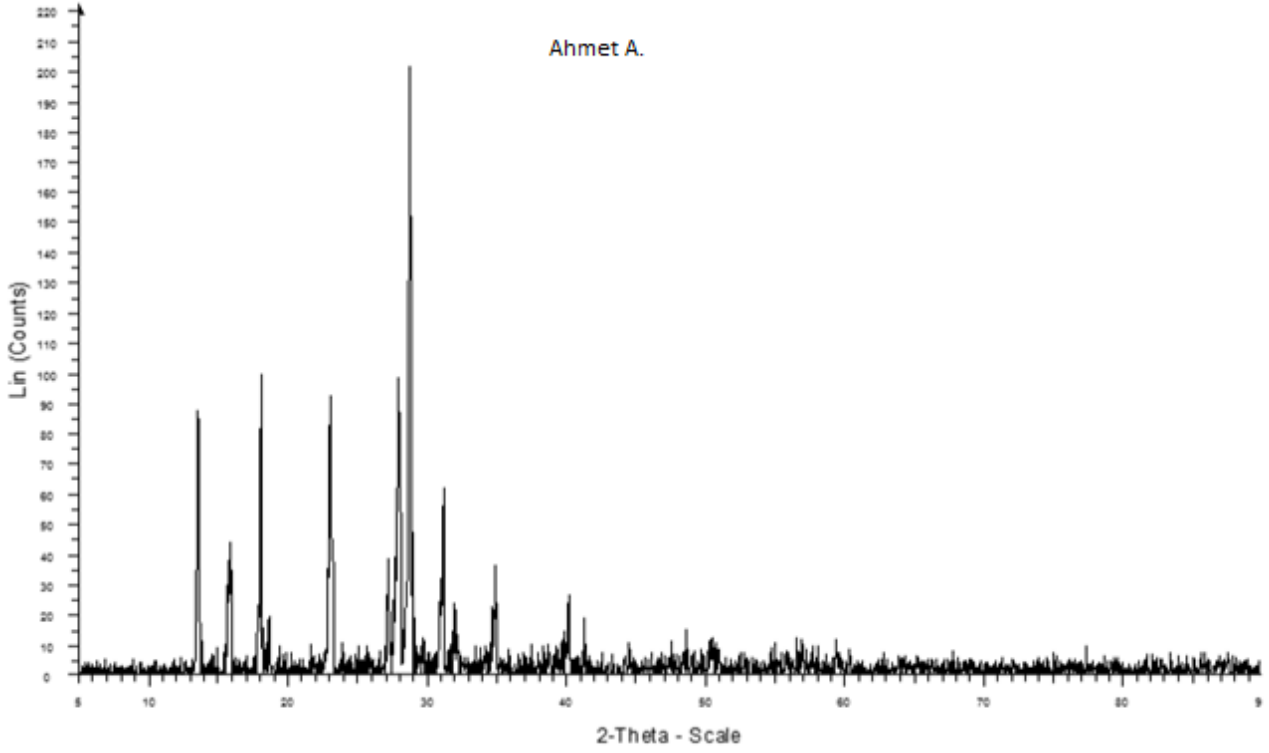
3. Bulgular

Bu çalışma için incelenen 12 adet üriner sistem taşının fotoğrafları Şekil 3.'de gösterilmiştir. Bu taşların difraktometrede alınan kırınım desenleri (2θ -I yani düzlem açısına karşın şiddet grafikleri) EVA programında incelendi ve elde edilen veriler yardımıyla numuneler içindeki maddeler belirlendi. 2θ açısı, d-mesafesi ve I şiddet değerleri, en düşük 2θ değerinden en yükseğe doğru tablo halinde sıralandı ve bulunan maddelerin d-mesafesi ve I şiddet değerleri uygun şekilde yerleştirildi.

Üriner sistem taşı analiz edilen bir hastanın üriner taşı toz kırınım deseni Şekil 4. görülmektedir. Tablo 2.' de ise üriner taşlarının analiz sonuçlarını verilmektedir. Diğer hastalardan elde edilen üriner sistem taşlarının içeriğinde tespit edilen maddeler Tablo 3.' de toplu bir şekilde gösterilmiştir. . Tablo 4. 'de incelenen taş örneklerde saptanan bileşikler listelenmiştir. Çalışmanın ek kısmında ise her bir hasta için elde edilen kırınım deseni ve sonuçlara göre oluşturulan tablolar yer almaktadır.



Şekil 3. Analizi yapılan üriner sistem taşlarının fotoğrafı



Şekil 4. 1 Nolu taşın kırınım deseni

Tablo 2. 1 Nolu taşın analiz sonuçları

Numune Numarası		1 nolu taş								
Numunenin Alındığı Yer		Ege Üniversitesi								
Numunenin Alındığı Hastanın Adı		Ahmet A .								
Hastanın Yaşı		67								
Hastanın Mesleği		Emekli								
Hastanın Doğum Yeri		Aydın								
PDF Kütük No Tespit Edilen Madde		31-1982								
		Uric acid								
Kapalı Formül		C5H4N4O3								
NUMUNE TOZ KIRINIM DESEN VERİLERİ										
PİK NO	2θ(°)	d(CuKα) (Å)	I / I ₀ %	d(Å)	I / I ₀ %					
1	13.450	6.57814	46.6	6.55360	43					
2	15.685	5.64522	15.0	5.62617	20					
3	17.980	4.92944	53.0	4.91127	51					
4	18.573	4.77358	9.1	4.75726	7					
5	22.976	3.86777	49.1	3.86415	42					
6	23.841	3.72933	4.6	3.70314	6					
7	27.172	3.27922	20.2	3.28205	11					
8	27.881	3.19739	52.2	3.18012	55					
9	28.700	3.10796	100.0	3.09366	3					
10	31.074	2.87573	32.7	2.86634	69					
11	31.992	2.79526	11.2	2.79590	9					
12	34.776	2.57760	19.1	2.56642	15					
13	40.116	2.24593	14.7	2.24562	7					
14	41.287	2.18492	9.7	2.18570	5					
15	50.656	1.80061	5.4	2.81512	2					

Tablo 3. 12 tane hastadan elde edilen üriner sistem taşlarının içinde tespit edilen maddeler

Tespit Edilen Maddenin PDF Kütük No ve Adı						31-1982	75-1313	87-0655
Kimyasal Formül						Uric Acid	Whewellite	Weddelite
						$C_5H_4N_4O_3$	$CaC_2O_4(H_2O)$	$Ca(CO_2)_2(H_2O)$
No	Numunenin hasta	alındığı	Yaşı	Mesleği	Doğum Yeri	Taşın içinde tespit edilme durumu		
1	Ahmet A.		67	Emekli	Aydın	X		
2	Behzat K.		62	Memur	Sivas	X	X	
3	Hanım T.		45	Ev Hanımı	Manisa	X		
4	Deniz A.		25	Öğretmen	Elazığ	X	X	
5	Kemal Y.		53	Esnaf	Aydın	X	X	
6	Fadime A.		53	Ev Hanımı	İzmir		X	
7	Serhat M.		46	Memur	İzmir		X	X
8	Ahmet A.		54	Serbest Meslek	Muğla	X	X	
9	Kemal E.		78	Çiftçi	İzmir		X	
10	Saniye Y.		58	Ev Hanımı	Balıkesir	X	X	
11	Erdem A.		36	Memur	Trabzon		X	X
12	Elif İ.		30	Hemşire	İzmir		X	

Tablo 4. İncelenen taşlarda tespit edilen bileşikler

Madde	Formül	PDF Numarası	Rastlanma Sayısı
Whewellite	$CaC_2O_4(H_2O)$	75-1313	10
Weddelite	$Ca(CO_2)_2(H_2O)$	87-0655	2
Uric Acid	$C_5H_4N_4O_3$	31-1982	7

4. Tartışma ve Sonuç

X-ışını toz kırınım yöntemi ile 12 farklı hastadan alınan üriner sistem taşlarının nitel analizleri yapıldı. İncelenen taşlarda whewellite, weddelite ve üric acid bileşikleri tespit edilmiştir. Bunların içinden Whewellite bileşiğine oldukça sık miktarda rastlandı. Daha sonra sırasıyla üric acid ve weddelite gelmektedir. Çoğunlukla kalsiyum içeren taşlar tespit edildi [14]. Literatüre göre de en sık karşılaşılan taş türü kalsiyum bileşenli taşlardır.

Analiz sonuçları literatürdeki sonuçlarla uyumludur [8, 15-20]. Taşları analiz edilen hastaların kullandığı ilaçlar, beslenme tarzı, mesleği, yaşadığı bölgenin iklimsel koşullarına bağlı olarak taşların içerisindeki bileşiklerde farklılıklar gösterebilmektedir. Çünkü bölgelerde sıklıkla yenilen yiyecek türleri farklıdır. Örneğin; Doğu Anadolu Bölgesinde kırmızı et çok fazla tüketilmekte iken, Ege Bölgesinde sebze çok fazla tüketilmektedir. Çalışma şartlarına bağlı olarak polis memurunun maruz kaldığı fazla miktardaki eksoz sonucu da yine içinde bulunan maddelere üriner taşında rastlanabilir. Ayrıca hasta ilaç kullanıyorsa içerisindeki maddeler taşın yapısına girebilir. Hasta ameliyat edilerek taşlar alınabilir fakat doktorun vereceği diyet düzenli bir şekilde uygulanmazsa tekrar oluşabilir. Bu taşların tespit edilmesi hastaya doğru diyetin uygulanmasında rol oynayacak ve taşın oluşumunu engelleyecektir.

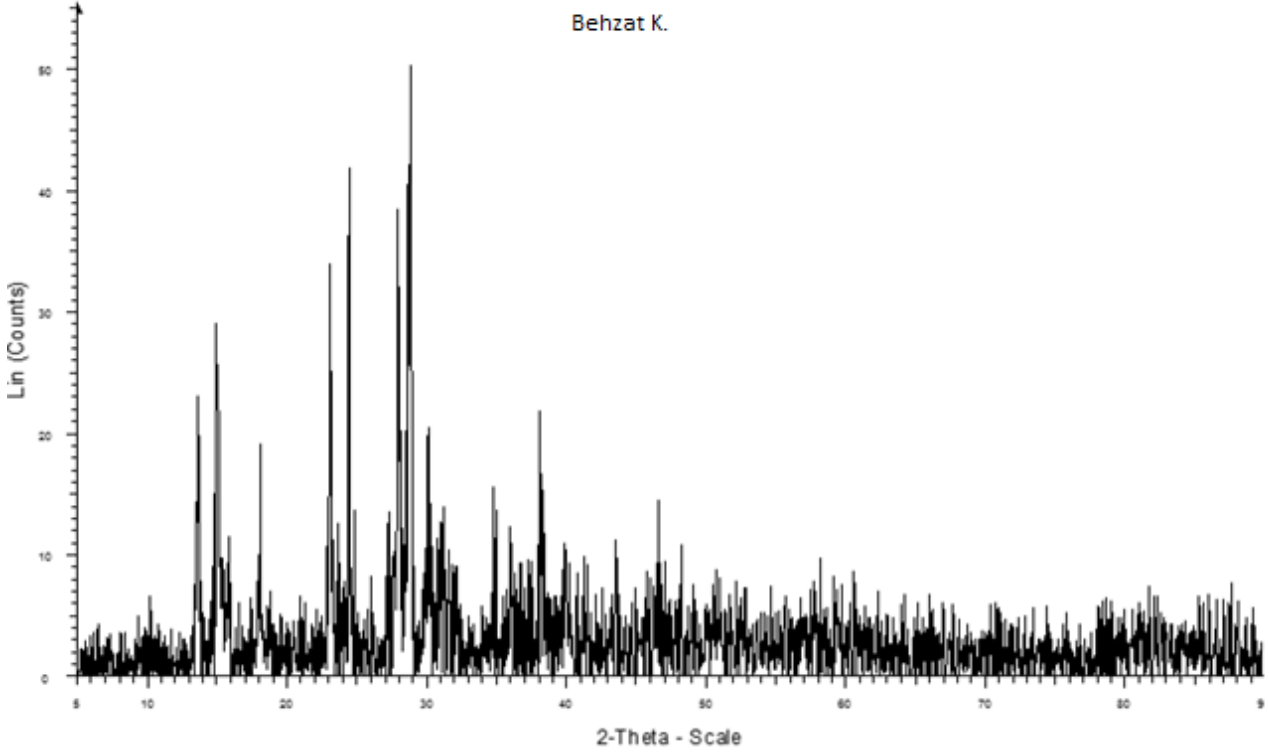
Üriner sistem, böbrekten mesaneye kadar uzanan kısımdır ve böbrek taşları bu kısımda farklı bölgelerde oluşmaktadır. Üriner sisteminde taş oluşumu saptanan bütün hastalarda taş analizi yapılmalıdır. Üriner sistem içerisinde oluşan taşların (böbrek taşları) analizinde farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler içerisinde

en çok kullanılan ve tercih edilen X-ışını difraksiyon (XRD) yöntemidir [21]. Çalışmada X-ışını toz kırınım yöntemi ile üriner sistem rahatsızlıklarına sebep olan taşların içerikleri ortaya çıkarılmıştır.

Kaynakça

- [1] Atmani, F., Slimani, Y., Mimouni, M., Aziz, M., Hacht, B., Ziyyaht, A. 2004. Effect of Aueous Extract from *Herniaria Hirsuta* L. on Experimentally Nephrolithiasic Rats, *Journal of Ethnopharmacology*, 95(2004), 87-93.
- [2] Ciftcioglu, N., Bjorklund, M., Kuorikoski, K., Bergstrom, K., Kajander, O.E. 1999. Nanobacteria: An Infectious Cause for Kidney Stone Formation, *Kidney International*, Vol. 56(1999), 1893-1898.
- [3] Aydın, A., Soylu, H., Akkurt, M. 1995. X-ışınları Difraksiyon Yöntemi ile Üriner Sistem (Böbrek, Üreter, Mesane) Taşlarının Analizi, *Gazi Üniversitesi, Kastamonu Eğitim Dergisi*, (1995), 106-109: Ekim.
- [4] Lizzono, A., Bernandini, R., Nicola, P., Pozzoni, M., Romono, F., Serrago, A.L., Confalonieri, M.P., S. 2002. Effect of Acute Load of Grapefruit Juice on Urinary Excretion of Citrate and Urinary Risk Factors for Renal Stone Formation, *Digest Liver Dis*, 34(2002), 160-163.
- [5] Eranlı, N. 1952. Üriner sistem Patolojisi, Ankara Tıp Fakültesi Patolojik Anatomi Enstitüsü Yayınları, Ankara, (1952), 321.
- [6] Smith, D. K., Jenkins D. 1989. "The Powder Diffraction File: Past, Present and Future", 6(2) (1989), 3-14
- [7] Kendi, E. 1997. "Böbrek Taşları ve İdrar Kristallerin X-ışınları Toz Difraksiyonu ile İncelenmesi", *TMMOB Fizik Mühendisliği Odası Yayın Organı*, Ekim(1997), 15-18.
- [8] Güneri, E., Akkurt, M. 2005. Qualitative Analysis of Stone Samples Taken from Some Patients with the Diseases of Urinary System Using X-Ray Powder Diffraction Method *G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi* 18(3) (2005), 321-327.
- [9] Satılmışoğlu, G., Baktır, Z., Akkurt, M. 2011. Bazı İnci Örneklerinin X-Işınları Toz Kırınım Yöntemi ile Nitel Analizi. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 27(3) (2011), 282-285.
- [10] Cullity, B. D. 1967. *Element of X-Ray Diffraction* 3rd printing, Addison-Wesley Publishing Company, Inc., London, (1967), 378-401.
- [11] Wilson, A.J.C. 1985. *International Tables For X-Ray Crystallography*, Volume 2, D. Repiel Publishing Company, Boston, (1985), 74.
- [12] Lindgren, J., Olovsson, I. 1968. Hydrogen Bond Studies. XVII. The Crystal Structure of Dimethylammonium Chloride. *Acta Cryst.* (1968) a; B24: 549-553.
- [13] Lindgren, J., Olovsson, I. 1968. Hydrogen Bond Studies. XVII. The Crystal Structure of Trimethylammonium Chloride. 53. Little, L.H. 1966. *Infrared Spectra of Absorbed Species*. Academic Pres, London. *Acta Cryst.* . (1968) b; B24: 554-558.
- [14] Güvenç, A. A. 2017. Bazı Üriner Sistem Taşlarının X-Işını Toz Kırınım Yöntemi ile Nitel Analizi. *Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi*, 76s, Kayseri.
- [15] Yapanoğlu, T., Demirel, A., Adanur, Ş., Yüksel, H., Polat, Ö. 2010. X-ray Diffraction Analysis of Ürinary Tract Stones *Turk J Med Sci*; 40 (3) 2010, 415-420
- [16] Pragnya A. B., Parimal. P., 2008. Analysis of Ürinary Stone Constituents Using Powder X-ray Diffraction and FT-IR. *Chem. Sci.*, Vol. 120, No. 2, March 2008, 267-273.
- [17] Siener, R., Buchholz, N., Daudon, ., Hess, ., Knoll, T., Osther, P. J., Reis-Santos, J., Sarica, K., Traxer, O., Trinchieri, A. 2016. Quality Assessment of Urinary Stone Analysis: Results of a Multicenter Study of Laboratories in Europe , *PLoS ONE* 11(6), 2016.
- [18] Vivek, K., Singh., Pradeep K. Rai. 2014. Kidney Stone Analysis Techniques and The Role of Major and Trace Elements on Their Pathogenesis: A Review, *Biophysical Reviews* 6, 2014, 291-310.
- [19] Cloutier, J., Villa, L. 2015. Olivier Traxer · Michel Daudon. Kidney Stone Analysis: "Give Me Your Stone, I Will Tell You Who You Are!", *World J Urol*, 33, 2015, 157-169.
- [20] Orlando, M. T. D., Kuplich, L., De Souza, D. O., Belich, H., Depianti, J. B., Orlando, C. G. P., Medeiros, E. F., Da Cruz, P. C. M., Martinez, L. G., Corrêa, H. P. S., Ortiz, R. 2008. Study of Calcium Oxalate Monohydrate of Kidney Stones by X-ray Diffraction Powder Diffraction *Suppl.* 2008, 23.
- [21] Çiflikli, M., Şener, M. 2017. Niğde Yöresi Üriner Sistem (Böbrek Taşı) Taşlarının Mineralojik Olarak İrdelenmesi, *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7(1), 2018, 274-283.

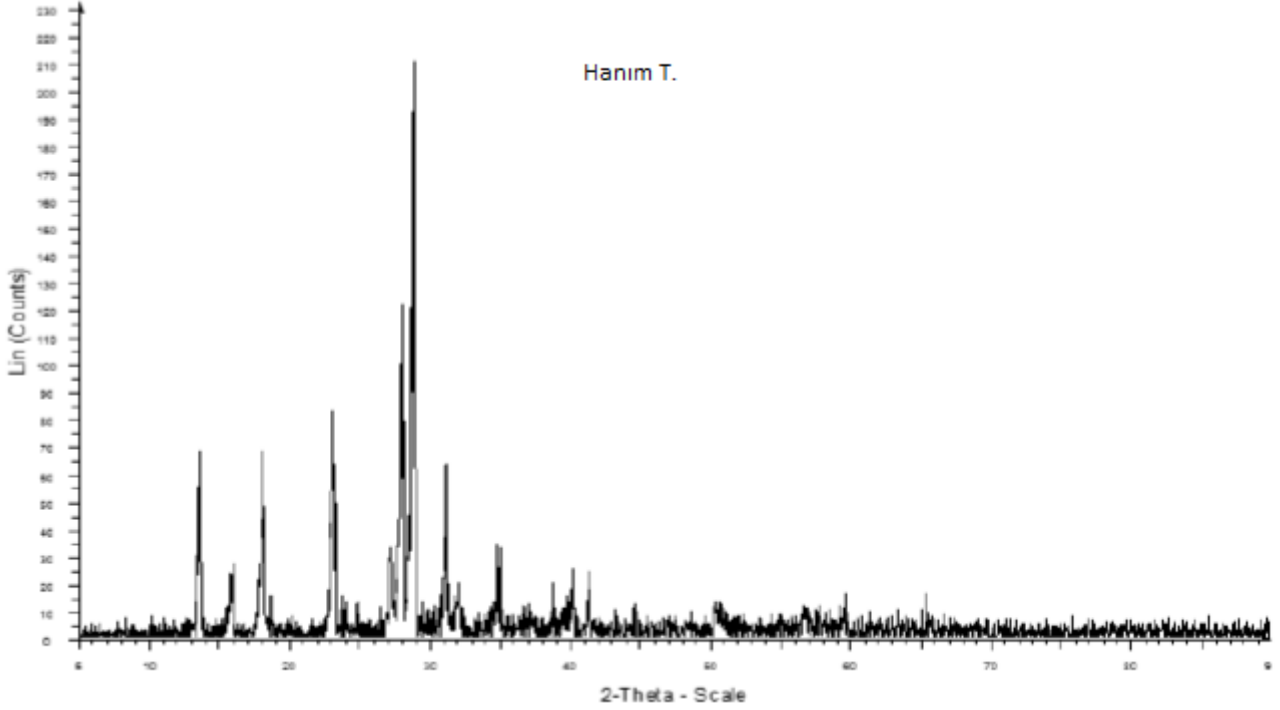
EKLER



Şekil 1. 2 Nolu taşın kırınım desen

Tablo 1. 2 Nolu taşın analiz sonuçları

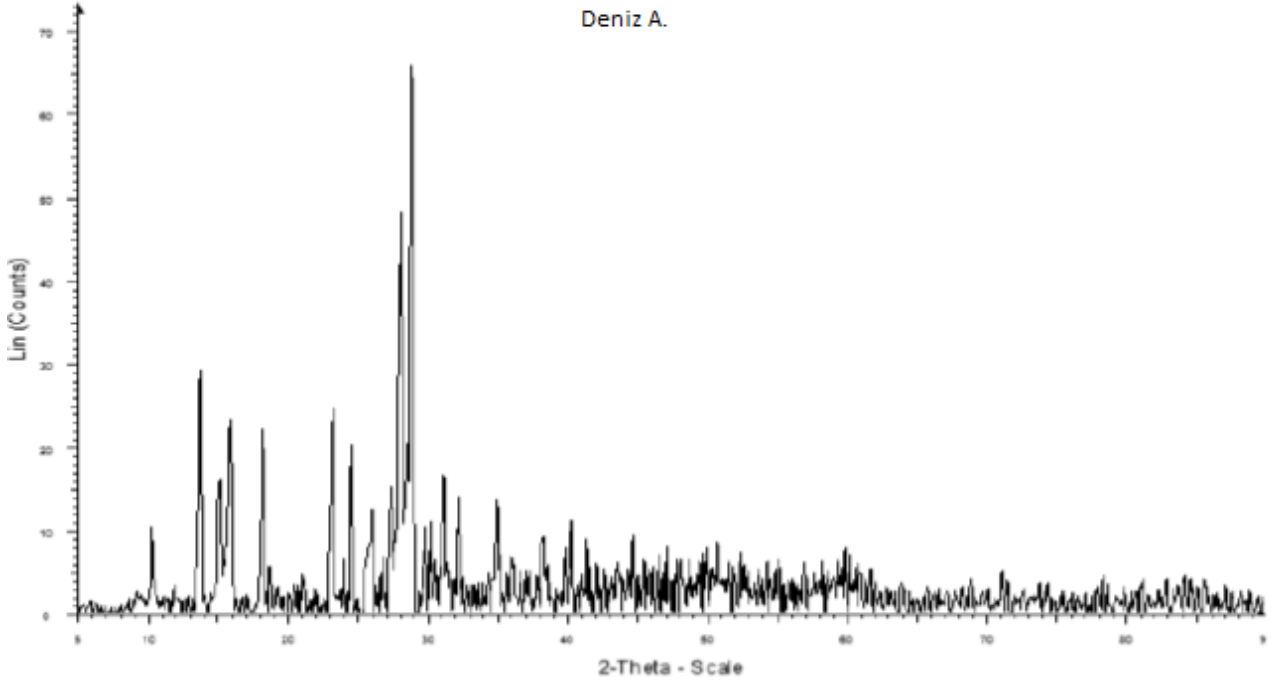
Numune Numarası		2 nolu taş									
Numunenin Alındığı Yer		Ege Üniversitesi									
Numunenin Alındığı Hastanın Adı		Behzat K .									
Hastanın Yaşı		62									
Hastanın Mesleği		Memur									
Hastanın Doğum Yeri		Sivas									
PDF Kütük No		31-1982	75-1313								
Tespit Edilen Madde		Uric acid	Whewellite								
Kapalı Formül		C5H4N4O3	CaC2O4(H2O)								
NUMUNE TOZ KIRINIM DESEN VERİLERİ											
PIK NO	2θ(°)	d(CuKα) (Å)	I/Io %	d(Å)	I/Io %	d(Å)	I/Io %				
1	13.565	6.52228	54.9	6.54000	45						
2	14.969	5.91353	69.1			5.92764	100				
3	15.716	5.63417	27.1	5.63300	18						
4	18.030	4.91607	37.6	4.91300	50	4.76834	1				
5	23.073	3.85167	80.6	3.86000	55	3.7786	9				
6	24.384	3.64746	44.9	3.70600	7	3.64737	76				
7	27.226	3.27277	32.0	3.27600	17	3.26895	1				
8	27.951	3.18958	76.3	3.18500	50	3.15077	1				
9	28.722	3.10566	100.0	3.09800	100	3.10538	3				
10	30.103	2.96627	48.3	2.99400	4	2.96597	44				
11	31.528	2.83537	24.5	2.80100	11	2.83853	11				
12	36.067	2.48830	26.0	2.45600	3	2.48846	15				
13	38.211	2.35344	39.5	2.31200	4	2.35538	26				
14	43.564	2.07587	26.6	2.09600	2	2.07392	13				
15	45.978	1.97233	19.2	1.97800	1	2.00391	1				
17	47.025	1.80882	22.4	1.80679	2						
18	48.287	1.88327	25.3	1.88210	2						
19	49.289	1.79731	24.9	1.79880	6						
20	51.747	1.76517	15.9								



Şekil 2. 3 Nolu taşın kırınım deseni

Tablo 2. 3 Nolu taşın analiz sonuçları

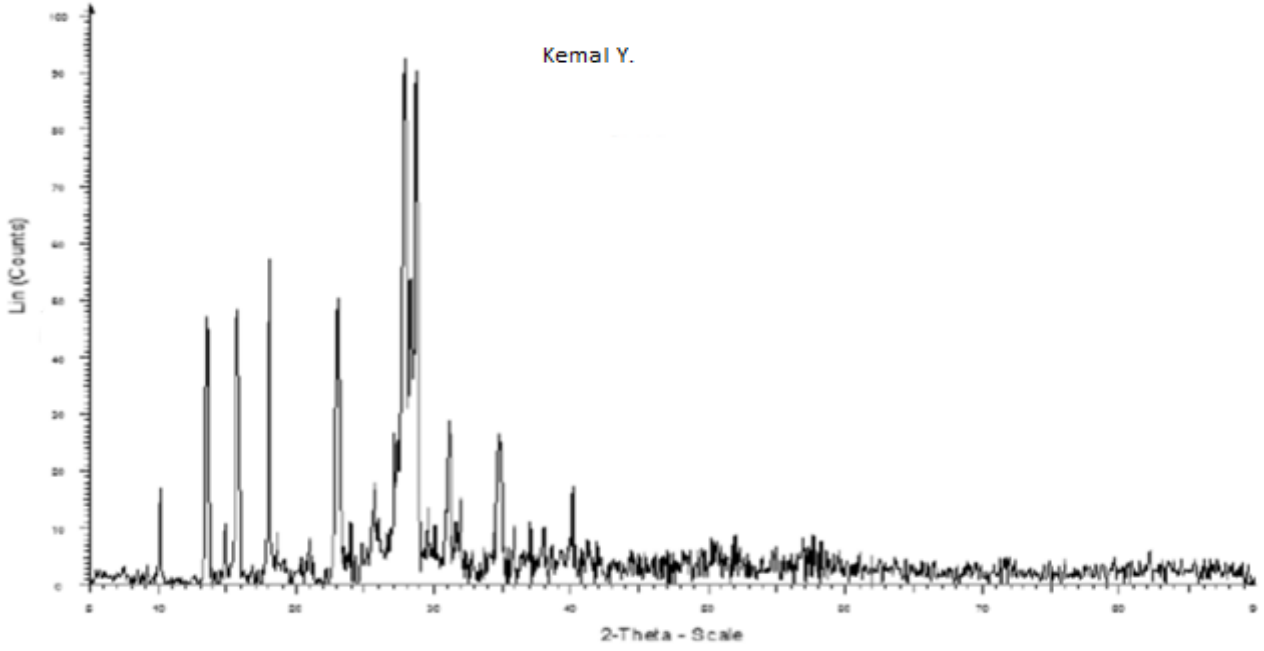
Numune Numarası		3 Nolu Taş			
Numunenin Alındığı Yer		Ege Üniversitesi Hastanesi			
Numunenin Alındığı Hastanın Adı		Hanım T.			
Hastanın Yaşı		45			
Hastanın Mesleği		Ev hanımı			
Hastanın Doğum Yeri		Manisa			
PDF Kütük No		31-1982			
Tespit Edilen Madde		Uric acid			
Kapalı Formül		C5H4N4O3			
NUMUNE TOZ KIRINIM DESEN VERİLERİ					
PIK NO	2θ (°)	d(CuKα) (Å)	I / I ₀ %	d(Å)	I/I ₀ %
1	13.520	6.54390	32.1	6.54000	45
2	15.768	5.61567	9.3	5.63300	18
3	18.034	4.74769	32.4	4.76900	7
4	18.675	3.86061	7.3	3.86000	55
5	23.019	3.70571	39.5	3.70600	7
6	23.995	3.58801	5.4	3.58700	4
7	24.794	3.27867	6.3	3.27600	17
8	27.177	3.19348	15.9	3.18500	50
9	27.925	3.10197	57.9	3.09800	100
10	28.757	2.87340	100.0	2.86800	25
11	31.100	2.79461	30.2	2.80100	11
12	32.000	2.56804	9.6	2.57000	16
13	34.910	2.45358	15.8	2.45600	3
14	36.595	2.32115	5.7	2.31200	4
15	38.757	2.24317	5.0	2.24500	11
17	40.168	2.19021	12.0	2.18400	6
18	41.183	2.09234	8.2	2.09600	2
19	43.203	2.03685	4.9	2.02700	3
20	44.706	1.902542	5.3	1.91490	1
21	48.601	1.87183	4.0	1.87880	2
22	50.550	1.80412	4.3	1.79980	6
23	50.657	1.79176	6.4	1.79550	5



Şekil 3. 4 Nolu taşın kırınım deseni

Tablo 3. 4 Nolu taşın analiz sonuçları

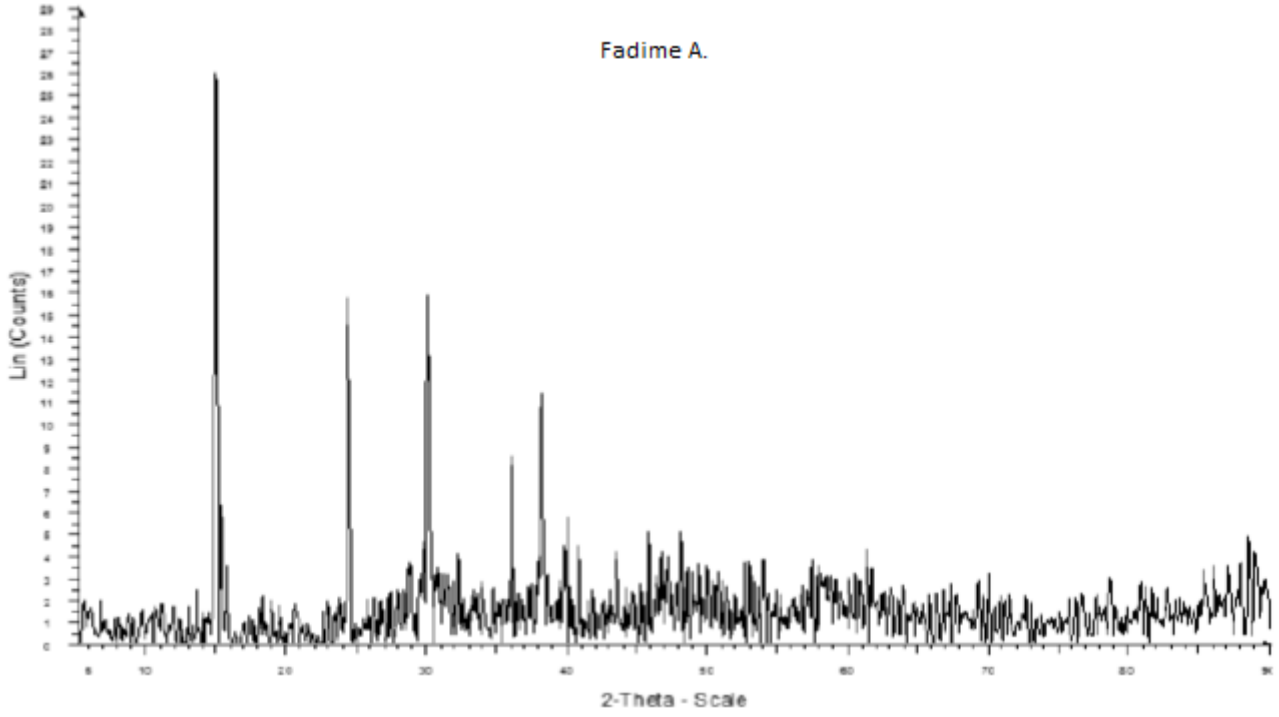
Numune Numarası		4 nolu taş							
Numunenin Alındığı Yer		Ege Üniversitesi Hastanesi							
Numunenin Alındığı Hastanın Adı		Deniz A .							
Hastanın Yaşı		25							
Hastanın Mesleği		Öğretmen							
Hastanın Doğum Yeri		Elazığ							
PDF Kütük No		31-1982	75-1313						
Tespit Edilen Madde		Uric acid	Whewellite						
Kapalı Formül		C5H4N4O3	CaC2O4(H2O)						
NUMUNE TOZ KIRINIM DESEN VERİLERİ									
PIK NO	2θ(°)	d(CuKα) (Å)	I / I ₀ %	d(Å)	I/I ₀ %	d(Å)	I/I ₀ %		
1	10.176	8.68539	15.4			7.98441	1		
2	13.597	6.50725	44.1	6.54000	45	5.92764	100		
3	15.006	5.89915	24.4	5.63300	18	5.79349	30		
4	15.751	5.62190	35.3	5.63300	18				
5	18.075	4.90373	33.6	4.91300	50				
6	18.638	4.75704	8.4	4.76900	7	4.76834	1		
7	20.945	4.23798	7.0			4.23114	1		
8	23.112	3.84522	37.1	3.86000	55				
9	23.924	3.71654	10.0	3.70600	7	3.7786	9		
10	24.452	3.63746	30.6	3.58700	4	3.63873	2		
11	25.870	3.44117	18.8			3.40482	2		
12	26.679	3.33864	10.3			3.31124	2		
13	27.278	3.26666	23.2	3.27600	17	3.26895	1		
14	27.946	3.19009	73.3	3.18500	50	3.2274	1		
15	28.762	3.10146	100.0			3.10538	3		
17	29.783	2.99741	15.5	2.99400	4	3.07277	1		
18	30.191	2.95778	16.6	2.86800	25	2.96597	44		
19	32.109	2.87122	25.1			2.88654	5		
20	34.840	2.78540	21.1	2.80100	11	2.78072	1		
21	36.018	2.57730	20.7	2.57000	16	2.5568	1		
22	38.229	2.49152	9.4	2.45600	3	2.49452	24		
23	40.287	2.35238	13.9			2.35538	26		
24	41.443	2.23681	16.8	2.24500	11	2.23581	1		
25	44.691	2.17705	13.5	2.16605	2	2.16376	1		
26	47.028	2.02608	14.2	2.03200	3	2.01179	1		
27	48.057	1.93070	12.3	1.93060	1	2.00391	1		
28	50.620	1.89175	9.4	1.88210	2				
29	52.251	1.80179	12.9	1.86970	1				
30	59.958	1.74933	10.3	1.79980	6				
31	59.987	1.51058	12.9	1.79550	5				



Şekil 4. 5 Nolu taşın kırınım deseni

Tablo 4. 5 Nolu taşın analiz sonuçları

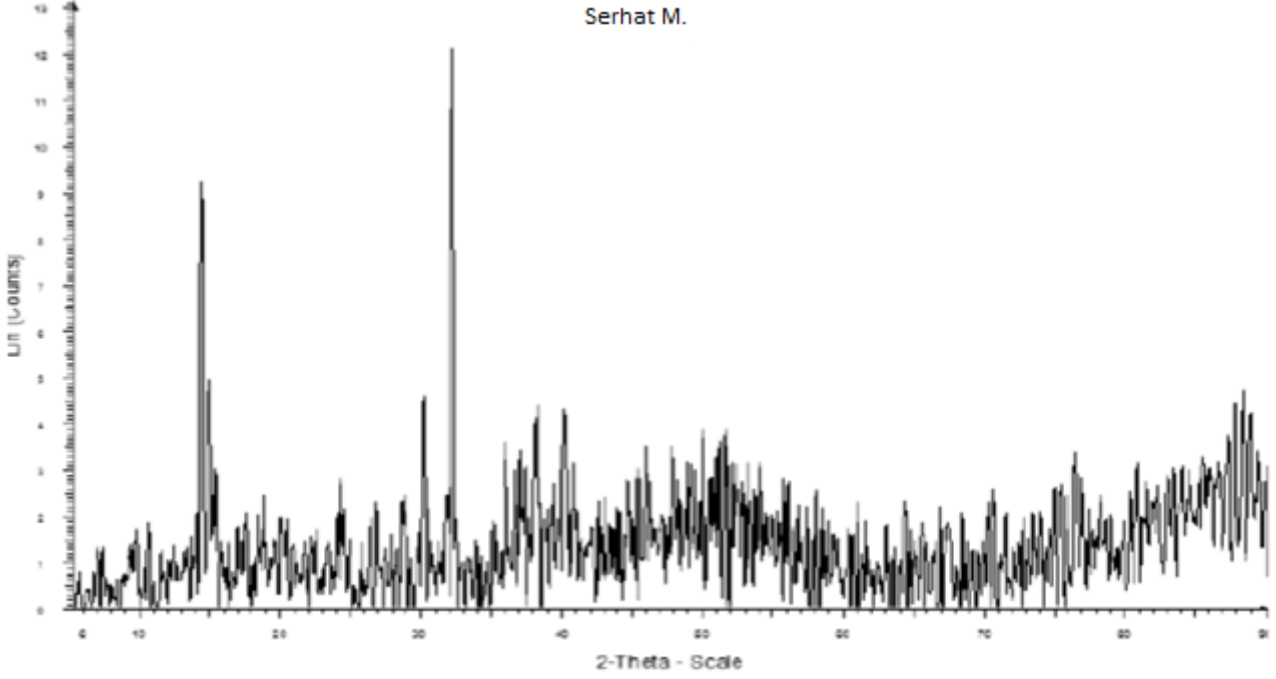
Numune Numarası				5 nolu taş				
Numunenin Alındığı Yer				Ege Üniversitesi Hastanesi				
Numunenin Alındığı Hastanın Adı				Kemal Y .				
Hastanın Yaşı				53				
Hastanın Mesleği				Esnaf				
Hastanın Doğum Yeri				Aydın				
PDF Kütük No		31-1982		75-1313				
Tespit Edilen Madde		Uric acid		Whewellite				
Kapalı Formül		C5H4N4O3		CaC2O4(H2O)				
NUMUNE TOZ KIRINIM DESEN VERİLERİ								
PK NO	2θ(°)	d(CuKα) (Å)	I / I ₀ %	d(Å)	I / I ₀ %	d(Å)	I / I ₀ %	
1	10.133	8.72264	17.9			7.98441	1	
2	13.541	6.53385	50.8	6.54000	45			
3	14.874	5.95122	11.3			5.92764	100	
4	15.730	5.62920	52.0	5.63300	18	5.79349	30	
5	18.065	4.90663	61.7	4.91300	50			
6	18.615	4.76268	9.5	4.76900	7	4.76873	2	
7	21.022	4.22252	8.8			4.23114	1	
8	23.068	3.85254	54.1	3.86000	55	3.9922	1	
9	24.006	3.70400	11.6	3.70600	7	3.7786	9	
10	24.807	3.58626	7.6	3.58700	4	3.64737	76	
11	25.742	3.45803	19.5			3.40482	2	
12	27.183	3.27785	28.4			3.26895	1	
13	27.936	3.19118	100.0	3.18500	50	3.22774	1	
14	28.388	3.14147	58.0			3.15077	1	
15	28.795	3.09798	97.7	3.09800	100	3.07277	1	
17	31.163	2.86773	30.8	2.86800	25	2.83853	11	
18	32.060	2.78951	16.1	2.80100	11	2.78072	1	
19	34.849	2.57940	28.2	2.57000	16	2.5568	1	
20	35.896	2.49973	11.1	2.45600	3	2.49452	24	
21	37.162	2.41744	11.6	2.42100	4	2.41652	5	
22	38.061	2.36238	10.7			2.35538	26	
23	38.685	2.32566	6.8	2.31200	4	2.31937	2	
24	40.200	2.24148	18.3	2.28000	5			
25	52.092	1.75429	9.2	1.79980	6			
26	55.104	1.66531	7.0	1.79550	5			
27	56.984	1.61476	8.5					
28	58.399	1.57896	7.9					



Şekil 5. 6 Nolu taşın kırınım deseni

Tablo 5. 6 Nolu taşın analiz sonuçları

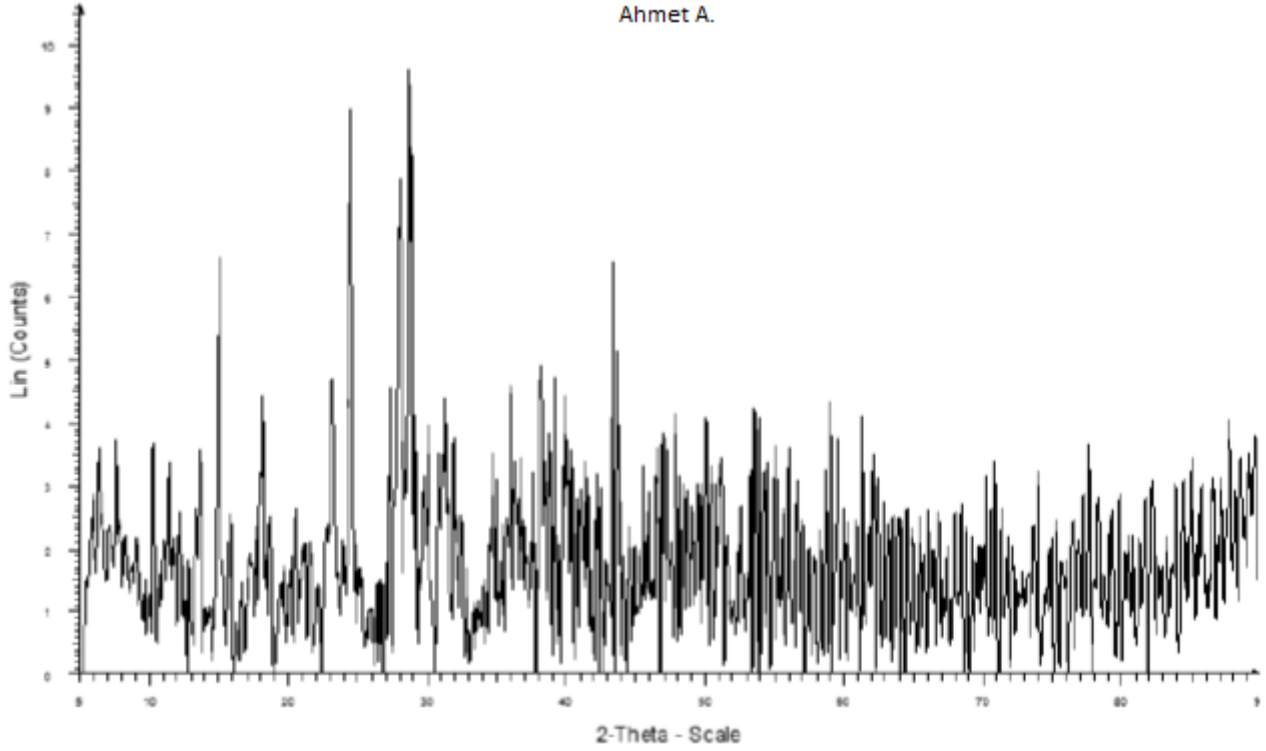
Numune Numarası		6 nolu taş									
Numunenin Alındığı Yer		Ege Üniversitesi Hastanesi									
Numunenin Alındığı Hastanın Adı		Fadime A.									
Hastanın Yaşı		53									
Hastanın Mesleği		Ev Hanımı									
Hastanın Doğum Yeri		İzmir									
PDF Kütük No Tespit Edilen Madde		75-1313 Whewellite									
Kapalı Formül		CaC2O4(H2O)									
NUMUNE TOZ KIRINIM DESEN VERİLERİ											
PİK NO	2θ (°)	d(CuKα) (Å)	I / I ₀ %	d(Å)	I / I ₀ %	d(Å)	I / I ₀ %				
1	14.961	5.91693	100.0	5.92764	100						
2	15.323	5.77784	24.1	5.79349	30						
3	24.383	3.64754	60.5	3.64737	76						
4	30.104	2.96614	61.1	3.96597	44						
5	36.032	2.49006	32.7	2.49452	24						
6	38.198	2.35420	43.7	2.35538	26						
7	38.393	2.34270	21.5	2.34728	30						
8	39.972	2.25374	22.2	2.25303	10						
9	40.853	2.20715	17.0	2.20928	5						
10	43.545	2.07670	15.6	2.07392	13						
11	45.858	1.97720	19.5	1.97779	10						
12	46.688	1.94399	19.6	1.94955	10						
13	48.122	1.88935	13.7	1.89017	6						
14	49.986	1.82316	14.1	1.82287	6						
15	52.678	1.73616	14.7	1.73707	6						
17	54.024	1.69603	15.2	1.69116	2						
18											
19											



Şekil 6. 7 Nolu taşın kırınım deseni

Tablo 6. 7 Nolu taşın analiz sonuçları

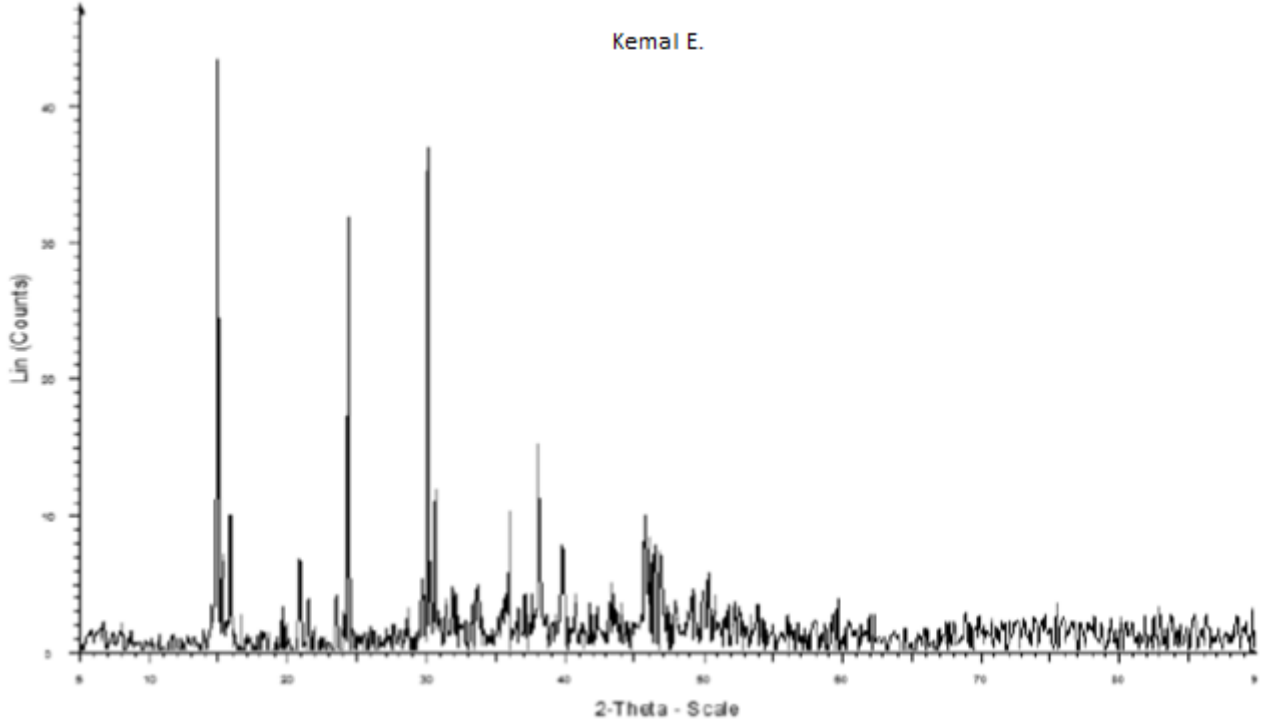
Numune Numarası		7 nolu taş					
Numunenin Alındığı Yer		Ege Üniversitesi Hastanesi					
Numunenin Alındığı Hastanın Adı		Serhat M.					
Hastanın Yaşı		46					
Hastanın Mesleği		Memur					
Hastanın Doğum Yeri		İzmir					
PDF Kütük No		75-1313	87-0655				
Tespit Edilen Madde		Whewellite	Weddellite				
Kapalı Formül		CaC ₂ O ₄ (H ₂ O)	Ca(CO ₂) ₂ (H ₂ O)				
NUMUNE TOZ KIRINIM DESEN VERİLERİ							
PİK NO	2θ(°)	d(CuKα) (Å)	I/I ₀ %	d(Å)	I/I ₀ %	d(Å)	I/I ₀ %
1	14.331	6.17538	76.2			6.15000	100
2	14.906	5.93848	40.0	5.92764	100		
3	15.317	5.77997	24.3	5.79349	30		
4	20.029	4.42952	16.1	4.32981	1	4.40181	30
5	24.284	3.66219	22.0	3.64737	76	3.67000	6
6	30.157	2.96106	37.9	2.96597	44	2.89914	1
7	32.199	2.77782	100.0	2.78072	1	2.76365	56
8	35.952	2.49597	29.0	2.49452	24		
9	36.590	2.45392	24.5	2.44683	3		
10	37.000	2.42762	27.9	2.41652	5	2.41223	9
11	37.391	2.40316	25.4	2.38417	3		
12	38.062	2.36230	33.9	2.35538	26		
13	38.407	2.34187	36.1	2.34728	30	2.33249	6
14	40.177	2.24270	35.4	2.24931	5	2.23551	19
15	40.849	2.20734	25.8	2.20928	5	2.20091	6
17	42.787	2.11175	14.6	2.13001	3	2.10943	9
18	45.998	1.97150	28.6			1.96819	3
19	47.896	1.89772	28.3			1.89179	13
20	50.091	1.81960	31.6			1.82886	12
21	51.229	1.78179	29.8			1.77891	3
22	51.497	1.77315	30.9			1.75040	1
23	51.778	1.76418	31.7			1.73948	3
24	55.860	1.64456	23.0			1.66360	1
25	58.124	1.58579	20.8			1.57576	1
26	61.064	1.51628	18.7			1.51090	1
27	64.450	1.44456	21.2			1.44957	1
28	66.949	1.39657	19.8			1.38447	3
29	70.739	1.33075	21.7			1.33230	1



Şekil 7. 8 Nolu taşın kırınım deseni

Tablo 7. 8 Nolu taşın analiz sonuçları

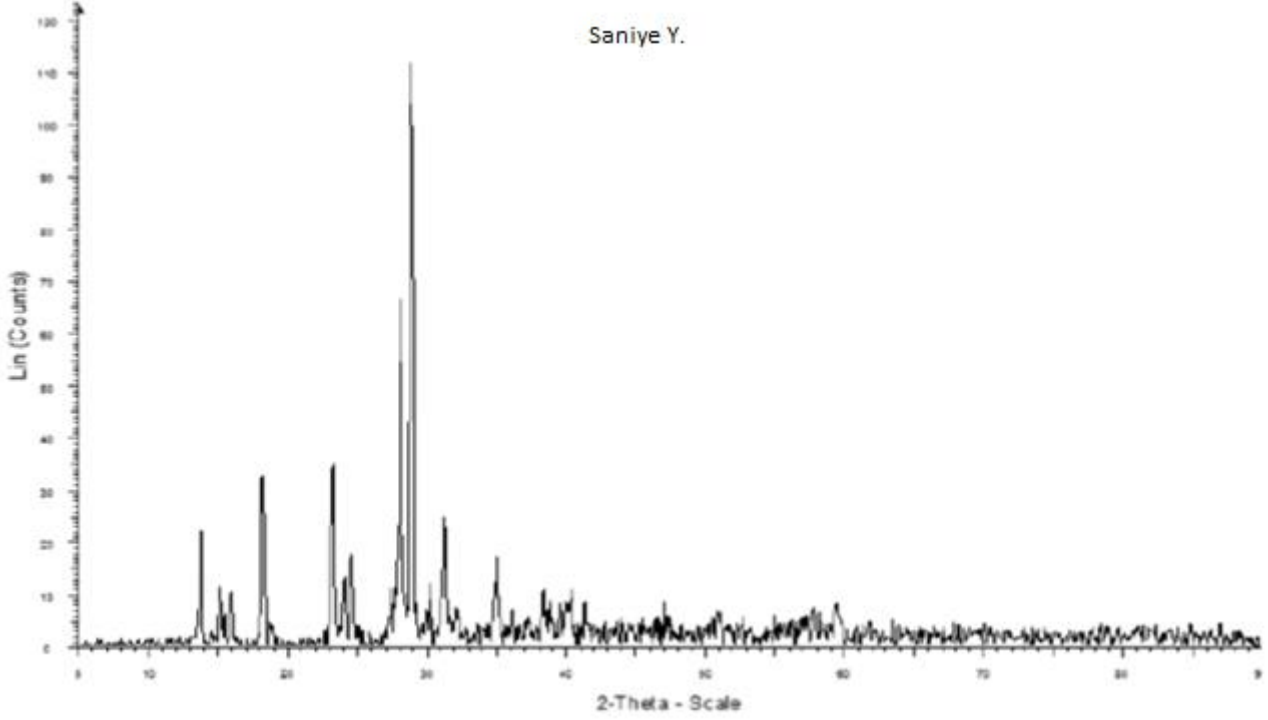
Numune Numarası		B nolu taş					
Numunenin Alındığı Yer		Ege Üniversitesi HASTANESİ					
Numunenin Alındığı Hastanın Adı		Ahmet A.					
Hastanın Yaşı		54					
Hastanın Mesleği		Serbest meslek					
Hastanın Doğum Yeri		MUĞLA					
PDF Kütük No		31-1982	75-1313				
Tespit Edilen Madde		Uric acid	Whewellite				
Kapalı Formül		C5H4N4O3	CaC2O4(H2O)				
NUMUNE TOZ KIRINIM DESEN VERİLERİ							
PIK NO	2θ(°)	d(CuKa) (Å)	I / I ₀ %	d(Å)	I / I ₀ %	d(Å)	I / I ₀ %
1	13.488	6.55932	37.2	6.54000	45		
2	14.999	5.90173	69.4	5.63300	18	5.92764	100
3	14.999	4.89368	46.0	4.91300	50		
4	14.999	3.84347	49.0	3.86000	55		
5	24.487	3.63231	94.3	3.58700	4	3.64737	76
6	24.487	3.26629	47.9	3.27600		3.26895	1
7	27.962	3.18836	82.6	3.18500	50		
8	28.670	3.11118	100.0	3.09800	100		
9	28.869	2.97044	88.1	2.99400	4	2.96597	44
10	30.060	2.84929	41.7	2.86800	25	2.83853	11
11	31.370	2.57869	45.5	2.57000	16		
12	34.761	2.48796	36.8	2.45600	3	2.48846	15
13	36.072	2.35233	48.2	2.31200	4	2.35538	26
14	38.230	2.29852	51.1	2.28000	5	2.26298	9
15	39.161	2.25208	49.3	2.24500	11	2.25303	10
17	39.161	2.08340	46.6	2.09600	2	2.08873	3
18	40.002	2.07190	68.7	2.03200	3	2.07392	13
19	43.398	1.93522	54.0	1.93060	1	1.90956	1
20	43.651	1.89796	40.2	1.87880	2	1.87718	2
21	46.912	1.81999	43.3	1.86970	2	1.80670	2
22	47.890	1.71212	42.7	1.795505		1.70807	3
23	50.079	1.56310	44.5			1.57478	1
24	53.476	1.50951	45.3			1.51311	1
25							



Şekil 8. 9 Nolu taşın kırınım deseni

Tablo 8. 9 Nolu taşın analiz sonuçları

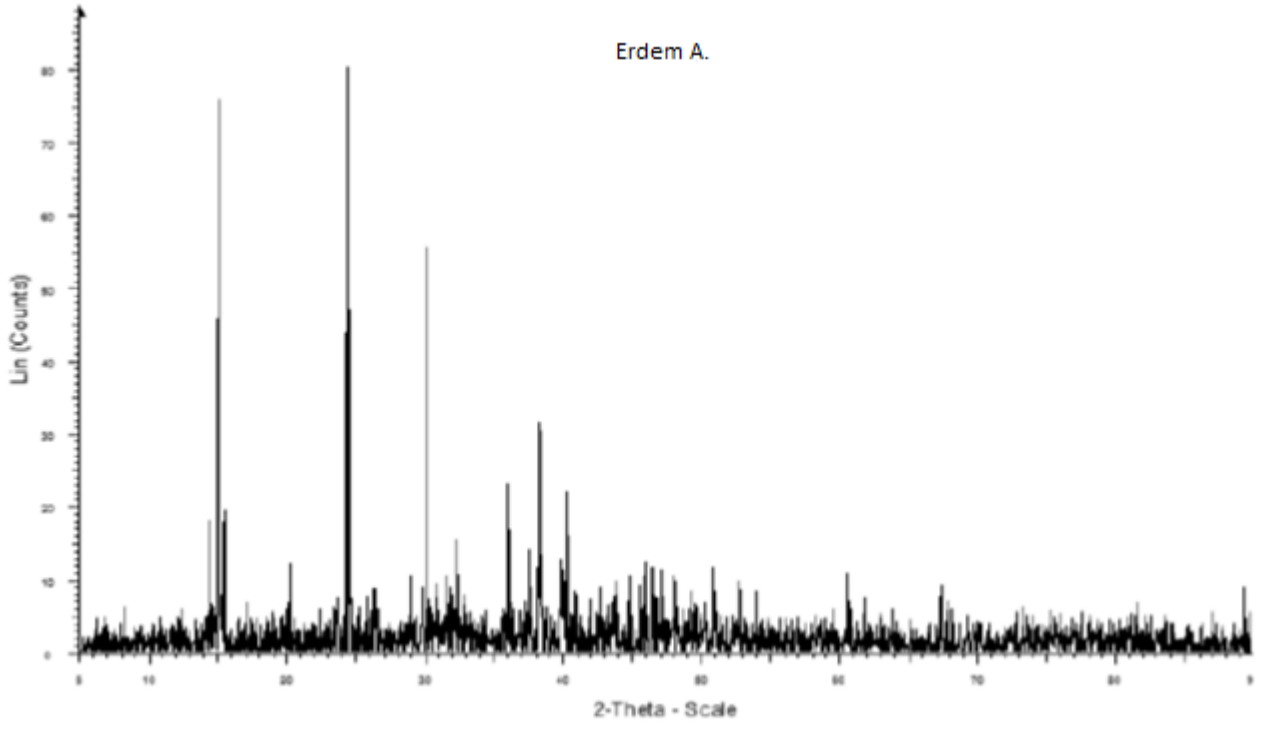
Numune Numarası		9 nolu taş							
Numunenin Alındığı Yer		Ege Üniversitesi Hastanesi							
Numunenin Alındığı Hastanın Adı		Kemal E.							
Hastanın Yaşı		78							
Hastanın Mesleği		Çiftçi							
Hastanın Doğum Yeri		İzmir							
PDF Kütük No		75-1313							
Tespit Edilen Madde		Whewellite							
Kapalı Formül		CaC2O4(H2O)							
NUMUNE TOZ KIRINIM DESEN VERİLERİ									
PIK NO	2θ (°)	d(CuKα) (Å)	I / I ₀ %	d (Å)	I / I ₀ %				
1	14.869	5.95318	100.0	5.92764	100				
2	15.185	5.83009	16.4	5.79349	30				
3	15.721	5.63254	22.9	5.63873	2				
4	18.519	4.78715	3.1	4.76834	1				
5	19.521	4.54373	7.5	4.52597	5				
6	20.854	4.25618	15.6	4.23114	1				
7	21.432	4.14273	8.8	3.9922	1				
8	23.438	3.79248	9.1	3.7786	9				
9	24.313	3.65802	73.5	3.64737	76				
10	28.741	3.10370	4.0	3.10538	1				
11	29.641	3.01139	12.3	3.07277	1				
12	30.047	2.97165	85.1	2.96597	44				
13	30.574	2.92165	27.6	2.9153	9				
14	31.368	2.84949	8.9	2.88654	5				
15	31.792	2.81246	12.0	2.83853	11				
17	33.691	2.65815	10.5	2.66147	1				
18	35.937	2.49700	23.8	2.49452	24				
19	38.122	2.35876	34.9	2.35538	26				
20	39.785	2.26390	18.0	2.26298	9				
21	40.751	2.21241	9.8	2.23581	1				
22	43.462	2.08048	11.5	2.08873	3				



Şekil 9. 10 Nolu taşın kırınım deseni

Tablo 9. 10 Nolu taşın analiz sonuçları

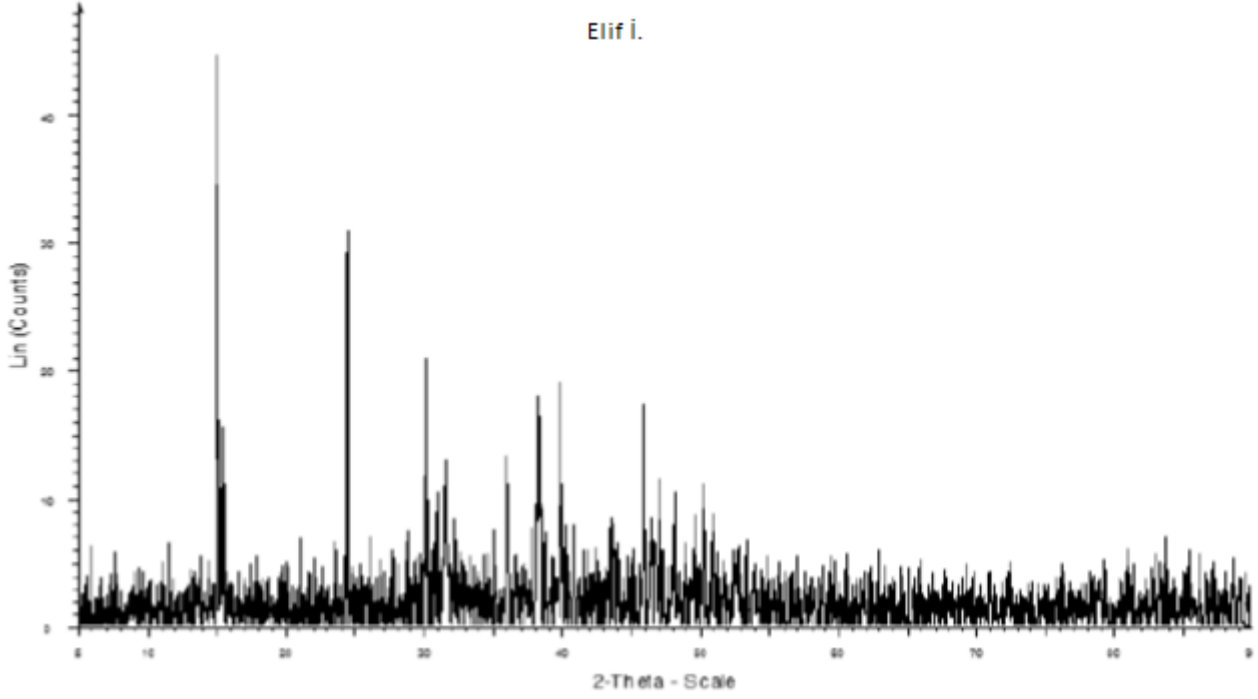
Numune Numarası		10 nolu taş								
Numunenin Alındığı Yer		Ege Üniversitesi Hastanesi								
Numunenin Alındığı Hastanın Adı		Saniye Y -								
Hastanın Yaşı		58								
Hastanın Mesleği		Ev Hanımı								
Hastanın Doğum Yeri		Balıkesir								
PDF Kütük No		31-1982	75-1313							
Tespit Edilen Madde		Uric acid	Whewellite							
Kapalı Formül		C5H4N4O3	CaC2O4(H2O)							
NUMUNE TOZ KIRINIM DESEN VERİLERİ										
PIK NO	2 θ (°)	d(CuK α) (Å)	I / I ₀ %	d(Å)	I / I ₀ %	d(Å)	I / I ₀ %			
1	13.657	6.47887	19.7	6.54000	45					
2	15.033	5.88845	10.2	5.63300	18	5.92764	100			
3	15.798	5.60525	9.1			5.79349	30			
4	18.134	4.88797	19.2	4.91300	50	4.76834	1			
5	23.191	3.83230	31.4	3.86000	55	3.9922	1			
6	24.041	3.69878	11.6	3.58700	4					
7	24.534	3.62547	15.9			3.64737	76			
8	27.364	3.25663	10.1	3.27600	17	3.26895	1			
9	28.043	3.17934	59.3	3.18500	50	3.15077	1			
10	28.805	3.09687	100.0	3.09800	100	3.10538	3			
11	30.267	2.95052	10.7	2.99400	4	2.96597	44			
12	31.260	2.85902	22.1	2.86800	100	2.83853	11			
13	35.057	2.55761	14.9	2.57000	16	2.5568	1			
14	36.133	2.48387	6.2	2.45600	3	2.48846	15			
15	38.357	2.34484	9.7			2.34728	30			
17	38.824	2.31769	7.9	2.31200	4	2.31937	2			
18	39.482	2.28054	7.3	2.28000	5	2.26298	9			
19	40.352	2.23339	9.8	2.24500	11	2.23581	1			
20	41.352	2.18163	7.5	2.18400	6	2.18453	1			
21	43.833	2.06373	4.6	2.03200	3	2.06764	7			
22	47.109	1.92758	7.7	1.93060	1					
23	50.976	1.79006	6.1	1.79980	6					
24	55.007	1.66802	5.2	1.79550	6					
25	59.458	1.55335	7.4							



Şekil 10. 11 Nolu taşın kırınım deseni

Tablo 10. 11 Nolu taşın analiz sonuçları

Numune Numarası				11 nolu taş			
Numunenin Alındığı Yer				Ege Üniversitesi Hastanesi			
Numunenin Alındığı Hastanın Adı				Erdem A .			
Hastanın Yaşı				36			
Hastanın Mesleği				Memur			
Hastanın Doğum Yeri				Trabzon			
PDF Kütük No Tespit Edilen Madde		75-1313		87-0655			
		Whewellite		Weddelite			
Kapalı Formül		CaC2O4(H2O)		Ca(CO2)2(H2O)			
NUMUNE TOZ KIRINIM DESEN VERİLERİ							
PIK NO	2 θ (°)	d(CuK α) (Å)	I / I ₀ %	d(Å)	I / I ₀ %	d(Å)	I / I ₀ %
1	14.336	6.17320	18.0			6.15000	100
2	14.965	5.91532	100.0	5.92764	100		
3	15.343	5.77050	25.6	5.79349	30		
4	20.120	4.40979	15.5	4.49062	1	4.40181	30
5	23.575	3.77079	9.6	3.7786	9	3.88960	10
6	24.199	3.67491	9.4	3.64737	76	3.67000	6
7	24.451	3.63767	61.9			3.57943	1
8	28.949	3.08185	13.5	3.07277	1	3.09360	1
9	29.780	2.99769	11.7	2.96597	45		
10	30.168	2.96000	72.9	2.95597	44		
11	30.865	2.89478	9.6	2.89675	8	2.89914	1
12	31.517	2.83634	13.4	2.8405	10	2.80470	12
13	32.291	2.77012	20.3	2.78072	1	2.76365	56
14	36.008	2.49218	30.2	2.49452	18		
15	37.424	2.40111	18.3	2.41652	6	2.39965	9
17	38.232	2.31951	41.4	2.31937	1		
18	38.792	2.25956	8.1	2.25427	6		
19	39.864	2.23719	16.6	2.23581	1	2.23551	18
20	40.280	2.11739	28.8	2.13001	3		
21	42.667	2.07510	10.1	2.07392	13	2.05000	1
22	43.581	2.06819	13.6	2.06764	7		
23	43.734	2.05714	11.9	2.03579	1		
24	43.981	2.02204	16.0	2.00391	1		
25	44.785	1.99236	15.3			1.98819	3
26	45.490	1.97470	7.6			1.94948	12
27	45.920	1.95523	8.8			1.94480	9
28	46.403	1.94586	8.6			1.89179	13
29	46.640	1.83556	12.6			1.83500	2
30	49.625	1.81168	14.4			1.83500	2
31	50.325	1.78981	9.9			1.78972	1
32	50.983	1.73369	11.5			1.73475	6
33	52.770	1.52403	10.3			1.52645	1
34	60.721	1.49998	12.9			1.49370	2
35	61.800	1.38787	9.7			1.41808	2
36	67.425	1.23565	11.2			1.23493	1



Şekil 11. 12 Nolu taşın kırınım deseni

Tablo 11. 12 Nolu taşın analiz sonuçları

Numune Numarası		12 nolu taş			
Numunenin Alındığı Yer		Ege Üniversitesi Hastanesi			
Numunenin Alındığı Hastanın Adı		Elif İ.			
Hastanın Yaşı		30			
Hastanın Mesleği		Hemşire			
Hastanın Doğum Yeri		İzmir			
PDF Kütük No		75-1313			
Tespit Edilen Madde		Whewellite			
Kapalı Formül		CaC ₂ O ₄ (H ₂ O)			
NUMUNE TOZ KIRINIM DESEN VERİLERİ					
PIK NO	2θ(°)	d(CuKa) (Å)	I / I ₀ %	d(Å)	I / I ₀ %
1	14.975	5.91144	100.0	5.92764	100
2	15.303	5.78539	35.0	5.79349	30
3	20.002	4.43546	11.2	4.32981	1
4	24.433	3.64019	69.2	3.64737	76
5	30.158	2.96095	46.9	3.9922	1
6	31.506	2.83730	29.2	2.83853	11
7	35.997	2.49293	29.9	2.49452	24
8	38.241	2.35167	40.2	2.35538	26
9	38.337	2.34596	36.6	2.34728	30
10	39.869	2.25931	42.6	2.26298	9
11	40.765	2.21168	17.6	2.20928	5
12	43.670	2.07106	18.0	2.07392	13
13	45.890	1.97589	38.7	1.957	2
14	47.012	1.93133	25.7	1.93299	8
15	49.490	1.84025	19.6	1.84588	6
17	50.369	1.81018	24.9	1.81319	4
18	50.966	1.79037	16.2	1.79334	6
19	53.305	1.71720	15.0	1.70383	2
20	59.787	1.54558	11.3	1.54683	2
21	60.580	1.52724	12.8	1.52779	2
22	62.281	1.48954	9.4	1.50202	2
23	64.432	1.44490	10.4	1.49817	1

Büyükşehir Belediyesi Çağrı Merkezi Verilerinin Kümeleme Analizi ile İncelenmesi

Ezel Özkan¹, Selen Avcı^{*2}, Zerrin Aladağ³

^{*1}Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği, KOCAELİ

²Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği, KOCAELİ

³Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği, KOCAELİ

(Alınış / Received: 18.07.2019, Kabul / Accepted: 26.12.2019, Online Yayınlanma / Published Online: 31.12.2019)

Anahtar Kelimeler

Belediye,
Çağrı Merkezi,
K- ortalamalar Yöntemi,
Kümeleme Analizi

Öz: İstatistiksel veri analizinde en önemli konulardan biri büyük verilerdir. Büyük veriler arasından faydalı bilgiye ulaşma süreci veri madenciliği olarak adlandırılır. Veri madenciliği yöntemlerinden biri olan kümeleme analizinde, çeşitli algoritmalar ile birbirine benzer veriler aynı kümeye, birbirinden farklı olan veriler ise farklı kümelere dâhil edilmek istenir. Hiyerarşik kümeleme ve k-ortalamalar yöntemleri kümeleme analizinde en yaygın kullanılan algoritmalarlardır. Bu çalışmada, Türkiye'nin nüfus yoğunluğu oldukça fazla olan bir büyükşehir belediyesinin beş büyük ilçesine ait çağrı merkezi verileri, k-ortalamalar yöntemi ile "ilişkili olduğu birim", "başvuru tipi", "başvuru ilçesi", "eğitim durumu", "cinsiyet", "yaş" ve "anlık çözüm" olmak üzere yedi farklı değişkene göre kümelendi. Analiz için veri madenciliği paket programlarından SPSS Clementine ve WEKA kullanılmış olup elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak yorumlanmıştır.

Investigation of Data of a Metropolitan Municipality Call Center by Cluster Analysis

Keywords

Call Center,
Clustering Analysis,
K-means Method,
Municipality

Abstract: One of the most important issues in statistical data analysis is big data. The process of accessing useful information from big data is called data mining. In clustering analysis, which is one of the data mining methods, via different algorithms, it is desirable to include similar data in the same cluster and divergent data in different clusters. Hierarchical clustering and k-means methods are the most commonly used algorithms in clustering analysis. In this study, call center data of five districts in a metropolitan municipality with a high population density in Turkey were examined. Call center data were clustered according to seven different variables by k-means method. These variables are respective department, application type, application district, education level, gender, age and instant solution. SPSS Clementine and WEKA which are the data mining package programs were used for the analysis and the results were compared and interpreted.

Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli
^{*}İlgili yazar, email: selenavciem@gmail.com

1.Giriş

Çağrı merkezleri, büyük miktarda bilgiyi telefonla almak ve iletmek amacıyla kullanılan merkezi ofislerdir. Müşteriler, çağrı merkezleri aracılığıyla sorunlarını raporlayabilmekte veya sunulan ürün ya da hizmetler hakkında bilgi isteyebilmektedir. Bu bağlamda çağrı merkezleri, şirketler ile müşteriler arasında ara yüz görevi görür [1]. Çağrı merkezleri günümüzde, kuruluşların müşterilerle doğrudan iletişim kurabildiği bir kanal olduğundan müşteri desteğinin en temel parçalarından biridir. "Telefon bankacılığı", "bilet rezervasyonu", resmi kuruluşların "şikâyet talep merkezleri" çağrı merkezlerine örnek olarak verilebilir [2].

Çalışmada, Türkiye'nin yüksek nüfuslu bir büyükşehir belediyesinin beş ilçesine ait verilerle kümeleme analizi gerçekleştirilmiştir. En yaygın bilinen veri madenciliği uygulamalarından biri olan kümeleme analizi, büyük ölçekli verilerle başa çıkmada önemli bir rol oynamaktadır. Kümeleme analizinde amaç, küme içinde birbirine benzer verileri toplamak, farklılıkları olan veriler için de birbirinden farklı kümeler oluşturmaktır [3].

Çalışmada veriler; çağrı merkezine başvuran kişilerin ilişkili olduğu birim, başvuru ilçesi, başvuru tipi, cinsiyet, soruna çözüm bulunup bulunmadığı, yaş ve eğitim durumu olmak üzere yedi değişkenden oluşmaktadır. Uygulamada, veri madenciliği programları olan SPSS Clementine ve WEKA ile k-ortalamlar analizi yapılmıştır. Takip eden bölümde kümeleme analizi anlatılmıştır. Üçüncü bölümde analizler yapılmış ve son bölümde elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır.

Aşağıda sıralanan çalışmalar; literatürde farklı karar ortamları için kümeleme analizinin sıklıkla kullanıldığını göstermektedir. Ancak incelenen çalışmalarda çağrı merkezi verileri ile yapılmış olan bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Çelik ve diğ. (2019), Türkiye'de 2016 yılında 81 ile ait 11 tarım değişkenini kullanarak, benzer yapıyı gösteren homojen il gruplarının belirlenmesi ve Türkiye'de benzer iller grubunun ortaya çıkarılması amacıyla "K ortalamlar kümeleme" ve "Hiyerarşik kümeleme" yöntemlerini kullanmışlardır [4]. Akay (2019) yapmış olduğu çalışmada Türkiye'de kütüphane kullanımında benzer özellik gösteren illeri belirlemek ve illerin insani gelişmişlikleri arasındaki ilişkiyi belirlemek için Ward yöntemini kullanmıştır [5]. Ünlü ve Atik (2019), AB'ye aday ülke konumunda olan Türkiye'nin bu ülkeler karşısındaki göreceli Endüstri 4.0 performansını belirlemek için Ward yöntemini kullanmışlardır [6]. Almeida ve diğ. (2018), nehirlerin zarar görmesinden kaynaklanan balık türlerindeki değişimleri analiz etmek için kümeleme analizini kullanmışlardır [7]. Hernandez ve diğ. (2018) yılında yapmış oldukları çalışmada American Thoracic Society (ATS) tarafından önerilen 225 alerjik astımlı hasta için 19 değişken belirleyerek hastaların hiyerarşik kümeleme analizi ile kümelendiğini amaçlamışlardır [8]. Horiuchi ve diğ. (2018) AHF patofizyolojisini geliştirmek, klinik olarak önemli alt grupları tespit etmek ve klinik olarak karar vermeyi kolaylaştırmak için kümeleme analizini kullanmışlardır [9]. Özari ve Eren (2018) Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından 2016 yılında "illerde yaşam endeksi" olarak adlandırılan 11 farklı boyut ve yaklaşık 41 alt göstergeden oluşan verileri çok boyutlu ölçekleme yöntemi ve k-ortalamlar yöntemi ile kümelere ayırmışlardır [10]. Gazel ve Akel (2018), Borsa İstanbul'da (BIST) farklı sektör endeksleri içinde yer alan hisse senetlerinin, geçmiş fiyat verilerine göre kümeleme analizine tabi tutulduğunda aynı sektör içerisinde yer alıp almadığını belirlemek için hiyerarşik yığınsal kümeleme analizini kullanmışlardır [11]. Çelik ve Kırıl (2018), Türkiye'de illerin konut satışlarını etkileyen faktörleri dengeli panel veri analizi ve Ward yöntemi ile incelenmişlerdir [12]. Sarıışık ve Öğütü (2018), deneylerden elde ettikleri verilerle doğal taşların kesme kuvveti, spesifik kesme enerjisi ve spesifik enerjilerini K ortalamlar kümeleme yöntemiyle incelemişlerdir [13]. Javadi ve diğ. (2017) İran'da yer altı su tabakalarını, belirledikleri parametreleri kullanarak k-ortalamlar kümeleme analiziyle incelemişlerdir [14]. Ceylan ve diğ. (2017) yılında yapmış oldukları çalışmada Türkiye'de faaliyet gösteren bir emeklilik şirketinin müşteri profilini değerlendirmek için iki aşamalı kümeleme analizi yapmışlardır [15]. Ülgen ve Özalp (2017), refah rejimlerini kümelemek için k-ortalama tekniğini kullanarak, 26 ülke ve 11 farklı değişken açısından analiz etmişlerdir [16]. Çalış ve Baynal (2016), k ortalamlar yöntemi ile Türkiye'de faaliyet gösteren bir banka şubesinin iki yüz müşterisini on iki farklı değişkene göre k-ortalamlar kümeleme analizi ile kümelendiğini amaçlamışlardır [17]. Dong ve diğ. (2016), kümeleme analiziyle sayısal hava tahmini bilgilerini kullanarak yeni bir model önermeyi amaçlamışlardır [18]. Giray (2016), iki aşamalı kümeleme analiziyle bir cezaevinin son 10 yıldaki hükümlü verilerinin temel bilgilerinin analizini yaparak benzer özelliklere sahip hükümlülere ait alt grupları değerlendirmeyi amaçlamıştır [19]. Turan ve diğ. (2016) 1980 ve 2013 yıllarında Ortadoğu ülkeleri ve Türkiye'nin ekonomik yapılarını üç farklı döneme ayırarak benzer olup olmadığını belirlemek için kümeleme analizi yöntemini kullanmışlardır [20]. Canıkalp ve Ünlükaplan (2016), geçiş ekonomisi ülkelerinin 2014 yılı itibarıyla yönetim kalitelerini değerlendirmek için Ward yöntemini kullanmışlardır [21]. Aydın ve Seven (2015), Türkiye'deki İl Nüfus ve Vatandaşlık Müdürlüklerini, iş yoğunluklarına göre hibrid hiyerarşik k-ortalamlar kümeleme analizi ile sınıflandırılmışlardır [22]. Tekin (2015), 2013 yılına ait 16 farklı sağlık göstergesi ile Türkiye'deki 81 ili Ward yöntemiyle kümelemeyi amaçlamıştır [23].

Yukarıda açıklanan çalışmalar, Tablo 1'de özet olarak sunulmuştur.

Tablo 1. 2015-2019 yılları arası kümeleme analizi literatür özeti

Yazar (Yıl)	Hiyerarşik Kümeleme Analizi	Hiyerarşik Olmayan Kümeleme Analizi
Çelik vd. (2019)	Hiyerarşik kümeleme analizi	K-ortalamlar
Akay (2019)	Ward yöntemi	-
Ünlü ve Atik (2019)	Ward yöntemi	-
Almeida vd. (2018)	-	K-ortalamlar
Hernandez vd. (2018)	Hiyerarşik kümeleme analizi	-
Horiuchi vd. (2018)	-	K-ortalamlar
Özari ve Eren (2018)	-	K-ortalamlar
Gazel ve Akel (2018)	Hiyerarşik yığınsal kümeleme analizi	-
Çelik ve Kiral (2018)	Ward yöntemi	-
Sarışık ve Öğütlü (2018)	-	K-ortalamlar
Javadi vd. (2017)	-	K-ortalamlar
Ceylan vd. (2017)	Ward yöntemi	K-ortalamlar
Ülgen ve Özalp (2017)	-	K-ortalamlar
Çalış ve Baynal (2016)	-	K-ortalamlar
Dong vd. (2016)	-	K-ortalamlar
Giray (2016)	Ward yöntemi	K-ortalamlar
Turan vd. (2016)	-	K-ortalamlar
Canıkalp ve Ünlükaplan (2016)	Ward yöntemi	-
Aydın ve Seven (2015)	-	Hibrid hiyerarşik k-ortalamlar kümeleme analizi
Tekin (2015)	Ward yöntemi	-

2. Materyal ve Metot

Kümeleme analizi, elde bulunan verilerin birbirlerine olan benzerliklerine göre “küme” adı verilen gruplara ayrılmasıdır. Oluşturulan kümelere veriler arasındaki uzaklıkların ölçülmesiyle iki ya da daha fazla küme oluşturulabilir. Literatürde incelenen makalelerde en çok kullanılan uzaklık ölçüleri dikkate alınarak, kümelere bulunacak birim ya da birimlerin arasındaki minimum ve maksimum benzerlik uzaklık ölçütlerinden Öklid uzaklığı Denklem 1’de, Minkowski uzaklığı Denklem 2’de, City-Block (Manhattan) uzaklığı Denklem 3’te, Canberra uzaklığı Denklem 4’te, Tchebyshev uzaklığı Denklem 5’te ve Mahalanobis uzaklığı Denklem 6’da verilmiştir [24, 3]. Denklemlerde x_{ik} i. birimin k. değişken değerini, x_{jk} j. birimin k. değişken değerini ve S pxp tipinde örneklem kovaryans matrisini ifade etmektedir.

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{i=1}^p (x_{ik} - x_{jk})^2} \quad (1)$$

$$d_{ij} = \left[\sum_{k=1}^p |x_{ik} - x_{jk}|^q \right]^{1/q} \quad (2)$$

$$d_{ij} = \sum_{k=1}^p |x_{ik} - x_{jk}| \quad (3)$$

$$d_{ij} = \sum_{k=1}^p |x_{ik} - x_{jk}| / x_{ik} + x_{jk} \quad (4)$$

$$d_{ij} = \max_{i:1,2,..,n} |x_{ik} - x_{jk}| \quad (5)$$

$$Md_{ik} = (x_i - x_j)' S^{-1} (x_i - x_j) \quad (6)$$

Kümeleme algoritmaları genel olarak hiyerarşik kümeleme analizi ve hiyerarşik olmayan kümeleme analizi olarak iki gruba ayrılır [25]. Alt başlıklarda bu konulara kısaca değinilmiştir.

2.1. Hiyerarşik kümeleme analizi

Hiyerarşik kümeleme analizinde, küme ağacı hiyerarşik yöntemler ile oluşturulur. Hiyerarşik yöntemlerde, sonuçlar dendogram adı verilen ağaç diyagramları ile gösterilir [26].

Hiyerarşik yöntemler, gruplayıcı ve bölünür kümeleme algoritmaları olarak iki gruba ayrılır. [9]. Başlangıç veri tabanındaki her noktayı küme varsayıp bu kümeleri birleştirerek yeni kümeler oluşturulmasına gruplayıcı kümeleme algoritmaları denir. Başlangıç veri tabanındaki noktaların tamamının tek bir küme olarak varsayılması ile birbirinden farklı olan noktaların atılarak k adet küme oluşturulmasına ise bölünür kümeleme algoritmaları denir [24].

2.2. Hiyerarşik olmayan kümeleme analizi

Küme sayılarının daha önceden belirlenmiş olduğu durumlarda hiyerarşik olmayan kümeleme yöntemleri kullanılmaktadır. Hiyerarşik olmayan kümeleme yöntemleri, hiyerarşik tekniklere göre daha hızlıdır ve birim sayısı büyük ise daha anlamlıdır. Hiyerarşik olmayan kümeleme analizinde en yaygın kullanılan yöntem k-ortalamlar (k-means) yöntemidir [25, 27].

2.2.1. K-ortalamlar (k-means) kümeleme yöntemi

K ortalama kümeleme analizi, ilk olarak MacQueen (1967) tarafından kullanılan denetimsiz bir modelleme yöntemidir. Bu yöntemde birkaç nesne, orta noktaya ya da en yakın merkeze göre mevcut kategoriler veya koşullar temel alınıp bölümlere ayrılarak oluşturulur. Bu yöntem aynı kümedeki veriler arasındaki farklılığı en aza indirir ve farklı kümelerdeki veriler arasındaki farklılığı en üst düzeye çıkarır [28, 29].

K-ortalamlar kümeleme yöntemi adımları aşağıdaki gibidir [26, 30]:

1. Veri seti rassal olarak k adet başlangıç kümesine ayrılır veya merkez noktalar tüm nesnelerin ortalaması alınarak belirlenir.
2. Veri setindeki birimler, merkezi kendisine en yakın olan kümeye atanır.
3. Küme merkezi her atamadan sonra tekrar hesaplanır.
4. Tüm birimler kümelere atanıncaya kadar 2. ve 3. adımlar tekrarlanır.

K-ortalamlar yönteminde en az küme sayısı (2 küme) ile başlanarak küme sayısının birer artırılması sonucunda en uygun küme sayısı belirlenmeye çalışılır [31]. Küme sayısını belirlemek için çeşitli yöntemler vardır. Bunlardan en çok bilinen eşitlik yöntemi Denklem 7'de, Silhouette indeksi Denklem 8'de, Mariott ölçütü Denklem 9'da, Wilk's Lamda ölçütü Denklem 10'da verilmiştir [32].

$$k = \left(\frac{n}{2}\right)^{1/2} \quad n: \text{birim sayısı} \quad (7)$$

$$sil(i) = \frac{b(i) - a(i)}{\max(a(i) - b(i))} \quad (8)$$

$a(i)$: i.birimin kendi kümesindeki tüm noktalara olan ortalama uzaklıkları

$b(i)$: i.birimin diğer kümelerdeki tüm noktalara olan ortalama uzaklıkların minimumu

$$M = k^2|W|$$

W: Grup içi kareler toplamı matrisi (9)

M değerini minimum yapan k değeri küme sayısını gösterir.

$$\Delta = \frac{|W|}{|W+B|} = \frac{|W|}{|T|}$$

T: Çarpımlar ve kareler toplam matrisi (10)

B: Gruplar arası çarpımlar ve kareler toplam matrisi

W: Grup içi çarpımlar ve kareler toplam matrisi

Yukarıda verilen yöntemlere ek olarak Lewis ve Thomas yaklaşımına göre, kümeler toplam varyasyonun %80'ini açıklamalı ve varyansta %5'e kadarlık bir artış durumunda yeni bir küme ilave edilmelidir. Elbow (Dirsek) metoduna göre ise kümeler, küme içi kareler toplamına göre belirlenir.

3. Yöntem ve Bulgular

Çalışmada bir büyükşehir belediyesinin çağrı merkezini arayan kişilerin değerlendirilmesine yönelik veri madenciliği uygulaması gerçekleştirilmiştir. Uygulamada veri madenciliği yöntemlerinden kümeleme analizi ele alınmıştır. Kümeleme analizi ile çağrı merkezinin son beş aylık verilerinin yedi değişkene göre kümeleneceği amaçlanmıştır.

Uygulamada kullanılan 3860 çağrı merkezi verisi, önemli nüfus yoğunluğuna sahip bir büyükşehir belediyesinin beş büyük ilçesine aittir. Analizde veri madenciliği uygulamaları için geliştirilmiş bütünsel bir görsel modelleme gereci olan SPSS Clementine ve WEKA programları kullanılmıştır.

3.1. Verilerin hazırlanması

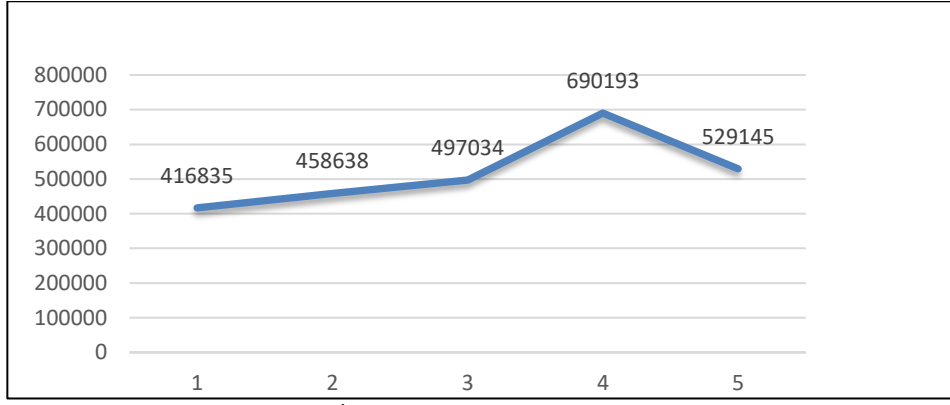
Veri hazırlama aşamasında, beş aylık dönemde büyükşehir belediyesi çağrı merkezine başvuran toplam 58.735 kişiye ait veriler elde edilmiştir. Verilerin çok fazla olmasından dolayı analiz için, nüfusu 400.000'den fazla, konum olarak birbirine yakın ve ilçede ikamet eden bireylerin ortalama eğitim düzeyinin yüksek olduğu beş ilçe seçilmiştir.

Veri birleştirme ve temizleme aşamasında arayan kişilerin ilişkili olduğu birim, başvuru ilçesi, başvuru tipi, cinsiyet, çözüm olup olmadığı, yaş ve eğitim durumu bilgileri baz alınarak veriler birleştirilmiştir. Eksik ve hatalı verilerin temizlenmesi sonucunda toplam olarak çağrı merkezine gelen 3860 adet çağrı için yedi değişkenden oluşan 3860*7'lik bir veri kümesi oluşturulmuştur.

Üçüncü ve son aşamada veri dönüştürme yapılmıştır. Veriler aşağıdaki gibi kategorik hale getirilmiştir.

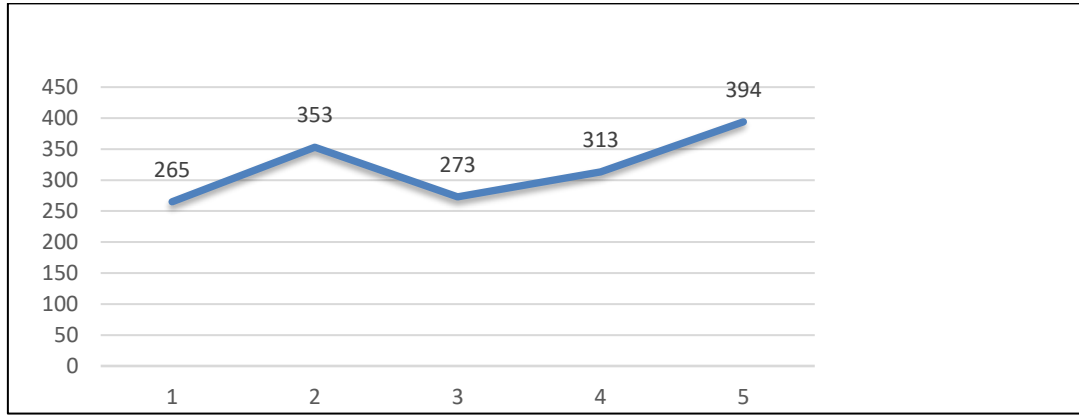
- İlişkili olduğu birim: Bu değişken, bütün birimler dikkate alındığında "bakım ve onarım faaliyetleri", "çevre", "denetim", "sağlık" ve "sosyal hizmetler, spor ve kültürel hizmetler" ve "ulaşım" olmak üzere altı farklı kategoriye ayrılmıştır.
- Başvuru tipi: Başvuru tipi değişkeni "bilgi istemi", "talep" ve "şikâyet" olmak üzere üç gruba ayrılmıştır.
- Başvuru ilçesi: İkamet eden bireylerin ortalama eğitim düzeyinin en yüksek olduğu beş ilçe ele alınmıştır.
- Eğitim Durumu: Çağrı merkezine başvuran kişilerin eğitim durumu "ilkokul", "ortaokul", "lise", "ön lisans", "lisans", "yüksek lisans" ve "doktora" olmak üzere yedi gruba ayrılmıştır.
- Cinsiyet: Arayan kişiler kadın ve erkek olarak sırasıyla "1" ve "0" olarak tanımlanmıştır.
- Yaş: Çağrı merkezine başvuran kişilerin yaşları dikkate alınarak veriler altı anlamlı grupta kategorize edilmiştir. Bu gruplar; "16-25 yaş arası", "26-34 yaş arası", "35-44 yaş arası", "45-54 yaş arası", "55-64 yaş arası" ve "65 yaş ve üstü" olarak oluşturulmuştur.
- Anlık çözüm: Veriler "anlık çözüm var" ve "anlık çözüm yok" olmak üzere iki gruba ayrılmıştır.

Şekil 1'de ilçelerin nüfus dağılımları verilmiştir [33]. Nüfus yoğunluğu bakımından 400.000 in üzerindeki ilçeler için çağrı merkezine gelen başvurular analiz kapsamına alınmıştır.



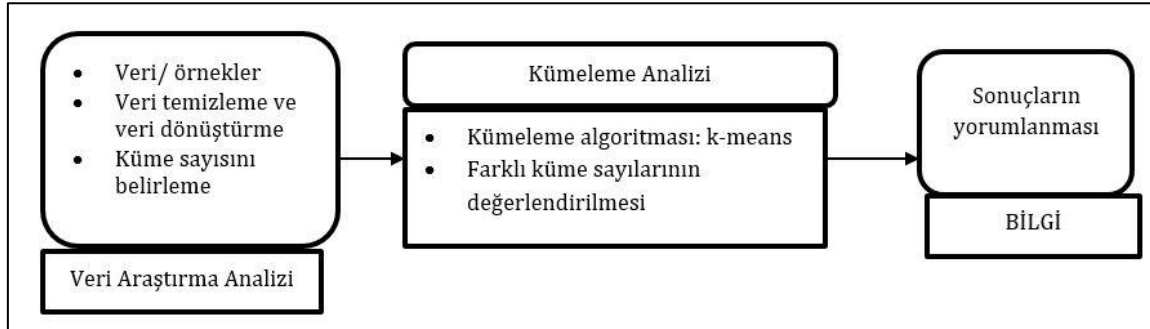
Şekil 1. İlçelerin 2018 yılı nüfus dağılımları

Şekil 2’de çağrı merkezine başvuran kişilerin lisans ve lisansüstü eğitim durumları gösterilmiştir. Başvurularda 5 numaralı ilçenin lisans ve lisansüstü eğitim durumuna göre en yüksek ilçe olduğu belirlenmiştir.



Şekil 2. İlçelere göre lisans ve üzeri eğitim düzeyinde başvuran kişi sayısı

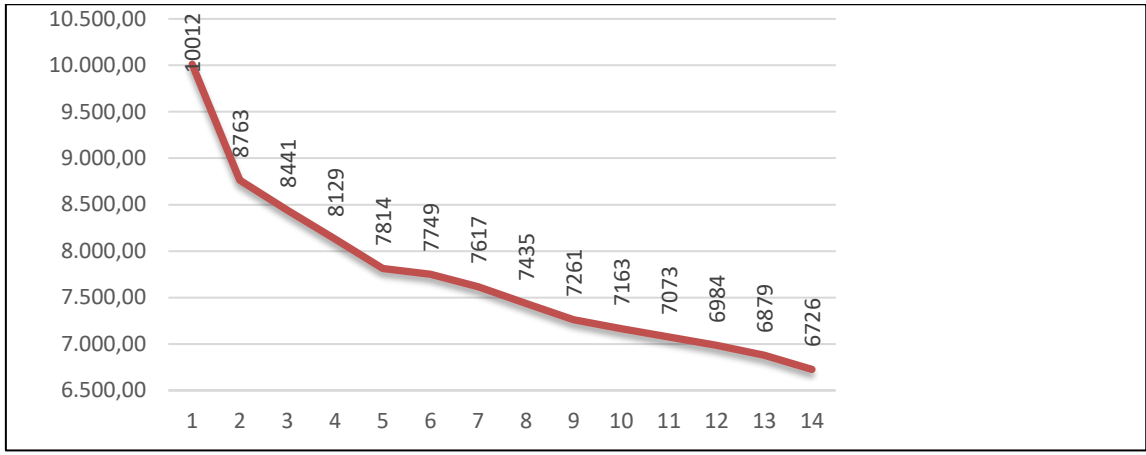
Şekil 3’te ise analiz için kullanılan modelin kavramsal yapısı verilmektedir.



Şekil 3. Analiz için kullanılan modelin kavramsal yapısı

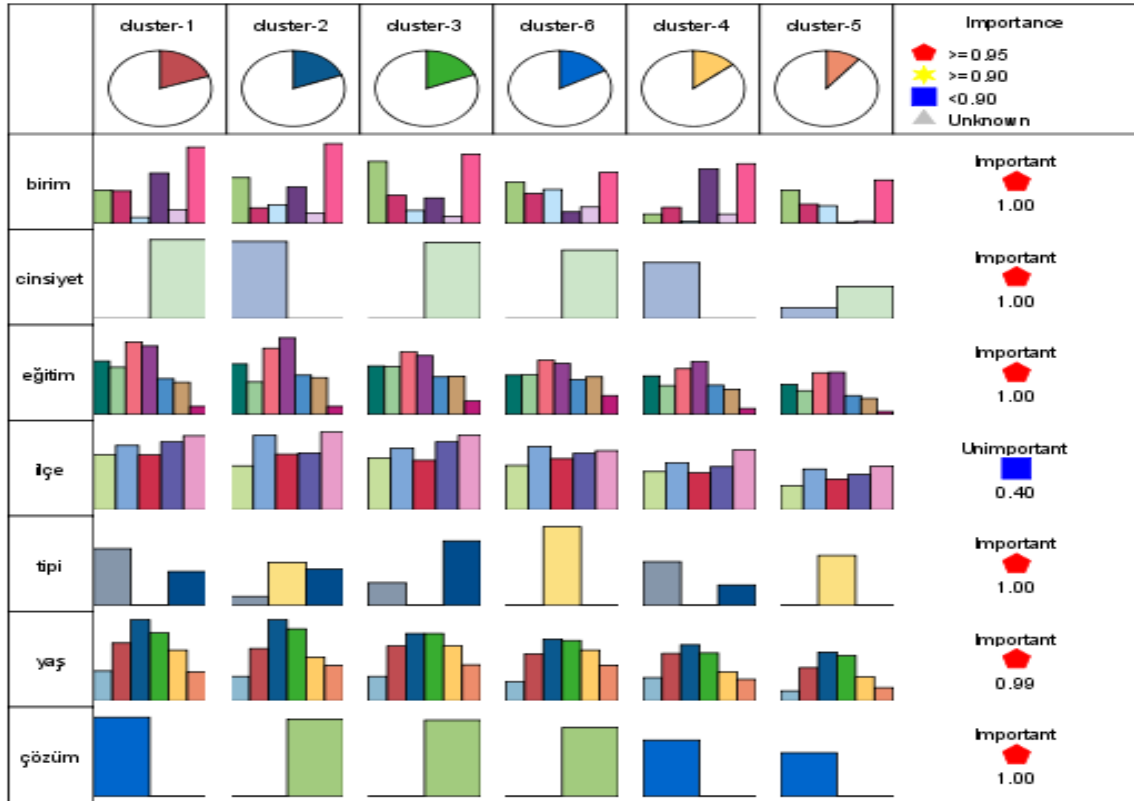
3.2. K - ortalamalar yöntemi ile kümeleme analizi

Çalışmada, çağrı merkezi verilerine ait küme sayısını belirlemek için iki yöntem kullanılmıştır. Analiz kapsamındaki 3860 adet kayıt için; küme sayısı; $k = \left(\frac{n}{2}\right)^{1/2}$ eşitliği kullanıldığında; $k = [2, 43]$ aralığında bulunmuştur. Ancak verilerin ve küme sayısının oldukça fazla olması sebebiyle; veri kümesinde bir dizi k değeri için kümeleme yapılarak her k değeri için küme içi kareler toplamını bulan Elbow Metodu tercih edilmiştir [34]. Küme sayıları-hata kareler toplamını gösteren Şekil 4 incelendiğinde, küme sayısının 6 değeri ve sonrası için grafiğin yatay olarak seyrettiği görülmektedir. Grafiğe göre en uygun küme sayısının altı veya dokuz olduğu sonucuna varılmıştır. Dokuz küme sayısı ile kümeleme analizi yapıldığında değişkenlerin önem dereceleri değişmediğinden altı küme sayısı uygun görülmüştür.



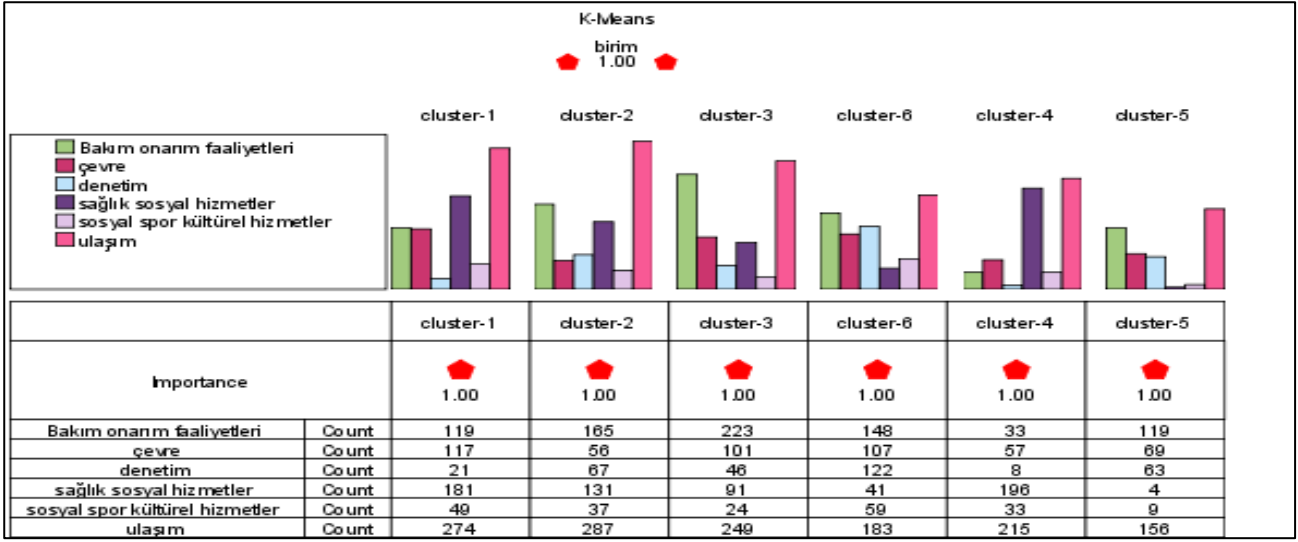
Şekil 4. Küme sayılarına göre hata kareleri toplamları

K-ortalamlar yöntemiyle oluşturulan kümeler ve kümelerin değişkenler üzerindeki etkileri Şekil 5’ te gösterilmiştir. Clementine’de önem dereceleri 0.90’ ın üzerinde olan değişkenlerin kümelere etkilerinin önemli olduğu vurgulanmaktadır [17]. Şekil 5’e göre; birim, cinsiyet, eğitim, başvuru tipi, yaş ve çözüm değişkenlerinin altı küme üzerindeki etkilerinin önemli olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. İlçe değişkeninin ise önemsiz olduğu görülmektedir. 3860 çağrının kümelere dağılımı; 761, 743, 734, 542, 420 ve 660 şeklindedir.



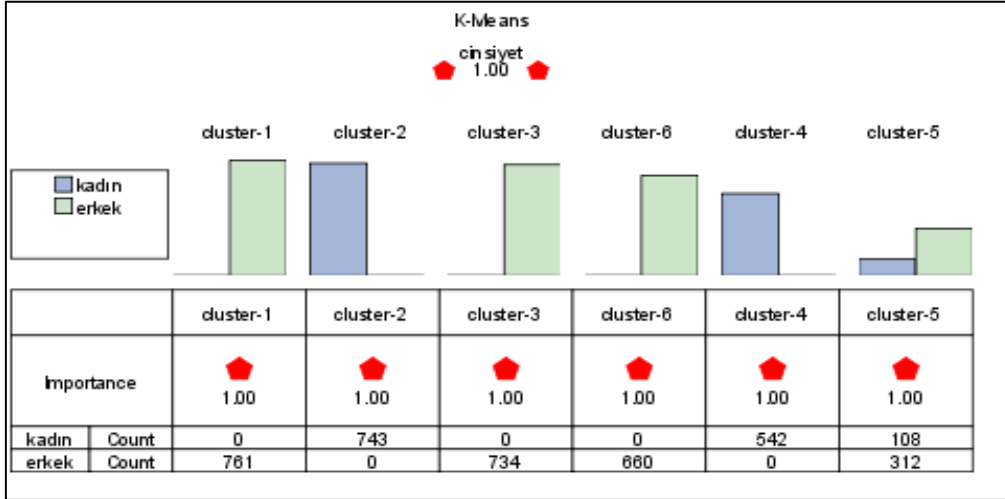
Şekil 5. K- Ortalamalar yöntemi ile elde edilen kümeler

İlk olarak “başvuru” birim değişkeninin kümeler üzerindeki etkisi dikkate alındığında, bu değişkenin Şekil 6’da görüldüğü üzere altı küme için önemli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Başvurular incelendiğinde en çok başvurunun ulaşım birimine yapıldığı ve bunu bakım ve onarım faaliyetlerinin izlediği görülmüştür. Buna göre ikinci kümedeki kişilerin % 22,20’si bakım ve onarım faaliyetleri birimine başvuruda bulunmuşken, dördüncü kümedeki kişilerin % 39,66’sı ulaşım birimine başvuru yapmıştır.



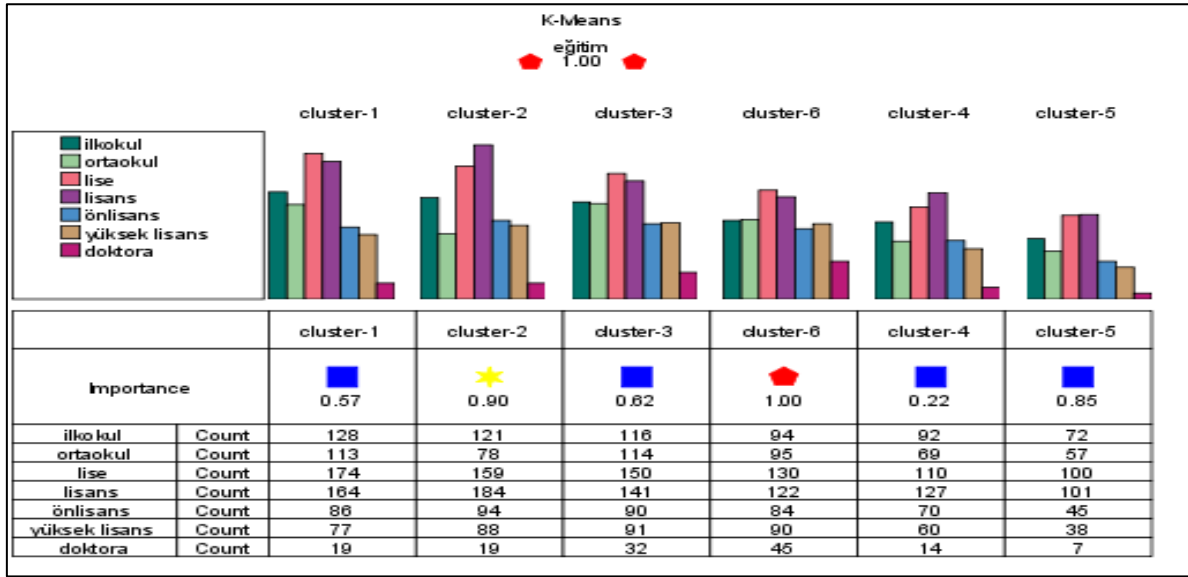
Şekil 6. Başvuru birim değişkeninin kümeler üzerindeki etkisi

Şekil 7’de cinsiyet değişkeninin altı küme için önemli olduğu görülmektedir. Birinci, üçüncü ve altıncı kümelerdeki başvuruların tamamı erkek bireylerden, ikinci ve dördüncü kümelerde ise başvuruların tamamının kadın bireylerden geldiği görülmektedir. Beşinci kümede başvuruların % 25,71’ini kadınlar oluşturmaktadır.



Şekil 7. Cinsiyet değişkeninin kümeler üzerindeki etkisi

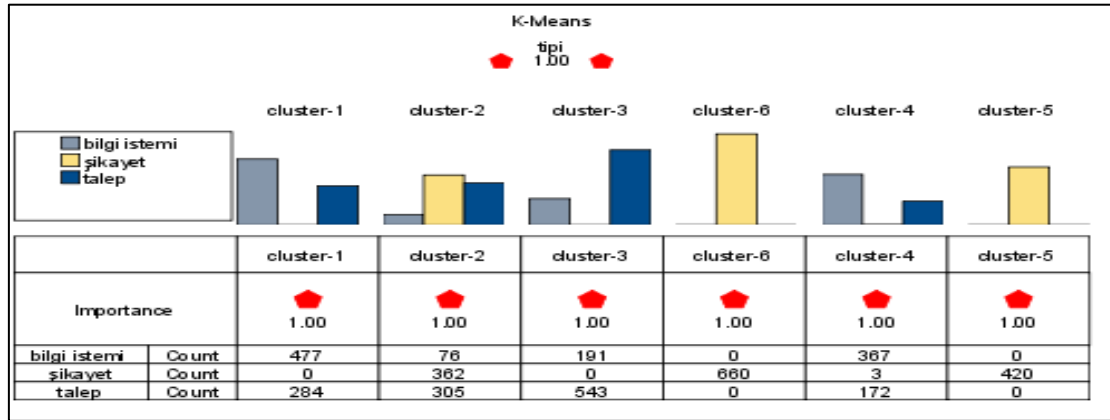
Kümeler eğitim değişkeni açısından incelendiğinde, bu değişkenin ikinci ve altıncı kümeler için önemli olduğu Şekil 8’de görülmektedir. Üçüncü kümedeki kişilerin %19,20’si lisans mezunu iken altıncı kümenin %19,69’u lise mezunu bireylerden oluşmuştur.



Şekil 8. Eğitim değişkeninin kümeler üzerindeki etkisi

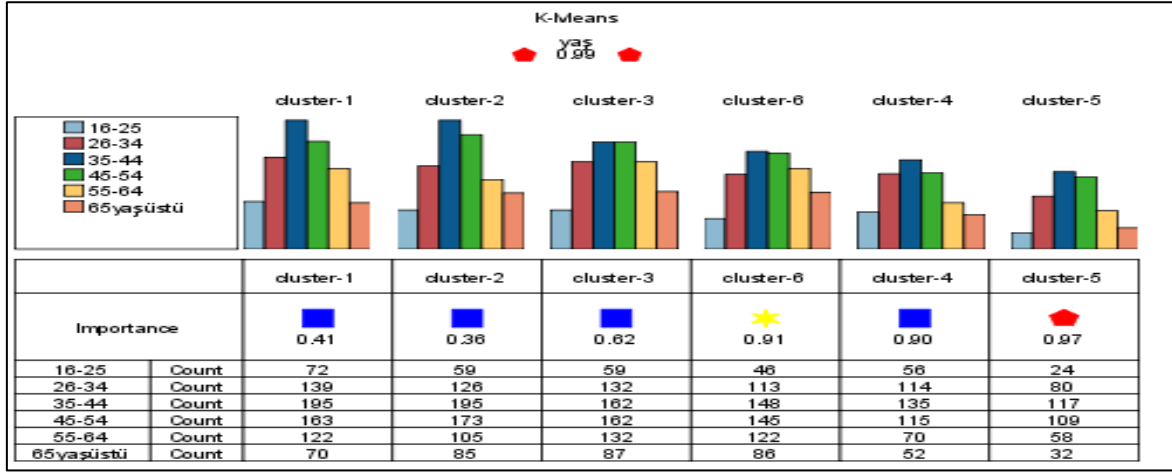
İlçe değişkeninin kümeler üzerindeki etkisi dikkate alındığında, bu değişkenin altı küme için ayırt edici bir niteliğe sahip olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

İstenilen hizmet tipi değişkeninin altı küme için de önemli olduğu Şekil 9'da görülmektedir. Altıncı ve beşinci kümenin tamamı şikâyet için başvuruda bulunurken, dördüncü kümenin %67,71'i bilgi istemi için başvuruda bulunmuştur. Üçüncü kümenin %73,97'sini yeni talepler oluşturmaktadır.



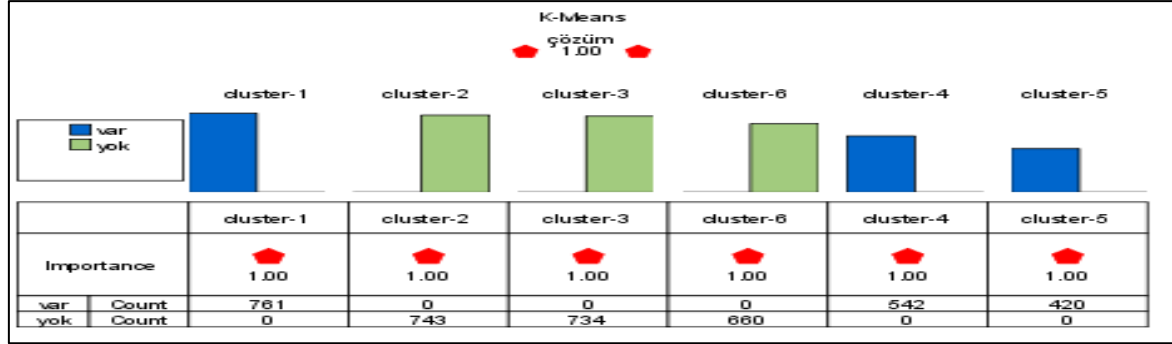
Şekil 9. Başvuru tipi değişkeninin kümeler üzerindeki etkisi

Yaş değişkeninin, beşinci ve altıncı kümeler içinde önemli olduğu Şekil 10'da görülmektedir. İkinci kümenin %26,24'ünün 35-44 yaş aralığında olduğu, beşinci kümenin ise %25,95'inin 45-54 yaş aralığında olduğu sonucu ortaya çıkmıştır.



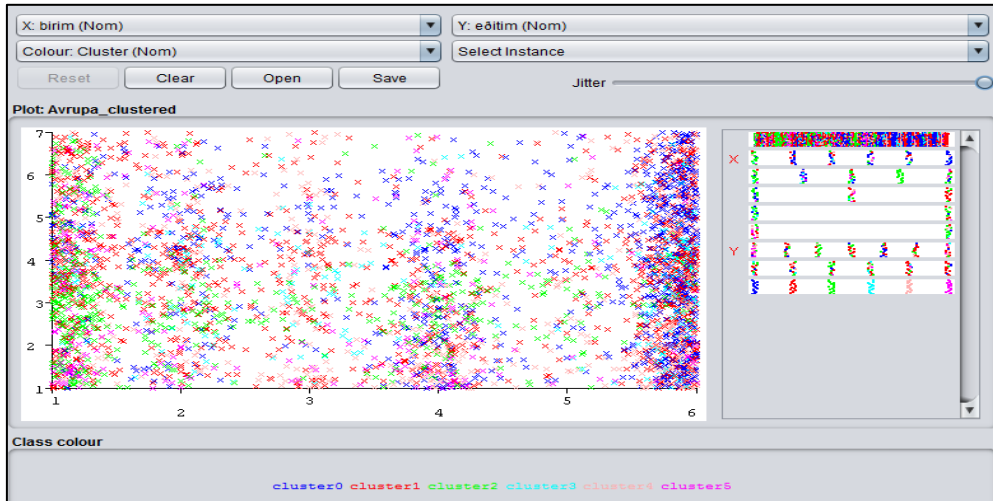
Şekil 10. Yaş değişkeninin kümeler üzerindeki etkisi

Anlık çözüm değişkeninin ise tüm kümeler için önemli olduğu Şekil 11’de görülmektedir. İkinci, üçüncü ve altıncı kümelerde anlık çözümün olmadığı, birinci, dördüncü ve beşinci kümenin tamamında ise anlık çözümün olduğu sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 11. Anlık çözüm değişkeninin kümeler üzerindeki etkisi

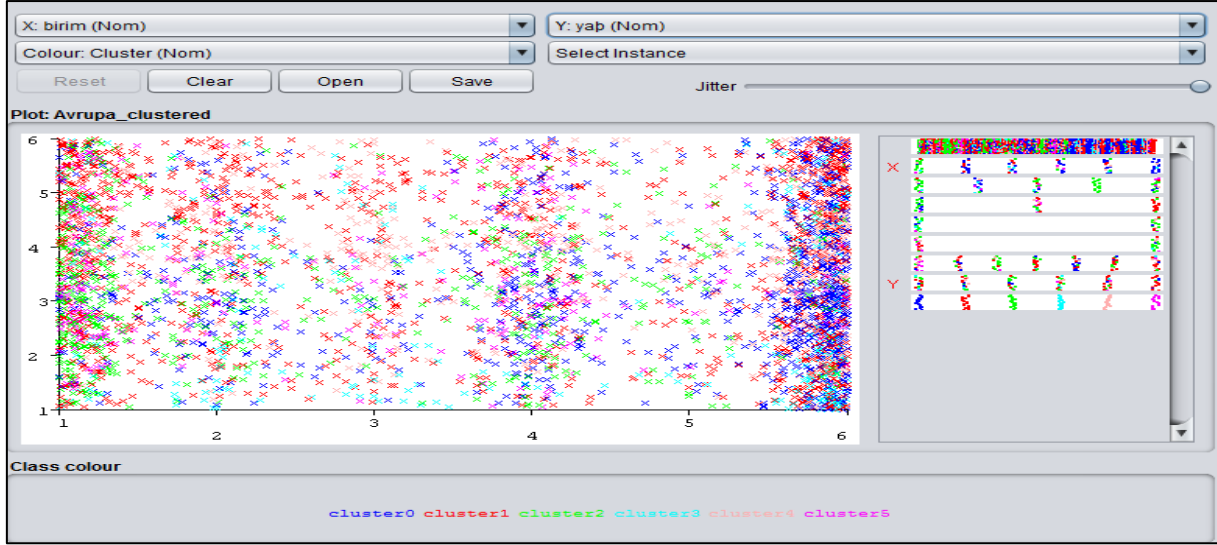
WEKA yazılımı desteğiyle yapılan analizde ise 3860 çağrının altı kümeye dağılımı sırasıyla 973, 1174, 557, 270, 606, 280 şeklinde olmuştur. WEKA programı ile de incelenen birim değişkeni aynı sayıdadır. Değişkenler bu kez yazılım gereklerinden dolayı bakım ve onarım faaliyetleri (1), çevre (2), denetim (3), sağlık ve sosyal hizmetler (4), spor ve kültürel hizmetler (5) ve ulaşım (6) olarak kodlanmıştır. Yaş değişkeni altı anlamlı grupta kategorize edilmiştir. Bu gruplar; 16-25 yaş arası (1), 26-34 yaş arası (2), 35-44 yaş arası (3), 45-54 yaş arası (4), 55-64 yaş arası (5) ve 65 yaş ve üstü (6) olarak oluşturulmuştur. Çağrı merkezine başvuran kişilerin eğitim durumu ilkököl (1), ortaokul (2), lise (3), lisans (4), önlisans (5), yüksek lisans (6) ve doktora (7) olmak üzere yedi gruba ayrılmıştır.



Şekil 12. Başvuru birim değişkeninin eğitim durumuyla ilişkisi

Şekil 12'de başvuru birim değişkenlerinin eğitim durumuyla olan ilişkisi görülmektedir. Kümeler incelendiğinde Clementine sonuçlarıyla uyumlu olduğu anlaşılmaktadır. En çok başvuru ulaşım birimine yapılmıştır. Üçüncü kümenin büyük çoğunluğunun eğitim düzeyinin lise seviyesinde olduğu sonucuna varılabilir.

Şekil 13'te başvuru birim değişkenlerinin yaş ile ilişkisi gösterilmiştir. Birinci kümenin büyük çoğunluğunun 35-44 yaş arasında olduğu sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 13. Başvuru birim değişkeninin yaş ile ilişkisi

4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada çağrı merkezi verilerinin kümelenebilmesi amaçlanmıştır. Analiz aşamasında hiyerarşik olmayan kümeleme yöntemlerinden k-ortalama yöntemini kullanılmış ve küme sayısının altı olmasının uygun olduğu belirlenmiştir. Başvurular incelendiğinde, en çok tekrarın ulaşım birimi çağrıları için olduğu tespit edilmiştir. Analiz kapsamına alınan ilçelerin nüfus yoğunluğu ve konum olarak yakınlıkları ulaşım ağı sorunları bakımından beklenen sonuçtur. Ayrıca eğitim düzeyi bakımından lise ve üzeri bireylerin yaşadığı ilçelerde, çalışan nüfusun yoğunlukta olduğu varsayımı da başvuru tekrar sayısını açıklar niteliktedir. Clementine desteği ile belirlenen altı kümenin küme yapıları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

Birinci kümede tamamı erkek 761 kişi yer almıştır. Bireylerin %36,01'i ulaşım birimine çağrıda bulunmuştur. Ayrıca bu kümede yer alan bireylerin %22,86'sının eğitim durumunun lise, %62,86'sının başvuru tipinin bilgi istemi, %25,62'sinin 35-44 yaş aralığında olduğu tespit edilmiş ve başvuruların tamamında anlık çözüme ulaşılmıştır.

İkinci kümede bulunan 743 kişinin tamamının kadın olduğu, %38,63'ünün ulaşım birimine çağrıda bulunduğu, %24,76'sının eğitim durumunun lisans, %48,72'sinin başvuru tipinin şikâyet, %26,24'ünün 35-44 yaş aralığında olduğu tespit edilmiş ve başvuruların hiçbirinde anlık çözüm olmamıştır.

Üçüncü kümede 734 kişinin çağrıları yer almıştır. Bu kümenin tamamının erkek olduğu, %33,92'sinin ulaşım birimine çağrıda bulunduğu, %20,44'ünün eğitim durumunun lise, %73,98'inin başvuru tipinin talep, %22,07'sinin 45-54 yaş aralığında olduğu analiz edilmiş ve başvuruların hiçbirinde anlık çözüm olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Dördüncü kümede 542 kişi yer almıştır. Bu kümenin tamamı kadın bireylerden oluşmuştur. Bireylerin %39,67'si ulaşım birimine çağrıda bulunmuştur. Çağrıda bulunanların %23,43'ünün eğitim durumunun lisans, %67,71'sinin başvuru tipinin bilgi istemi, %24,91'sinin 35-44 yaş aralığında olduğu tespit edilmiş ve başvuruların tamamında anlık çözüm olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Beşinci kümede bulunan 420 kişinin tamamının başvuru tipinin şikâyet ve %74,29'unun erkek olduğu, %37,14'ünün ulaşım birimine çağrıda bulunduğu, %24,05'inin eğitim durumunun lisans, %27,86'sinin 35-44 yaş aralığında olduğu ve başvuruların tamamında anlık çözüm olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Altıncı kümede bulunan 660 kişinin tamamının erkek ve başvuru tipinin şikâyet olduğu, %27,73'ünün ulaşım birimine çağrıda bulunduğu, %19,7'sinin eğitim durumunun lise, %22,42'sinin 35-44 yaş aralığında olduğu ve başvuruların hiçbirinde anlık çözüm olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

I. ve IV. Kümelerde bilgi istemi türünde gelen çağrılar oranı yüksektir. Bu tür çağrılar için anlık çözümün %100 oranında sağlanmış olması sebebiyle çağrı merkezinde hizmet verenlerin bilgi verme yetkinliğine sahip olduğu sonucuna varılabilir.

II. ,V. ve VI. kümelerde şikâyet türünde gelen çağrılardan V. Kümenin şikâyetlerinin anlık çözüme ulaştırıldığı ancak II ve VI. Kümelerde anlık çözüm sağlanamadığı anlaşılmaktadır. Çağrı merkezi hizmet performansını arttırmak üzere şikâyet kırılımları ile ilgili eğitim ve yetkin hizmet birimleri tanımlarının netleştirilmesi gereklidir.

III. kümede talep niteliğindeki çağrılar oranı yüksektir ve anlık çözüm sağlanamamıştır. Bu sonuç da şikâyet niteliğindeki çağrılar için yapılabilecek iyileştirmelerle daha yüksek müşteri memnuniyetine ulaşılabileceğini göstermektedir.

Tüm kümelerde ulaşım niteliği taşıyan çağrılar aynı düzeyde seyretmektedir. Anlık çözümün %100 sağlandığı I, IV, V. kümelerde ulaşım sorununa üretilen anlık çözümün payının ne oranda olduğuna dair daha ayrıntılı analizlere ihtiyaç vardır.

WEKA programı ile yapılan analize göre ise birinci kümede 973, ikinci kümede 1174, üçüncü kümede 557, dördüncü kümede 270, beşinci kümede 606, altıncı kümede 280 kişi bulunmaktadır. Programda uzaklıklar değiştirildiğinde kümelerin birim değerlerinin değişmediği fakat küme içi hata kareleri toplamalarının değiştiği belirlenmiştir.

Kaynakça

- [1] Kurniali, S. 2015. Customer Service Information System For A Call Center. *Procedia Computer Science*, 59(2015), 298-304.
- [2] Phung-Duc, T., Kawanishi, K. I. 2014. Performance Analysis of Call Centers with Abandonment, Retrial and After-Call Work. *Performance Evaluation*, 80(2014), 43-62.
- [3] Yakut, E. 2012. Veri madenciliği tekniklerinden C5. 0 algoritması, destek vektör makineleri ile yapay sinir ağlarının sınıflandırma başarılarının karşılaştırılması: İmalat sektöründe bir uygulama. Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Erzurum.
- [4] Çelik, Ş, Şengül, T, Şengül, Ö, İnci, H. 2019. Türkiye'de İllere Göre Hayvansal ve Bitkisel Ürünlerin Kümeleme Analizi İle İncelenmesi. *Journal of Awareness*, 3(5), 385-398.
- [5] Akay, Ö. 2019. Türkiye'de Halk Kütüphanesi Kullanımının Panel Veri Kümeleme Analizi İle İncelenmesi. *Opus Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*, 10(17), 1076-1099.
- [6] Ünlü, F., Atik, H. 2019. Türkiye'deki İşletmelerin Endüstri 4.0'a Geçiş Performansı: Avrupa Birliği Ülkeleri ile Karşılaştırmalı Ampirik Analiz. *Ankara Avrupa Çalışmaları Dergisi*, 17(2), 431-463.
- [7] Almeida, R., Steiner, M. T. A., Dos Santos Coelho, L., Francisco, C. A. C., Neto, P. J. S. 2018. A Case Study on Environmental Sustainability: A Study of The Trophic Changes in Fish Species as a Result of the Damming of Rivers Through Clustering Analysis. *Computers and Industrial Engineering*.
- [8] Sendín-Hernández, M. P., Ávila-Zarza, C., Sanz, C., García-Sánchez, A., Marcos-Vadillo, E., Muñoz-Bellido, F. J., ... ,Dávila, I. 2018. Cluster Analysis Identifies 3 Phenotypes Within Allergic Asthma. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology: In Practice*, 6(3), 955-961.
- [9] Horiuchi, Y., Tanimoto, S., Latif, A. M., Urayama, K. Y., Aoki, J., Yahagi, K., ..., Komiyama, K. 2018. Identifying Novel Phenotypes of Acute Heart Failure Using Cluster Analysis of Clinical Variables. *International Journal of Cardiology*, 262, 57-63.

- [10] zari, Ç., Eren, . 2018. İllerin Yaşam Endeksi Göstergelerinin Çok Boyutlu Ölçekleme Ve K-Ortalamlar Kümeleme Yöntemi İle Analizi. Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 20(2), 303-313.
- [11] Gazel, S., Akel, V. 2018. Borsa İstanbul'da Sektör Sınıflandırmasının Kümeleme Analizi İle Belirlenmesi. Muhasebe ve Finansman Dergisi, 77, 147-164.
- [12] Kırall, G., Çelik, C. 2018. Panel Veri Analizi ve Kümeleme Yöntemi ile Türkiye'de Konut Talebinin İncelenmesi. Atatürk Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Dergisi, 32 (4), 1009-1026.
- [13] Sarıışık, G., Öęlü, A. 2018. İstatistiksel K-Ortalamlar Kümeleme Analizi ile Doğal Taşların Yeni İşlenebilirlik İndeksi. Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi, 3 (3), 156-165.
- [14] Javadi, S., Hashemy, S. M., Mohammadi, K., Howard, K. W. F., Neshat, A. 2017. Classification of Aquifer Vulnerability Using K-Means Cluster Analysis. Journal of Hydrology, 549, 27-37.
- [15] Ceylan, Z., Gürsev, S., Bulkan, S. 2017. İki Aşamalı Kümeleme Analizi ile Bireysel Emeklilik Sektöründe Müşteri Profiline Değerlendirilmesi. Bilişim Teknolojileri Dergisi, 10(4), 475-485.
- [16] Ülgen, G., Arda Özalp, L. 2017. Refah Rejimleri Sınıflandırma Çalışmaları: Cinsiyet Boyutları. Marmara Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Dergisi, 39(2), 639-658.
- [17] Baynal, K., Çalış, A. (2016). Veri Madenciliğinde Kümeleme Analizi ile Bankacılık Sektöründe Bir Uygulama. Beykent Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 9(1), 13-41.
- [18] Dong, L., Wang, L., Khahro, S. F., Gao, S., Liao, X. 2016. Wind Power Day-Ahead Prediction with Cluster Analysis of Nwp. Renewable And Sustainable Energy Reviews, 60, 1206-1212.
- [19] Giray, S. 2016. İki Aşamalı Kümeleme Analizi ile Hükümlü Verilerinin İncelenmesi. Ekonometri ve İstatistik E-Dergisi, 25, 1-31.
- [20] Turan, K., zari, Ç., Demir, E. 2016. Kümeleme Analizi ile Türkiye ve Ortadoğu Ülkelerinin Ekonomik Göstergeler Açısından Karşılaştırılması. İstanbul Aydın Üniversitesi Dergisi, 8 (29), 143-165.
- [21] Canıkalp, E., Ünlükaplan, İ. 2011. Geçiş Ekonomilerinde Yönetişim Kalitesinin Kümeleme Analizi İle Belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 25(3), 1-14.
- [22] Aydın, N., Seven, A. 2015. İl Nüfus ve Vatandaşlık Müdürlüklerinin İş Yoğunluğuna Göre Hibrid Kümeleme ile Sınıflandırılması. Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi, 13(2), 181-201.
- [23] Tekin, B. 2015. Temel Sağlık Göstergeleri Açısından Türkiye'deki İllerin Gruplandırılması: Bir Kümeleme Analizi Uygulaması. Çankırı Karatekin Üniversitesi İİBF Dergisi, 5(2), 389-416.
- [24] Silahtaroęlu, G. 2008. Veri Madenciliği – Kavram ve Algoritmaları. 2 basım. Papatya Yayınları, İstanbul.
- [25] Atbaş, A. 2008. Kümeleme analizinde küme sayısının belirlenmesi üzerine bir çalışma. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- [26] Hubert, L. 1974. Approximate Evaluation Techniques for the Single-Link and Complete-Link Hierarchical Clustering Procedures. Journal of the American Statistical Association, 69, 698-704.
- [27] Akın, Y. K. 2008. Veri madenciliğinde kümeleme algoritmaları ve kümeleme analizi. Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- [28] Al Kindhi, B., Sardjono, T. A., Purnomo, M. H., Verkerke, G. J. 2019. Hybrid K-Means, Fuzzy C-Means, and Hierarchical Clustering for DNA Hepatitis C Virus Trend Mutation Analysis. Expert Systems with Applications, 121, 373-381.
- [29] Bárcena, J. F., Camus, P., García, A., Álvarez, C. 2015. Selecting Model Scenarios of Real Hydrodynamic Forcings on Mesotidal and Macrotidal Estuaries Influenced by River Discharges Using K-Means Clustering. Environmental Modelling and Software, 68, 70-82.

- [30] Erdoğmuş, P., Çolak, B., Durdaę, Z. 2016. K-Means Algoritması ile Otomatik Kümeleme. El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi, 3(2), 315-323.
- [31] Özdamar, K. 2004. Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi (Çok Değişkenli Analizler). Kaan Kitabevi, Eskişehir.
- [32] Cengiz, D., Öztürk, F. 2012. Türkiye'de İllerin Eğitim Düzeylerine Göre Kümeleme Analizi ile İncelenmesi. Trakya University Journal of Social Science, 14(1), 69-84.
- [33] İlçe Nüfus Dağılımları, <http://www.tuik.gov.tr> (Erişim Tarihi: 09.04.2019).
- [34] Üstünel, M. 2018. K ortalamalar algoritmasına dayalı kümeleme analizi sistemi ve perakendecilik sektöründe uygulanması. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.