

## Hayvancılıkta Chernoff Yüzleri Uygulaması

Emine ÇETİN TEKE<sup>1</sup> Özgür KOŞKAN<sup>2</sup> Hayati KÖKNAROĞLU<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Akdeniz Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,  
Zootečni Bölümü, Antalya.

<sup>2</sup> Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,  
Zootečni Bölümü, Isparta.

\*Sorumlu yazar: [eminecetinteki@gmail.com](mailto:eminecetinteki@gmail.com)

Geliş tarihi: 01.07.2019, Yayına kabul tarihi: 12.05.2020

**Özet:** Çalışmada veri görselleştirme tekniklerinden birisi olan Chernoff yüzleri ile pek çok özelliğin bir arada bulunduğu hayvansal veri setlerinin teorik ve uygulamalı olarak incelenmesi amaçlanmıştır. Chernoff yüzleri karmaşık çok boyutlu verilerin algısal belirginliğini değerlendirmek ve bilişsel süreçleri daha etkin ve verimli kılmak için Herman Chernoff tarafından tasarlanmış, basitleştirilmiş karikatür benzeri yüzlerdir. Çalışmada veri seti olarak 2002 yılında Atabey, Isparta'da yetiştirilen 20 büyükbaş (İsviçre esmeri), 20 küçükbaş hayvan (Kıl Keçisi) kullanılmıştır. Yüz özelliklerinin algısal belirginlikte farklılıklar gösterdiği ve büyük ve karmaşık rakamlarla dolu gösterimler yerine şekillerle kolaylaştırılan sunumlar elde edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Chernoff yüzleri, Veri Görselleştirme, İkon Grafikleri, Hayvancılık

### Chernoff Faces Application in Livestock

**Abstract:** Purpose of this study was to examine the theoretical and practical aspects of animal data sets with Chernoff faces that is one of the data visualization techniques. Chernoff's faces are simplified cartoon-like faces designed by Herman Chernoff to assess the perceptual significance of complex multidimensional data and make cognitive processes more effective and efficient. In the study, 20 cattle (Brown Swiss) and 20 goats (Hair Goat) reared in Atabey, Isparta in 2002 were used as a data set. Facial features differed in perceptual clarity and instead of presentations filled with large and complex numbers, easily understood presentations facilitated by figures were obtained.

**Keywords:** Chernoff Faces, Data Visualization, Icon Graphics, Livestock

### Giriş

Veri görselleştirme, insanların algılama yetenekleri ve insanlar arası yorumlama farklarını dikkate alarak analiz yapmaya, verinin portresinin çıkarılmasına ve veri hakkında genel bir yargıya varılmasına imkân verir (Carlis ve Konstan, 1998; Derthick, ve ark.,1997; Bilgin ve Çamurcu, 2008).

Veri görselleştirme teknikleri; insanın algılaması 3 boyut ile sınırlı olduğundan ve çok boyutlu veriler insanın algılama sınırını aştığı için kullanılmaktadır. Son yıllarda veri görselleştirme

tekniklerinden Chernoff yüzlerinin kullanımı artmıştır. Çünkü Chernoff yüz tekniği, çok boyutlu verileri görüntülemek ve analiz etmek için kullanılan çeşitli grafik tekniklerden biridir. Doğru kullanıldığında, verinin doğası hakkında yararlı bilgiler sağlar ve diğer grafik tekniklere göre önemli avantajlara sahiptir (Haara ve ark., 2018; VanHoudnos ve ark., 2017; Kim ve Cooke, 2017). Chernoff yüzlerinin hayvancılıkta kullanımı ile ilgili çalışmalar oldukça sınırlıdır (Lee ve ark., 2003; Gençer ve ark., 2004). Oysaki veri görselleştirme teknikleri kullanılarak hayvan ıslahı çalışmalarına katkı sağlanabilir.

İslah çalışmalarında başarı elde etmenin yolu işletmelerdeki hayvanlarla ilgili kayıt tutup elde edilen verilerden doğru bir seçimin yapılmasıyla mümkündür. Hayvan ıslahında önemli yere sahip olan hayvansal verilerin kaydedilmesi tek başına yeterli değildir. Ayrıca bu veriler doğru bir şekilde değerlendirilmelidir. Bunun için birden çok verimi ilgilendiren veriyi aynı anda görmeyi sağlayan görsel şekillerden faydalanılabilir.

Bu çalışmada veri görselleştirme tekniklerinden birisi olan Chernoff yüzleri ile pek çok özelliğin bir arada bulunduğu 10'u dişi 10'u erkek 20 adet kıl keçisi ve 20 adet İsviçre esmeri sığırdan elde edilen veri setlerinin uygulamalı olarak incelenmesi amaçlanmıştır.

### Materyal ve Yöntem

Çalışmada kullanılan veri seti Şubat 2002'de Isparta iline bağlı Atabey ilçesindeki açıkta besi tesisinde bulunan 10'u dişi 10'u erkek 20 adet kıl keçisi ve 20 adet İsviçre esmeri sığırdan oluşmaktadır.

Son yıllarda verileri görselleştirmek, açık ve net bir bilgi akışı sağlayabilmek için tablo ve grafiklerden yararlanılarak yorumlama, analiz etme, karşılaştırma gibi bilişsel süreçler çok daha etkin ve verimli olarak kullanılmaktadır (Roese, 1990; Friendly, 1992; Yau, 2007; Raciborski, 2009; Pitt ve ark., 2011; Cunha ve ark., 2018). Veri görselleştirme tekniklerinin alt sınıfında bulunan ikon tabanlı teknikler; bir nesnenin her özelliğinin farklı bir ikon tarafından temsil edilmesi olarak tanımlanır. İkon grafiklerinden Yıldız koordinatları ve Chernoff yüzleri çok boyutlu verilerin ikon veya sembollerle kodlanarak görüntülenmesidir (Keim ve Kriegel, 1996).

Gözlemcinin verinin özünü anlama yeteneğini kolaylaştırmak ve ona uygun analiz yöntemlerini seçmesine yardımcı olmak için verileri grafiksel olarak göstermek önemlidir. Verilerin ikiden büyük boyutun olması durumunda, bunu yapmak oldukça zordur. 1973'te Herman Chernoff, karmaşık çok boyutlu verileri grafiksel olarak görüntüleme, yorumlama, analiz etme, karşılaştırma gibi bilişsel süreçleri daha etkin ve verimli kılmak için yardımcı olan basitleştirilmiş, karikatür benzeri yüzler olan "Chernoff's Faces" adlı yeni bir yaklaşım geliştirmiştir (Chernoff, 1973; Bruckner, 1978; Spinelli ve Zhou, 2004).

Herman Chernoff yüzleri oluştururken insan zihninin yüz özelliklerindeki küçük farklılıkları tanıma ve birçok yüz özelliğini aynı anda özümseme yeteneğinden yararlanmıştır. Chernoff yüzlerinde değişkenlerin ( $n \leq 18$ ) her biri bir yüz karakteristiğine atanır ve daha sonra her koşul için bir yüz oluşturulur. Her yüzün 18 boyutlu uzayda bir noktayı temsil ettiğini ve çok boyutlu bir alandaki her veri noktası bir karikatür yüzü olarak gösterilmektedir. Chernoff yüzünün amacı, bir veri setindeki değişkenlere dayanarak, kulaklar, saçlar, gözler ve burun gibi insan yüzünün kısımlarını konumlandırarak bir kerede birden fazla değişken göstermektir.

Chernoff yüzleri çok değişkenli bir veri kümesindeki aşırı değerleri belirlemek için kullanıldığı gibi, çok değişkenli bir veride kendi içlerinde benzer bireyler barındıran farklı kümeleri belirlemede kullanılan kümeleme çözümlerinde de sıklıkla kullanılan bir yaklaşımdır. Dolayısıyla bu tip bir analiz sonucunda oluşturulan kümelerde, bir küme içerisindeki gözlemlere ilişkin Chernoff yüzlerinin benzer olması beklenirken, farklı kümelerdeki gözlemlerin farklı yüzlere sahip olması beklenir. Kümeleme analizi

sonucundaki bulguları okuyucuya görsel olarak sunmak üzere Chernoff yüzlerinden sıklıkla yararlanılmaktadır (Alpar, 2012).

Chernoff yüzleri doğru kullanıldığında, verinin doğası hakkında yararlı bilgiler sağlar ve diğer grafik tekniklere göre bazı önemli avantajları vardır. Bunlardan birincisi yüzler kolayca tanınır ve tarif edilebilir, ikincisi Chernoff yüzlerini yorumlamada kullanılan dilin ortaklığının güvenilebilir olması, üçüncüsü yüzleri kullanmanın verilerdeki uç değerlerin keşfinde ve veri biçimlerinin anlaşılması açısından avantajlı ve kullanım olmasındır. Bu görselleştirme yönteminin en büyük avantajı ise yüzlerin ekran başına 18 farklı değışkene kadar değerleri kaydetme ve gösterme yeteneğidir (Chernoff, 1973; Bruckner, 1978).

Yöntemin avantaj ve dezavantajlara sahip olduğunu ve büyük veri analizine artan bir ilgi olduğu için, yöntemin yakın

zamanda birçok araştırmacı tarafından büyük veri analizinin veri görselleştirmesinde çok faydalı bir araç olarak kabul edildiğini ortaya koymaktadır (Chernoff, 1973; Bruckner, 1978; Rahu, 1989; Lott ve Durbridge, 1990; Golden ve Sirdesai, 1992; Spinelli ve Zhou, 2004; Lee ve ark., 2013; Ki, 2016; Turner, 2016).

## Bulgular ve Tartışma

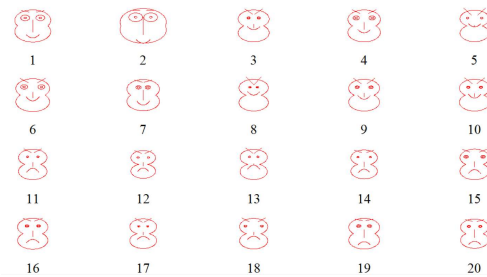
Çok boyutlu veri görselleştirme araçlarından birisi olan Chernoff yüzleri hayvansal verilerde uygulanmıştır. Analizler Statgraphics 18 deneme sürümü kullanılarak yapılmıştır (Statgraphics, 2018). Yirmi büyükbaş hayvandan elde edilen verilerin tanımlayıcı istatistikleri çizelge 1'de verilmiştir. Yirmi büyükbaş hayvan verilerini Chernoff yüzleri ile görselleştirmek için elde edilen analiz sonuçları Şekil 1'de sunulmuştur.

Çizelge 1. Büyükbaş hayvanlara ait tanıttıcı istatistikler

Table 1. Descriptive statistics of cattle

	N	$(\bar{X} \pm SE)$	Minimum ( $X_{min}$ )	Maksimum ( $X_{max}$ )
Başlangıç ağırlığı, kg	20	182.80±6.04	124.00	247.00
Bitiş ağırlığı, kg	20	441.40±11.72	370.00	600.00
Karkas, kg	20	244.70±7.14	203.00	336.00
Randıman, %	20	55.370±0.38	52.35	58.33
Günlük canlı ağırlık artışı, kg	20	0.89±0.03	0.72	1.21
Toplam canlı ağırlık artışı, kg	20	258.60±7.94	209.00	353.00
Kuru madde tüketimi, kg	20	7.55±0.09	7.13	7.98
Yemden yararlanma	20	8.66±0.06	6.53	11.15

Çizelge 1'de başlangıç ağırlık ortalaması 182.80±6.04 kg, bitiş ağırlık ortalaması 441.40±11.72 kg, karkas ağırlık ortalaması 244.70±7.14 kg, randıman ortalaması % 55.37±0.38 günlük canlı ağırlık artışı ortalaması 0.89±0.03 kg, toplam canlı ağırlık artış ortalaması 258.60±7.94 kg, kuru madde tüketimi 7.55±0.09 kg, yemden yararlanma ortalaması 8.66±0.06'dır.



Şekil 1. Büyükbaş hayvanların Chernoff Yüzleri  
Figure 1. The Chernoff faces of cattle

Şekil 1’de büyükbaş hayvanlarına ait yüzler incelendiğinde; Yüz köşesi yarıçapı (radius to corner of face): bitiş ağırlığı, dikey yüz büyüklüğü (vertical size of face): başlangıç ağırlığı, burun uzunluğu (length of nose): toplam canlı ağırlık artışı (TCAA), ağzın dikey pozisyonu (vertical position of mouth): günlük canlı ağırlık artışı (GCAA), ağız eğriliği (curvature of mouth): kuru madde tüketimi miktarı, gözlerin ayırım mesafesi (separation of eyes): randıman, gözlerin büyüklüğü (size of eyes): karkas ağırlığı, kaşların eğimi (slant of eyebrows): yemden yararlanma oranını (YYO) ifade etmektedir.

Şekil 1’de yüz köşesi yarıçapı ve yüz büyüklüğü en büyük olan 2 numaralı hayvanın bitiş ağırlığı ve başlangıç ağırlığı en büyüktür. TCAA bakımından burun uzunluğu en büyük olan 2 numaralı hayvan iken, burnu neredeyse

olmayan 8 numaralı hayvan en küçüktür. Ağzın pozisyonu yüzün alt tarafında olan 2 numaralı hayvanın GCAA açısından en büyük iken, buruna yakın olan 8 numaralı hayvan en küçüktür. Randıman oranı bakımından değerlendirildiğinde en fazla gözlerin ayırım mesafesi sahip olan 15 numaralı hayvan en yüksek değere sahip iken, en az mesafeye sahip 8 numaralı hayvan en düşük randıman oranına olduğu tespit edilmiştir. Karkas ağırlığı bakımından en büyük göz büyüklüğüne sahip olan 2 numaralı hayvan iken, en küçük ise 12 numaralı hayvan olduğu belirlenmiştir. Kaşların eğimi en fazla olan 8 numaralı hayvanın YYO en fazla, kaşların eğimi düz olan 2 numaralı hayvanın YYO en azdır.

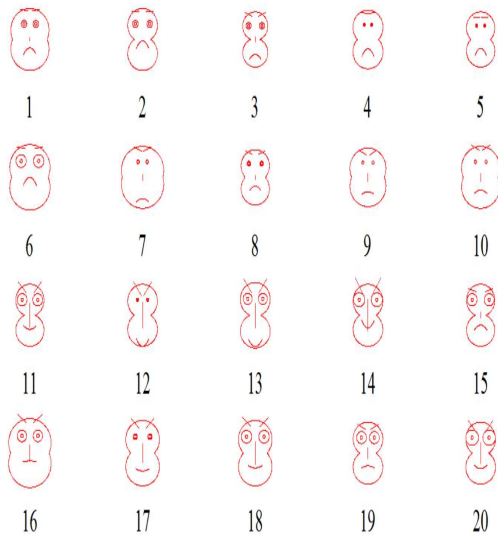
Yirmi küçükbaş hayvandan toplanan verilerin tanımlayıcı istatistikleri çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Küçükbaş hayvanlara ait tanımlayıcı istatistikler  
Table 2. Descriptive statistics of small cattle

	N	Ortalama ( $\bar{X} \pm SE$ )	Minimum ( $X_{min}$ )	Maksimum ( $X_{max}$ )
Kulak Uzunluğu, cm	20	13.00±1.62	11.00	16.00
Alın Genişliği, cm	20	11.90±1.02	10.00	14.00
Baş Uzunluğu, cm	20	19.90±1.07	18.00	22.00
Göğüs Çevresi, cm	20	111.60±8.06	96.00	123.00
Göğüs Derinliği, cm	20	37.35±2.87	33.00	42.00
Sağrı Yüksekliği, cm	20	82.40±3.86	78.00	90.00
Cidago yüksekliği, cm	20	81.40±3.76	77.00	88.00
Sırt Yüksekliği, cm	20	81.75±3.81	77.00	89.00
Vücut Uzunluğu, cm	20	90.55±5.41	81.00	103.00

Küçükbaş hayvan grubuna ait özelliklerin tanımlayıcı istatistikleri incelendiğinde; Kulak uzunluk ortalaması 13.00±0.36 cm, alın genişliği ortalaması 11.90±0.23 cm, baş uzunluğu ortalaması 19.90±0.24 cm, göğüs çevresi ortalaması 111.60±1.80 cm, göğüs derinliği ortalaması 37.35±0.64 cm, sağrı yüksekliği ortalaması 82.40±0.84 cm, cidago yüksekliği ortalaması 81.40±0.84 cm, sırt yüksekliği ortalaması 81.75±0.85 cm, vücut uzunluğu ortalaması 90.55±1.21

cm’dir. Küçükbaş hayvanlar için Chernoff yüzleri ile görselleştirilmiş sonuçları Şekil 2’de sunulmuştur.

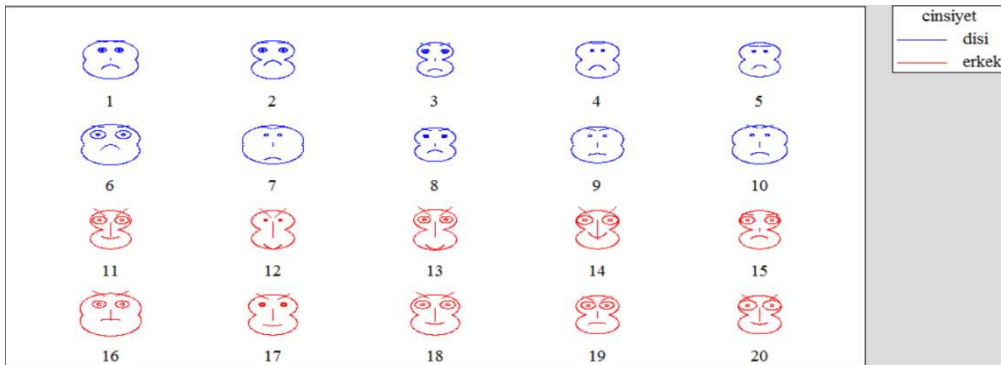


Şekil 2. Küçükbaş hayvanların Chernoff yüzleri  
Figure 2. The Chernoff faces of small cattle

Şekil 2’de yüz köşesi yarıçapı: kulak uzunluğunu, dikey yüz büyüklüğü: baş uzunluğunu, burun uzunluğu: sağrı yüksekliğini, ağzın dikey pozisyonu: vücut uzunluğunu, ağız eğriliği: cidago yüksekliğini, gözlerin ayırım mesafesi: göğüs çevresini, gözlerin boyutu: göğüs derinliğini, kaşların dikey pozisyonu: alın genişliğini, kaşların eğimi: sırt yüksekliğini ifade etmektedir.

Şekil 2’de yüz köşesi yarıçapı en büyük olan 7 numaralı yüz tarafından temsil edilen hayvanın kulak uzunluğu en büyük, 3, 11, 13, 15 numaralı yüzler tarafından temsil edilen hayvanların kulak uzunluğu en küçüktür. Dikey yüz büyüklüğü en küçük olan 3, 8, 5 numaralı yüzler tarafından temsil edilen hayvanların baş uzunluğu en küçüktür.

Burun uzunluğu en fazla olan 14 numaralı hayvanın sağrı yüksekliği en büyük iken, en az olan 2, 4, 5 ve 6 numaralı hayvanların sağrı yüksekliği en küçüktür. Ağzın dikey pozisyonu yani ( $h = 1$ ) ağzı yüzün altında konumlanmış olan 12 ve 13 numaralı yüzler tarafından temsil edilen hayvanların vücut uzunluğu en fazla, ( $h = 0$ ) ağzı burnun merkezine eşit yükseklikte konumlanmış olan 2 numaralı hayvanların vücut uzunluğu en küçüktür. Cidago yüksekliği en yüksek olan 12 ve 14 numaralı hayvanların ağız eğriliği ( $h > 0.5$ ) arttıkça yüzler gülmekte iken, en az olan 2, 4, 5, 6 numaralı hayvanların ( $h < 0.5$ ) ağız eğriliği ters yönde artmakta ve yüzler üzülmemektedir. Gözlerin ayırım mesafesi en fazla olan 14 numaralı hayvanın göğüs çevre uzunluğu en fazla, en az olan 4 numaralı hayvanın göğüs çevre uzunluğu en azdır. Gözlerin boyutu en fazla olan 20 numaralı yüz tarafından temsil edilen hayvanın göğüs derinliği en büyük, en az olan 9 ve 10 numaralı yüzler tarafından temsil edilen hayvanların göğüs derinliği en küçüktür. Kaşların eğimi en fazla olan 14 numaralı hayvanın sırt yüksekliği en fazladır. Küçükbaş hayvanları cinsiyetleri açısından Chernoff yüzleri ile gösterimi şekil 3 ‘te verilmiştir. Dişi hayvanlar mavi, erkek hayvanlar kırmızı yüzlerle gösterilmiştir.



Şekil 3. Cinsiyete göre küçükbaş hayvanların Chernoff yüzleri  
Figure 3. Chernoff faces of small cattle by gender

Ele alınan özellikler ve yüzdeki temsil yerleri Şekil 2'deki açıklama ile paralellik göstermektedir. Erkeklerin vücut uzunluğu, sırt yüksekliği, göğüs çevresi ve göğüs derinliği değerlerinin dişilerden fazla olduğu görülmektedir.

## Sonuç

Bu çalışmayla Chernoff yüzleri özelliklerinin algısal belirginlikte farklı olduğu doğrulanmıştır. Ayrıca, çalışılan büyükbaş hayvan veri setinde incelenen 8 özellikten göz boyutunun (karkas ağırlığı), kaşların eğiminin (yemden yararlanma oranı) en belirgin özellik olduğu belirlenmiştir. Küçükbaş hayvan veri setinde ise incelenen 9 özellikten göz boyutunun (göğüs derinliği), kaşların eğiminin (sırt yüksekliği) en belirgin özellik olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, çok değişkenli verileri temsil eden Chernoff yüzlerini kullanırken, göz boyutu ve kaşların eğimi ile temsil edilen değişken üzerindeki farklar diğer değişkenlerdeki farklılıklardan daha iyi algılanmaktadır. Bu nedenle, bir değişkenin etkisini vurgulamak için, bu değişkeni göz boyutu ve kaşların eğimi parametresine atamak mantıklı olmaktadır. Chernoff'un yüzlerinin algılanması üzerinde çok az etkisi olan özellikler, dikey yüz büyüklüğü (başlangıç ağırlığı), ağzın dikey pozisyonu (GCAA) ve gözlerin ayırım mesafesidir (randıman). Mümkünse, değişkenleri temsil etmek için bu özelliklerin kullanılmasından kaçınılmalıdır.

Ayrıca son yıllarda tanıtıcı istatistik sonuçların tablo, grafik halinde sunulması yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada tanıtıcı istatistiklerin şekil olarak yüzlerle verilmesi görselliği ön plana çıkarmış ve sonuçları bir bakışta algılanır hale getirmiştir. Bunun sonucunda büyük ve karmaşık rakamlarla dolu gösterimler

yerine şekillerle kolaylaştırılan sunumlar elde edilmiştir.

## Bilgilendirme

Chernoff Yüzleri ve Hayvancılık Verileri Uygulaması" isimli Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

## Kaynaklar

- Alpar, R., 2012. Uygulamalı İstatistik Ve Geçerlik-Güvenirlik, Spor, Sağlık Ve Eğitim Bilimlerinden Örneklerle, Detay Yayıncılık.
- Bilgin, T. T. ve Çamurcu, A. Y., 2008. Çok Boyutlu Veri Görselleştirme Teknikleri, Akademik Bilişim Kongresi, 30 Ocak-1 Şubat 2008, Çanakkale.
- Bruckner, L. A., 1978. On Chernoff Faces. In Graphical Representation of Multivariate Data, Academic Press, pp. 93-121.
- Carlis, J.V. and Konstan, J.A., 1998. Interactive Visualization of Serial Periodic Data In ACM Symposium on User Interface Software and Technology, pp. 29-38.
- Chernoff, H., 1973. The Use Of Faces To Represent Points In K-Dimensional Space Graphically, Journal of the American Statistical Association, Vol. 68, No. 342, pp. 361-368.
- Cunha, J. M., Polisciuc, E., Martins, P., Machado, P., 2018. The Many-Faced Plot: Strategy For Automatic Glyph Generation, 22nd International Conference Information Visualisation, 10 - 13 July 2018, Italy.
- Derthick, M., Kolojechick, J., Roth, S. F., 1997. An Interactive Visualization Environment For Data Exploration, Proceedings of The Third International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining

- (KDD'97), pp. 2-9, Menlo Park, CA.
- Friendly, M., 1992. SAS Macro Program: Faces, York University <http://euclid.psych.yorku.ca/SCS/sasmac/faces.html> (Erişim Tarihi: 30/06/2019, 15:30)
- Gençer, H. V., Başpınar, E., Fıratlı, Ç., 2004. The Graphic Evaluation Of Morphological Characters In Honey Bees (*Apis Mellifera* L.) by Chernoff faces *Tarım Bilimleri Dergisi*, 10(3), 245-249.
- Golden, L. L. and Sirdesai, M., 1992. Chernoff Faces: A Useful Technique For Comparative Image Analysis And Representation, *Advances in Consumer Research*, 19, 123-128.
- Haara, A., Pykäläinen, J., Tolvanen, A., Kurttila, M., 2018. Use Of Interactive Data Visualization In Multi-Objective Forest Planning, *Journal of Environmental Management*, 210, 71-86.
- Keim, D.A. and Kriegel, H.P., 1996. Visualization Techniques For Mining Large Databases: A comparison. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 8(6), 923-938.
- Ki, J., 2016. A Big Data Analysis Of Urban Statistics Expression – Chernoff face – Based Expression of Local Community Health Index in Korea, *Space and Society*, 26(1), 336-358.
- Kim, Y. S. and Cooke, L., 2017. Big Data Analysis Of Public Library Operations And Services By Using The Chernoff Face Method, *Journal of Documentation*, 73(3), 466-480.
- Lee, M. D., Reilly, R. E., Butavicius, M. E., 2003. An Empirical Evaluation Of Chernoff Faces, Star Glyphs, And Spatial Visualizations For Binary Data, *Proceedings of The Asia-Pacific Symposium On Information Visualisation*, 24, 1-10.
- Lee, J., Jeong, H., Kim, M., Kim, J., Son, Y.S., 2013. Good Bank Evaluation by Chernoff Face Analysis Using SAS Macro Faces, *The Korean Journal of Applied Statistics*, 26(6), 959-975.
- Lott, J. A. and Durbridge, T. C., 1990. Use of Chernoff Faces To Follow Trends in Laboratory Data, *Journal of Clinical Laboratory Analysis*, 4(1), 59-63.
- Pitt, L., Mills, A. J., Chan, A., Menguc, B., Plangger, K., 2011. Using Chernoff Faces To Portray Social Media Wine Brand Images, 6th AWBR International Conference, 9-10 June 2011, France.
- Raciborski, R., 2009. Graphical Representation Of Multivariate Data Using Chernoff Faces. *The Stata Journal*, 9(3), 374-387.
- Rahu, M., 1989. Graphical Representation of Cancer Incidence Data: Chernoff Faces, *International Journal of Epidemiology*, 18(4), 763-767.
- Roese, J. H., 1990. A Simulation Model of Ruminant Foraging Strategies, *Dissertation Abstracts International B Sciences and Engineering*, 50(10),
- Spinelli, J. G. and Zhou, Y., 2004. Mapping Quality of Life With Chernoff Faces, In *Proceedings of Twenty-Fourth ESRI International User Conference*. <https://proceedings.esri.com/library/userconf/educ04/papers/pap5000.pdf> (Erişim Tarihi: 30/06/2019, 12:30)
- Statgraphics Centurion, 2018. Centurion 18 Product Details - Statgraphics, <https://www.statgraphics.com/centurion-xviii> (Erişim Tarihi: 12/03/2019, 10:50)

- Turner, E., 2016. Eugene Turner: Gallery.  
[www.csun.edu/~hfgeg005/eturner/gallery.html](http://www.csun.edu/~hfgeg005/eturner/gallery.html) (Erişim Tarihi: 28/06/2018, 10:18)
- VanHoudnos, N., Casey, W., French, D., Lindauer, B., Kanal, E., Wright, E., Carbonell, J., 2017. This Malware Looks Familiar: Laymen Identify Malware Run-time Similarity With Chernoff Faces and Stick Figures, 10th EAI International Conference on Bio-inspired Information and Communications Technologies, 15 - 17 March 2017, United States.
- Yau, N., 2007. How to Visualize Data With Cartoonish Faces Ala Chernoff,  
<https://flowingdata.com/2010/08/31/how-to-visualize-data-with-cartoonish-faces/> (Erişim Tarihi: 01/07/2019, 12:30).