

Grup Karşılaştırmalarında Alternatif Bir Yaklaşım Olarak ANOM Testi

Turgut ÖZALTINDI^{1*}, Ali Mertcan KÖSE², Elif Özge ÖZDAMAR³

^{1,3} Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, İstatistik Bölümü, 34380, İstanbul, Türkiye
² İstanbul Kent Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Dokümantasyon ve Sekreterlik Bölümü,
34433, İstanbul, Türkiye

(Alınış / Received: 02.11.2020, Kabul / Accepted: 04.01.2021, Online Yayınlanma / Published Online: 15.04.2021)

Anahtar Kelimeler

ANOM,
Ortalamaların analizi,
Yükseköğrenim

Özet: Bu çalışmanın amacı tüm grupların aynı anda eşit olmasına ve alternatif hipotez olarak en az birinin farklı olmasına ilişkin hipotez testinde ANOVA veya Kruskal Wallis yöntemine alternatif bir yaklaşım olarak Standart ANOM veya Parametrik Olmayan ANOM testinin kullanılabilir olduğunu göstermektir. Veriler YÖK resmi istatistik sayfasından alınmış olup, 6 fakülte arasında öğrenci, öğretim üyesi sayısı ve öğretim üyesi başına düşen öğrenci sayısı açısından fark olup olmadığı hipotezleri R yazılımı "ANOM" paketi kullanılarak test edilmiştir. Verilerin normal dağılıma uygun olmamasından dolayı, Parametrik Olmayan ANOM testi kullanılmıştır. Parametrik Olmayan ANOM'a göre Eğitim Bilimleri Fakültesi ($p=0,023$) ve Fen Edebiyat Fakültesindeki ($p=0,033$) öğrenci sayısı genel ortalamaya göre yüksek; Tıp Fakültesi ve Sağlık Bilimleri Fakültesi ($p<0,001$) ise genel ortalamaya göre düşük bulunmuştur. Tıp Fakültesi ($p<0,001$) ve Fen Edebiyat Fakültesindeki ($p=0,004$) öğretim üyesi sayısı genel ortalamaya göre yüksek; İktisadi-İdari Bilimler Fakültesi ($p<0,001$) ve Sağlık Bilimleri Fakültesi ($p<0,001$) ise genel ortalamaya göre düşük bulunmuştur. Eğitim Bilimleri Fakültesi ($p=0,001$) ve İktisadi-İdari Bilimler Fakültesindeki ($p<0,001$) öğretim üyesi başına düşen öğrenci sayısı genel ortalamaya göre yüksek; Tıp Fakültesi ($p<0,001$) ise genel ortalamaya göre düşük bulunmuştur. Parametrik Olmayan ANOM sonuçları ile Kruskal Wallis sonuçları birbirinden farklı bulunmuştur.

ANOM Test as an Alternative Approach to Group Comparisons

Keywords

ANOM,
Analysis of means,
University education

Abstract: The aim of this study is ANOM or Non Parametric ANOM test can be used approach as an alternative to ANOVA or Kruskal Wallis method in that all groups are equal and at least one alternative hypothesis is different. Data taken from the official statistics page of YÖK and 6 faculties were selected and hypothesis that there is difference in terms of number of students, number of academician and number of student for each academician between the faculties is tested using R software "ANOM" package. Because Data is non normal, Non Parametric ANOM test is used. According to Non Parametric ANOM, number of students in Faculty of Education ($p=0.023$) and Faculty of Arts and Science ($p=0.033$) were higher than sample mean; Faculty of Medicine and Faculty of Healthy Science ($p<0.001$) were lower than sample mean. Number of academician in Faculty of Medicine ($p<0.001$) and Faculty of Arts and Science ($p=0.004$) were higher than sample mean; Faculty of Economics and Administrative Science ($p<0.001$) and Faculty of Healthy Science ($p<0.001$) were lower than sample mean. Number of student for each academician in Faculty of Education ($p=0.001$) and Faculty of Economics and Administrative Science ($p<0.001$) were higher than sample mean; Faculty of Healthy Science ($p<0.001$) was lower than sample mean. Kruskal Wallis and Non Parametric ANOM results are different, which was found.

*İlgili yazarlar: turgut.ozaltindis@msgsu.edu.tr

1. Giriş

İstatistik teorisi sürekli gelişmekte olup, bazı analiz yöntemleri daha fazla ilgi görüp tüm bilim alanlarında kullanılırken, bazı analiz yöntemleri ise daha kenarda kalmakta ve hak ettikleri ilgiyi görememektedir. Özellikle farklı örneklemeden geldiği düşünülen iki ya da daha fazla grubun ölçümler açısından karşılaştırılması hem sağlık hem de sosyal bilimler literatüründe çok önemli bir yere sahiptir. İki'den fazla örnek dağılımı söz konusu olduğunda bağımsız grupların merkezi eğilimlerinin aynı anda eşit olmasına ve alternatif hipotez olarak en az birinin farklı olmasına ilişkin hipotez testi genel bir yaklaşım olarak ANOVA ya da Kruskal Wallis ile test edilir. Alternatif hipotez kabul edildiğinde ise çoklu karşılaştırma yöntemleri (Post-Hoc) ile hangi grupların birbirinden farklı olduğu tespit edilmeye çalışılır[1]. Bu yaklaşımın süreci uzun olmakla beraber model oluşturulmakta ve test edilmektedir. ANOM yaklaşımında ise grupların hangisinin farklı olduğu tek aşamada ortaya çıkarılmakta ve her bir grubun ortalaması, genel ortalamaya karşı test edilmektedir. ANOM kısaltması İngilizce literatürde "ANalysis Of Means" olarak ifade edilmekte, Türkçe'de ise "Ortalamaların Analizi Yöntemi" olarak kullanılmaktadır[2]. Bu çalışmanın amacı; ANOM testinin alternatif bir yaklaşım olarak kullanılabilir olduğunu göstermektir.

ANOM testi ilk olarak en basit haliyle 1827 yılında LaPlace tarafından atmosfer ölçümlerinin dört mevsim arasındaki önemli farklılıklarını incelemek için kullanılmıştır[3]. 1955 yılında normal dağılımdan gelen örnek ortalamalarının, genel ortalamaya bağımlılığını ortaya çıkarırken uygun kritik değerler üzerinde üst ve alt sınırlar elde etmek için Bonferroni eşitsizliklerini kullanmışlardır[4]. Ott (1967) ise Halperin ve ark (1955) tarafından önerilen metodun, alt ve üst Bonferroni sınırlarının ortalaması olan yaklaşık kritik değerleri tahmin ederek, grafik biçiminde kullanılmasını önermiştir[5]. Ott (1967) ayrıca "ANalysis Of Means" ifadesini kullanan ilk bilim insanıdır. Schilling (1973), Ott'ın çalışmasını, sabit etkileri olan tek faktörlü tasarımlardan daha karmaşık tasarımlara genişletmiş ve ek olarak ANOM'u normal dağılmayan verilerle deneyerek yeni yaklaşımlar geliştirmiştir[5,6]. Bu çalışmaların ardından, bir dizi yazar, özellikle Nelson (1985) ve (1993), Sheesley(1980), Sheesley(1981) ve Ohta(1981) yıllarında ANOM'un çeşitli yönlerini ele almıştır [3,7-15]. Bütün bu çalışmalar Bonferroni eşitsizliğini kullanarak elde edilen yaklaşımlara ve formüllere dayanmaya devam etmiştir. Bu aşamada ANOM testinin gücü ile ilgili soru işaretlerini gidermeden, testi kullanma önerisinin yetersiz kalma riski olmuştur. ANOVA ile karşılaştırıldığında testin gücü açısından herhangi bir dezavantajı olmadığı Nelson (1983) ve Wludyka ve ark.(2001) tarafından gösterilmiştir[3,16]. Ryan (1978) tarafından ANOM

testinin çok değişkenli dizaynlara uygulanması ve normal dağılmayan ve farklı varyans dağılımında parametrik olmayan yaklaşımları araştırılmıştır[17].

Dünya literatüründe yürütülen çalışmalar ilerlerken, Türkiye literatüründe Mendesh ve Yiğit (2013) tarafından konu üzerinde çalışılmaya başlanmıştır[2]. Mendesh ve Yiğit (2013) makalesinde ANOM ile ANOVA analizlerinin güçlerini incelemiş ve Nelson gibi testlerin gücünün benzer bir sonuç verdiğini bulmuştur. İstatistik teorisi dışında diğer bilim dallarındaki uygulama çalışmaları incelendiğinde, teorik olarak literatürde bulunmasına rağmen, gerek yüksek lisans ve doktora tezleri gerekse ULAKBİM Türkçe dergi literatüründen sınırlı sayıda ANOM testi kullanan çalışmaya rastlanmıştır[18]. Gülsüm (2010), yüksek lisans tezinde gübrelerin verimi etkilemesi üzerine bir deney tasarlamış ve ANOM testi uygulamıştır. Hasgül, 2011 yılındaki çalışmasında pişirme süreci içinde ürün ağırlığına, ürünün pişirme süresi, pişirme sıcaklığı ve fan hızı faktörlerinin etkisini incelemek için ANOM testi kullanmıştır[19,20]. Dumlupınar ve arkadaşları (2015) çalışmasında ANOM testinin MINITAB programında kullanılmasını örnek bir veri seti üzerinde bir uygulama ile anlatmıştır [21]. Üç çalışma dışında Türkçe literatürde ANOM testi kullanımına rastlanmamıştır. Bu durumun en önemli sebeplerinin, Türkçe literatürün ve ANOM testi uygulayan paket program sayısının az olması düşünülmektedir.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada İstatistiksel analizler için R yazılımı kullanılmıştır. ANOM testi için "ANOM" ve "nparcomp" paketinden [22], Kruskal Wallis testi için "PMCMR" paketinden yararlanılmıştır[23]. Veri setinde normal dağılım ve varyansların homojenliği varsayımları sağlamadığından dolayı Parametrik Olmayan ANOM testi ve Kruskal Wallis testi kullanılmıştır. Testlerin sonuçları birbiriyle karşılaştırılmıştır. Kruskal Wallis testinde çoklu karşılaştırmalar için Dunn'ın çoklu karşılaştırma testi (Dunn's multiple comparison test) kullanılmış olup %5 anlamlılık düzeyinde test edilmiştir.

Bu çalışmaya ait veriler YÖK resmi istatistik (<https://istatistik.yok.gov.tr/>) sayfasından alınmıştır [24]. Veriler düzenlenerek Tablo 1'de özetlenen 6 fakülte altında toplanmıştır.

Hem devlet üniversiteleri hem de vakıf üniversitelerinde 4 yıllık eğitim veren fakülteler taranmıştır. 2016-2017 öğretim yılında üniversite bazında lisans öğrencisi, öğretim üyesi sayısı ve öğretim üyesi başına düşen öğrenci sayısı hesaplanmıştır. Mühendislik-Mimarlık Fakülteleri birleştirilerek çalışmaya dâhil edilmiştir. Meslek Yüksek Okullarının verileri çalışma dışı bırakılmıştır. Ayrıca öğretim üyesi sayılarına uzman, okutman gibi kadrolar dâhil edilmemiştir.

Tablo 1. Fakültelelere Göre Öğrenci, Akademisyen ve Akademisyen Başına Düşen Öğrenci Sayıları

Fakülte	Kısaltma	Öğrenci Ort ± SS	Akademisyen Ort ± SS	Öğrenci/Akademisyen Ort ± SS
Eğitim Bilimleri Fakültesi	Eğitim BF	2419,20 ± 1670,79	97,52 ± 65,85	24,44 ± 9,76
Fen Edebiyat Fakültesi	FEF	2637,13 ± 2536,95	139,17 ± 111,76	19,52 ± 8,90
İktisadi-İdari Bilimler Fakültesi	İİBF	2627,53 ± 2432,19	62,52 ± 36,17	39,24 ± 29,41
Mühendislik-Mimarlık Fakültesi	MMF	2830,23 ± 2927,37	127,05 ± 132,22	21,94 ± 12,91
Tıp Fakültesi	Tıp F	939,34 ± 883,63	348,29 ± 302,06	2,94 ± 1,520
Sağlık Bilimleri Fakültesi	Sağlık BF	1038,42 ± 898,65	78,20 ± 161,41	20,24 ± 14,30
Genel Ortalama		2284,14 ± 2351,48	133,46 ± 167,68	23,14 ± 19,68

Fakülteler arası öğrenci, öğretim üyesi sayısı ve öğretim üyesi başına düşen öğrenci sayısı açısından fark olup olmadığına ilişkin hipotezler aşağıda açık olarak belirtilmiştir;

Hipotez1:

H₀: Fakülteler arasında öğrenci sayısı açısından fark yoktur.
H₁: Fakülteler arasında öğrenci sayısı açısından fark vardır.

Hipotez2:

H₀: Fakülteler arasında öğretim üyesi sayısı açısından fark yoktur.
H₁: Fakülteler arasında öğretim üyesi sayısı açısından fark vardır.

Hipotez3:

H₀: Fakülteler arasında öğretim üyesi başına düşen öğrenci sayısı açısından fark yoktur.
H₁: Fakülteler arasında öğretim üyesi başına düşen öğrenci sayısı açısından fark vardır.

Yapılan analizlerde değişkenler normal dağılım ve grup varyansların homojenliği varsayımları sağlamadığından dolayı Parametrik Olmayan ANOM testi kullanılmıştır.

2.1. ANOM Testi

Bağımsız gruplar arasındaki farkları incelemek için;

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$$

H₁: En az biri farklılık göstermektedir.

Hipotezleri test edilmektedir. H₀ hipotezi reddedilemediğinde gruplar arası farkın anlamlı olmadığı sonucuna varılır iken H₀ reddedildiğinde gruplar arasındaki farkın anlamlı olduğu anlaşılır. Farklılığı yaratan grup ya da grupları belirlemek için çeşitli yöntemler mevcuttur[25]. ANOVA gruplar arası farkı Tukey, Bonferroni, Duncan, Dunnett, Scheffe, Tamhane gibi çoklu karşılaştırmalar (Post-Hoc) ile çözerken ikili kombinasyonlar şeklinde inceleyerek k(k-1)/2 tane karşılaştırma çıktısı vermektedir (k=grup sayısı). Grup sayısı arttıkça karşılaştırma sayısı artmakta ve sonuçları yorumlamak zorlaşmaktadır. Kruskal Wallis yönteminde de benzer bir durum söz konusudur. ANOM testinde ise her bir grup ortalamasının genel

ortalama karşı farklılığı incelenerek görsel olarak ifade edilebilmektedir[18]. Bu bakımdan ANOM diğer yöntemlere göre grafiksel gösterimin pratikliği bakımından bir avantaja sahiptir. Bundan dolayı istatistik bilgisi yeterli olmayan araştırmacılar bu yöntemi rahatlıkla kullanıp yorumlayabilirler[21]. Bu çalışmada normal dağılım ve varyans homojenliği varsayımları sağlanmadığı dikkate alınarak sonuçların karşılaştırılması Parametrik Olmayan ANOM ve Kruskal Wallis testi ile gerçekleştirilmiştir.

2.1.1. Standart ANOM Testi

ANOM testinde grup karşılaştırmaları her bir grubun genel ortalama ile karşılaştırılması şeklinde yapılmaktadır. İlk olarak genel ortalama ve grupların ayrı ayrı ortalamaları hesaplanır. Sonrasında aşağıdaki adımlarda da gösterildiği gibi güven aralıkları oluşturulur ve grup ortalamalarının bu aralıkların dışına çıkıp çıkmadığı incelenir. Eğer bir grubun ortalaması oluşturulan güven aralığının üzerine çıkıyorsa o grubun ortalamasının genel ortalamadan anlamlı düzeyde yüksek olduğu, eğer güven aralığının altında kalıyorsa anlamlı düzeyde düşük olduğu sonucuna varılır. Oluşturulan güven aralıklarının ANOM yöntemi ile söz konusu grup ortalamaları arasındaki farkların karşılaştırılması için sırasıyla aşağıdaki işlemler izlenir:

Her bir grubun ortalaması ($\bar{Y}_{i.}$) ve varyansı (S_i^2) bulunur.

Genel popülasyon ortalaması ($\bar{Y}_{..}$) bulunur. Eğer gruplardaki gözlem sayıları eşit ise:

$$(\bar{Y}_{..}) = \frac{(\bar{Y}_{1.}) + (\bar{Y}_{2.}) + \dots + (\bar{Y}_{k.})}{k} \quad (1)$$

Eğer gruplardaki gözlem sayıları eşit değil ise:

$$(\bar{Y}_{..}) = \frac{n_1 \bar{Y}_{1.} + n_2 \bar{Y}_{2.} + \dots + n_k \bar{Y}_{k.}}{N} \quad (2)$$

$$N = \sum_{i=1}^k n_i \quad (3)$$

şeklinde hesaplanır. Hata kareler ortalaması (HKO) bulunur. HKO aynı zamanda grup içi kareler ortalaması (GİKO) olarak da bilinir. Eğer gruplardaki gözlem sayıları eşit ise:

$$HKO = \frac{S_1^2 + S_2^2 + \dots + S_k^2}{k} \quad (4)$$

Gruplardaki gözlem sayıları eşit değil ise:

$$HKO = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2 + \dots + (n_k - 1)S_k^2}{N - k} \quad (5)$$

şeklinde hesaplanır. H_0 hipotezini test etmek için gerekli olan ANOM kritik değerleri olan "h" bulunur. Kritik değer h, Nelson'ın h tablosundan elde edilmektedir[16]. Gruplardaki gözlem sayılarının eşit olması durumunda güven aralığı:

$$\bar{Y} \pm h(\alpha, k, N - k)\sqrt{HKO} \sqrt{\frac{k - 1}{N}} \quad (6)$$

şeklinde oluşturulur. Eğer gruplardaki gözlem sayıları eşit değilse bu durumda söz konusu güven aralığı:

$$\bar{Y} \pm h(\alpha, k, N - k)\sqrt{HKO} \sqrt{\frac{N - n_i}{Nn_i}} \quad (7)$$

şeklinde oluşturulur. Güven aralıkları oluşturulduktan sonra her bir grubun ortalamasının güven aralıklarının dışına çıkıp çıkmadığına bakılır. Eğer grup ortalaması güven aralığının dışına çıkmış ise o grubun ortalamasının genel ortalamaya göre istatistiksel olarak anlamlı farklılığa sahip olduğu anlaşılır. Grup ortalamaları üst güven aralığının üzerine çıkmış ise o grubun ortalamasının genel ortalamadan anlamlı düzeyde yüksek, alt güven aralığının aşağısında kaldıysa genel ortalamadan anlamlı düzeyde düşük olduğu anlaşılır.

2.1.2. Parametrik Olmayan ANOM Testi

ANOM analizi parametrik olmayan yapılar için de oluşturulmuştur. İlk olarak Bakir (1989, 1994) rankları kullanarak ANOMR adında dağılımdan bağımsız parametrik olmayan bir yapı ortaya koymuştur. Basit olarak ANOMR testinde ilk olarak genel rank ve grupların rankları hesaplanır [26,27]. Sonrasında her bir grubun rankı genel ranktan çıkarılır ve mutlak değeri Bakir (1989)'in oluşturduğu kritik tablo değeriyle karşılaştırılır. Bu fark kritik değerden büyükse anlamlı fark olduğu anlaşılır. ANOMR testi her ne kadar dağılımdan bağımsız olsa da varyansların eşitliği (variance heterogeneity) varsayımının sağlanması gerekmektedir ve bu bir dezavantajdır. Bakir (1989)'den sonra Konietzsche ve arkadaşları (2012) varyansların eşitliği varsayımını da ortadan kaldıran hem klasik parametrik olmayan yöntemlere hem de ANOMR'a göre çok daha sağlam yeni bir yaklaşım ortaya koymuştur. Bu yöntemde hipotezler genel ranklama sistemi kullanılarak tahmin edilen göreceli etkiler (relative effects) ile test edilmektedir[28].

$X_{i,k}$ bağımsız değişkenler aşağıdaki gibi dağılmakta olsun.

$$X_{i,k} \sim F_i, i = 1, 2, \dots, a = \text{grup sayısı} \\ k = 1, 2, \dots, n_i$$

$$F_i(x) = P(X_{i,k} < x) + \frac{1}{2}P(X_{i,k} = x) \quad (8)$$

$F_i(x)$ dağılım fonksiyonunun normalleştirilmiş hali olarak adlandırılmaktadır. Buradaki dağılımların ne parametrik yapıda ne de varyansların homojenliği varsayımını sağlaması gerekmemektedir. Bu istatistiksel modelde dağılımlar arasındaki farkı yansıtacak olan herhangi bir parametre bulunmadığından dolayı aşağıdaki gibi marjinal dağılım fonksiyonları kullanılarak göreceli etkiler hesaplanmaktadır[29].

$$p_j = \int GdF_j = \frac{1}{a} \sum_{i=1}^a \left[P(X_{i,1} < X_{j,1}) + \frac{1}{2}P(X_{i,1} = X_{j,1}) \right] \quad (9) \\ j = 1, 2, \dots, a$$

Burada $G = \sum_{i=1}^a w_i F_i$ şeklindedir. Bu yapı ağırlıklandırılmış ($w_i = n_i/N$) ya da ağırlıklandırılmamış ($w_i = 1/a$) olarak karşımıza çıkabilmektedir. Bu çalışmada ağırlıklandırılmamış göreceli etkiler kullanılmıştır. Bunun sebebi Gao et diğ. (2008) yaptıkları çalışmada belirttiği üzere ağırlıklandırılmamış göreceli etkilerin grup örneklem büyüklüklerinden etkilenmediği için daha sağlam ve avantajlı olmasıdır. Burada p_j göreceli etki, $X_{j,1}$ 'in $X_{i,1}$ 'den daha büyük değerler alma olasılığıdır. Bu yüzden $p_j < 1/2$ olduğu zaman $X_{i,1}$ stokastik olarak $X_{j,1}$ 'den daha büyük değerler almaya yatkındır ve tam ters durum olan $p > 1/2$ için de geçerlidir[30]. (9) numaralı eşitliğin başka bir gösterim şekli aşağıdaki gibidir[28].

$$p_j = \int w_i p_{i,j}, j = 1, 2, \dots, a \\ \sum_{i=1}^a w_i p_{i,j}, j = 1, 2, \dots, a \quad (10)$$

$$p_{i,j} = \int F_i dF_j \quad (11)$$

Bu çalışmada Parametrik Olmayan ANOM testindeki hipotezler, problem çözmedeki kısıtlı yapısı ve güven aralığı oluşturamamasından dolayı dağılım fonksiyonlarını kullanmak yerine göreceli etkiler kullanılmaktadır. Dağılım fonksiyonları ve göreceli etkilerle oluşturulan hipotez yapıları aşağıdaki gibidir.

$$H_0^F: CF = 0 \quad C = \text{kontrast matris} \\ F = (F_1, F_2, \dots, F_a)' \\ H_0^p: Cp = 0 \quad C = \text{kontrast matris} \\ p = (p_1, p_2, \dots, p_a)' \\ C = \begin{bmatrix} c_{11}^T \\ \vdots \\ c_{a1}^T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_{11} & \dots & c_{1a} \\ \vdots & \dots & \vdots \\ c_{a1} & \dots & c_{aa} \end{bmatrix}$$

Parametrik Olmayan ANOM'da kontrast matris yapısı genel ortalama (Grand Mean) şeklindedir. Buradaki ayrı ayrı alt hipotezleri $H_0^{(l)} = c_l^T p = 0$ test etmek için kullanılan test istatistiği (12) nolu eşitlikteki gibidir [29].

$$T_l^p = \sqrt{N} \frac{c_l^T (\hat{p} - p)}{\hat{\sigma}_l} \quad (12)$$

Bilinmeyen göreceli etki olan p 'yi tahmin etmek için ampirik dağılım fonksiyonu aşağıdaki gibi kabul edilmektedir. Burada $x < 0$ ise $c(x) = 0$, $x = 0$ ise $c(x) = 0,5$ ve $x > 0$ ise $c(x) = 1$ şeklindedir [31].

$$\hat{F}_i = \frac{1}{n_i} \sum_{k=1}^a c(x - X_{ik}) \quad (13)$$

Yukarıdaki bilgi doğrultusunda \hat{F}_i ve \hat{F}_j bulunarak \hat{p} tahmin edilir. Eşitlik (12)'deki test istatistiği için gerekli diğer parametreler aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır. Burada $R_{jk}^{(j)}$ j. grup gözlemleri içerisinde X_{jk} 'nın rankını, $R_{jk}^{(ij)}$ ise i ve j gruplarının tüm gözlemleri içerisinde X_{jk} 'nın rankını ifade etmektedir. Ayrıca $\bar{R}_j^{(ij)}$ j. gruptaki rankların ortalamasıdır.

$$\hat{p} = (\hat{p}_1, \hat{p}_2, \dots, \hat{p}_a) = \frac{1}{a} \sum_{i=1}^a \hat{p}_{i,j} \quad (14)$$

$$\hat{p}_{i,j} = \int \hat{F}_i d\hat{F}_j = \frac{1}{n_i} \left(\bar{R}_j^{(ij)} - \frac{n_j+1}{2} \right) \quad (15)$$

$$\bar{R}_j^{(ij)} = \frac{1}{n_j} \sum_{k=1}^{n_j} R_{jk}^{(ij)}; \hat{F}_i(X_{i,k}) = \frac{1}{n_i} \left(R_{jk}^{(ij)} - R_{jk}^{(j)} \right) \quad (16)$$

$i \neq j$

Burada $\hat{\sigma}_l, Var(\sqrt{N}c_l^T(\hat{p} - p))$ 'nın tutarlı bir tahmin edicisini ifade etmektedir. Tüm bu alt test istatistikleri T vektörü adı altında toplanır.

$$T = (T_1^p, T_2^p, \dots, T_a^p)^T \quad (17)$$

T , beklenen değeri sıfır korelasyon matrisi V olan birçok değişkenli normal dağılımdan geldiği söylenebilir. V matrisi bilinmediğinden dolayı bunun yerine tahmin edicisi kullanılmaktadır. $H_0^{(l)} = c_l^T p = 0$ alt hipotezi, $|T_l^{0,5}|$ test istatistiği $t_{1-\alpha,v}(\hat{V})$ tablo değerinden büyük ya da eşit olduğunda reddedilir. Genel yokluk hipotezi $H_0^p: Cp = 0$;

$$T = \{ |T_1^{0,5}|, |T_2^{0,5}|, \dots, |T_a^{0,5}| \} \geq t_{1-\alpha,v}(\hat{V}) \quad (18)$$

olduğu durumlarda reddedilir. Güven aralığı $(1-\alpha)$ ise aşağıdaki şekildedir [29].

$$c_l^T \hat{p} \mp t_{1-\alpha,v}(\hat{V}) \hat{\sigma}_l / \sqrt{N} \quad (19)$$

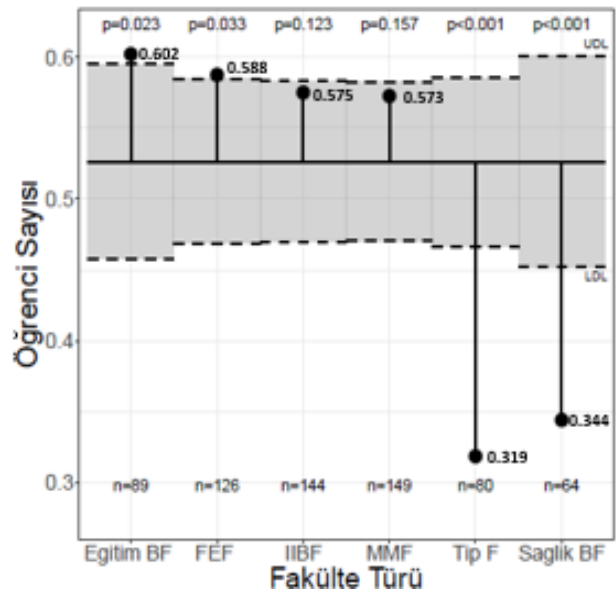
3. Bulgular

Parametrik Olmayan ANOM testi analiz sonuçlarını gösteren şekiller aşağıda verilmiştir. Parametrik ANOM testinde şekillerdeki kesikli çizgiler alt ve üst güven aralıklarını ortadaki düz çizgi genel ortalamayı ve her bir gruptaki nokta ise grup ortalamasını ifade etmektedir. Parametrik Olmayan ANOM testinde ise analizler ortalama üzerinden değil ranklar kullanılarak göreceli etkiler üzerinden yapılmaktadır. Bu sebeple parametrik olmayan analizde ortadaki düz çizgi ortalama göreceli etkiyi (frekanslarla ağırlıklandırılmış) göstermekte, gruplar üzerindeki noktalar ise grubun göreceli etkisini göstermektedir. Bu noktalardan herhangi biri güven aralıklarının dışına çıkarsa o grubun göreceli etkisinin ortalama göreceli etkiye göre farklı olduğu anlaşılır. Ayrıca anlamlılık değerleri grafiğin her gruba ait çizgisinin üst kısmında, gözlem sayısı ise alt kısmında gösterilmektedir.

Türkiye genelinde 89 Eğitim Fakültesi, 126 Fen Edebiyat Fakültesi, 144 İktisadi-İdari Bilimler Fakültesi, 149 Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, 80 Tıp Fakültesi ve 64 Sağlık Bilimleri Fakültesi olmak üzere toplam 6 fakülte karşılaştırılmaktadır. Karşılaştırma yapılmadan önce normallik testi yapılmış olup, veriye ilişkin değişkenlerin normal dağılıma uygun olmadığı belirlenmiştir ($p < 0,0001$). Bu sebeple Parametrik Olmayan ANOM testi kullanılmıştır.

3.1. Fakültelerdeki Öğrenci Sayılarının Karşılaştırılması

Şekil 1'de fakülte türlerine göre öğrenci sayılarının Parametrik Olmayan ANOM testi ile karşılaştırılması gösterilmektedir. Bu şekilde ortadaki çizgi ortalama göreceli etkiyi ifade etmekte, nokta ile belirtilenler ise her bir fakülte için göreceli etkileri ifade etmektedir.



Şekil 1. Fakültelere Göre Öğrenci Sayısının Parametrik Olmayan ANOM Testi ile Karşılaştırılması

Parametrik Olmayan ANOM testinde bir grup ile genel yapı karşılaştırılmaktadır. Bu sebeple göreceli etkisi güven aralığının dışında kalan grubun ortalamasının genel ortalamadan istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösterdiği yorumu yapılabilir. Göreceli etkisi güven aralığının altında olan grubun ortalaması genel ortalamaya göre anlamlı düzeyde düşük, güven aralığının üzerinde olan grubun ortalaması ise genel ortalamaya göre anlamlı düzeyde yüksektir.

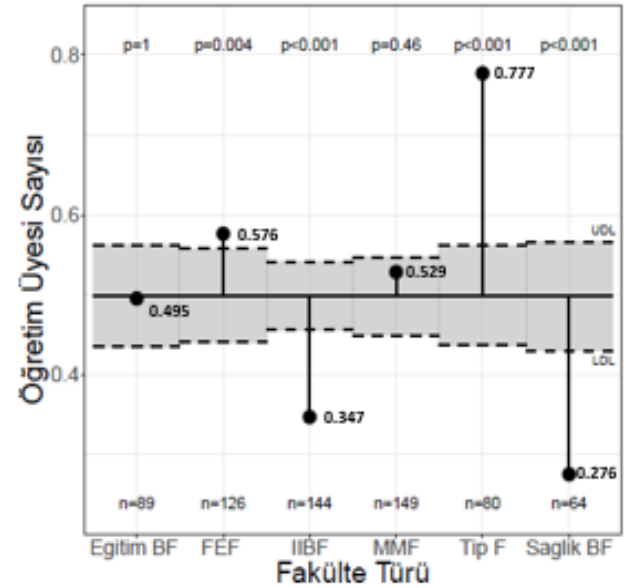
Şekil 1'e göre 4 nokta güven aralıklarının dışında yer almakta ve bu sebeple anlamlı farklılık göstermektedir. Buna göre sırasıyla Eğitim Bilimleri Fakültesi ($p=0,023$) ve Fen Edebiyat Fakültesinin göreceli etkileri güven aralığının üzerinde olduğundan bu fakültelerdeki öğrenci sayısının genel ortalamadan anlamlı düzeyde yüksek olduğu yorumu yapılabilir. Tıp Fakültesi ($p<0,001$) ve Sağlık Bilimleri Fakültesinin ($p=0,001$) göreceli etkileri güven aralığının altında kaldığından dolayı bu iki fakültedeki öğrenci sayısı genel ortalamaya göre anlamlı düzeyde düşüktür. Göreceli etkileri güven aralıklarının içerisinde kaldığından ötürü İktisadi-İdari Bilimler Fakültesi ($p=0,123$) ve Mühendislik-Mimarlık Fakültelerindeki ($p=0,157$) öğrenci sayıları genel ortalamaya göre anlamlı düzeyde farklılık göstermemektedir. Sonuç olarak öğrenci sayısı en yüksek olan fakülte Eğitim Bilimleri Fakültesi olmakla birlikte bunu sırasıyla Fen Edebiyat, İktisadi-İdari Bilimler, Mühendislik-Mimarlık, Sağlık Bilimleri ve Tıp Fakültesi takip etmektedir. Tıp ve Sağlık Bilimleri Fakültelerinin öğrenci sayılarının diğer fakültele göre çok düşük olduğu dikkat çekmektedir. Yapılan istatistiksel karşılaştırmalar bir grup ile genel yapı arasında olduğu için hangi grupların farklılık yarattığını belirlemek için kullanılan bir analiz yoktur. Şekil üzerinden bir kanıya varılmaktadır, fakat istatistiksel olarak net bir yorum yapılamamaktadır. Örneğin Şekilde 1'de görülen Tıp Fakültesindeki öğrenci sayısının Sağlık Bilimleri Fakültesine göre düşük olduğu görsel olarak anlaşılabilir fakat istatistiksel olarak anlamlı bir fark olup olmadığı anlaşılabilir değildir.

Parametrik Olmayan ANOM testini klasik istatistiksel yöntemlerle karşılaştırmak adına Tablo 2'de fakülte türlerine göre öğrenci sayılarının Kruskal Wallis testi

ile karşılaştırılması gösterilmektedir. Kruskal Wallis testinde çoklu karşılaştırmalar için Dunn'ın çoklu karşılaştırma testi (Dunn's multiple comparison test) kullanılmıştır. Fakültele göre öğrenci sayıları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmıştır (KW test istatistiği=85,472; $p<0,001$). Farklılığı yaratan grubu belirlemek amacıyla yapılan ikili karşılaştırmalara göre; Parametrik Olmayan ANOM testindeki sonuca benzer olarak Tıp ve Sağlık Fakültesindeki öğrenci sayıları diğer tüm fakültelerdeki öğrenci sayılarına göre anlamlı düzeyde düşüktür. Fakat Parametrik Olmayan ANOM testi sonuçlarının aksine Kruskal Wallis test sonuçlarında Eğitim Bilimleri ve Fen Edebiyat Fakültesindeki öğrenci sayısı diğer fakültele göre anlamlı farklılık göstermemesi dikkat çekmektedir.

3.2. Fakültelerdeki Öğretim Üyeleri Sayılarının Karşılaştırılması

Şekil 2'de fakülte türlerine göre öğretim üyesi sayılarının Parametrik Olmayan ANOM testi ile karşılaştırılması gösterilmektedir. Fakültele göre öğretim üyesi sayıları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu saptanmıştır.



Şekil 2. Fakültele Göre Öğretim Üyesi Sayısının Parametrik Olmayan ANOM Testi ile Karşılaştırılması

Tablo 2. Fakültele Göre Öğrenci Sayısının Kruskal Wallis Testi ile Karşılaştırılması

Toplam n	SD	Test İstatistiği	p	Eğitim BF	FEF	İİBF	MMF	Tıp F	Sağlık BF
652	5	85,472	< 0,001	FEF	0,738				
				İİBF	0,533	0,757			
				MMF	0,500	0,716	0,957		
				Tıp F	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	
				Sağlık	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,595

Tablo 3. Fakültelele Göre Öğretim Üyesi Sayısının Kruskal Wallis Testi ile Karşılaştırılması

Toplam n	SD	Test İstatistiği	p	Eğitim BF	FEF	İİBF	MMF	Tıp F
652	5	172,302	< 0,001	FEF	0,033			
				İİBF	< 0,001	< 0,001		
				MMF	0,379	0,141	< 0,001	
				Tıp F	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
				Sağlık	< 0,001	< 0,001	0,093	< 0,001

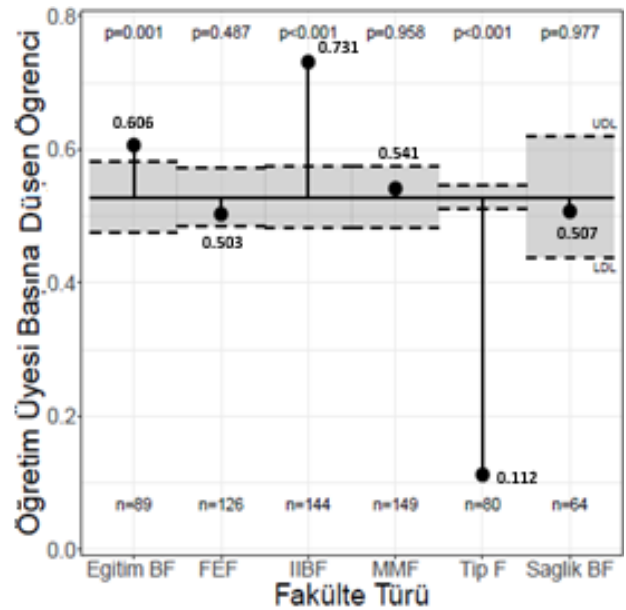
Tıp Fakültesinde bulunan öğretim üyesi sayısı genel ortalamaya göre anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur ($p<0,001$). Tıp Fakültesine göre daha az seviyede olmasına rağmen Fen Edebiyat Fakültesinde bulunan öğretim üyesi sayısı da genel ortalamaya göre anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur ($p=0,004$). İktisadi-İdari Bilimler ($p<0,001$) ve Sağlık Bilimleri Fakültesindeki ($p<0,001$) öğretim üyesi sayıları genel ortalamaya göre anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur. Burada öğretim üyesi sayısı en yüksek olan fakülte Tıp Fakültesidir. Tıp Fakültesini sırasıyla Fen Edebiyat, Mühendislik-Mimarlık, Eğitim Bilimleri, İktisadi-İdari Bilimler ve Sağlık Bilimleri Fakültesi takip etmektedir. Sağlık Bilimleri ve İktisadi-İdari Bilimler Fakültesindeki öğretim üyesi sayısının önemli düzeyde düşük olması dikkat çekmektedir. Bu sonuçlara göre Tıp Fakültesi ile Fen Edebiyat Fakültesi arasındaki farkın çok olduğu gözle görülse de bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı yorumu yapılamamaktadır. Benzer durum anlamlı düzeyde düşük bulunan İktisadi-İdari Bilimler ve Sağlık Bilimleri Fakültesi için de geçerlidir.

Tablo 3'te fakülte türlerine göre öğretim üyesi sayılarının Kruskal Wallis testi ile karşılaştırılması gösterilmektedir. Parametrik Olmayan ANOM sonucuyla benzer olarak fakültelele göre öğretim üyesi sayıları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu saptanmıştır ($p<0,001$). Farklılığı yaratan grubu belirlemek amacıyla yapılan çoklu karşılaştırmalara göre; Tıp Fakültesinde bulunan öğretim üyesi sayısı diğer tüm fakülteleledeki öğretim üyesi sayısından anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur ($p<0,001$). Fen Edebiyat Fakültesinde öğretim üyesi sayısı Tıp Fakültesi kadar yüksek olmamakla birlikte tüm fakültelelerden anlamlı düzeyde yüksektir. Sağlık Bilimleri Fakültesi öğretim üyesi sayısı İktisadi-İdari Bilimler Fakültesine göre anlamlı olmamakla birlikte anlamlılığa yakın düzeyde düşük bulunmuşken ($p=0,093$); Eğitim Bilimleri Fakültesi ise Fen Edebiyat Fakültesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi ve Tıp Fakültesine göre anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur ($p<0,001$).

3.3.Fakültelelerdeki Öğretim Üyesi Başına Düşen Öğrenci Sayılarının Karşılaştırılması

Şekil 3'te fakülte türlerine göre öğretim üyesi başına düşen öğrenci sayılarının Parametrik Olmayan ANOM testi ile karşılaştırılması gösterilmektedir. Öğretim

üyesi başına düşen öğrenci sayısının Parametrik Olmayan ANOM testinde üç fakülteye ait nokta güven aralıkları dışına çıktığı görülmektedir. Tıp Fakültesinde bulunan öğretim üyesi başına düşen öğrenci sayısı genel ortalamaya göre anlamlı düzeyde düşük ($p<0,001$) bulunmuşken Eğitim Bilimleri ($p=0,001$) ve İktisadi-İdari Bilimler Fakültesindeki ($p<0,001$) öğretim üyesi başına düşen öğrenci sayıları ise genel ortalamaya göre anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur. Fen Edebiyat Fakültesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi ve Sağlık Bilimleri Fakültesinde öğretim üyesi başına düşen öğrenci sayısı genel ortalamaya göre anlamlı farklılık göstermemektedir ($p>0,05$). Sonuç olarak Tıp Fakültesindeki öğretim üyesi başına düşen öğrenci sayısı diğer fakültelele göre çok düşük olduğu gözlemlenmiştir. İktisadi-İdari Bilimler Fakültesinde ise bu durum tam tersidir ve öğretim üyesi başına düşen en fazla öğrenci bu fakültelede gözlenmiştir. Eğitim Bilimleri Fakültesinde öğretim üyesi başına düşen öğrenci sayısı İktisadi-İdari Bilimler Fakültesinde olduğu kadar yüksek olmasa da diğer fakültelelele nazaran yüksek bulunmuştur. Geriye kalan Fen Edebiyat, Mühendislik-Mimarlık ve Sağlık Bilimleri Fakültesindeki öğretim üyesi başına düşen öğrenci sayısı birbirine benzer düzeydedir.



Şekil 3. Fakültelele Göre Öğretim Üyesi Başına Düşen Öğrenci Sayısının Parametrik Olmayan ANOM Testi ile Karşılaştırılması

Tablo 4. Fakülterele Göre Öğretim Üyesi Başına Düşen Öğrenci Sayısının Kruskal Wallis Testi ile Karşılaştırılması

Toplam n	SD	Test istatistiği	p	EğitimBF	FEF	İİBF	MMF	Tıp F
652	5	247,129	< 0,001	FEF	0,089			
				İİBF	0,012	< 0,001		
				MMF	1,000	1,000	< 0,001	
				Tıp F	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
				Sağlık	0,444	1,000	< 0,001	1,000 < 0,001

Tablo 4'te fakülte türlerine göre öğretim üyesi başına düşen öğrenci sayılarının Kruskal Wallis testi ile karşılaştırılması gösterilmektedir. Fakülterele göre öğretim üyesi başına düşen öğrenci sayıları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmakta olduğu saptanmıştır ($p < 0,001$). Farklılığı yaratan grubu belirlemek amacıyla yapılan ikili karşılaştırmalara göre; Tıp Fakültesinde öğretim üyesi başına düşen öğrenci sayısı diğer fakülterele göre anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur ($p < 0,001$). İktisadi-İdari Bilimler Fakültesinde ise bu durum tam tersi olup öğretim üyesi başına düşen öğrenci sayısı diğer fakülterele göre en yüksektir ve bu istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Eğitim Bilimleri Fakültesinin ise sadece İktisadi-İdari Bilimler ile Tıp Fakültesinden farklı olduğu görülmektedir.

4. Tartışma ve Sonuç

Literatürde üniversiteler arası öğrenci sayısı, öğretim üyesi sayısı ya da öğretim üyesi başına düşen öğrenci sayısı karşılaştırılmasına ilişkin bir çalışmaya rastlanmamıştır. Öğrenci sayıları incelendiğinde, Özellikle Tıp ve Sağlık Bilimleri Fakültesinde öğrenci sayısının az olduğu ancak Tıp Fakültesinde öğretim üyesi sayısı yüksek iken, Sağlık Bilimleri Fakültesinde öğretim üyesi sayısı düşüktür. Bu durumda öğretim üyesi başına düşen öğrenci sayısı Tıp Fakültesinde oldukça düşük düzeydedir. Mühendislik-Mimarlık Fakültesinde öğrenci sayısı yüksek iken, öğretim üyesi sayısı orta düzeydedir ve bu durum öğretim üyesi başına düşen öğrenci sayısında bir denge oluşturmaktadır.

Bu çalışmada hipotez testinin bilimsel bulgusunu sunmaktan ziyade ANOM ve Parametrik Olmayan ANOM testinin kullanım şekli ve yorumlanması gösterilmek istenmiştir. Kullanılan veri seti normallik ve varyansların homojenliği varsayımını karşılamadığından dolayı Parametrik Olmayan ANOM yöntemi kullanılarak analizler yapılmıştır. Parametrik Olmayan ANOM ile Kruskal Wallis testi genel olarak benzer sonuçlar vermiş olsa da Parametrik Olmayan ANOM testi bazı durumlarda Kruskal Wallis testinin yakalayamadığı istatistiksel farklılıkları yakalayabilmektedir. Bu durum benzer test güçlerine sahip olan bu iki analiz yöntemi içinde Parametrik Olmayan ANOM'u bir adım öne çıkarmaktadır.

Günümüzde bağımsız grupları karşılaştırmak için en çok kullanılan teknik ANOVA testidir. Bu tekniklere Welch test, Brown-Forsythe test, James-second-order

test ve Alexander-Govern testleride eklenebilir[18]. ANOM testi bu tekniklere alternatif olarak genel ortalama ile grup ortalamalarını karşılaştıran grafiksel bir yöntemdir[21]. Her istatistik tekniğinde olduğu gibi ANOM testinin de hem avantajları hem de dezavantajları vardır.

ANOM testinin avantajları şu şekilde sıralanmaktadır. ANOVA ve Kruskal Wallis testlerinin çoklu karşılaştırmalar aşamasında hata oranları artmakta ve bunun çözümü olarak "Bonferroni Düzeltmesi" yapılarak anlamlılık değerini düşürme yoluna gidilmektedir[1]. ANOM ikili karşılaştırma yapmadığı için bu sorun yaşanmamakta, %5 anlamlılık düzeyi sağlıklı bir şekilde kullanılabilir. İstatistik bilgisi az olan ve ANOVA sonuçlarını yorumlamada zorlanan farklı bilim alanlarında ANOM, ANOVA ve Kruskal Wallis testinin alternatifi olarak ya da bununla birlikte kullanılabilir. Diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında, ANOM'un tercih edilme sebebi görsel olarak daha anlaşılabilir bir çıktı vermesidir. ANOM testi sonuçları, p değerlerinin ve gözlem sayılarının üzerinde yazdığı bir grafik formunda görsel olarak sunulmakta olduğundan ötürü nihai sonuca ulaşılması ve yorumlanması açısından kolaylık sağlamaktadır. Ayrıca ikinci bir grafik ya da tablo sunulmasına gerek görülmemesi olumlu yönlerinden biridir. Özellikle çok fazla grup olduğunda diğer analiz sonuçlarının yorumları zorlaşmakta ancak ANOM kolaylıkla yorumlanabilmektedir. Ayrıca bazı durumlarda diğer yöntemlerin yakalayamadığı gruplar arası anlamlı farklılıkları yakalayabilmektedir.

ANOM testinin dezavantajları ise şu şekilde karşımıza çıkmaktadır. Diğer tüm tek değişkenli istatistiksel teknikler gibi normal dağılım ve varyans homojenliği varsayımlarının sağlanmasına göre parametrik ya da parametrik olmayan formlere sahiptir. Önsel testlerin yapılarak ANOM testinin türüne karar verilmesi ve bu durumun analiz sürecini uzatması olumsuz yönlerinden biri olarak değerlendirilebilir. Bir diğer eksikliği ise grupların ikili karşılaştırmalarında gruplar arası farkın nihai sonucunu vermemesidir. Grupların birbirinden farklarını irdelemek için grafik incelenmelidir. İkili grup karşılaştırmalarına istatistiksel anlamda değil de görsel olarak karar verilmesi olumsuz bir durum olarak değerlendirilebilir.

Tüm bu karşılaştırmaların yanı sıra testin gücü açısından da ANOM testi ANOVA ve Kruskal Wallis testlerine benzer sonuçlar vermektedir. Literatürde ANOM testinin gücü için birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. Mendeş ve Yiğit (2013) yaptıkları çalışmada ANOM testi ile ANOVA testinin güçlerini karşılaştırmış ve genel olarak benzer güce sahip olduklarını belirtmiştir. Büyük popülasyon ortalaması ve varyansa sahip olunan durumlarda ANOM'un ANOVA'ya oranla daha üstün olduğu, büyük popülasyon ortalaması ve küçük varyansa sahip olunan durumlarda ise ANOVA'nın üstün olduğu gözlemlenmiştir [18]. Parametrik olmayan ve Kruskal Wallis testlerinin gücünü karşılaştırma konusunda Bakır (1983) yaptığı çalışmada iki testinde hemen hemen aynı güce sahip olduğunu fakat çoğu durumda Kruskal Wallis testinin Parametrik Olmayan ANOM testine göre biraz daha güçlü olduğunu belirtmiştir [18,26]. Yapılan tüm çalışmalara göre ANOM testinin güç olarak diğer testlere benzer olduğunu ve bu testler için bir alternatif olabileceği gözlemlenmiştir.

Teşekkür

Bu çalışma 18. Uluslararası Ekonometri, Yöneyim Araştırması ve İstatistik Sempozyumunda sözlü bildiri olarak sunulmuştur. Bu çalışmanın oluşturulması fikrini sunan ve çalışma esnasında her konuda yardımlarını esirgemeyen Ceyda AFACAN'a teşekkürlerimizi sunarız.

Etik Beyanı/Declaration of Ethical Code

Bu çalışmada, "Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi" kapsamında uyulması gerekli tüm kurallara uyulduğunu, bahsi geçen yönergenin "Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler" başlığı altında belirtilen eylemlerden hiçbirinin gerçekleştirilmediğini taahhüt ederiz.

Kaynakça

- [1] Tabachnick, B.G. and Fidell, L.S. (2013) Using Multivariate Statistics. 6th ed. Pearson Education, Boston.
- [2] Mendeş, M. (2015) Uygulamalı Bilimler İçin İstatistik ve Araştırma Yöntemleri. 2nd ed. Kriter Yayın Evi, İstanbul.
- [3] Wludyka, P.S., Nelson, P.R., and Silva, P.R. (2001) Power Curves for The Analysis of Means for Variances. Journal of Quality Technology. 33 (1), 60-65.
- [4] Halperin, M., Greenhouse, S.W., Cornfield, J., and Zalokar, J. (1955) Tables of Percentage Points for the Studentized Maximum Absolute Deviate in Normal Samples. Journal of American Statistical Association. 50 185-195.
- [5] Ott, E.R. (1967) Analysis of Means - a Graphical Procedure. Journal of Quality Technology. 24 101-109.
- [6] Schilling, E.G. (1973) Systematic Approach To the Analysis of Means - 1. Analysis of Treatment Effect. Journal of Quality Technology. 5 (3), 93-108.
- [7] Wludyka, P.S. (1999) Non-Parametric Analysis of Means Type Tests for Homogeneity of Variances. Journal of Applied Statistics. 26 (2), 243-256.
- [8] Sheesley, J.H. (1980) Comparison of K Samples Involving Variables or Attribute Data Using The Analysis of Means. Journal of Quality Technology. 12 (1), 47-52.
- [9] Sheesley, J.H. (1981) Factors for Analysis of Means When The Standard Deviation is Estimated with The Range. Journal of Quality Technology. 13 (3), 184-185.
- [10] Ohta, H. (1981) A Procedure for Pooling Data by The Analysis of Means. Journal of Quality Technology. 13 (2), 115-119.
- [11] Wludyka, P.S. and Nelson, P.R. (1997) Analysis-of-Means-Type Test for Variances from Normal Populations. Technometrics 39. 274-285.
- [12] Wludyka, P.S. and Nelson, P.R. (1997) Analysis of Means Type Tests for Variances Using Jackknifing and Subsampling. American Journal of Mathematical and Management Sciences. 17 (1-2), 31-60.
- [13] West, R. (2009) The multiple facets of cigarette addiction and what they mean for encouraging and helping smokers to stop. COPD: Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease. 6 (4), 277-283.
- [14] Nelson, P.R. (1985) Power curves for the analysis of means. Technometrics. 27 (1), 65-73.
- [15] Nelson, P.R. (1993) Additional uses for the analysis of means and extended tables of critical values. Technometrics. 35 (1), 61-71.
- [16] Nelson, P.R. (1983) A Comparison of Sample Sizes for The Analysis of Means and The Analysis of Variance. Journal of Quality Technology. 15 (1), 33-39.
- [17] Ryan, T.P. (1978) Modern Experimental Design. John Wiley & Sons Inc, New Jersey.
- [18] Mendeş, M. and Yiğit, S. (2013) Comparison of ANOVA-F and ANOM Tests with Regard to Type 1 Error Rate and Test Power. Journal of Statistical Computation and Simulation. 8 (11), 2093-2104.
- [19] Gülsüm, Ü.K. (2010) Bölünmüş Parseller Deney Tasarımı ve Bir Uygulama, Gazi Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara,

- 2010.
- [20] Hasgül, Ö. (2011) Ürün ve süreçlerin geliştirilmesinde deney tasarımı: gıda sektöründe bir uygulama. *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*. 42-67.
- [21] Dumlupınar, E., Parlar, A., and Üçkardeş, F. (2015) ANOM Testinin Tıp Alanında MİNİTAB Programıyla Kullanımı, 9. Uluslararası İstatistik Kongresi Bildiriler Kitabı. 267-268.
- [22] Pallmann, P. and Hothorn, L.A. (2016) Analysis of means: a generalized approach using R. *Journal of Applied Statistics*. 43 (8), 1541-1560.
- [23] Pohlert, T. (2014) The Pairwise Multiple Comparison of Mean Ranks Package (PMCMR). R Package.
- [24] Yüksek Öğrenim Kurumu (n.d.) <https://istatistik.yok.gov.tr>. Yüksek Öğrenim Kurumu.
- [25] Gamgam, H. and Altunkaynak, B. (2008) Parametrik Olmayan Yöntemler SPSS Uygulamalı. .
- [26] Bakir, S.T. (1989) Analysis of means using ranks. *Communications in Statistics - Simulation and Computation*. 18 (2), 757-776.
- [27] Bakir, S.T. (1994) Analysis of means using ranks for the randomized complete block design. *Communications in Statistics - Simulation and Computation*. 23 (2), 547-568.
- [28] Konietzschke, F., Hothorn, L.A., and Brunner, E. (2012) Rank-based multiple test procedures and simultaneous confidence intervals. *Electronic Journal of Statistics*. 6 (January 2014), 738-759.
- [29] Konietzschke, F., Placzek, M., Schaarschmidt, F., and Hothorn, L.A. (2015) nparcomp: An R Software Package for Nonparametric Multiple Comparisons and Simultaneous Confidence Intervals. *Journal of Statistical Software*. 64 (9), 1-17.
- [30] Gao, X. and Alvo, M. (2008) Nonparametric multiple comparison procedures for unbalanced two-way layouts. *Journal of Statistical Planning and Inference*. 138 (12), 3674-3686.
- [31] Ruymgaart, F.H. (1980) A unified approach to the asymptotic distribution theory of certain midrank statistics. Springer, Berlin.