Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi, 13(4), 1703-1728, 2023. DOI: 10.31466/kfbd.1332510

KFBD

Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi
The Black Sea Journal of Sciences
ISSN (Online): 2564-7377 https://dergipark.org.tr/tr/pub/kfbd

Araştırma Makalesi / Research Article

Tabakalı Medyan Sıralı Küme Örneklemesinde Doğrusal Olmayan Maliyet Fonksiyonu Kullanılarak Örnek Çapının Paylaştırılması

Ayşe BOZKURT[1], Sinem Tuğba ŞAHİN TEKİN[2*], Yaprak Arzu ÖZDEMİR[3]

Öz

Örnekleme çalışmalarında ilgilenilen değişken bakımından birimleri ölçmenin maliyetli veya zaman alıcı olması durumunda, sıralı küme örneklemesi kullanılarak basit tesadüfi örnekleme ve tabakalı tesadüfi örneklemeye göre daha etkin tahmin edicilerin elde edilmesi mümkün olmaktadır. Ayrıca, ilgilenilen istatistiğin varyansını minimize etmek için kullanılan örnekleme yöntemine göre yığından ne kadar örnek seçileceğinin belirlenmesi son derece önemlidir. Bu çalışmada, tabakalı tesadüfi örneklemeye alternatif olarak önerilen tabakalı sıralı küme örneklemesi ve tabakalı medyan sıralı küme örneklemesi yöntemleri ele alınarak, doğrusal olmayan maliyet kısıtı altında bu yöntemlerin varyanslarını minimize edecek örnek çapı formülleri teorik olarak elde edilmiştir. Uygulama kısmında, elde edilen formüller kullanılarak, tabaka maliyetleri, tabaka varyansları ve tabaka ağırlıklarına göre doğrusal olmayan maliyet kısıtı altında gerekli örnek çapları ve tahmin edicilerin varyansları elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, aynı örnek çapları için tabakalı medyan sıralı küme örneklemesinden elde edilen tahmin edicinin, tabakalı sıralı küme örneklemesi yöntemi ile elde edilen tahmin ediciden daha etkin olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sıralı küme örneklemesi, Medyan sıralı küme örneklemesi, Optimum paylaştırma, Doğrusal olmayan maliyet fonksiyonu.

Sample Size Allocation Using Nonlinear Cost Function in Stratified Median Ranked Set Sampling

Abstract

In sampling studies, if it is costly or time-consuming to measure units in terms of the variable of interest, it is possible to obtain more efficient estimators by using ranked set sampling than simple random sampling and stratified random sampling. In addition, it is extremely important to determine how many samples will be selected from the population according to the sampling method used to minimize the variance of the statistic of interest. In this study, stratified ranked set sampling and stratified median ranked set sampling methods, which are proposed as alternatives to stratified random sampling, are discussed and sample size formulas are theoretically obtained to minimize the variances of these methods under nonlinear cost constraints. In the application part, using the obtained formulas, the required sample sizes and variances of the estimators were obtained under the nonlinear cost constraint according to the strata costs, strata variances and strata weights. According to the results obtained, it was observed that the estimator obtained from the stratified median ranked set sampling method is more effective than the estimator obtained by the stratified ranked set sampling method for the same sample sizes.

Keywords: Ranked set sampling, Stratified median ranked set sampling, Optimum allocation, Nonlinear cost function.

[1]Gazi University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Ankara, Turkey, aysee.bozkurtt@gmail.com
[2]Gazi University, Faculty of Science, Statistics, Ankara, Turkey, sinemsahin@gazi.edu.tr
[3]Gazi University, Faculty of Science, Statistics, Ankara, Turkey, yaprak@gazi.edu.tr

[1]https://orcid.org/0000-0001-6928-1793 [2]https://orcid.org/0000-0003-3544-8123 [3]https://orcid.org/0000-0003-3752-9744

[*]**Sorumlu Yazar/Corresponding Author** **Geliş/Received:** 25.07.2023 **Kabul/Accepted:** 10.11.2023

1. Giriş

İstatistiksel bir araştırmanın ilk aşaması, üzerinde ölçüm yapılacak birimlerin oluşturduğu yığının belirlenmesidir. Yığına ait tüm değişkenlere ilişkin veri toplamak, araştırmacı için çoğu zaman maliyetli ve zaman alıcı bir işlemdir. Bu nedenle, istenilen bilginin elde edilmesi için yığını temsil edecek bir örnek ile çalışmak araştırmacı için bir gereklilik haline gelmektedir. Araştırmada kullanılacak örnek büyüklüğünün ve yığını en iyi temsil edecek örneğin belirlenmesi ile yansız ve doğru tahminler yapmak mümkün olmaktadır (Özdemir ve ark., 2015). Çevre, tarım ve sağlık gibi alanlarda, ilgilenilen değişken için ölçümlerin yapılması oldukça maliyetli veya zaman alıcı olabilir. Bu nedenle, küçük örnek çapı ile yığını en iyi temsil eden örneğin seçilmesi için, McIntyre (1952) tarafından Sıralı Küme Örneklemesi (SKÖ) yöntemi geliştirilmiştir. McIntyre yaptığı çalışmada, meralardaki ortalama ürün miktarını tahmin etmek için SKÖ yöntemini kullanmış ve Basit Tesadüfi Örnekleme (BTÖ) yöntemine göre daha etkin bir yöntem olduğunu göstermiştir(McIntyre, 1952). SKÖ, düşük düzeyli ölçüm tekniği ile sağlanan sıralamanın önsel bilgisini kullanarak, yığını temsil edebilecek en iyi örneğin elde edilmesini sağlayan bir yöntemdir. İlgilenilen değişkeni ölçmenin zaman ve maliyet açısından zor olduğu, ancak bu değişkeni daha düşük maliyetle sıralamanın mümkün olduğu durumlarda SKÖ yöntemi, BTÖ yöntemine göre daha etkili bir örnekleme tekniğidir (Özdemir, 2015). Yığın homojen bir yapıya sahip olmadığında ve her bir alt grubun ayrıntılı incelenmesi gerektiğinde Tabakalı Tesadüfi Örnekleme(TÖ) yöntemi tercih edilmektedir (Etikan ve Bala,2017). Her bir tabakadan SKÖ yöntemi ile örneklerin seçildiği TÖ yöntemine Tabakalı Sıralı Küme Örneklemesi (TSKÖ) denilmektedir. Bu yöntem, 1996 yılında Samawi (1996) tarafından geliştirilmiş ve önerilen yöntemin TÖ ve BTÖ'den daha iyi bir yöntem olduğu ortaya konulmuştur. Muttlak (1997), Medyan Sıralı Küme Örneklemesi (MSKÖ) tasarımını önermiş ve elde edilen yığın ortalaması tahmin edicisinin bilinen SKÖ ile elde edilen tahmin ediciden daha etkin olduğunu ispatlamıştır. İbrahim ve ark. (2010) yaptıkları çalışma ile yığın ortalamasının tahmini için Tabakalı Medyan Sıralı Küme Örneklemesi (TMSKÖ) yöntemini önermiştir. Simetrik dağılımlar altında, TMSKÖ yönteminin ortalamasının, BTÖ ve TSKÖ tahmin edicilerinden daha etkin ve yansız bir tahmin edici olduğu gösterilmiştir (İbrahim ve ark., 2010). Yığını en iyi temsil edecek örnek çapı belirlenirken göz önüne alınması gereken diğer bir önemli husus ise araştırma için ayrılan bütçedir. Literatürde TÖ yöntemi kullanılan çalışmalarda genellikle, tabakalardan bir birim seçmenin maliyet fonksiyonuna etkisinin bir birimlik artış olarak yansıdığı doğrusal maliyet fonksiyonu kullanılmıştır. Doğrusal maliyet kısıtı altında yapılan çalışmalardan ilki Neyman (1934) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte, tabakalardan seçilecek bir birimin, maliyet fonksiyonunda yaratacağı değişiklik her zaman bir birimlik bir artışa sebep olmayabilir. Örneğin, ilgili değişken bakımından uzaktaki bir birime ölçüm yapmakla daha yakındaki bir birime ölçüm yapmanın seyahat maliyeti farklılık gösterir (Cochran, 1977). Chernyak (2001) ise çalışmasında, doğrusal olmayan maliyet kısıtı altında tabakalı tesadüfi ve çift örneklemede en uygun paylaştırma formülünü önermiştir. Şahin (2010), yaptığı çalışmada, TÖ'de doğrusal olmayan maliyet kısıtı altında, örnek ortalaması istatistiğinin varyansını minimum yapacak örnek çapının en uygun paylaştırma yöntemine göre belirlenmesi için örnek çapı paylaştırma formülü önermiştir. TSKÖ ve TMSKÖ yöntemlerinde bütçe kısıtı altında yapılan çalışmaların sayısı son derece azdır. Yapılan çalışmalar ise genellikle TSKÖ yöntemi için doğrusal maliyet kısıtı altında yapılmıştır. Örnek çapı paylaştırılması konusunda, doğrusal ya da sabit maliyet kısıtı içeren paylaştırma yöntemleri üzerine yapılan çalışmalardan bir tanesi Hajighorbani ve Aliakbari Saba (2012) tarafından yürütülmüştür. Hajighorbani ve Aliakbari Saba (2012) yaptıkları çalışmada, TMSKÖ tasarımları için orantılı ve en uygun paylaştırma yöntemlerini incelemişlerdir. Simetrik dağılımlar altında, en uygun paylaştırma ve orantılı paylaştırma yöntemleri ile elde edilen yığın ortalaması tahmin edicisinin TÖ ile elde edilen tahmin ediciden daha etkin olduğu sonucuna ulaşmışlardır (Hajighorbani ve Aliakbari, 2012). Ullah ve ark. (2014), çok değişkenli TÖ'de önerilen doğrusal olmayan maliyet fonksiyonu altında tabakalardan seçilecek örnek çapını geometrik programlama kullanarak elde etmişlerdir. Tekin ve ark. (2017) yaptıkları çalışmada, Costa ve ark. (2004) yöntemine ek olarak doğrusal olmayan bir maliyet fonksiyonu kısıtı ekleyerek yeni bir paylaştırma yöntemi önermişlerdir. Maliyet fonksiyonu doğrusal olmadığında örnek çapının hesaplanması oldukça zordur. Bu çalışmada, TÖ'ye alternatif olarak TSKÖ ve TMSKÖ yöntemleri kullanılıyorken, doğrusal olmayan maliyet kısıtı altında yığın ortalamasının tahmin edicisinin varyansını minimize etmek için teorik olarak tabakalardan seçilecek örnek çapı formülünün elde edilmesi amaçlanmıştır. TSKÖ ve TMSKÖ yöntemleri için elde edilen formüllerden bulunan örnek çapları için seçilebilecek mümkün küme çapı ve tekrar sayıları belirlenerek, aynı örnek çapı için TMSKÖ ve TSKÖ yöntemlerinin TÖ'ye göre Göreli Etkinlik (GE) değerleri karşılaştırılmıştır. Ayrıca örnek çapı üzerinde tabaka maliyetleri, tabaka varyansları ve tabaka ağırlıklarının ne kadar etkili olduğu da farklı durumlar altında ayrıntılı olarak incelenmiştir.

2. Sıralı Küme Örneklemesi Yöntemleri

BTÖ yöntemine alternatif olarak geliştirilmiş SKÖ yöntemi, tarım, ormancılık, çevre, ekoloji ve tıp alanlarında, birimlerin ilgilenilen değişkene göre ölçümlerinin yapılmasının maliyet, zaman veya emek bakımından oldukça zor olduğu durumlarda tercih edilmektedir. Araştırmacı yığından seçtiği örneği yüksek maliyet gerektirmeyen ucuz yollarla sıralayıp, daha sonra örneğe seçilen birimlere hassas ölçüm yapmaktadır. Sonsuz büyüklükteki kitlelerde kullanılabilir olması ve seçilen örnekteki tüm birimlerin ölçülmesine gerek olmaması yöntemin en önemli avantajlarından biridir.

Sıralama araştırmacının gözlemlerine veya yardımcı değişken bilgisine göre yapıldığından, sıralamanın hatalı yapılabileceği dezavantajı da unutulmamalıdır.

2.1. Sıralı Küme Örneklemesi

n örnek çapı, m küme çapı ve r tekrar sayısı olmak üzere; SKÖ yöntemini kullanarak bir yığından $n = mr$ büyüklüğünde bir örnek seçmek için, yığından m^2 boyutlu bir örnek rasgele seçilir. Seçilen örnek, m boyutlu m kümeye rasgele paylaştırılır. Her bir kümedeki birimler küçükten büyüğe doğru sıralanır. Bu sıralama görsel yolla hassas ölçüm yapılmadan veya ölçümü kolay ve ilgilenilen değişkenle yüksek derecede ilişkili bir yardımcı değişkenden faydalanılarak yapılabilir. Sıralanan birimlerden; birinci kümeden birinci sıradaki birim, ikinci kümeden ikinci sıradaki birim ve bu şekilde devam edilerek m. kümeden m. sıradaki birim seçilir ve seçilen birimler ilgilenilen değişken bakımından ölçülür. Örnek çapı $n = mr$ olana kadar, örnek seçim işlemi r kez tekrarlanır (Özdemir, 2005). Yığın ortalamasının tahmin edicisini, SKÖ yöntemini kullanarak elde etmek için, r tekrar sayısı olmak üzere $n = mr$ boyutunda bir örnek seçilir. Elde edilen örnekten, yığın ortalamasına ilişkin tahmin edici ve bu tahmin edicinin varyansı aşağıdaki gibi elde edilir.

$$\bar{X}_{SKÖ} = \frac{1}{mr}\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{r}X_{ij}^{(i)} \tag{1}$$

$$Var(\bar{X}_{SKÖ}) = \frac{\sigma^2}{mr} - \frac{1}{m^2r}\sum_{i=1}^{m}\left(\mu_{(i)} - \mu\right)^2 = \frac{1}{m^2r}\sum_{i=1}^{m}\sigma_{(i)}^2 \tag{2}$$

Burada μ yığın ortalamasını, σ^2 yığın varyansını, $\mu_{(i)}$; i. sıra istatistiğinin ortalamasını ve $\sigma_{(i)}^2$; i. sıra istatistiğinin varyansını ifade etmektedir.

2.2. Medyan Sıralı Küme Örneklemesi

MSKÖ yöntemini kullanarak bir yığından $n = mr$ büyüklüğünde bir örnek seçmek için, yığından m boyutlu m örnek rasgele seçilir. Görsel yolla veya ucuz metotlarla ilgilenilen değişken bakımından m birimlik örneğin her biri sıralanır. Bu sıralamanın hassas ölçümlü sıralama kadar iyi olduğu varsayılmaktadır. MSKÖ yönteminde örnek seçimi m'nin çift ya da tek olmasına göre değişmektedir. Küme çapı m tek iken, her bir kümeden $((m+1)/2)$. birim medyan olarak örneğe seçilir. Şayet küme çapı m çift ise, ilk $(m/2)$ kümeden $(m/2)$. birim, ikinci $(m/2)$ kümeden $((m/2)+1)$. birim medyan olarak örneğe seçilir. Örnek çapı $n = mr$ olana kadar, örnek çekme işlemi r kez tekrarlanır. m'nin tek olduğu durumda yığın ortalamasının tahmin edicisi Eş 3'de ve m'nin çift olduğu durumda yığın ortalamasının tahmin edicisi ise Eş 4'de gösterilmiştir.

$$\bar{X}_{MSKÖ_1} = \frac{1}{mr}\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{r} X_{ij}^{\left(\frac{m+1}{2}\right)} \tag{3}$$

$$\bar{X}_{MSKÖ_2} = \frac{1}{mr}\left[\sum_{i=1}^{\left(\frac{m}{2}\right)}\sum_{j=1}^{r} X_{ij}^{\left(\frac{m}{2}\right)} + \sum_{i=\left(\frac{m}{2}+1\right)}^{m}\sum_{j=1}^{r} X_{ij}^{\left(\frac{m}{2}+1\right)}\right] \tag{4}$$

Küme çapı m tek iken, yığın ortalamasına ilişkin tahmin edicinin varyansı Eş 5'de ve m çift iken yığın ortalamasının varyansı ise Eş 6'da gösterilmiştir.

$$Var\left(\bar{X}_{MSKÖ_1}\right) = \frac{1}{mr}\sigma^2_{\left(\frac{m+1}{2}\right)} \tag{5}$$

$$Var\left(\bar{X}_{MSKÖ_2}\right) = \frac{1}{2mr}\left[\sigma^2_{\left(\frac{m}{2}\right)} + \sigma^2_{\left(\frac{m}{2}+1\right)}\right] \tag{6}$$

Burada $\sigma^2_{(i)}$ *i.* sıra istatistiğinin varyansını ifade etmektedir.

2.3. Tabakalı Sıralı Küme Örneklemesi

Tabakalı Sıralı Küme Örneklemesine geçmeden önce Tabakalı Tesadüfi Örneklemenin temel özellikleri aşağıdaki gibi özetlenebilir.

Yığın birimleri ilgili değişken bakımından heterojen yapıdayken, bu yığını belirlenen tabaka sınırları çerçevesinde alt gruplara ayırarak hem alt gruplara hem de yığına ilişkin parametre tahmini yapmak için kullanılan yöntemlerden biri TÖ yöntemidir. Örneğin; tüketim harcaması ortalamalarını cinsiyet değişkenine göre ayrı ayrı tahmin etmek istiyorsak, yığın cinsiyet değişkeni bakımından iki tabakaya ayrılır. Tabaka yapıları kendi içlerinde homojen, kendi aralarındaysa heterojen yapıda olmalıdır. TÖ yöntemine göre örnek ortalaması istatistiğine ilişkin tahmin edici ve bu tahmin edicinin varyansı sırasıyla; Eş. 7 ve Eş. 8'de gösterildiği gibidir (Özdemir ve ark.,2015).

$$\bar{X}_{TÖ} = \frac{1}{N}\sum_{h=1}^{L} N_h \bar{X}_h \tag{7}$$

$$V_{\left(\bar{X}_{TÖ}\right)} = \frac{1}{N^2}\sum_{h=1}^{L} \frac{N_h - n_h}{N_h - 1}\frac{N_h^2\sigma_h^2}{n_h} \tag{8}$$

Burada $\bar{X}_h = \frac{\sum_{i=1}^{n_h} x_{hi}}{n_h}$ h. tabakanın ortalamasını, σ_h^2, h. tabakanın varyansını ifade eder ve Eş. 9'daki gibi tanımlanır.

$$\sigma_h^2 = \frac{1}{N_h}\sum_{i=1}^{N_h}(X_{hi} - \bar{X}_h)^2 \tag{9}$$

Bu bilgilerden yararlanarak TSKÖ yöntemi için yığındaki h. tabakadan $n_h = m_h r_h$ ($h = 1,2, \dots, L$) büyüklüğünde bir örnek seçmek üzere, N çaplı yığın $N_1, N_2, \dots, N_L$ ($h = 1,2, \dots, L$) şeklinde kesişmeyen tabakalara ayrılmış olsun. h. tabakadan m_h boyutlu m_h tane örnek rasgele seçilir. Örneklerin her biri küme olarak isimlendirilir. Görsel yolla veya ucuz metotlarla ilgilenilen değişken bakımından her kümedeki m_h birim sıralanır. Bu sıralamanın hassas ölçümlü sıralama kadar iyi olduğu varsayılmaktadır. Sıralanan birimlerden; birinci kümeden birinci sıradaki birim, ikinci kümeden ikinci sıradaki birim ve bu şekilde devam edilerek m_h. kümeden m_h. sıradaki birim seçilir ve seçilen birimler ilgilenilen değişken bakımından ölçülür. Örnek çapı $n_h = m_h r_h$ olana kadar örnek çekme işlemi r_h kez her bir tabaka için tekrarlanır. Yığın ortalamasının tahmin edicisini elde etmek için, TSKÖ yöntemini kullanarak, r_h tekrar sayısı olmak üzere $n_h = m_h r_h$ boyutunda bir örnek h. tabakadan bir önceki bölümde verilen adımlar kullanılarak seçilir. Elde edilen örnekten h. tabakanın ortalaması

$$\bar{X}_h = \frac{1}{n_h} \sum_{i=1}^{m_h} \sum_{j=1}^{r_h} X_{hij}^{(i)} \tag{10}$$

olmak üzere, yığın ortalamasına ilişkin tahmin edici ve bu tahmin edicinin varyansı sırasıyla aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$\bar{X}_{TSKÖ} = \frac{1}{N} \sum_{h=1}^{L} N_h \bar{X}_h = \sum_{h=1}^{L} W_h \bar{X}_h \tag{11}$$

$$Var(\bar{X}_{TSKÖ}) = \sum_{h=1}^{L} W_h^2 Var(\bar{X}_h) = \sum_{h=1}^{L} \frac{W_h^2}{n_h^2} \sum_{i=1}^{n_h} \sigma_{h(i)}^2 \tag{12}$$

Burada h. tabaka ağırlığı $W_h = N_h/N$ olmak üzere, $\sigma_{h(i)}^2$ ise h. tabaka için n_h çaplı örneğin i. sıra istatistiğinin varyansını ifade etmektedir.

2.4. Tabakalı Medyan Sıralı Küme Örneklemesi

N çaplı yığın $N_1, N_2, \dots, N_L$ ($h = 1,2, \dots, L$) şeklinde kesişmeyen tabakalara ayrılmış olsun. TMSKÖ yöntemini kullanarak bir yığındaki h. tabakadan $n_h = m_h r_h$ büyüklüğünde bir örnek seçmek için, h. tabakadan m_h boyutlu m_h tane örnek rasgele seçilir. Görsel yolla veya ucuz metotlarla ilgilenilen değişken bakımından her bir kümedeki m_h birim sıralanır. Bu sıralamanın hassas ölçümlü sıralama kadar iyi olduğu varsayılmaktadır. TMSKÖ yönteminde örnek seçimi, m_h'ın çift ya da tek olmasına göre değişir. Küme çapı m_h tek iken, her bir kümeden $((m_h + 1)/2)$. birim medyan olarak örneğe seçilir. Şayet küme çapı m_h çift ise, ilk $(m_h/2)$ kümeden $(m_h/2)$. birim, ikinci $(m_h/2)$

kümeden $((m_h/2)+1)$. birim medyan olarak örneğe seçilir. Örnek çapı $n_h = m_h r_h$ olana kadar, örnek çekme işlemi r_h kez her bir tabaka için tekrarlanır. m_h'ın tek olduğu durumda yığın ortalamasının tahmin edicisi Eş 13'de ve m_h'nin çift olduğu durumda yığın ortalamasının tahmin edicisi ise Eş 14'te gösterilmiştir.

$$\bar{X}_{TMSKÖ1} = \sum_{h=1}^{L} \frac{W_h}{m_h r_h} \left\{ \sum_{j=1}^{r_h} \sum_{i=1}^{m_h} X_{hij}^{\left(\frac{m_h+1}{2}\right)} \right\} \quad (13)$$

$$\bar{X}_{TMSKÖ2} = \sum_{h=1}^{L} \frac{W_h}{m_h r_h} \left\{ \sum_{j=1}^{r_h} \sum_{i=1}^{\frac{m_h}{2}} X_{hij}^{\left(\frac{m_h}{2}\right)} + \sum_{j=1}^{r_h} \sum_{\frac{m_h}{2}+1}^{m_h} X_{hij}^{\left(\frac{m_h}{2}+1\right)} \right\} \quad (14)$$

Küme çapı m_h tek iken, yığın ortalamasına ilişkin tahmin edicinin varyansı Eş 15'te ve m_h çift iken yığın ortalamasının varyansı ise Eş 16'da gösterilmiştir.

$$Var\left(\bar{X}_{TMSKÖ_1}\right) = \sum_{h=1}^{L} \frac{W_h^2}{m_h r_h} \sigma^2_{h\left(\frac{m_h+1}{2}\right)} \quad (15)$$

$$Var\left(\bar{X}_{TMSKÖ_2}\right) = \sum_{h=1}^{L} \frac{W_h^2}{2 m_h r_h} \left\{ \sigma^2_{h\left(\frac{m_h}{2}\right)} + \sigma^2_{h\left(\frac{m_h}{2}+1\right)} \right\} \quad (16)$$

3. Doğrusal Olmayan Maliyet Kısıtı Altında Örnek Çapının Paylaştırılması

İstatistiksel araştırmalarda, en önemli konulardan biri yığından seçilecek ve yığını en iyi biçimde temsil edecek örneğin belirlenmesidir. Örnek seçimi yapılırken hangi örnekleme yönteminin kullanılacağı ve araştırma için ayrılan bütçe kısıtı büyük önem taşımaktadır. Yığın hakkındaki önsel bilgi ya da geçmiş araştırma sonuçları doğrultusunda hangi örnekleme yönteminin kullanılacağına karar verildikten sonra araştırma için ayrılan bütçe kısıtını aşmadan ilgilenilen istatistiğin varyansını minimum yapacak örnek seçmek amaçlanır. Araştırmalarda bir bütçe kısıtı altında çalışıyorken genellikle kullanılan maliyet fonksiyonu Eş. 17'de verilen doğrusal maliyet fonksiyonudur. Doğrusal yapıdaki maliyet fonksiyonu, yığından bir örnek seçmenin maliyet fonksiyonu üzerine etkisinin bir birim artış olarak yansıdığı fonksiyondur. Bu fonksiyonda C araştırma için ayrılan toplam bütçeyi, C_0 sabit-idari giderleri, C_h ise h. tabakadan bir birim seçmenin maliyetini ifade etmektedir.

$$C = C_0 + \sum_{h=1}^{L} C_h n_h \quad (17)$$

TÖ kullanıyorken, doğrusal maliyet fonksiyonu kısıtı altında, örnek ortalaması istatistiğinin varyansını minimum yapacak örnek çapı Eş. 18'de verildiği gibi elde edilir.

$$n_h = \frac{N_h\sigma_h/\sqrt{C_h}}{\sum_{h=1}^{L} N_h\sigma_h/\sqrt{C_h}}n \tag{18}$$

TÖ yönteminde tabaka çapları, tabaka varyansları ve tabakalardan birim seçmenin maliyetleri arasında anlamlı bir fark varsa Eş. 18'deki "En Uygun Paylaştırma" yöntemi kullanılması önerilir (Neyman, 1934). Bu yönteme göre h. tabakadan seçilecek örnek büyüklüğü, tabakanın çapı ve varyansı ile doğru orantılı, h. tabakadan bir birim seçme maliyeti ile ters orantılıdır.

Bununla birlikte, h. tabakadan bir birim seçmenin maliyet fonksiyonu üzerine etkisi her zaman bir birim artış olarak yansımayabilir. Başka bir deyişle, araştırma için kullanılan maliyet kısıtı doğrusal olmayan yapıda olabilir. h. tabakadan bir birim seçmenin maliyet fonksiyonu üzerine etkisi bir birim artıştan çok veya bir birim artıştan az olabilir. Bu durumu yansıtan doğrusal olmayan maliyet fonksiyonu Eş. 19'da verilmiştir. Burada α, h. tabakadan bir birim seçmenin maliyet fonksiyonu üzerine etkisini temsil etmektedir (Cochran,1977).

$$C = C_0 + \sum_{h=1}^{L} C_h n_h^{\alpha} \tag{19}$$

TÖ kullanıyorken, doğrusal olmayan maliyet fonksiyonu kısıtı altında örnek ortalaması istatistiğinin varyansını minimum yapacak örnek çapı Şahin (2010) tarafından Eş. 22'de verildiği gibi elde edilmiştir (Şahin, 2010).

$$\min V(\bar{X}_{TÖ}) = \min\left(\frac{1}{N^2}\sum_{h=1}^{L}\frac{N_h-n_h}{N_h}\frac{N_h^2\sigma_h^2}{n_h}\right) \tag{20}$$

$$\text{Kısıt: } C' = \sum_{h=1}^{L} C_h n_h^{\alpha} \tag{21}$$

$$n_h = \frac{\left(W_h^2\sigma_h^2/C_h\right)^{1/1+\alpha}}{\sum_{h=1}^{L}\left(W_h^2\sigma_h^2/C_h\right)^{1/1+\alpha}}n \tag{22}$$

Örnekleme yöntemlerinde genellikle doğrusal maliyet kısıtı altında gerekli örnek çapı elde edilmektedir. Bununla birlikte SKÖ yöntemlerinde maliyet fonksiyonu kullanılarak örnek çapı elde edilmesine ilişkin çalışmalar oldukça azdır (Hajighorbani, ve Aliakbari Saba, 2012). Bu çalışmada, SKÖ yöntemlerinde literatürde daha önce çalışılmamış olan doğrusal olmayan maliyet kısıtı ele alınmış ve gerekli örnek çapı formülleri bu kısıt altında teorik olarak elde edilmiştir. Teorem 1 ve Teorem 2 ile sırasıyla TSKÖ ve TMSKÖ için doğrusal olmayan maliyet kısıtı altında elde edilen örnek çapı formülleri verilmiştir.

Teorem 1.

TSKÖ için Eş. 12'de verilen örnek ortalaması istatistiğinin varyansı amaç fonksiyonu ve Eş. 19'da verilen doğrusal olmayan maliyet fonksiyonu kısıt olmak üzere, TSKÖ yöntemi için örnek ortalaması istatistiğinin varyansını minimum yapan h.tabakadan seçilecek örnek çapı Eş. 23'teki gibi elde edilir. Burada n'_h; h. tabakadan çekilen pilot örnek çapını ifade etmektedir.

$$n_h = \frac{\left(W_h^2 \sum_{i=1}^{n'_h} \sigma_{h(i)}^2 / C_h\right)^{1/\alpha+2}}{\sum_{h=1}^{L}\left(W_h^2 \sum_{i=1}^{n'_h} \sigma_{h(i)}^2 / C_h\right)^{1/\alpha+2}} n \tag{23}$$

İspat 1:

Teorem 1'in ispatı için Eş. 12'de verilen varyans formülünden yararlanılacaktır. Ancak bu formülde h. tabakada yer alan i. sıra istatistiğinin varyansı için n_h'ın bilinmesi gerekir. Bu nedenle n'_h çaplı bir pilot örnek seçildiği ve buradan varyans değerlerinin elde edileceği varsayılmıştır. Minimum yapılmak istenen amaç fonksiyonu ve doğrusal olmayan maliyet kısıtı sırasıyla Eş. 12 ve Eş. 19'dan yararlanarak aşağıdaki gibi tanımlanır;

$$\min V(\bar{X}_{TSK\ddot{O}}) = \min\left(\sum_{h=1}^{L} W_h^2 \sum_{i=1}^{n'_h} \sigma_{h(i)}^2 / n_h^2\right) \tag{24}$$

$$\text{Kısıt: } C' = \sum_{h=1}^{L} C_h n_h^{\alpha} \tag{25}$$

Buna göre ilgilenilen amaç fonksiyonu ve kısıt için Lagrange fonksiyonu aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$L = (n_h, \lambda) = \sum_{h=1}^{L} \frac{W_h^2}{n_h^2} \sum_{i=1}^{n'_h} \sigma_{h(i)}^2 - \lambda\left(C' - \sum_{h=1}^{L} C_h n_h^{\alpha}\right) \tag{26}$$

Lagrange fonksiyonunun n_h'a göre türevi alınıp, $n = \sum_{h=1}^{L} n_h = \sum_{h=1}^{L} m_h r_h$ eşitliğinden yararlanılırsa, TSKÖ yöntemi için örnek ortalaması istatistiğinin varyansını minimum yapan h.tabakadan seçilecek örnek çapı Eş. 27'deki gibi elde edilir.

$$n_h = \frac{\left(W_h^2 \sum_{i=1}^{n'_h} \sigma_{h(i)}^2 / C_h\right)^{1/\alpha+2}}{\sum_{h=1}^{L}\left(W_h^2 \sum_{i=1}^{n'_h} \sigma_{h(i)}^2 / C_h\right)^{1/\alpha+2}} n \tag{27}$$

Teorem 2.

TMSKÖ'de doğrusal olmayan maliyet kısıtı altında örnek ortalaması istatistiğinin varyansını minimum yapan h.tabakadan seçilecek örnek çapı, m_h tek ve $r_h \neq 1$ iken Eş. 28'de, m_h çift ve $r_h \neq 1$ iken örnek çapı Eş. 29'da belirtildiği gibidir.

$$n_h = \frac{\left[W_h^2\left\{\sigma^2_{h\left(\frac{m_h+1}{2}\right)}\right\}/C_h\right]^{1/1+\alpha}}{\sum_{h=1}^{L}\left[W_h^2\left\{\sigma^2_{h\left(\frac{m_h+1}{2}\right)}\right\}/C_h\right]^{1/1+\alpha}} n \quad (28)$$

$$n_h = \frac{\left[W_h^2\left\{\frac{1}{2}\left(\sigma^2_{h\left(\frac{m_h}{2}\right)}+\sigma^2_{h\left(\frac{m_h}{2}+1\right)}\right)\right\}/C_h\right]^{1/1+\alpha}}{\sum_{h=1}^{L}\left[W_h^2\left\{\frac{1}{2}\left(\sigma^2_{h\left(\frac{m_h}{2}\right)}+\sigma^2_{h\left(\frac{m_h}{2}+1\right)}\right)\right\}/C_h\right]^{1/1+\alpha}} n \quad (29)$$

İspat 2:

TMSKÖ için m_h tek iken Eş. 15'te verilen örnek ortalaması istatistiğinin varyansı amaç fonksiyonu ve Eş. 19'da verilen doğrusal olmayan maliyet fonksiyonu kısıt olmak üzere;

$$\min V\left(\bar{X}_{TMSKÖ_1}\right) = \min\left(\sum_{h=1}^{L}\frac{W_h^2}{m_h r_h}\sigma^2_{h\left(\frac{m_h+1}{2}\right)}\right) \quad (30)$$

$$\text{Kısıt: } C' = C_0 + \sum_{h=1}^{L} C_h (m_h r_h)^{\alpha} \quad (31)$$

şeklinde tanımlanır. Buna göre, Lagrange fonksiyonu aşağıdaki gibi elde edilir.

$$L = (m_h r_h, \lambda) = \left(\sum_{h=1}^{L}\frac{W_h^2}{m_h r_h}\sigma^2_{h\left(\frac{m_h+1}{2}\right)}\right) - \lambda\left(C' - \sum_{h=1}^{L} C_h (m_h r_h)^{\alpha}\right) \quad (32)$$

Lagrange fonksiyonunun n_h'a göre türevi alınıp, $n = \sum_{h=1}^{L} n_h = \sum_{h=1}^{L} m_h r_h$ eşitliğinden yararlanılırsa, TMSKÖ yöntemi için m_h tek iken örnek ortalaması istatistiğinin varyansını minimum yapan h.tabakadan seçilecek örnek çapı Eş. 33'deki gibi elde edilir.

$$n_h = \frac{\left(W_h^2 \sigma^2_{h\left(\frac{m_h+1}{2}\right)}/C_h\right)^{1/1+\alpha}}{\sum_{h=1}^{L}\left(W_h^2 \sigma^2_{h\left(\frac{m_h+1}{2}\right)}/C_h\right)^{1/1+\alpha}} n \quad (33)$$

Benzer şekilde m_h çift olduğunda Eş. 16'da verilen örnek ortalaması istatistiğinin varyansı amaç fonksiyonu olmak üzere,

$$\min V\left(\bar{X}_{TMSKÖ_2}\right)=\min\left(\sum_{h=1}^{L}\frac{W_h^2}{m_h r_h}\left\{\frac{1}{2}\left(\sigma^2_{h(\frac{mh}{2})}+\sigma^2_{h(\frac{mh}{2}+1)}\right)\right\}\right) \tag{34}$$

şeklinde tanımlanır. Buna göre Lagrange fonksiyonu Eş. 35'deki gibi yazılabilir.

$$L=(m_h r_h,\lambda)=\left(\sum_{h=1}^{L}\frac{W_h^2}{m_h r_h}\left\{\frac{1}{2}\left(\sigma^2_{h(\frac{mh}{2})}+\sigma^2_{h(\frac{mh}{2}+1)}\right)\right\}\right)-\lambda\;\;\left(C'-\sum_{h=1}^{L}C_h(m_h r_h)^{\alpha}\right) \tag{35}$$

Lagrange fonksiyonunun n_h'a göre türevi alınıp, $n=\sum_{\boldsymbol{h=1}}^{\boldsymbol{L}} n_h=\sum_{\boldsymbol{h=1}}^{\boldsymbol{L}} m_h r_h$ eşitliğinden yararlanılırsa, TMSKÖ yöntemi için m_h çift iken örnek ortalaması istatistiğinin varyansını minimum yapan h.tabakadan seçilecek örnek çapı Eş. 36'daki gibi elde edilir.

$$n_h=\frac{\left(\left\{\frac{W_h^2}{2}\left(\sigma^2_{h(\frac{mh}{2})}+\sigma^2_{h(\frac{mh}{2}+1)}\right)\right\}/C_h\right)^{1/1+\alpha}}{\sum_{h=1}^{L}\left(\left\{\frac{W_h^2}{2}\left(\sigma^2_{h(\frac{mh}{2})}+\sigma^2_{h(\frac{mh}{2}+1)}\right)\right\}/C_h\right)^{1/1+\alpha}}n \tag{36}$$

4. Uygulama

Bu bölümde, Bölüm 3'de elde edilen TSKÖ ve TMSKÖ'de m_h tek ve çift iken, doğrusal olmayan maliyet kısıtı altında örnek ortalaması istatistiğinin varyansını minimize eden h. tabakadan seçilecek örnek çapı formülleri tabaka ağırlıkları ve parametrelerin farklı mümkün durumları açısından değerlendirilmiştir. Tablo 1'de tabaka ağırlıkları W_1=W_2=0,50 iken ve Tablo 2'de W_1=0,30 ve W_2=0,70 iken C_1, C_2, σ_1^2 ve σ_2^2 parametrelerinin alacağı farklı değerler verilmiştir. Tabaka ağırlıklarının uç değerler alması, başka bir deyişle yığının neredeyse tamamının bir tabaka tarafından temsil edildiği durumlarda, ağırlığı az olan tabakadan yöntemleri karşılaştırmak bakımından yeterli sayıda örnek çekilememektedir. Bu nedenle tabaka ağırlıklarının uç değerler aldığı $W_1=0{,}10$ ve $W_2=0{,}90$ gibi durumlara çalışmada yer verilmemiştir. Ayrıca tabaka ağırlıklarının eşit olduğu durumda aynı sonuçları veren maliyet ve varyans kombinasyonlarından biri kullanılmıştır. Bunun dışında tabakadan seçilecek örnek çapının 3'den küçük olduğu durumlar uygulamaya dahil edilmemiştir. Ayrıca α katsayısı için α= 0.20, 0.50, 0.80, 1.0, 1.5 değerleri alınmıştır (Cochran, 2001). Araştırma için ayrılan C bütçe değeri, Tablo 1 ve Tablo 2'de yer alan ve çalışmanın başında belirlenen parametreler kullanılarak mümkün çözüm veren α değerleri seçilmiştir. $\alpha=0$ iken Eş.

19'da verilen doğrusal olmayan maliyet fonksiyonu kısıtında n_h bulunamadığından bu değere çalışmada yer verilmemiştir. $\alpha = 1$ olduğu durumda ise n_h, doğrusal maliyet kısıtı altında elde edilecek örnek çapına karşılık gelmektedir.

Bu uygulama çalışmasında, örnek çapının tabakalara nasıl paylaştırıldığı, yığın ortalaması tahminine ilişkin varyansların nasıl değiştiği ve hangi durumda hangi yöntemin daha etkin olduğu α'nın tüm farklı değerleri için incelenmiştir. TÖ, TSKÖ ve TMSKÖ yöntemlerinde doğrusal olmayan maliyet kısıtı altında, $n = 20$ çaplı bir örnek iki tabakaya paylaştırılmıştır. Hesaplanan $V(\bar{X}_{TMSKÖ})$, $V(\bar{X}_{TSKÖ})$ ve $V(\bar{X}_{TÖ})$ değerlerinden yola çıkılarak, TMSKÖ ve TSKÖ yöntemlerinin TÖ yöntemine göre GE_1 ve GE_2 değerleri incelenmiştir. Tabaka ağırlıkları, tabakalardan birim seçme maliyetleri, tabaka varyansları ve α'da meydana gelen değişimlerin TSKÖ ve TMSKÖ yöntemleri için örnek ortalaması istatistiğinin varyanslarını ve TÖ yöntemine göre GE değerlerini nasıl etkilediği incelenmiştir. C değeri, kullanılan yöntemlerin araştırmacı için uygun olup olmadığını belirlemek amacıyla bir kısıt olarak kullanılmıştır. Elde edilen örnek çapları doğrultusunda araştırma için ayrılan bütçenin kullanılan kısmı C' olarak ifade edilmiştir. C' değeri, C değerinin üstüne çıkıyorsa, araştırma için ayrılan bütçe aşılmış ya da bu durum için mümkün çözüm yok demektir.

Tablo 1. W_1=W_2=0,50 iken kullanılan C_1, C_2, σ_1^2 ve σ_2^2 değerleri.

C_1	C_2	σ_1^2	σ_2^2
100	100	100	100
30	100	100	100
150	100	100	100
100	100	30	100
100	100	150	100

Tablo 2. W_1=0,30 W_2=0,70 iken kullanılan C_1, C_2, σ_1^2 ve σ_2^2 değerleri.

C_1	C_2	σ_1^2	σ_2^2
100	100	100	100
30	100	100	100
150	100	100	100
100	150	100	100
100	100	150	100
100	100	100	30
100	100	100	150

Tablo 1 ve Tablo 2'de verilen parametreler kullanılarak öncelikle tabakalardan çekilecek örnek çapları belirlenmiş ve daha sonra TSKÖ ve TMSKÖ yöntemlerine ilişkin yığın ortalaması tahmin edicilerinin varyansları hesaplanmıştır. Örnek çapları hesaplanırken normal dağılıma göre sıra istatistiklerinin varyanslarından yararlanılmıştır (Parrish, 1992). Elde edilen örnek çapları, $n_h = m_h r_h$ biçiminde çarpanlarına ayrıldığında ($m_h \geq 3$ olmak koşuluyla) her bir küme çapı ve tekrar sayısına karşılık gelen örnek ortalaması istatistiğine ilişkin varyanslar $\left(V(\bar{X}_{TSKÖ})\ ve\ V(\bar{X}_{TMSKÖ})\right)$ hesaplanmıştır. Ayrıca TSKÖ'de örnek çapının hesaplanması için pilot örnek orantılı paylaştırma yöntemine göre seçilmiştir. Hesaplanan varyanslar kullanılarak TMSKÖ yönteminin TÖ yöntemine göre GE'liği Eş. 37'de ve TSKÖ yönteminin TÖ yöntemine göre GE'liği ise Eş. 38'de verilen formüller yardımıyla hesaplanmıştır.

$$GE_1 = \frac{Var(\hat{\mu}_{TÖ})}{Var(\hat{\mu}_{TMSKÖ})} \tag{37}$$

$$GE_2 = \frac{Var(\hat{\mu}_{TÖ})}{Var(\hat{\mu}_{TSKÖ})} \tag{38}$$

Tablo 3. $L = 2, n = 20, N_1 = 30, N_2 = 70, W_1$=0,30, W_2=0.70, C_1=100, C_2=100, σ_1^2 =100, σ_2^2 =100, $C =$ 6000 iken TMSKÖ yöntemi ile çekilen örnek çapları, varyanslar, kullanılan bütçe ve GE değerleri

α	n_1	n_2	m_1	r_1	m_2	r_2	$V(\bar{X}_{TMSKÖ})$	$V(\bar{X}_{TÖ})$	GE_1	*α* değerleri için kullanılan bütçe
0,2	4	16	4	1	16	1	1,1042	4,3125	3,9055	α =0,2 C'=306,06
			4	1	8	2	1,3843	4,3125	3,1153	
			4	1	4	4	1,9149	4,3125	2,2521	
0,4; 0,5; 0,6	5	15	5	1	15	1	0,8485	4,0667	4,7928	α =0,4 C'=485,78 α =0,5 C'=610,90 α =0,6 C'=770,40
			5	1	5	3	1,4533	4,0667	2,7983	
			5	1	3	5	1,9820	4,0667	2,0518	
0,8; 1; 1.2	6	14	6	1	14	1	0,7509	4	5,3269	α =0,8 C'=1245,10 α =1 C'=2000 α =1,2 C'=3231,90
			6	1	7	2	1,1059	4	3,6170	
			3	2	14	1	1,0546	4	3,7929	
			3	2	7	2	1,4096	4	2,8377	
1,5	7	13	7	1	13	1	0,7108	4,0549	5,7047	α =1,5 C'=6539,20*

Tablo 4. $L = 2, n = 20, N_1 = 30, N_2 = 70, W_1$=0,30, W_2=0.70, C_1=100, C_2=100, σ_1^2 =100, σ_2^2 =100, $C =$ 6000 iken TSKÖ yöntemi ile çekilen örnek çapları, varyanslar, kullanılan bütçe ve GE değerleri

α	n_1	n_2	m_1	r_1	m_2	r_2	$V(\bar{X}_{TSKÖ})$	$V(\bar{X}_{TÖ})$	GE_2	*α* değerleri için kullanılan bütçe
0,2; 0,4	6	14	6	1	14	1	1,0222	4	3,9131	α =0,2 C'=312,61 α =0,4 C'=492,14
			6	1	7	2	1,4445	4	2,7691	
			3	2	14	1	1,3352	4	2,9958	
			3	2	7	2	1,7574	4	2,2761	
0,5; 0,6; 0,8; 1;1.2;1.5	7	13	7	1	13	1	0,9897	4,0549	4,0971	α =0,5 C'=619,11 α =0,6 C'=787,38 α =0,8 C'=1252,60 α =1 C'=2000 α =1,2 C'=3204,40 α =1,5 C'=6539,20*

Tablo 3 ve Tablo 4'e bakıldığında, C_1, C_2, σ_1^2 ve σ_2^2 parametrelerinin eşit (100) ve W_1<W_2 olduğu durum göz önüne alınmıştır. Birinci tabakanın ağırlığı daha küçük olduğundan hem TMSKÖ hem de TSKÖ yöntemi ile birinci tabakadan daha küçük çaplı örnekler çekilmiştir. Örneğin, $\alpha =$ 0,80 olduğu durum için Tablo 3'te $n_1 = 6$ $n_2 = 14$ ve benzer şekilde Tablo 4'te $n_1 = 7$ $n_2 = 13$ elde edilmiştir. Ayrıca hem TMSKÖ hem de TSKÖ yönteminde m_h minimum 3 koşulu sağlanmıştır. $\alpha = 1{,}50$ iken $C = 6000$ maliyet sınırı $C' = 6539{,}20$ ile aşıldığı için tablonun son satırındaki * durumu, maliyet sınırının aşıldığı durumu göstermektedir. Bundan sonraki tablolarda da maliyet sınırının aşıldığı durumlar * ile ifade edilecektir.

Tabakalardan seçilen aynı örnek çapları için, GE değerlerine bakıldığında, TMSKÖ'nün, TSKÖ'ye göre daha etkin olduğu görülmektedir. Örneğin, Tablo 3'de $n_1 = 6\ (m_1 = 6, r_1 = 1), n_2 = 14\ (m_2 = 14, r_2 = 1)$ ve $GE_1 = 5{,}3269$ iken aynı örnek çapları için Tablo 4'den $GE_2 = 3{,}9131$ elde edilmiştir. Bununla birlikte, α değeri dikkate alınmaksızın aynı örnek çaplarında TMSKÖ yönteminin maliyeti TSKÖ'den oldukça yüksektir. Örneğin; $n_1 = 6\ (m_1 = 6, r_1 = 1), n_2 = 14\ (m_2 = 14, r_2 = 1)$ iken kullanılan maliyete bakıldığında Tablo 3'den 1245,10 iken Tablo 4'den 312,61 olduğu görülmektedir. Aynı α değeri için değerlendirme yapıldığında α =1,2 hariç tüm durumlarda, TMSKÖ yöntemi, TSKÖ yöntemine göre bütçeyi daha az kullanmaktadır.

Örnek çapı bakımından değerlendirildiğinde, α değeri arttıkça, birinci tabakadan seçilecek örnek çapında artış olmuş veya sabit kalmıştır. Bununla birlikte, araştırma için kullanılan bütçenin de arttığı göz önünde bulundurulmalıdır.

Bir diğer önemli nokta ise Tablo 3 ve 4'den görüldüğü gibi aynı örnek çapı için küme sayısı artıp, tekrar sayısı azaldıkça GE_1 ve GE_2 değerleri artmaktadır. Buna göre, TMSKÖ ve TSKÖ'de örnek çapı paylaştırıldıktan sonra en yüksek küme çapı ve en düşük tekrar sayısı ile çalışılması tercih edilmelidir. Örneğin Tablo 3'te $\alpha = 0{,}20$ iken 1.tabakadan seçilecek örnek çapı n_1=4 (m_1=4, $r_1 = 1$) olmak üzere, n_2=16 iken küme çapının yüksek olduğu $(m_2 = 16, r_2 = 1)$ durumu için GE_1=3,9055 en yüksek değerini almıştır.

Tablo 5. $L = 2$, $n = 20$, $N_1 = 50$ ve $N_2 = 50$, W_1=0,50, W_2=0,50, C_1=100, C_2=100, σ_1^2 =100, σ_2^2 =100, $C = 6000$ iken TMSKÖ yöntemi ile çekilen örnek çapları, varyanslar, kullanılan bütçe ve GE değerleri

α	n_1	n_2	m_1	r_1	m_2	r_2	$V(\bar{X}_{TMSKÖ})$	$V(\bar{X}_{TÖ})$	GE_1	α değerleri için kullanılan bütçe
0,2;0,4;0,5; 0,6; 0,8; 1;1.2;1.5	10	10	10	1	10	1	0,7553	4	5,2959	α =0,2 C'=316,97 α =0,4 C'=502,37 α =0,5 C'=632,45 α =0,6 C'=796,21 α =0,8 C'=1261,91 α =1 C'=2000 α =1,2 C'=3169,78 α =1,5 C'=6324,55*
			10	1	5	2	1,0947	4	3,6540	
			5	2	10	1	1,0947	4	3,6540	
			5	2	5	2	1,4342	4	2,7890	

Tablo 6. $L = 2$, $n = 20$, $N_1 = 50$ ve $N_2 = 50$, W_1=0,50, W_2=0,50, C_1=100, C_2=100, σ_1^2 =100, σ_2^2 =100, $C = 6000$ iken TSKÖ yöntemi ile çekilen örnek çapları, varyanslar, kullanılan bütçe ve GE değerleri

α	n_1	n_2	m_1	r_1	m_2	r_2	$V(\bar{X}_{TSKÖ})$	$V(\bar{X}_{TÖ})$	GE_2	α değerleri için kullanılan bütçe
0,2;0,4;0,5; 0,6; 0,8; 1;1.2;1.5	10	10	10	1	10	1	1,0429	4	3,8355	α =0,2 C'=316,97 α =0,4 C'=502,37 α =0,5 C'=632,45 α =0,6 C'=796,21 α =0,8 C'=1261,91 α =1 C'=2000 α =1,2 C'=3169,78 α =1,5 C'=6324,55*
			10	1	5	2	1,4239	4	2,8092	
			5	2	10	1	1,4239	4	2,8092	

Tablo 5 ve Tablo 6’ya bakıldığında, C_1, C_2, σ_1^2 ve σ_2^2 parametrelerinin eşit (100) ve $W_1 = W_2$ olduğu, yığının her iki tabaka tarafından eşit bir şekilde temsil edildiği durum göz önüne alınmıştır. Hem TMSKÖ hem de TSKÖ yönteminde α’nın tüm değerleri için beklendiği gibi örnek çapları eşit olarak paylaştırılmıştır. Buna bağlı olarak her iki yöntem için kullanılan maliyetler de eşittir. Tablo 5 ve 6’daki GE_1 ve GE_2 değerlerine bakıldığında aynı örnek çapı için TMSKÖ yönteminin TSKÖ yönteminden daha etkin olduğu görülmektedir.

Tablo 7. $L = 2, n = 20, N_1 = 30$ ve $N_2 = 70$, W_1=0,30, W_2=0,70, C_1=30, C_2=100, σ_1^2 =100, σ_2^2 =100, $C =$ 2000 iken TMSKÖ yöntemi ile çekilen örnek çapları, varyanslar, kullanılan bütçe ve GE değerleri

α	n_1	n_2	m_1	r_1	m_2	r_2	$V(\bar{X}_{TMSKÖ})$	$V(\bar{X}_{TÖ})$	GE_1	α değerleri için kullanılan bütçe
0,2; 0,4; 0,5; 0,6	8	12	8	1	12	1	0,7277	4,2083	5,7830	α =0,2 C’=209,84 α =0,4 C’=339,11 α =0,5 C’=431,26 α =0,6 C’=548,59
			4	2	12	1	0,9226	4,2083	4,5613	
			8	1	6	2	1,2160	4,2083	3,4608	
			4	2	6	2	1,4109	4,2083	2,9827	
			8	1	4	3	1,6824	4,2083	2,5014	
			4	2	4	3	1,8774	4,2083	2,2416	
			8	1	3	4	2,0427	4,2083	2,0602	
			4	2	3	4	2,2376	4,2083	1,8807	
0,8; 1; 1,2	9	11	9	1	11	1	0,7771	4,4545	5,7322	α =0,8 C’=854,93 α =1 C’=1370 α =1,2 C’=2195,90*
			3	3	11	1	1,0597	4,4545	4,2035	

Tablo 8. $L = 2, n = 20, N_1 = 30$ ve $N_2 = 70$, W_1=0,30, W_2=0,70, C_1=30, C_2=100, σ_1^2 =100, σ_2^2 =100, $C =$ 2000 iken TSKÖ yöntemi ile çekilen örnek çapları, varyanslar, kullanılan bütçe ve GE değerleri

α	n_1	n_2	m_1	r_1	m_2	r_2	$V(\bar{X}_{TSKÖ})$	$V(\bar{X}_{TÖ})$	GE_2	α değerleri için kullanılan bütçe
0,2; 0,4	8	12	8	1	12	1	1,0135	4,2083	4,1522	α =0,2 C’=209,84 α =0,4 C’=339,11
			4	2	12	1	1,2116	4,2083	3,4733	
			8	1	6	2	1,5631	4,2083	2,6923	
			4	2	6	2	1,7611	4,2083	2,3896	
			8	1	4	3	2,0212	4,2083	2,0821	
			4	2	4	3	2,2192	4,2083	1,8963	
			8	1	3	4	2,4150	4,2083	1,7426	
			4	2	3	4	2,6130	4,2083	1,6105	
0,5; 0,6; 0,8; 1; 1,2	9	11	9	1	11	1	1,0861	4,4545	4,1014	α =0,5 C’=421,66 α =0,6 C’=533,65 α =0,8 C’=854,93 α =1 C’=1370 α =1,2 C’=2195,90*
			3	3	11	1	1,3813	4,4545	3,2249	

Tablo 7 ve Tablo 8’e bakıldığında, $C_1 = 30, C_2$, σ_1^2 ve σ_2^2 parametrelerinin eşit (100) ve W_1<W_2 olduğu durum göz önüne alınmıştır. Birinci tabakanın ağırlığı daha küçük olduğundan hem TMSKÖ hem de TSKÖ yöntemi ile birinci tabakadan ikinci tabakaya göre daha küçük çaplı örnekler çekilmiştir. Burada Tablo 3 ve Tablo 4’den farklı olarak, $C_1 = 30$ şeklinde maliyette düşüş olduğundan n_1 değeri artmıştır. Buna göre, Tablo 3’de α=0,2 için TMSKÖ’nün GE değeri 3,9055 iken, Tablo 7’de aynı durum için GE değeri 5,7830’a çıkmaktadır. Aynı durum Tablo 4 ve 8’den görüldüğü gibi TSKÖ için de geçerlidir. C_1’in azalmasının bir diğer sonucu ise kullanılan bütçenin hem TMSKÖ hem de TSKÖ yöntemi için azalmasıdır. Örneğin $\alpha = 0,20$ için; Tablo 3’te $C' =$

306,06 ve Tablo 4'da ise $C' = 312{,}61$ değerlerini alırken, Tablo 7 ve Tablo 8'de $C' = 209{,}84$ değerlerini almıştır.

Tablo 9. $L = 2, n = 20, N_1 = 50$ ve $N_2 = 50$, W_1=0,50, W_2=0,50, C_1=30, C_2=100, σ_1^2 =100, σ_2^2 =100, $C =$ 4000 iken TMSKÖ yöntemi ile çekilen örnek çapları, varyanslar, kullanılan bütçe ve GE değerleri

α	n_1	n_2	m_1	r_1	m_2	r_2	$V(\bar{X}_{TMSKÖ}$	$V(\bar{X}_{TÖ})$	GE_1	α değerleri için kullanılan bütçe
0,2	15	5	15	1	5	1	1,6037	5,6667	3,5335	α =0,2 C'=189,53
			5	3	5	1	1,9122	5,6667	2,9634	
			3	5	5	1	2,1820	5,6667	2,5970	
0,4;0,5; 0,6	14	6	14	1	6	1	1,2206	4,9524	4,0573	α =0,4 C'=290,98 α =0,5 C'=357,19 α =0,6 C'=439,16
			7	2	6	1	1,4017	4,9524	3,5331	
			14	1	3	2	2,0641	4,9524	2,3993	
			7	2	3	2	2,2453	4,9524	2,2057	
0,8; 1; 1,2	13	7	13	1	7	1	0,9762	4,4945	4,6041	α =0,8 C'=707,82 α =1 C'=1090 α =1,2 C'=1684,40
1,5	12	8	12	1	8	1	0,8488	4,2083	4,9579	α =1,5 C'=3509,80
			12	1	4	2	1,3902	4,2083	3,0271	
			6	2	8	1	1,0979	4,2083	3,8330	
			6	2	4	2	1,6394	4,2083	2,5670	
			4	3	8	1	1,3359	4,2083	3,1502	
			4	3	4	2	1,8774	4,2083	2,2416	
			3	4	8	1	1,5197	4,2083	2,7692	
			3	4	4	2	2,0612	4,2083	2,0417	

Tablo 10. $L = 2$, $n = 20$, $N_1 = 50$ *ve* $N_2 = 50$, W_1=0,50, W_2=0,50, C_1=30, C_2=100, σ_1^2 =100, σ_2^2 =100, $C = 4000$ iken TSKÖ yöntemi ile çekilen örnek çapları, varyanslar, kullanılan bütçe ve GE değerleri

α	n_1	n_2	m_1	r_1	m_2	r_2	$V(\bar{X}_{TSKÖ})$	$V(\bar{X}_{TÖ})$	GE_2	α değerleri için kullanılan bütçe
0,2	13	7	13	1	7	1	1,3159	4,4945	3,4155	α =0,2 C'=197,68
0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1; 1.2; 1,5	12	8	12	1	8	1	1,1550	4,2083	3,6435	α =0,4 C'=310,79 α =0,5 C'=386,76 α =0,6 C'=481,45 α =0,8 C'=746,81 α =1 C'=1160 α =1,2 C'=1804,30 α =1,5 C'=3509,80
			12	1	4	2	1,7051	4,2083	2,4681	
			6	2	8	1	1,4354	4,2083	2,9318	
			6	2	4	2	1,9855	4,2083	2,1195	
			4	3	8	1	1,6691	4,2083	2,5213	
			4	3	4	2	2,2192	4,2083	1,8963	
			3	4	8	1	1,8701	4,2083	2,2503	
			3	4	4	2	2,4201	4,2083	1,7389	

Tablo 9 ve Tablo 10'a bakıldığında, $C_1 = 30$, C_2, σ_1^2 ve σ_2^2 parametrelerinin eşit (100) ve W_1=W_2 olduğu, durum göz önüne alınmıştır. C_1<C_2 ve aynı zamanda W_1=W_2 olduğu için, Tablo 5 ve Tablo 6' ile karşılaştırıldığında, birinci tabakadan daha fazla sayıda örnek çekilmiştir. Tablo 5 ve Tablo 6 ile karşılaştırıldığında, GE_1 ve GE_2 azalsa da, TMSKÖ yönteminin daha etkin olması burada da geçerlidir. Ayrıca, Tablo 7 ve Tablo 8 ile karşılaştırıldığında, tabakalardan seçilen örnek çapları arasındaki fark arttığı için GE_1 ve GE_2 değerlerinde azalma olmuştur.

Bir başka önemli nokta ise Tablo 9 ve Tablo 10'da tüm parametreler aynı iken, C_1 azaldığı için Tablo 5 ve Tablo 6'ya göre kullanılan bütçe azalmıştır. Tablo 7 ve 8'le karşılaştırıldığında ise Tablo 9 ve 10'da W_1=W_2 ve C_1<C_2 olduğu için maliyetin etkisi ile birinci tabakadan daha fazla örnek seçilmiş ve daha az bütçe kullanılmıştır. Örneğin $\alpha = 0{,}20$ durumu incelendiğinde, TMSKÖ yöntemi için Tablo 7’de $\mathrm{C}' = 209{,}84$ ve Tablo 9’da $\mathrm{C}' = 189{,}53$’tür. TSKÖ yöntemi için ise Tablo 8’de $\mathrm{C}' = 209{,}84$ ve Tablo 10’da $\mathrm{C}' = 197{,}68$’dir.

Tablo 9 ve 10 maliyetler bakımından incelendiğinde, Tablo 9’dan görüldüğü gibi α =0,8 iken $n_1 = 13 \ \ (m_1 = 13, r_1 = 1),\ n_2 = 7 \ \ (m_2 = 7, r_2 = 1)$ durumunda, TMSKÖ yöntemi bütçenin 707,82 lik kısmını kullanırken, TSKÖ yöntemi α =0,2 olduğu durumda aynı örnek çapını sağlamış ve bütçenin sadece 197,68 lik kısmını kullanmıştır. Ancak burada aynı örnek çapı için GE_1 değeri 4,6041 iken, GE_2 değeri 3,4155 olarak elde edilmiştir. Yani TMSKÖ yöntemi daha etkin sonuçlar vermesine rağmen bütçeyi daha fazla kullanmıştır.

Tablo 11. $L = 2$, $n = 20$, $N_1 = 30$ ve $N_2 = 70$, W_1=0,30, W_2=0,70, C_1=150, C_2=100, σ_1^2 =100, σ_2^2 =100, $C = 7000$ iken TMSKÖ yöntemi ile çekilen örnek çapları, varyanslar, kullanılan bütçe ve GE değerleri

α	n_1	n_2	m_1	r_1	m_2	r_2	$V(\bar{X}_{TMSKÖ}$	$V(\bar{X}_{TÖ})$	GE_1	α değerleri için kullanılan bütçe
0,2	3	17	3	1	17	1	1,6055	4,8824	3,0410	α =0,2, C’=363,09
0,4;0,5 ; 0,6	4	16	4	1	16	1	1,1042	4,3125	3,9055	α =0,4 C’=564,30 α =0,5 C’=700 α =0,6 C’=872,41
			4	1	8	2	1,3843	4,3125	3,1153	
			4	1	4	4	1,9149	4,3125	2,2521	
			4	1	16	1	1,1042	4,3125	3,9055	
0,8; 1	5	15	5	1	15	1	0,8485	4,0667	4,7928	α =0,8 C’=1416,30 α =1 C’=2250
			5	1	5	3	1,4533	4,0667	2,7983	
			5	1	3	5	1,9820	4,0667	2,0518	
1,2;1,5	6	14	6	1	14	1	0,7509	4	5,3269	α =1.2 C’=3661,20 α =1,5 C’=7442,90*
			6	1	7	2	1,1059	4	3,6170	
			3	2	14	1	1,0546	4	3,7929	
			3	2	7	2	1,4096	4	2,8377	

Tablo 12. $L = 2$, $n = 20$, $N_1 = 30$ ve $N_2 = 70$, W_1=0,30, W_2=0,70,C_1=150, C_2=100, σ_1^2 =100, σ_2^2 =100, $C = 7000$ iken TSKÖ yöntemi ile çekilen örnek çapları, varyanslar, kullanılan bütçe ve GE değerleri

α	n_1	n_2	m_1	r_1	m_2	r_2	$V(\bar{X}_{TSKÖ})$	$V(\bar{X}_{TÖ})$	GE_2	α değerleri için kullanılan bütçe
0,2	5	15	5	1	15	1	1,1352	4,0667	3,5824	α =0,2 C’=378,83
			5	1	5	3	1,8290	4,0667	2,2235	
			5	1	3	5	2,3567	4,0667	1,7256	
0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1	6	14	6	1	14	1	1,0222	4	3,9131	α =0,4 C’=594,52 α =0,5 C’=741,58 α =0,6 C’=926,68 α =0,8 C’=1454,80 α =1 C’=2300
			6	1	7	2	1,4445	4	2,7691	
			3	2	14	1	1,3352	4	2,9958	
			3	2	7	2	1,7574	4	2,2761	
1,2; 1,5	7	13	7	1	13	1	0,9897	4,0549	4,0971	α =1.2 C’=3720,90 α =1,5 C’=7465,30*

Tablo 11 ve Tablo 12’ye bakıldığında, $C_1 = 150, C_2$, σ_1^2 ve σ_2^2 parametrelerinin eşit (100) ve W_1<W_2 olduğu durum göz önüne alınmıştır. Birinci tabakanın ağırlığı daha küçük ve birinci tabakadan örnek çekmenin maliyeti ikinci tabakaya göre daha fazla olduğundan, TMSKÖ ve TSKÖ yöntemlerinin her ikisiyle de birinci tabakadan daha küçük çaplı örnekler çekilmiştir. Tablo 7 ve Tablo 8’deki $C_1 = 30$ durumu ile kıyaslanacak olursa, Tablo 11 ve Tablo 12’de C_1=150 olduğu için

n_1 azalmıştır. Örneğin Tablo 7'de $\alpha = 0{,}20$ için $n_1 = 8$ $n_2 = 12$ iken, Tablo 11'de $n_1 = 3$ $n_2 = 17$ değerini almıştır. Bu durum aynı zamanda GE_1 ve GE_2'de de azalma olmasına sebep olmuştur. Örneğin Tablo 7'de $\alpha = 0{,}20$ için $n_1 = 8$ $n_2 = 12$ iken $GE_1 = 5{,}7830$ değerini alıyorken, Tablo 11'de $n_1 = 3$ $n_2 = 17$ iken $GE_1 = 3{,}0410$ değerini almıştır.

Genel olarak GE değerlerine bakıldığında, tabakalardan seçilen aynı örnek çapları için TMSKÖ'nün, TSKÖ'ye göre daha etkin olduğu görülmektedir. Örneğin Tablo 11'de $n_1 = 5,\ n_2 = 15$ iken $GE_1 = 4{,}7928$ iken Tablo 12'de aynı durum için $GE_2 = 3{,}5824$'tür. Ayrıca TMSKÖ yöntemi aynı α değeri için TSKÖ yöntemine göre bütçeyi daha az kullanmaktadır. Birinci tabakadan örnek çekmek hem maliyetli hem de ağırlığı daha düşükken, TMSKÖ daha az maliyetle daha etkin tahminler yapabilmektedir.

Tablo 13. $L = 2$, $n = 20$, $N_1 = 50$ ve $N_2 = 50$, W_1=0,50, W_2=0,50, C_1=150, C_2=100, σ_1^2 =100, σ_2^2 =100, $C = 7000$ iken TMSKÖ yöntemi ile çekilen örnek çapları, varyanslar, kullanılan bütçe ve GE değerleri

α	n_1	n_2	m_1	r_1	m_2	r_2	$V(\bar{X}_{TMSKÖ})$	$V(\bar{X}_{TÖ})$	GE_1	α değerleri için kullanılan bütçe
0,2	8	12	8	1	12	1	0,8488	4,2083	4,9579	α =0,2 C'=391,73
			4	2	12	1	1,3902	4,2083	3,0271	
			8	1	6	2	1,0979	4,2083	3,8330	
			4	2	6	2	1,6394	4,2083	2,5670	
			8	1	4	3	1,3359	4,2083	3,1502	
			4	2	4	3	1,8774	4,2083	2,2416	
			8	1	3	4	1,5197	4,2083	2,7692	
			4	2	3	4	2,0612	4,2083	2,0417	
			5	1	5	3	1,4533	4,0667	2,7983	
			5	1	3	5	1,9820	4,0667	2,0518	
0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1; 1,2; 1,5	9	11	9	1	11	1	0,7731	4,0505	5,2393	α =0,4 C'=622.18
			3	3	11	1	1,5580	4,0505	2,5998	α =0,5 C'=781,66 α =0,6 C'=982,11 α =0,8 C'=1550,90 α =1 C'=2450 α =1.2 C'=3871,90 α =1,5 C'=7698,30*

Tablo 14. $L = 2$, $n = 20$, $N_1 = 50$ ve $N_2 = 50$, W_1=0,50, W_2=0,50, C_1=150, C_2=100, σ_1^2 =100, σ_2^2 =100, $C = 7000$ iken TSKÖ yöntemi ile çekilen örnek çapları, varyanslar, kullanılan bütçe ve GE değerleri

α	n_1	n_2	m_1	r_1	m_2	r_2	$V(\bar{X}_{TSKÖ})$	$V(\bar{X}_{TÖ})$	GE_2	α değerleri için kullanılan bütçe
0,2	9	11	9	1	11	1	1,0697	4,0505	3,7866	α =0,2 C'=394,31
			3	3	11	1	1,8896	4,0505	2,1436	

Tablo 13 ve Tablo 14'e bakıldığında, $C_1 = 150$, C_2, σ_1^2 ve σ_2^2 parametrelerinin eşit (100) ve $W_1 = W_2$ olduğu yığının her iki tabaka tarafından eşit bir şekilde temsil edildiği durum göz önüne alınmıştır. Birinci tabakadan örnek çekmek daha maliyetli olduğu için birinci tabakadan daha az örnek çekilmiştir. Tablo 14'te $\alpha = 0{,}4$ ve sonraki durumlar için örnek çapları ve kullanılan parametreler Tablo 13 ile aynı olduğu için, kullanılan bütçeler de aynı olacağından, Tablo 14'te $\alpha = 0{,}4$ ve sonraki durumlara yer verilmemiştir.

Tablo 11 ile kıyaslandığında, tabaka ağırlıkları eşit olduğu için, birinci tabakadan daha fazla örnek seçilmiş olup bu durum bütçeyi arttırmıştır. Örneğin, TMSKÖ yönteminde $\alpha = 0{,}20$ durumu için Tablo 11'de $C' = 363{,}09$ iken, Tablo 13'te $C' = 391{,}73$ olarak elde edilmiştir. Aynı durum TSKÖ yöntemi için de geçerlidir.

Tabaka ağırlıkları sırasıyla $W_1 = 0{,}30$ ve $W_2 = 0{,}70$ iken; $C_1 = 100$, $C_2 = 30$, $\sigma_1^2 = 100$ ve $\sigma_2^2 = 100$ olduğunda hem TMSKÖ yöntemi ile hem de TSKÖ yöntemi ile birinci tabakadan örnek çekilememiştir. Sebebi ise, hem W_2'nin daha büyük olması hem de ikinci tabakadan örnek çekme maliyetinin daha düşük olmasıdır. Bu nedenle seçilen örneklerin çoğunluğu ikinci tabakadan olduğu için m_h minimum 3 koşulu sağlanmamıştır. Dolayısıyla bu durum için mümkün çözümler elde edilememiştir.

Tablo 15. $L = 2$, $n = 20$, $N_1 = 30$ ve $N_2 = 70$, W_1=0,30, W_2=0,70, C_1=100, C_2=150, σ_1^2 =100, σ_2^2 =100, $C = 8000$ iken TMSKÖ yöntemi ile çekilen örnek çapları, varyanslar, kullanılan bütçe ve GE değerleri

α	n_1	n_2	m_1	r_1	m_2	r_2	$V(\bar{X}_{TMSKÖ})$	$V(\bar{X}_{TÖ})$	GE_1	α değerleri için kullanılan bütçe
0,2	5	15	5	1	15	1	0,8485	4,0667	4,7928	α =0,2 C'=395,78
			5	1	5	3	1,4533	4,0667	2,7983	
			5	1	3	5	1,9820	4,0667	2,0518	
0,4; 0,5; 0,6;	6	14	6	1	14	1	0,7509	4	5,3269	α =0,4 C'=635,83 α =0,5 C'=806,19 α =0,6 C'=1023,80
			6	1	7	2	1,1059	4	3,6170	
			3	2	14	1	1,0546	4	3,7929	
			3	2	7	2	1,4096	4	2,8377	
0,8; 1; 1,2; 1,5	7	13	7	1	13	1	0,7108	4,0549	5,7047	α =0,8 C'=1641,80 α =1 C'=2650 α =1.2 C'=4290,10 α =**1,5 C'=8882,90***

Tablo 16. $L = 2$, $n = 20$, $N_1 = 30$ ve $N_2 = 70$, W_1=0,30, W_2=0,70, C_1=100, C_2=150, σ_1^2 =100, σ_2^2 =100, $C = 8000$ iken TSKÖ yöntemi ile çekilen örnek çapları, varyanslar, kullanılan bütçe ve GE değerleri

α	n_1	n_2	m_1	r_1	m_2	r_2	$V(\bar{X}_{TSKÖ})$	$V(\bar{X}_{TÖ})$	GE_2	α değerleri için kullanılan bütçe
0,2; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8	7	13	7	1	13	1	0,9897	4,0549	4,0971	α =0,2 C'=398,11 α =0,4 C'=636,26 α =0,5 C'=805,40 α =0,6 C'=1020,40 α =0,8 C'=1641,80
1; 1,2; 1,5	8	12	8	1	12	1	1,0135	4,2083	4,1522	α =1 C'=2600 α =1.2 C'=4171,30 α =1,5 C'=8498,10*
			4	2	12	1	1,2116	4,2083	3,4733	
			8	1	6	2	1,5631	4,2083	2,6923	
			4	2	6	2	1,7611	4,2083	2,3896	
			8	1	4	3	2,0212	4,2083	2,0821	
			4	2	4	3	2,2192	4,2083	1,8963	
			8	1	3	4	2,4150	4,2083	1,7426	
			4	2	3	4	2,6130	4,2083	1,6105	

Tablo 15 ve Tablo 16'ya bakıldığında, $C_2 = 150, C_1$, σ_1^2 ve σ_2^2 parametrelerinin eşit (100) ve W_1<W_2 olduğu durum göz önüne alınmıştır. Tablo 11 ile kıyaslandığında, $C_1 < C_2$ olduğundan birinci tabakadan seçilecek örnek çapı artmakla beraber bu artışın Tablo 11'den çok farklı olmadığı gözlenmektedir. Buradan örnek çapı üzerinde tabaka ağırlıklarının etkisinin maliyetten daha fazla olduğu söylenebilir. Ayrıca, Tablo 11'de ağırlığı küçük olan tabakadan örnek seçme maliyeti yüksek olduğu durum ile Tablo 15'de ağırlığı küçük olan tabakadan örnek seçme maliyeti düşük olduğu durum karşılaştırıldığında, Tablo 15'de $\alpha = 0{,}20$ iken elde edilen $n_1 = 5, n_2 = 15$ örnek çapları, Tablo 11'de $\alpha = 0{,}80$ iken elde edilebilmiştir. Bu durumda aynı yöntem için aynı örnek çaplarını elde etmek üzere daha yüksek bütçeye ihtiyaç duyulacaktır. Örneğin Tablo 11'de bu örnek çapları için bütçe C'=1416,3 iken Tablo 15'de C'=395,78 dir.

Tablo 17. $L = 2$, $n = 20$, $N_1 = 50$ ve $N_2 = 50$, W_1=0,50, W_2=0,50, C_1=100, C_2=100, σ_1^2 =30, σ_2^2 =100, $C = 6000$ iken TMSKÖ yöntemi ile çekilen örnek çapları, varyanslar, kullanılan bütçe ve GE değerleri

α	n_1	n_2	m_1	r_1	m_2	r_2	$V(\bar{X}_{TMSKÖ})$	$V(\bar{X}_{TÖ})$	GE_1	α değerleri için kullanılan bütçe
0,2	5	15	5	1	15	1	0,5997	2,5167	4,1966	α =0,2 C'=309,85
			5	1	5	3	0,9083	2,5167	2,7708	
			5	1	3	5	1,1780	2,5167	2,1364	
0,4; 0,5; 0,6;	6	14	6	1	14	1	0,5024	2,3857	4,7486	α =0,4 C'=492,14 α =0,5 C'=619,11 α =0,6 C'=780,18
			6	1	7	2	0,6836	2,3857	3,4899	
			3	2	14	1	0,7555	2,3857	3,1578	
			3	2	7	2	0,9366	2,3857	2,5472	
0,8; 1; 1,2	7	13	7	1	13	1	0,4501	2,3445	5,2088	α =0,8 C'=1641,80 α =1 C'=2650 α =1.2 C'=4290,10
1,5	8	12	8	1	12	1	0,4393	2,3708	5,3968	α =1,5 C'=6419,70*

Tablo 18. $L = 2$, $n = 20$, $N_1 = 50$ ve $N_2 = 50$, W_1=0,50, W_2=0,50, C_1=100, C_2=100, σ_1^2 =30, σ_2^2 =100, $C = 6000$ iken TSKÖ yöntemi ile çekilen örnek çapları, varyanslar, kullanılan bütçe ve GE değerleri

α	n_1	n_2	m_1	r_1	m_2	r_2	$V(\bar{X}_{TSKÖ})$	$V(\bar{X}_{TÖ})$	GE_2	α değerleri için kullanılan bütçe
0,2	7	13	7	1	13	1	0,6080	2,3708	3,8993	α =0,2 C'=314,60
0,4; 0,6; 0,8; 1; 1,2; 1,5	8	12	8	1	12	1	0,7730	2,3708	3,0670	α =0,4 C'=499,93 α =0,5 C'=629,25 α =0,6 C'=792,34 α =0,8 C'=1257,80 α =1 C'=2000 α =1,2 C'=3185,10 α =1,5 C'=6419,70*
			4	2	12	1	0,8884	2,3708	2,6686	
			8	1	6	2	1,0534	2,3708	2,2506	
			4	2	6	2	1,1221	2,3708	2,1128	
			8	1	4	3	1,2871	2,3708	1,8420	
			4	2	4	3	1,3230	2,3708	1,7920	
			8	1	3	4	1,4881	2,3708	1,5932	
			4	2	3	4	0,6080	2,3708	3,8993	

Tablo 17 ve Tablo 18'e bakıldığında, $\sigma_1^2 = 30$, C_1, C_2 ve σ_2^2 parametrelerinin eşit (100) ve W_1=W_2 olduğu durum göz önüne alınmıştır. W_1=W_2 ve C_1= C_2 olduğundan varyansı büyük olan tabakadan daha fazla örnek çekileceğinden, Tablo 5 ve 6 ile karşılaştırıldığında n_2 daha büyüktür.

Tablo 19. $L = 2$, $n = 20$, $N_1 = 30$ ve $N_2 = 70$, W_1=0,30, W_2=0,70, C_1=100, C_2=100, σ_1^2 =150, σ_2^2 =100, , $C = 6000$ iken TMSKÖ yöntemi ile çekilen örnek çapları, varyanslar, kullanılan bütçe ve GE değerleri

α	n_1	n_2	m_1	r_1	m_2	r_2	$V(\bar{X}_{TMSKÖ})$	$V(\bar{X}_{TÖ})$	GE_1	α değerleri için kullanılan bütçe
0,2	5	15	5	1	15	1	1,1066	4,8167	4,3527	α =0,2 C'=309,85
			5	1	5	3	1,7114	4,8167	2,8145	
			5	1	3	5	2,2401	4,8167	2,1502	
0,4; 0,5; 0,6;	6	14	6	1	14	1	0,9355	4,6000	4,9172	α =0,4 C'=492,14 α =0,5 C'=619,11 α =0,6 C'=780,18
			6	1	7	2	1,2905	4,6000	3,5645	
			3	2	14	1	1,3911	4,6000	3,3067	
			3	2	7	2	1,7461	4,6000	2,6344	
0,8; 1; 1,2; 1,5	7	13	7	1	13	1	0,4501	2,3445	5,2088	α =0,8 C'=1641,80 α =1 C'=2650 α =1.2 C'=4290,10 α =1,5 C'=6539,20*

Tablo 20. $L = 2$, $n = 20$, $N_1 = 30$ ve $N_2 = 70$, W_1=0,30, W_2=0,70,C_1=100, C_2=100, σ_1^2 =150, σ_2^2 =100, $C = 6000$ iken TSKÖ yöntemi ile çekilen örnek çapları, varyanslar, kullanılan bütçe ve GE değerleri

α	n_1	n_2	m_1	r_1	m_2	r_2	$V(\bar{X}_{TSKÖ})$	$V(\bar{X}_{TÖ})$	GE_2	α değerleri için kullanılan bütçe
0,2; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8	7	13	7	1	13	1	1,1685	4,5478	3,8920	α =0,2 C'=314,60 α =0,4 C'=496,77 α =0,5 C'=625,13 α =0,6 C'=787,38 α =0,8 C'=1252,60
1; 1,2; 1,5	8	12	8	1	12	1	1,1542	4,6208	4,0035	α =1 C'=2000 α =1.2 C'=3185,10 α =1,5 C'=6419,70*
			4	2	12	1	1,4512	4,6208	3,1841	
			8	1	6	2	1,7038	4,6208	2,7121	
			4	2	6	2	2,0008	4,6208	2,3095	
			8	1	4	3	2,1618	4,6208	2,1375	
			4	2	4	3	2,4589	4,6208	1,8792	
			8	1	3	4	2,5557	4,6208	1,8080	
			4	2	3	4	2,8527	4,6208	1,8080	

Tablo 19 ve Tablo 20'ye bakıldığında, $\sigma_1^2 = 150$, C_1, C_2 ve σ_2^2 parametrelerinin eşit (100) ve W_1<W_2 olduğu durum göz önüne alınmıştır. Tablo 3 ve Tablo 4 ile kıyaslandığında, birinci tabakadan çekilen örnek sayısı az da olsa artmıştır. Burada ağırlıklar Tablo 3 ve 4 ile aynı kalırken, σ_1^2'nin artması örnek çapında ciddi bir artışa sebep olmamıştır. Yani tabaka ağırlıklarının örnek çapı üzerinde tabaka varyanslarına göre daha fazla etkisi olduğu söylenebilir. Tablo 3 ve Tablo 4 ile GE bakımından kıyaslandığında; aynı küme çapı ve tekrar sayısı söz konusu iken GE değerlerinin azaldığı görülmektedir.

Tablo 21. $L = 2$, $n = 20$, $N_1 = 50$ ve $N_2 = 50$,W_1=0,50, W_2=0,50, C_1=100, C_2=100, σ_1^2 =150, σ_2^2 =100, $C = 6000$ iken TMSKÖ yöntemi ile çekilen örnek çapları, varyanslar, kullanılan bütçe ve GE değerleri

α	n_1	n_2	m_1	r_1	m_2	r_2	$V(\bar{X}_{TMSKÖ})$	$V(\bar{X}_{TÖ})$	GE_1	α değerleri için kullanılan bütçe
0,2	12	8	12	1	8	1	0,9807	5	5,0984	α =0,2 C'=315.94
			12	1	4	2	1,5221	5	3,2849	
			6	2	8	1	1,3544	5	3,6917	
			6	2	4	2	1,8958	5	2,6374	
			4	3	8	1	1,7114	5	2,9216	
			4	3	4	2	2,2528	5	2,2195	
			3	4	8	1	1,9871	5	2,5162	
			3	4	4	2	2,5285	5	1,9775	
0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1; 1,2; 1,5	11	9	11	1	9	1	0,9290	4,9369	5,3142	α =0,4 C'=501,7 α =0,5 C'=631.66 α =0,6 C'=795,2 α =0,8 C'=1260,90 α =1 C'=2000 α =1.2 C'=3173,5 α =1,5 C'=6348,30*
			11	1	3	3	1,7139	4,9369	2,8805	

Tablo 22. $L = 2$, $n = 20$, $N_1 = 50$ *ve* $N_2 = 50$,W_1=0,50, W_2=0,50, C_1=100, C_2=100, σ_1^2 =150, σ_2^2 =100, $C = 6000$ *iken TMSKÖ yöntemi ile çekilen örnek çapları, varyanslar, kullanılan bütçe ve GE değerleri*

α	n_1	n_2	m_1	r_1	m_2	r_2	$V(\bar{X}_{TSKÖ})$	$V(\bar{X}_{TÖ})$	GE_2	α değerleri için kullanılan bütçe
0,2; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1; 1,2; 1,5	11	9	11	1	9	1	1,2887	4,9369	3,8309	α =0,2 C'=316.72 α =0,4 C'=501,7 α =0,5 C'=631.66 α =0,6 C'=795,2 α =0,8 C'=1260,90 α =1 C'=2000 α =1.2 C'=3173,5 α =1,5 C'=6348,30*
			11	1	3	3	2,1087	4,9369	2,3412	

Tablo 21 ve Tablo 22'ye bakıldığında, $\sigma_1^2 = 150$, C_1, C_2 ve σ_2^2 parametrelerinin eşit (100) ve W_1=W_2 olduğu durum göz önüne alınmıştır. Bu durumda $\sigma_1^2 > \sigma_2^2$ olduğundan n_1, n_2'den büyük elde edilmiştir.

Aynı örnek çapı için TMSKÖ yöntemi, TSKÖ yöntemine göre daha etkin sonuçlar vermiştir. Örneğin $\alpha = 0{,}40$ olduğu durumda, Tablo 21'de $n_1 = 11$ $(m_1 = 11, r_1 = 1)$, $n_2 = 9$ $(m_2 = 9, r_2 = 1)$ iken $GE_1 = 5{,}3142$ elde edilmişken Tablo 22'de aynı örnek çapı için $GE_2 = 3{,}8309$ dur. Tablo 22'de ise α'nın artması örnek çaplarının dağılımını değiştirmediğinden, α arttıkça $V(\bar{X}_{TSKÖ})$ ve GE_2 değerleri değişmemiştir. Ayrıca, $\alpha = 0{,}40$ ve sonraki durumlar için Tablo 21'de ve Tablo 22'de örnek çapları ve kullanılan parametreler aynı olduğu için kullanılan bütçeler aynı çıkmıştır.

Tablo 19 ile karşılaştırıldığında sadece tabaka ağırlıkları farklılık göstermekte olup, bu durumda $\alpha = 0{,}20$ iken $n_1 = 5, n_2 = 15$ elde edilmiştir. Ancak Tablo 21'de tabaka ağırlıkları eşit iken aynı α değeri için $n_1 = 12, n_2 = 8$ elde edilmiştir. Buna göre, tabaka ağırlıklarının örnek çapı üzerinde tabaka varyansından daha fazla etkili olduğu sonucu çıkarılabilir.

Tablo 23. $L = 2$, $n = 20$, $N_1 = 30$ ve $N_2 = 70$,W_1=0,30, W_2=0,70, C_1=100, C_2=100, σ_1^2 =100, σ_2^2 =30, $C = 6000$ iken TMSKÖ yöntemi ile çekilen örnek çapları, varyanslar, kullanılan bütçe ve GE değerleri

α	n_1	n_2	m_1	r_1	m_2	r_2	$V(\bar{X}_{TMSKÖ})$	$V(\bar{X}_{TÖ})$	GE_1	α değerleri için kullanılan bütçe
0,2; 0,4; 0,5; 0,6;	8	12	8	1	12	1	0,3657	1,8400	5,0314	α =0,2 C'=315.94 α =0,4 C'=357.94 α =0,5 C'=629.25 α =0,6 C'=792,34
			4	2	12	1	0,5606	1,8400	3,2822	
			8	1	6	2	0,5122	1,8400	3,5923	
			4	2	6	2	0,7071	1,8400	2,6022	
			8	1	4	3	0,6521	1,8400	2,8217	
			4	2	4	3	0,8471	1,8400	2,1721	
			8	1	3	4	0,7602	1,8400	2,4204	
			4	2	3	4	0,9551	1,8400	1,9265	
0,8; 1; 1,2; 1,5	9	11	9	1	11	1	0,3494	1,8264	5,2272	α =0,8 C'=1260,90 α =1 C'=2000 α =1.2 C'=3173,5 α =1,5 C'=6348,30*
			3	3	11	1	0,6320	1,8264	2,8899	

Tablo 24. $L = 2$, $n = 20$, $N_1 = 30$ ve $N_2 = 70$,W_1=0,30, W_2=0.70, C_1=100, C_2=100, σ_1^2 =100, σ_2^2 =30, $C = 6000$ iken TSKÖ yöntemi ile çekilen örnek çapları, varyanslar, kullanılan bütçe ve GE değerleri

α	n_1	n_2	m_1	r_1	m_2	r_2	$V(\bar{X}_{TSKÖ})$	$V(\bar{X}_{TÖ})$	GE_2	α değerleri için kullanılan bütçe
0,2; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1; 1,2; 1,5	9	11	9	1	11	1	0,4850	1,8264	3,7658	α =0,2 C'=316.72 α =0,4 C'=501,7 α =0,5 C'=631.66 α =0,6 C'=795,2 α =0,8 C'=1260,90 α =1 C'=2000 α =1.2 C'=3173,5 α =1,5 C'=6348,30*
			3	3	11	1	0,7802	1,8264	2,3409	

Tablo 23 ve Tablo 24'e bakıldığında, $\sigma_2^2 = 30$, C_1, C_2 ve σ_1^2 parametrelerinin eşit (100) ve W_1<W_2 olduğu durum göz önüne alınmıştır. İkinci tabakanın ağırlığı birinci tabakadan daha yüksek ancak varyansı birinci tabakadan daha düşük olmasına rağmen, ikinci tabakadan daha fazla örnek seçildiği görülmektedir. Bu durum Tablo 21 ve 22'de vurgulandığı gibi tabaka ağırlıklarının örnek çapı üzerinde tabaka varyansından daha etkili olmasından kaynaklanmaktadır.

Tablo 3 ve 4'deki sonuçlarla karşılaştırılarak varyansın etkisine bakıldığında, $\alpha = 0{,}20$ için, Tablo 3'te $n_1 = 4$ $(m_1 = 4, r_1 = 1)$, $n_2 = 16$ $(m_2 = 16, r_2 = 1)$ iken $GE_1 = 3{,}9055$ olup, Tablo 23'de $n_1 = 8$ $(m_1 = 8, r_1 = 1)$, $n_2 = 12$ $(m_2 = 12, r_2 = 1)$ iken $GE_1 = 5{,}0314$ elde edilmiştir. Buna göre, Tablo 23'de tabaka varyansı küçük olan ikinci tabakadan daha az örnek seçilmiş ve birinci ve ikinci tabakadan seçilen örnek çapları birbirine yaklaşmıştır. Bu durumlarda GE değerinin arttığı gözlenmiştir. Tablo 4 ve Tablo 24'de de benzer sonuçlar gözlenmektedir.

Tablo 25. $L = 2$, $n = 20$, $N_1 = 30$ ve $N_2 = 70$, ,W_1=0,30, W_2=0,70, C_1=100, C_2=100, σ_1^2 =100, σ_2^2 =150, $C = 6000$ iken TMSKÖ yöntemi ile çekilen örnek çapları, varyanslar, kullanılan bütçe ve GE değerleri

α	n_1	n_2	m_1	r_1	m_2	r_2	$V(\bar{X}_{TMSKÖ})$	$V(\bar{X}_{TÖ})$	GE_1	α değerleri için kullanılan bütçe
0,2; 0,4	3	17	3	1	17	1	1,7353	5,9735	3,4423	α =0,2 C'=300.80 α =0,4 C'=465,7
0,5; 0,6	4	16	4	1	16	1	1,2507	5,4938	4,3926	α =0,5 C'=600 α =0,6 C'=757,54
			4	1	8	2	1,6709	5,4938	3,2879	
			4	1	4	4	2,4669	5,4938	2,2270	
0,8; 1; 1,2	5	15	5	1	15	1	1,0146	5,3500	5,2730	α =0,8 C'=1235,10 α =1 C'=2000 α =1.2 C'=3268,01
			5	1	5	3	1,9218	5,3500	2,7838	
			5	1	3	5	2,7148	5,3500	1,9707	
1,5	6	14	6	1	14	1	0,9417	5,4000	5,7343	α =1,5 C'=6708*
			6	1	7	2	1,4742	5,4000	3,6630	
			3	2	14	1	1,2454	5,4000	4,3360	
			3	2	7	2	1,7779	5,4000	3,0373	

Tablo 26. $L = 2$, $n = 20$, $N_1 = 30$ ve $N_2 = 70$, ,W_1=0,30, W_2=0,70, C_1=100, C_2=100, σ_1^2 =100, σ_2^2 =150, $C = 6000$ iken TSKÖ yöntemi ile çekilen örnek çapları, varyanslar, kullanılan bütçe ve GE değerleri

α	n_1	n_2	m_1	r_1	m_2	r_2	$V(\bar{X}_{TSKÖ})$	$V(\bar{X}_{TÖ})$	GE_2	α değerleri için kullanılan bütçe
0,2; 0,4	5	15	5	1	15	1	1,3778	5,3500	3,8830	α =0,2 C'=309.85 α =0,4 C'=485,77
			5	1	5	3	2,4186	5,3500	2,2120	
			5	1	3	5	3,2102	5,3500	1,6666	
0,5; 0,6; 0,8; 1; 1,2	6	14	6	1	14	1	1,2979	5,4000	4,1606	α =0,5 C'=619.11 α =0,6 C'=780,17 α =0,8 C'=1245,10 α =1 C'=2000 α =1.2 C'=3231,8
			6	1	7	2	1,9313	5,4000	2,7960	
			3	2	14	1	1,6108	5,4000	3,3524	
			3	2	7	2	2,2442	5,4000	2,4062	
1,5	7	13	7	1	13	1	1,3057	5,5896	4,2809	α =1,5 C'=6539,20*

Tablo 25 ve Tablo 26'ya bakıldığında, $\sigma_2^2 = 150$, C_1, C_2 ve σ_1^2 parametrelerinin eşit (100) ve W_1<W_2 olduğu durum göz önüne alınmıştır. Aynı örnek çapı için TMSKÖ yöntemi, TSKÖ yöntemine göre daha etkin sonuçlar vermiştir. Örneğin, $n_1 = 5$ $(m_1 = 5, r_1 = 1)$, $n_2 = 15$ $(m_2 = 15, r_2 = 1)$ iken Tablo 25'de $GE_1 = 5{,}2730$'dir. Tablo 26'da ise $GE_2 = 3{,}8830$'dur.

Yukarıda verilen tablolardan elde edilen sonuçlara göre, doğrusal olmayan maliyet fonksiyonu kısıtı altında, TMSKÖ, TSKÖ ve TÖ yönteminde hesaplanan örnek çapı paylaştırma formülüne α değeri doğrudan etki etmektedir. Ancak $\mathrm{V}(\bar{X}_{\mathrm{TMSKÖ}})$, $\mathrm{V}(\bar{X}_{\mathrm{TSKÖ}})$ ve $\mathrm{V}(\bar{X}_{\mathrm{TÖ}})$ varyans değerlerine doğrudan değil dolaylı yoldan etkisi olduğundan, örnek çapı değişmedikçe bu varyans değerleri de değişmemektedir. Bu nedenle bazı durumlarda α arttıkça örnek çapı aynı kaldığı için varyanslar da değişmemektedir.

Bu çalışmada, elde edilen tabaka örnek çapları için bu örnek çaplarını sağlayan tüm mümkün küme ve tekrar sayıları incelenerek yöntemlerin GE değerleri elde edildiğinden, tabaka sayısının ve örnek çapının yüksek olduğu durumlarda çok sayıda mümkün durum ortaya çıkacağından sadece L=2 ve n=20 durumu göz önüne alınmıştır. Buradan elde edilen sonuçlar tabaka sayısının ve örnek çapının daha yüksek olduğu durumlara genellenebilir.

5. Sonuç

Bu çalışmada, TMSKÖ ve TSKÖ yöntemleri için doğrusal olmayan maliyet kısıtı altında en uygun paylaştırma yöntemi ile gerekli örnek çapı formülleri elde edilmiştir. Elde edilen formüllerde yer alan tabaka ağırlıklarının, tabaka varyanslarının ve tabaka maliyetleri ile α'nın, örnek çapı paylaştırma ve incelenen örnekleme yöntemlerinin varyanslarında ortaya çıkardığı etkiler uygulama çalışması yapılarak detaylı olarak incelenmiştir. Bu anlamda aynı örnek çapı için mümkün seçilebilecek küme çapı ve tekrar sayısı belirlenerek, TMSKÖ ve TSKÖ yöntemlerinin TÖ'ye göre GE değerleri de karşılaştırılmıştır.

TÖ'de en uygun paylaştırma yöntemine göre bir tabakadan daha fazla örnek çekilebilmesi için o tabakadan bir birim örnek çekmenin maliyetinin düşük olması ve tabaka varyansı ile tabaka ağırlığının yüksek olması gerekir. Bu çalışmada, tabaka ağırlıklarının örnek çapı üzerinde maliyet ve tabaka varyansından daha fazla etkili olduğu görülmüştür. Tabaka ağırlıkları birbirine yaklaştıkça ve α değeri arttıkça tabaklardan seçilecek örnek çapları da birbirine yaklaşmaktadır.

α bakımından değerlendirildiğinde, α değeri arttıkça örnek çaplarında r_h=1 olduğu durumlarda genellikle GE değerlerinin de arttığı gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, araştırma için kullanılan bütçenin de arttığı göz önünde bulundurulmalıdır. Aynı α değerleri için TMSKÖ ve TSKÖ yöntemlerinde örnek çaplarının aynı olduğu durumlarda, araştırma için harcanan bütçe aynı kalmakla birlikte TMSKÖ yönteminin GE değerinin daha yüksek olduğu görülmüştür. α değerlerinin farklı olduğu durumlarda ise, örnek çapları aynı iken TMSKÖ yönteminin GE değerinin daha yüksek ancak araştırma için harcanan bütçenin daha fazla olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca aynı α değeri için TMSKÖ yöntemi TSKÖ yöntemine göre bütçeyi daha az kullanmaktadır. Tabakadan örnek seçme maliyetinin yüksek ve tabaka ağırlığının düşük olduğu durumlarda ise α'nın küçük değerleri için, TMSKÖ daha az bütçe ile daha etkin tahminler yapabilmektedir.

Aynı örnek çapı için küme sayısı artıp, tekrar sayısı azaldıkça GE_1 ve GE_2 değerleri artmaktadır. Buna göre, TMSKÖ ve TSKÖ'de örnek çapı paylaştırıldıktan sonra en yüksek küme çapı ve en düşük tekrar sayısı ile çalışılması tercih edilmelidir. GE_1 ve GE_2 değerlerine bakıldığında ise genellikle TMSKÖ'nün, TSKÖ'ye göre daha etkin olduğu görülmektedir. Ayrıca bu durumda TMSKÖ yöntemi TSKÖ yöntemine göre bütçeyi eşit veya daha fazla kullanmaktadır.

Sonuç olarak, doğrusal olmayan maliyet fonksiyonu kısıtı altında TMSKÖ yönteminin TÖ ve TSKÖ yöntemlerine göre daha etkin bir yöntem olduğu söylenebilir. Araştırmacı için bütçe önemli değilse TMSKÖ ile daha etkin tahminler elde edilebilir. Ancak bütçe kısıtı önemli ise, GE'deki düşüş göz önüne alınarak TÖ'den yine daha etkin olan TSKÖ yöntemi tercih edilebilir.

Yazarların Katkısı

Tüm yazarlar çalışmaya eşit katkıda bulunmuştur.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Kaynaklar

Chernyak, A., (2001). Optimal allocation in stratified and double random sampling with a nonlinear cost function. *Journal of Mathematical Sciences*, 103, 525-528.

Cochran, W.G., (1977). *Sampling techniques* (Third Edition). New York: John Wiley and Sons, 89-111.

Costa, A., Satorra, A., and Ventura, E., (2004). Improving both domain and total area estimation by composition. *SORT*, 28, 69-86.

Etikan, I. and Bala, K., (2017). Sampling and sampling methods. *Biometrics and Biostatistics International Journal*, 5(6), 00149.

Hajighorbani, S. and Aliakbari Saba, R., (2012). Stratified median ranked set sampling: Optimum and proportional allocations. *Journal of Statistical Research of Iran*, 9, 87-102.

İbrahim, K., Syam, M. and Al-Omari, A. I., (2010). Estimating the population mean using stratified median ranked set sampling. *Applied Mathematical Sciences*, 4, 2341-2354.

McIntyre, G., (1952). A method for unbiased selective sampling, using ranked sets. *Australian Journal of Agricultural Research*, 3, 385–390.

Muttlak, H., (1997). Median ranked set sampling. *Journal of Applied Statistical Science*, 6, 245–255.

Neyman, J., (1934). On the two different aspects of the representative methods: The method stratified sampling and the method of purposive selection. *Royal Statistical Society*, 97, 558-606.

Özdemir, Y. A., (2005). *Sıralı Küme Örneklemesiyle Doğrusal Regresyon Modelinde Parametre Tahminlerinin İncelenmesi*. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1-45.

Özdemir, Y. A., Şahin Tekin, S. T. ve Esin, (2015). *Çözümlü Örneklerle Örnekleme Yöntemlerine Giriş*. Birinci Baskı, Ankara, 167-296.

Parrish, R. S., (1992). Computing Variances and Covariances of Normal Order Statistics. *Communications in Statistics-Simulation and Computation*, 21, 71-101.

Şahin, S. T., (2010). *Tabakalı Tesadüfi Örneklemede Doğrusal Olmayan Maliyet Kısıtları Altında Örnek Çapının Tabakalara Paylaştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 22-31.

Samawi, H. M. (1996). Stratified ranked set sample. *Pakistan Journal of Statistics*, 12, 9-16.

Tekin, S. T. Ş., Özdemir, Y. A. and Metin, C. B., (2017). A New Comprimise Allocation Method in Stratified Random Sampling. *Gazi University Journal of Science*, 30, 181-194.

Ullah, A., Shabbir, J., Hussain, Z. and Al-Zahrani, B., (2014). Estimation of finite population mean in multivariate stratified sampling under cost function using goal programming. *Hindawi Publishing Corporation Journal of Applied Mathematics*, 7.