

TOPSIS-VIKOR Yöntemleriyle Türkiye'deki İllerin Endüstriyel Odun Üretimi Analizi

Murat Yeşilkaya^{1,*}, Yıldız Çabuk², Selman Karayılmazlar³

¹Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Niksar Meslek Yüksekokulu, Niksar, Tokat, Türkiye
^{2,3}Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bartın, Türkiye

Makale Tarihiçesi

Gönderim: 29.06.2022

Kabul: 15.11.2022

Yayın: 15.12.2022

Araştırma Makalesi



Öz – Bu çalışmada, Türkiye’de endüstriyel odun üretimine dayalı olarak illerin potansiyel analizi yapılmıştır. Bu maksatla çok ölçütlü karar verme tekniklerinden olan TOPSIS ve VIKOR yöntemleri kullanılmıştır. Bilindiği gibi ormandan elde edilen odunlar farklı sınıflara sahip olup ekonomik değerleri de birbirinden farklıdır. Problemin hiyerarşik yapısında farklı tiplerdeki odun sınıfları kriter olarak, Türkiye’deki iller de alternatif olarak belirlenmiştir. Çalışmadaki veriler Orman Genel Müdürlüğü’nden elde edilmiştir. Her iki yöntemden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve harita üzerinde görselleştirilmiştir. Sonuçlarda, orman varlığı yüksek olan Kütahya, Kastamonu, Bolu, Antalya gibi iller endüstriyel odun üretim performansına göre ilk sırada yer almıştır. Tel direk ve tomruk sınıfından odun üretimi yapan illerin endüstriyel odun üretim performansının üst sıralarda olduğu görülmüştür. Ayrıca iki yöntemin sonuçlarına göre, özellikle ilk 30 ilin sıralaması oldukça farklı olup, son 51 ilin sonuçlarının ise birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. Son sıralarda yer alan iller ise orman varlığı çok düşük olan Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu’da yer alan illerdir.

Anahtar Kelimeler – Endüstriyel odun üretimi, TOPSIS, VIKOR, çok ölçütlü karar verme

Industrial Wood Production Analysis of Provinces in Turkey with TOPSIS-VIKOR Methods

¹Department Niksar Vocation School, Tokat Gaziosmanpaşa University, Niksar, Tokat, Turkey
^{2,3}Department of Forest Industry Engineering, Faculty of Forestry, Bartın University, Bartın, Turkey

Article History

Received: 29.06.2022


Accepted: 15.11.2022


Published: 15.12.2022

Research Article

Abstract – In this study, a potential analysis of provinces based on industrial wood production in Turkey was carried out. For this purpose, TOPSIS and VIKOR methods, which are multi-criteria decision-making techniques, were used. As it is known, the woods obtained from the forest have different grades and their economic values are different from each other. In the hierarchical structure of the problem, different types of wood grades were determined as criteria, and provinces in Turkey were determined as alternatives. The data in the study were obtained from the General Directorate of Forestry. The results obtained from both methods were compared and visualized on the map. In the results, provinces such as Kütahya, Kastamonu, Bolu and Antalya, which have high forest assets, ranked first in terms of industrial wood production performance. It has been observed that the industrial wood production performance of the provinces producing wood from utility telephone pole and log grade is at the top. In addition, according to the results of the two methods, especially the ranking of the first 30 provinces is found quite different, and it is seen that the results of the last 51 provinces are very close to each other. The provinces in the last place are those located in Eastern Anatolia and South-eastern Anatolia, where forest assets are extremely low.

Keywords – Industrial wood production, TOPSIS, VIKOR, multi-criteria decision making

¹  murat.yesilkaya@gop.edu.tr

²  yildizcabuk@yahoo.com

³  selman@bartin.edu.tr

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

1. Giriş

Türkiye’de ormanların yönetimi ve denetimi anayasal güvence ile devlet tarafından yapılmaktadır. Türkiye’de orman alanlarının %99’u devlet ormanları olup Orman Genel Müdürlüğü (OGM) tarafından idaresi ve işletilmesi yapılmaktadır. Ormanlar temiz hava sağlama, erozyon, sel gibi doğal afetleri önleme gibi dolaylı faydalarının yanında odun üretimi ile ülke ekonomilerine ekonomik faydalar sağlamaktadır. Bugün odun veya daha genel bir ifadeyle ağaç malzeme yenilenebilir ve kolay işlenebilir bir malzeme olması nedeniyle çok çeşitli kullanım alanları olan çok önemli bir hammaddestir. Odunu çeşitli tekniklerle işleyip endüstriyel ürün haline dönüştüren sektörler orman ürünleri endüstrisi sektörü denmektedir. Bu sektörde yongalevha, liflevha, kontrplak içinde olduğu ahşap levha, kereste, kaplama ve mobilya gibi endüstriler vardır.

Türkiye orman ürünleri sektörü doğrudan veya dolaylı olarak yaklaşık 1 milyon kişiye istihdam ve 20 milyar \$ üzerinde ekonomik katkı ile önemli bir sektördür (OGM, 2020). Ülkemizde ilk 500 sanayi kuruluşu içinde birçok orman endüstrisi işletmesi vardır. Dünya Gıda ve Tarım Örgütü’ne göre, Türkiye ahşap levha üretiminde yaklaşık 15 milyon m³ ile Dünya’da ilk sıralarda yer almaktadır (FAO, 2020). Tüm bu orman ürünleri endüstrisinin ana temel hammaddesi odundur.

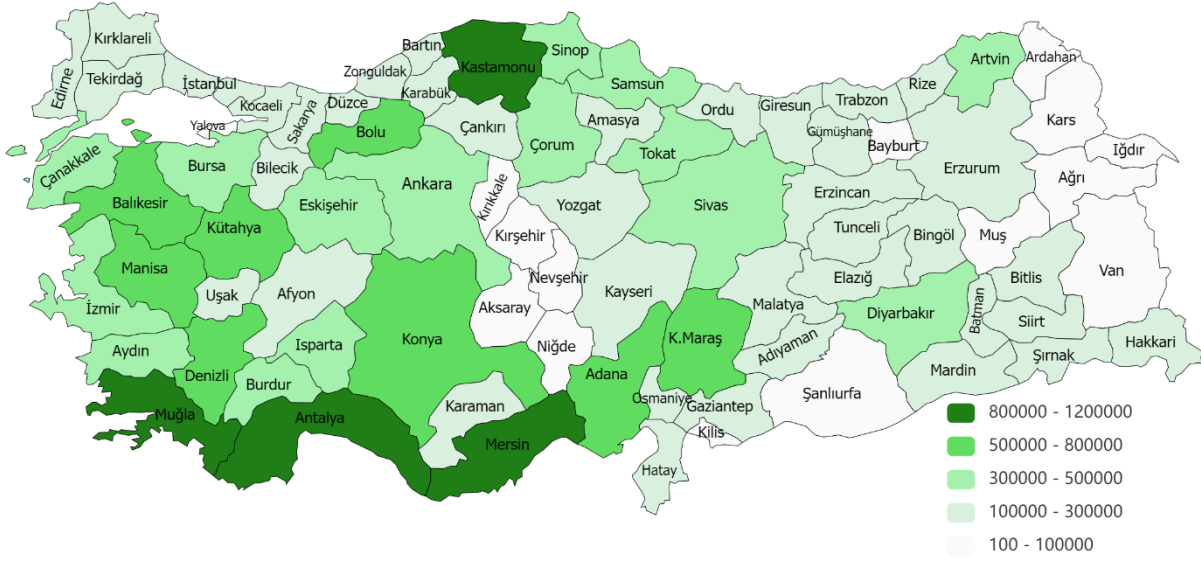
Türkiye odun üretiminin de %99’u OGM tarafından yapılmaktadır. OGM bünyesinden üretilen odun hammaddesi, endüstriyel odun ve yakacak olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Endüstriyel odunda kendi içinde tomruk, maden direği, tel direk, sanayi odunu, lif-yonga odunu, kağıtlık odun ve sırik olmak üzere 7 alt sınıfa ayrılmıştır. Bu sınıflardaki odun tiplerinin boy ve çap değerleri Tablo 1’de verilmiştir. Tomruk olarak ifade edilen endüstriyel odun tipi kabuksuz orta çapı en az 19 cm ve boyu en az 1,5 m ve daha uzun olan iğne yapraklı veya yapraklı yuvarlak odun türüdür. Maden direği, maden ocaklarında kullanılan, tel direği boyu 6,5 m uzun olan telekomünikasyon ve elektrik hava hatlarında kullanmaya uygun odun türüdür. Kağıtlık odun ise, selüloz üretimi için kabuklu yarma veya yuvarlak odun türüdür. Yakacak odun tipi ise endüstriyel olarak kullanılmayan sadece ısı elde etmek için kullanılan düşük ekonomik değere sahip odun türüdür. Ayrıca Tablo 1’de odun sınıflarının OGM tarafından belirlenen 2020 yılındaki ortalama cari fiyatları da verilmiştir. Odun sınıflarında 576 TL/ m³ ile tel direk en yüksek fiyatlı, 89 TL/ster ile yakacak odun en düşük fiyatlı odundur.

Tablo 1

Endüstriyel odun sınıfları (OGM, 2022)

| Sınıflar | Orta çap (cm) | Boy (m) | Cari fiyatı (TL/m ³) | Sınıflar | Orta çap (cm) | Boy (m) | Cari fiyatı (TL) |
|--------------|---------------|---------|----------------------------------|--------------------|---------------|---------|-------------------------|
| Tomruk | ≥ 19 | ≥ 1,5 | 464,0 | Lif-yonga odunu | 8-20 | 0,5-2 | 172,0 (m ³) |
| Maden direği | 8-22 | ≥ 1,5 | 341,4 | Kağıtlık (Kabuklu) | ≥ 10 | - | 262,1 (m ³) |
| Tel direk | ≥ 11 | ≥ 6,5 | 576,0 | Sırik (Kabuklu) | 5-8 | ≥ 2 | 180,4 (ster) |
| Sanayi odunu | ≥ 5 | 0,5-1,5 | 300,9 | Yakacak odun | ≥ 2 | - | 89,7 (ster) |

OGM tarafından 2020 yılında yayınlanan verilere dayanarak Türkiye’deki illerin sahip olduğu orman varlığı alanı Şekil 1’de harita üzerinde gösterilmiştir. Ülkemizde orman varlığında Karadeniz bölgesi ve Antalya yöresi önde gelmektedir. Antalya, toplam alanının %56’sı orman alanına sahip olan ve 1 milyon hektarın üzerinde orman alanına sahip tek ildir. Antalya’yı 873 bin hektarla Kastamonu, 835 bin hektarla Mersin, 829 bin hektarla Muğla takip etmektedir. En düşük orman alanına sahip illerimiz ise sırasıyla Iğdır, Ağrı ve Şanlıurfa’dır. Bazı şehirlerin yüzölçümü küçük olduğu için orman varlığı alanında küçük olduğu görülmektedir. Örneğin toplam alanın %60’ı orman olan Bartın yüzölçümünün küçük olmasından dolayı toplam orman alanı 135 bin hektar civarındadır. Toplam alanının %16’sı orman olan Konya’nın yüzölçümünden dolayı toplam orman alanı 634 bin hektar civarındadır. Ülkemiz yüzölçümünün yaklaşık %29,4’ü ormanlarla kaplı olup yaklaşık 22,9 milyon hektarlık orman alanına sahiptir. Yüzölçümüne göre en fazla orman alanına sahip ilimiz %72 ile Karabük 278 bin hektar, en düşük orman alanına sahip ilimiz ise %0,05 altında Iğdır 161 hektardır.



Şekil 1. Orman alanının il düzeyinde dağılımı (hektar), (OGM, 2022)

Tüm bu bilgiler ışığında ormancılık ve orman ürünleri endüstrisi ile ilgili planlamalarda ve hedeflerin belirlenmesinde matematiksel temelli karar verme tekniklerinin kullanılması fayda sağlayabilir. Uzun vadeli orman yönetimi planlaması, genellikle, karmaşık bir karar süreci yaratarak, birbiriyle çelişen hedeflere sahip birkaç paydaşı içermektedir (Nilsson, vd., 2016). Türkiye ormancılığında büyük ölçüde odun üretimi temelinde ve tek boyutlu geleneksel planlama yaklaşımlarının kullanıldığı, fakat son yıllarda orman kaynaklarının yönetimi ve planlanmasında Çok Ölçütlü Karar Verme (ÇÖKV) teknikleri kullanan bazı çalışmaların olduğu vurgulanmıştır.

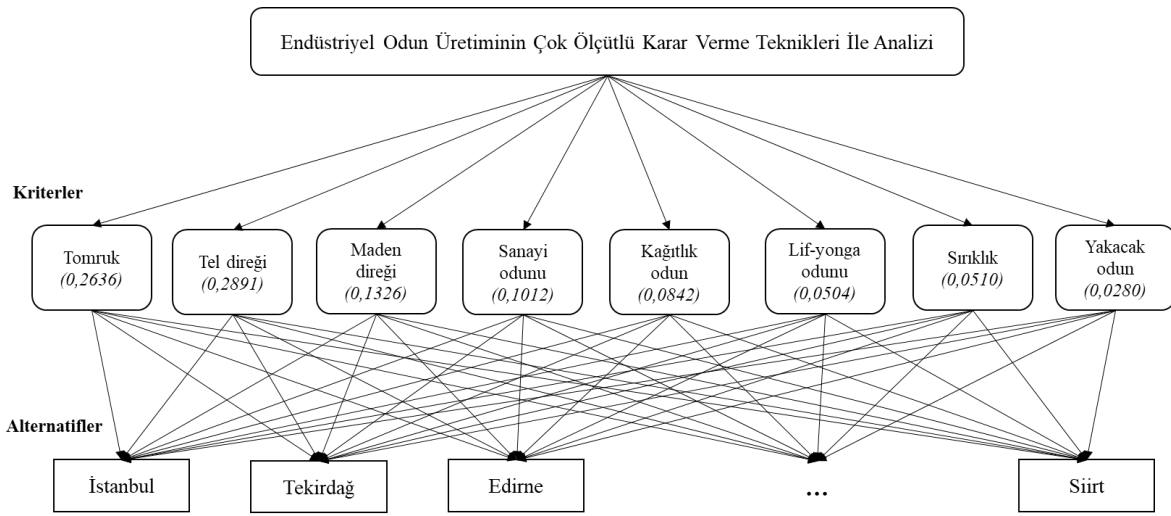
Literatürde ormancılık alanında ÇÖKV teknikleri ile yapılmış bazı çalışmalar şu şekildedir; Elfvingren, vd., (2007), Finlandiya orman ürünleri endüstrisinin tüm yönleri ile geleceğe yönelik stratejilerin planlanmasında AHP kullanmıştır. Ananda ve Herath, (2009) orman yönetimi ve planlamasına ilişkin ÇÖKV teknikleri ile yapılmış çalışmaların kapsamlı bir literatür taramasını yapmıştır. Kaya ve Kahraman, (2011), İstanbul'daki alternatif ağaçlandırma alanları arasından seçim yapmak için bulanık VIKOR-AHP yöntemini kullanmış ve en uygun ağaçlandırma alanını belirlemiştir. Nilsson, vd., (2016) İsveç'te sürdürülebilir stratejik orman yönetimi için AHP ve TOPSIS yöntemlerini kullanmıştır. Sarı (2021) Muğla ilinde orman yangını duyarlılık haritalarının oluşturulması için coğrafi bilgi sistemleri ile TOPSIS ve VIKOR yöntemlerini kullanmıştır. Sonuçlarda ilin hangi bölgelerinin orman yangınına eğilimli olduğu belirlenmiştir. Latterini, vd., (2022) çeşitli sürdürülebilirlik kriterlerini temel alan en uygun hasat sisteminin seçimi için AHP ve coğrafi bilgi sistemlerini kullanmışlardır.

Ayrıca bu çalışmalar dışında farklı konularda Türkiye'de illerin performans veya sırasını belirlemek için ÇÖKV teknikleri kullanan birkaç çalışma vardır. Urmak vd., (2017) Türkiye'deki illerin ağaçlandırma, bakım, üretim gibi ormancılık faaliyetlerini değerlendirmek için AHP ve MAUT yöntemini kullanmıştır. Sonuçlarda ormancılık faaliyetleri bakımından ilk sıralarda Malatya ve Mersin illeri çıkmıştır. Yeşilkaya (2018) ise Akdeniz bölgesinde kurulacak kağıt fabrikası için en uygun kuruluş yeri seçimini AHP, TOPSIS ve PROMETHEE yöntemleri ile yapmıştır. Güler vd., (2021) ÇÖKV teknikleri ile Türkiye'deki illerin deprem hasar görülebilirlik değerlendirmesini yapmıştır. Akyüz ve Çetin (2022) VIKOR yöntemi ile Türkiye'deki illerin insani gelişmişlik sıralamasını yapmıştır.

2. Problem ve Veri

Bu çalışmada Türkiye'deki illerin endüstriyel odun üretimlerini çok ölçütlü karar verme tekniklerinden olan TOPSIS ve VIKOR yöntemleri ile analiz edilmiştir. Farklı odun tipleri problemin kriterleri olarak seçilirken, Türkiye'de yer alan 81 ilde alternatifler olarak belirlenmiştir. OGM elden edilen veriler ile bu karmaşık problem ÇÖKV teknikleri ile çözülmüş ve sonuçlar illerin orman varlığı ile çapraz karşılaştırılarak analiz edilmiştir.

Çalışmanın kriterler ve alternatiflerden oluşturulan hiyerarşik yapısı Şekil 2'de verilmiştir. Ana kriterler olarak Tomruk, Tel direği, Maden direği, Sanayi odunu, Kağıtlık odun, Lif-yonga odunu, Sırlık ve Yakacak odun üretimleri kullanılmıştır. Alternatifler olarak ise Türkiye'deki 81 il kullanılmıştır. Kriterlerin ağırlıkları, ormancılık alanındaki uzmanların görüşü alınarak bu değerlerin geometrik ortalaması hesaplanarak belirlenmiştir. Nihai ağırlıkların belirlenmesinde AHP yöntemi kullanılmıştır. Her bir kriterin ağırlığı Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Problemin hiyerarşik yapısı

Çalışmadaki veriler OGM istatistiksel veri tabanından alınmıştır. Verilerde OGM tarafından illerin bilgileri coğrafi bir kodlama sistemi olan istatistiksel bölge birimleri sınıflamasına göre verilmiştir. İl bazında 2012-2020 yıllarının ortalaması alınarak odun üretim değerleri Tablo 2'de bir bütün olarak verilmiştir.

Tablo 2
Odun üretiminin il düzeyinde dağılımı (2012-2020 ortalaması)

| İstatistiksel Bölge Sınıf- laması | Endüstriyel odun (m ³) | | | | | | | Yakacak odun (ster) |
|--------------------------------------|------------------------------------|------------|--------------|-------------|---------------|----------------|--------|------------------------|
| | Tomruk | Tel direği | Maden direği | Sanayi odun | Kağıtlık odun | Lif-yonga odun | Sırlık | |
| TR100 İstanbul | 56523 | 0 | 7484 | 32950 | 37333 | 174986 | 21 | 226799 |
| TR211 Tekirdağ | 4931 | 0 | 2395 | 1681 | 8221 | 35738 | 0 | 50329 |
| TR212 Edirne | 26082 | 1 | 11340 | 6117 | 23773 | 63996 | 0 | 38809 |
| TR213 Kırklareli | 126989 | 0 | 21933 | 2276 | 20884 | 256441 | 2 | 197155 |
| TR221 Balıkesir | 225413 | 1895 | 33475 | 41023 | 153848 | 285658 | 187 | 273985 |
| TR222 Çanakkale | 155667 | 679 | 11128 | 17120 | 106734 | 210175 | 127 | 239950 |
| TR310 İzmir | 122926 | 0 | 5982 | 65741 | 81726 | 233056 | 0 | 80467 |
| TR321 Aydın | 102524 | 356 | 13655 | 14237 | 28118 | 113375 | 45 | 72010 |
| TR322 Denizli | 187233 | 2537 | 49277 | 16261 | 25922 | 207240 | 965 | 105665 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| TRC12 Adıyaman | 3 | 0 | 88 | 7 | 41 | 1193 | 0 | 4129 |
| TRC13 Kilis | 540 | 0 | 294 | 897 | 14 | 2632 | 0 | 727 |
| TRC21 Şanlıurfa | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 248 | 0 | 666 |
| TRC22 Diyarbakır | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 5204 |
| TRC31 Mardin | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 841 |
| TRC32 Batman | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5133 |
| TRC33 Şırnak | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 28984 |
| TRC34 Siirt | 0 | 0 | 0 | 34 | 0 | 144 | 0 | 31343 |

3. Çok Ölçütlü Karar Verme (ÇÖKV) Teknikleri

Bilindiği gibi ÇÖKV, matematiksel ve mantıksal temele dayalı birden çok kritere sahip en uygun alternatifin belirlenmesi yada alternatiflerin sıralamasının yapılmasına dayalı bir optimizasyon tekniğidir. Bu çalışmada Türkiye'deki illerin endüstriyel odun üretim performanslarının sıralaması yapılacağı için, alternatiflerin sıralanmasında sıklıkla kullanılan TOPSIS ve VIKOR yöntemleri kullanılmıştır.

3.1. TOPSIS Yöntemi

TOPSIS yöntemi ideal çözüme en yakın alternatifin çözümünü bulmaya çalışır. Belirlenen alternatifler arasından en iyiden kötüye doğru bir sıralama yapar. Yöntemin adımları şu şekildedir; (Yoon ve Hwang, 1995; Shohda vd., 2022)

Adım 1: Literatür taraması ve ilgili karar vericilerin kararlarına göre alternatif ve kriterler belirlenir.

Adım 2: Her bir kriter için her bir alternatifin değerleri olan karar matrisi (3.1) A_{nk} oluşturulur. a_{nk} , burada n. alternatifin, k. kriterinin değerini göstermektedir.

$$A_{nk} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1k} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2k} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nk} \end{bmatrix} \quad (3.1)$$

Adım 3: Eşitlik (3.2) gibi r_{nk} değeri hesaplanır ve standart karar matrisi R_{nk} elde edilir.

$$r_{nk} = \frac{a_{nk}}{\sqrt{\sum_{n=1}^N a_{nk}^2}}, \quad R_{nk} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1k} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2k} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nk} \end{bmatrix} \quad (3.2)$$

Adım 4: R_{nk} matrisi kriterlerin ağırlıkları vektörü w_k ile çarpılarak ağırlıklı standart karar matrisi V_{nk} elde edilir.

Adım 5: V_{nk} matrisinde bulunan değerlerin (v_{nk}) sütunların en büyük değerleri ile A^+ vektörü, en küçük değerleri ile A^- vektörü oluşturulur.

Adım 6: Maksimum ve minimum ideal noktaya olan uzaklık Eşitlik (3.3)'de görülen formülle hesaplanır.

$$S_n^+ = \sqrt{\sum_{k=1}^K (v_{nk} - v_k^+)^2}, \quad S_n^- = \sqrt{\sum_{k=1}^K (v_{nk} - v_k^-)^2} \quad (3.3)$$

Adım 7: Eşitlik (3.4) nihai sıralama ve en uygun karar noktası C_i^* belirlenir. Maksimum değer sahip C_n^* en uygun alternatiftir.

$$C_n^* = \frac{S_n^-}{S_n^- + S_n^+}, \quad 0 \leq C_n^* \leq 1 \quad (3.4)$$

3.2. VIKOR Yöntemi

Bu yöntem, ölçülebilir ve birbiriyle çelişen kriterlere sahip ayrı bir karar problemini çözmek için geliştirilmiştir. Yöntemin adımları şu şekildedir; (Opricovic ve Tzeng, 2004; Mardani, vd., 2016)

Adım 1: TOPSIS yöntemindeki A_{nk} matrisinden her bir kriter için en iyi ($f_k^* = \max_k \{ f_{nk} \}$) ve en kötü ($f_k^- = \min_k f_{nk}$) belirlenir. Eşitlik (3.5) ile ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi V_{nk} hesaplanır. Burada w_k ilgili kriterlerin ağırlıklarını gösterir.

$$V_{nk} = w_k (f_k^* - f_{nk}) / (f_k^* - f_k^-) \quad (3.5)$$

Adım 2: P_k ve R_k değerleri Eşitlik (3.6) ile hesaplanır.

$$P_k = \sum_{k=1}^K V_{nk}, \quad R_k = \max_k \{V_{nk}\} \quad (3.6)$$

Adım 3: Q_k değerleri Eşitlik (3.7) ile hesaplanır. Bu çalışma da $v=0,5$ alınmıştır.

$$Q_k = \frac{v(P_k - P^*)}{(P^- - P^*)} + \frac{(1-v)(R_k - R^*)}{(R^- - R^*)}, \quad 0 \leq Q_k \leq 1 \quad (3.7)$$

Burada $S^* = \max_k \{P_k\}$, $P^- = \min_k \{P_k\}$, $R^* = \max_k \{R_k\}$, $R^- = \min_k \{R_k\}$ ile belirlenir.

Adım 4: hesaplanan Q_k değerlerinde en küçük olan en uygun alternatif olarak belirlenir. Daha sonra, Opricovic ve Tzeng, (2007) çalışmasında açıklandığı gibi sonuçların geçerliliği test edilir ve nihai sıralama belirlenir.

4. Problemin Çözüm Sonuçları

Bu bölümde ÇÖKV teknikleri ile problemin çözümünden elde edilen sonuçlar sunulmuştur.

4.1. TOPSIS yöntemiyle çözüm

Tablo 2'deki değerlerle karar matrisi oluşturulmuştur. Daha sonra Adım 3'de anlatıldığı gibi standart karar matrisi hesaplanmış ve Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3

Standart karar matrisi

| | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 | K7 | K8 |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| A1 | 0,0488 | 0,0000 | 0,0509 | 0,1794 | 0,0690 | 0,1436 | 0,0068 | 0,2547 |
| A2 | 0,0043 | 0,0000 | 0,0163 | 0,0092 | 0,0152 | 0,0293 | 0,0000 | 0,0565 |
| A3 | 0,0225 | 0,0001 | 0,0771 | 0,0333 | 0,0439 | 0,0525 | 0,0000 | 0,0436 |
| A4 | 0,1096 | 0,0000 | 0,1492 | 0,0124 | 0,0386 | 0,2104 | 0,0008 | 0,2214 |
| A5 | 0,1945 | 0,1171 | 0,2277 | 0,2234 | 0,2842 | 0,2344 | 0,0603 | 0,3077 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| A80 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0326 |
| A81 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0002 | 0,0000 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0352 |

Karar vericiler tarafından belirlenen ağırlıkla ve AHP yöntemiyle bulunan kriterlerin ağırlıkları ile standart karar matrisi çarpılarak Adım 4'de anlatıldığı gibi ağırlıklı karar matrisi oluşturulmuştur. İlgili matris Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4

Ağırlıklı standart karar matrisi

| | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 | K7 | K8 |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| A1 | 1,2856 | 0,0004 | 0,6746 | 1,8150 | 0,5806 | 1,2088 | 0,0573 | 2,1446 |
| A2 | 0,1122 | 0,0000 | 0,2159 | 0,0926 | 0,1278 | 0,2469 | 0,0000 | 0,4759 |
| A3 | 0,5932 | 0,0016 | 1,0223 | 0,3369 | 0,3697 | 0,4421 | 0,0000 | 0,3670 |
| A4 | 2,8884 | 0,0000 | 1,9772 | 0,1254 | 0,3248 | 1,7715 | 0,0063 | 1,8643 |
| A5 | 5,1270 | 3,3856 | 3,0176 | 2,2597 | 2,3926 | 1,9733 | 0,5076 | 2,5907 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| A80 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,2741 |
| A81 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0019 | 0,0000 | 0,0010 | 0,0000 | 0,2964 |

Adım 5'deki gibi ideal (A+) ve negatif ideal (A-) vektörleri belirlenmiş ve Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 5

İdeal ve negatif ideal değerleri

| | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 | K7 | K8 |
|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| A* maks | 12,9566 | 17,2696 | 6,0559 | 5,3063 | 3,9391 | 3,8009 | 5,0904 | 2,5907 |
| A- min | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |

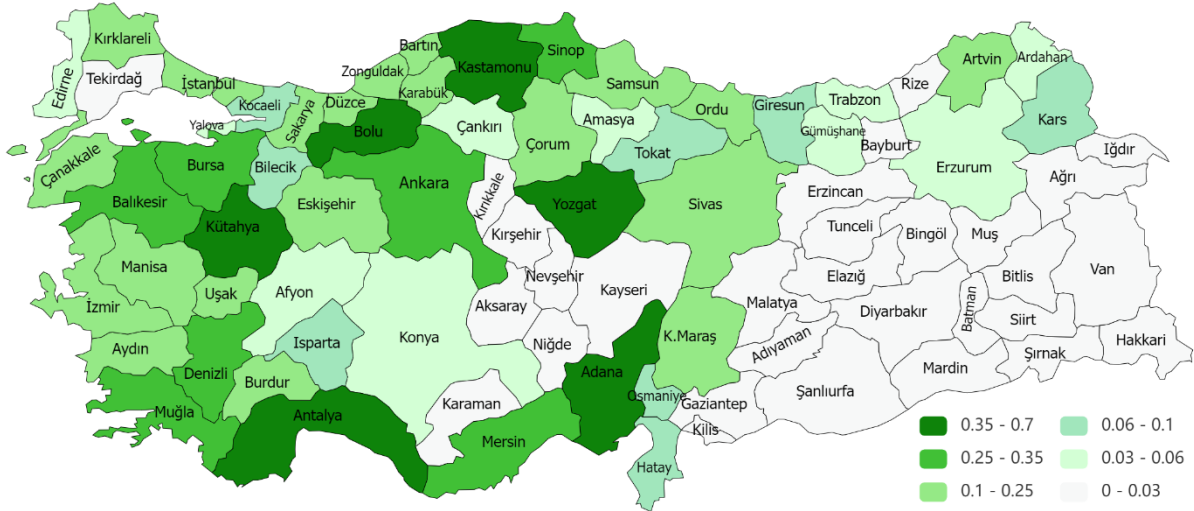
Daha sonra, Adım 6 ve 7'de anlatıldığı gibi ideal ve negatif ideal ve görelî yakınlık değerleri hesaplanmıştır. Bu değerler Tablo 6'da verilmiştir. İllerin endüstriyel odun üretimi analizi sonucunda, C* değerleri içinde 1' en yakın değere sahip ilk 6 ilin sırasıyla Kütahya, Yozgat, Kastamonu, Bolu, Antalya ve Adana olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 6

İdeal, negatif ideal ve Nihai sıralama sonuçları

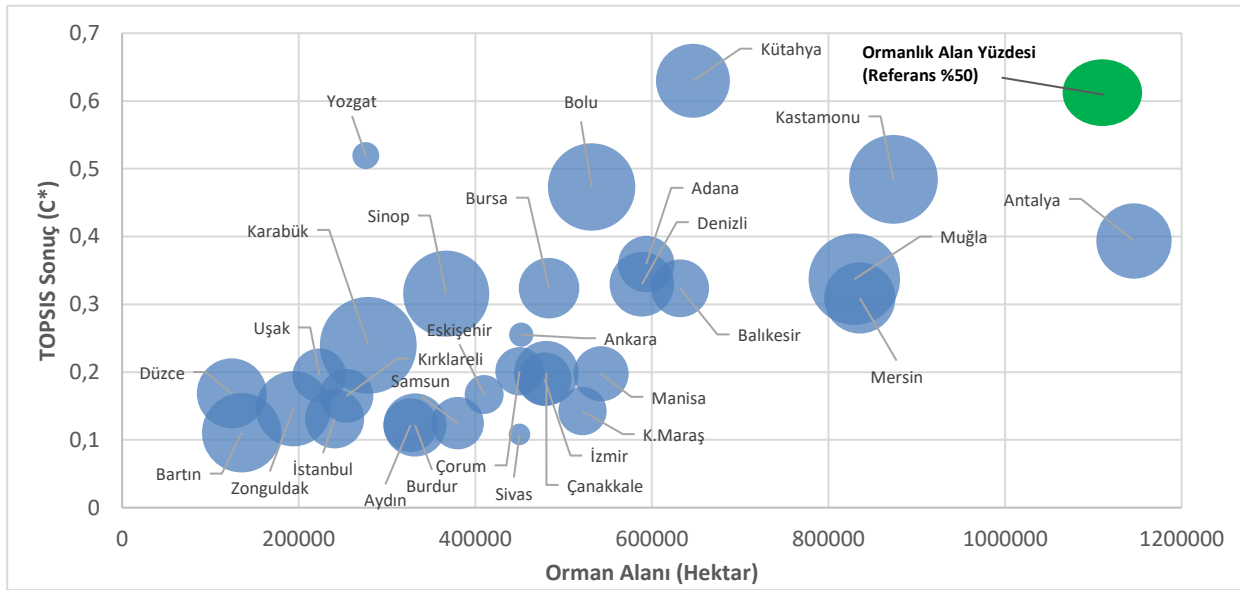
| | İdeal (S ⁺) | Negatif İdeal (S ⁻) | Görelî yakınlık (C*) | Nihai Sıra |
|-----|-------------------------|---------------------------------|----------------------|------------|
| A1 | 22,7841 | 3,4355 | 0,1310 | 25 |
| A2 | 24,1257 | 0,6095 | 0,0246 | 53 |
| A3 | 23,5786 | 1,4062 | 0,0563 | 43 |
| A4 | 22,0601 | 4,3574 | 0,1649 | 22 |
| A5 | 17,3007 | 8,2794 | 0,3237 | 10 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| A80 | 24,3349 | 0,2741 | 0,0111 | 56 |
| A81 | 24,3322 | 0,2964 | 0,0120 | 55 |

C* değerlerine göre illerin endüstriyel odun üretim performansları Türkiye haritası üzerinde Şekil 3'de verilmiştir. Harita üzerinde koyu yeşil iller yüksek performansa sahip daha açık değerler ise daha düşük performansa sahiptir. İlgili C* değerleri ve gösterdiği renkler harita üzerinde gösterilmiştir. Örneğin; Bursa ilinin C* değeri 0,25 ile 0,35 arasındadır ve ilk 10 içerisinde yer almaktadır. Doğu ve Güneydoğu illeri ile İç Anadolu'daki bazı iller orman varlığı düşük olmasından kaynaklı endüstriyel odun üretiminde son sıraladadırlar.



Şekil 3. TOPSIS yöntemi sonuçları

Şekil 4’de TOPSIS sonuçlarına göre endüstriyel odun üretiminde ilk 30 ilin ormanlık alanı ve illerin yüzölçümüne göre orman alanı yüzdesi karşılaştırılmalı olarak verilmiştir. Yatay eksen illerin orman alanı, dikey eksen TOPSIS sonuçlarındaki C* değerlerini ve balonlar ise ormanlık alan yüzdesini göstermektedir. Bilindiği gibi TOPSIS yönteminde C* değerlerinde 1’e yakın alternatifler en iyi seçeneklerdir. İlk 30 ilin sahip olduğu orman alanı 120 bin hektardan fazladır. Sonuçlar incelendiğinde yüzölçümünün %20’si orman ve 276 bin hektar ormanlık alana sahip olan Yozgat ilinin endüstriyel odun üretiminde ilk sıralarda yer alması ilginçtir. Bu sonuç bu ilin endüstriyel odun içindeki katma değeri en yüksek olan tel direk üretiminin yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Yüzölçümünün %50’sinden fazlası orman olan Kütahya, Kastamonu, Bolu, Antalya, Muğla ve Mersin gibi illerde ilk sıralarda yer almaktadır. Türkiye’de 1 milyon hektardan fazla ormanlık alana sahip tek il olan Antalya 5. sırada yer almıştır. Bunun yanında Türkiye’de yüzölçümü bakımından %72’lik oranla en fazla ormana sahip Karabük ise 278 bin hektarlık orman alanı ile 14. sırada yer almıştır.



Şekil 4: TOPSIS yöntemi sonucuna göre ormanlık alanı ve yüzdesel değişimi

4.2. VIKOR yöntemiyle çözüm

Veri bölümünde sunulan Tablo 2’deki değerlerle karar matrisi oluşturulmuştur. Daha sonra Adım 1’de anlatıldığı gibi standart karar matrisi hesaplanmış ve Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7

Standart karar matrisi

| | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 | K7 | K8 |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| A1 | 0,2375 | 0,2891 | 0,1178 | 0,0666 | 0,0718 | 0,0344 | 0,0504 | 0,0048 |
| A2 | 0,2614 | 0,2891 | 0,1278 | 0,0994 | 0,0815 | 0,0471 | 0,0510 | 0,0228 |
| A3 | 0,2516 | 0,2890 | 0,1102 | 0,0947 | 0,0763 | 0,0446 | 0,0510 | 0,0240 |
| A4 | 0,2049 | 0,2891 | 0,0893 | 0,0988 | 0,0772 | 0,0269 | 0,0509 | 0,0078 |
| A5 | 0,1593 | 0,2324 | 0,0665 | 0,0581 | 0,0331 | 0,0242 | 0,0459 | 0,0000 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| A80 | 0,2636 | 0,2891 | 0,1326 | 0,1012 | 0,0842 | 0,0504 | 0,0510 | 0,0250 |
| A81 | 0,2636 | 0,2891 | 0,1326 | 0,1011 | 0,0842 | 0,0504 | 0,0510 | 0,0248 |

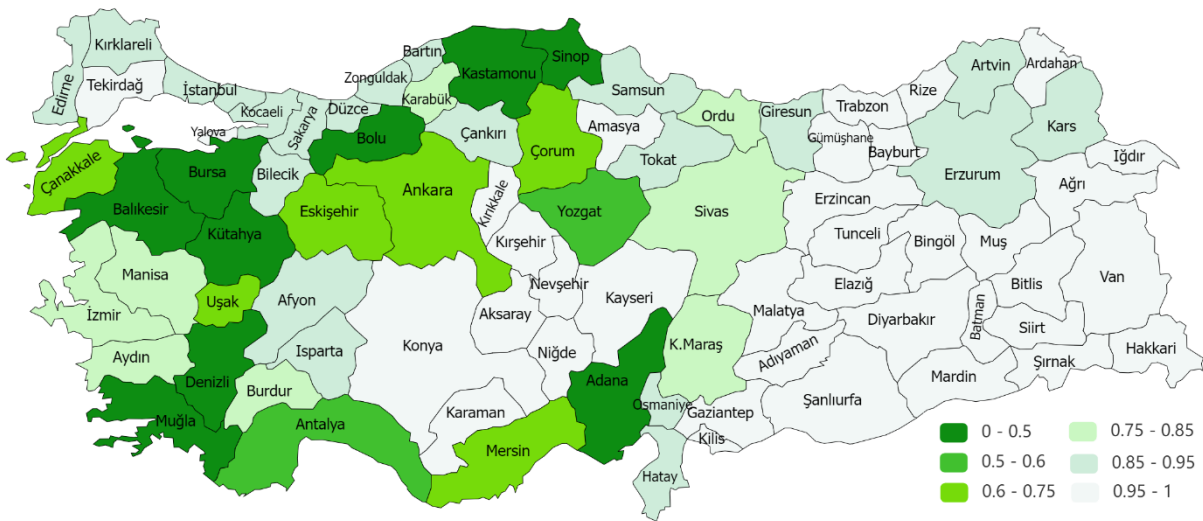
Bir sonraki adımda anlatıldığı gibi P ve R değerleri hesaplanmıştır. P en büyük değer, R en küçük değer baz ise en iyi alternatiftir. Daha sonra Adım 3’de anlatıldığı gibi nihai sıralama için hesaplanan Q değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler Tablo 8’de verilmiştir. Endüstriyel odun üretimine göre illerin performansının sıralamasında en düşük Q değerine sahip alternatifler en iyi seçeneklerdir.

Tablo 8
İdeal, negatif ideal ve Nihai sıralama sonuçları

| | P | R | Q | Nihai Sıra |
|-----|--------|--------|--------|------------|
| A1 | 0,8723 | 0,2891 | 0,8900 | 30 |
| A2 | 0,9801 | 0,2891 | 0,9828 | 53 |
| A3 | 0,9414 | 0,2890 | 0,9494 | 45 |
| A4 | 0,8449 | 0,2891 | 0,8664 | 27 |
| A5 | 0,6195 | 0,2324 | 0,4358 | 8 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| A80 | 0,9970 | 0,2891 | 0,9974 | 59 |
| A81 | 0,9967 | 0,2891 | 0,9972 | 58 |

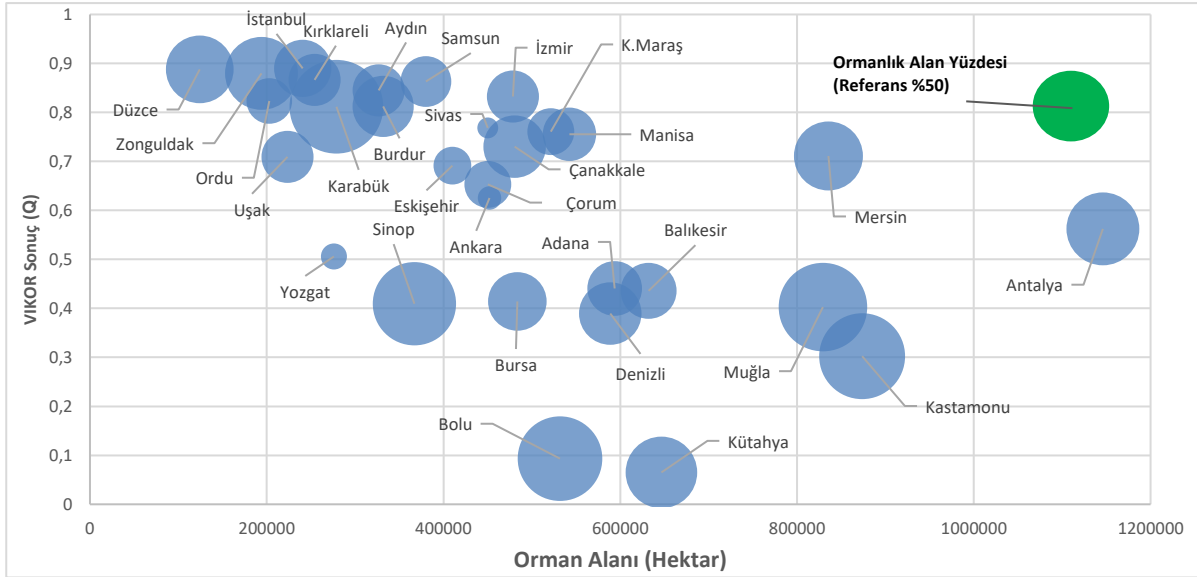
VIKOR yönteminin son adımında ise elde edilen sonuçların geçerliliği (Opricovic ve Tzeng, 2007) test edilmektedir. Sonuçlar incelendiğinde Q sonuçlarında ilk iki sıradaki alternatifin değerlerinin farkı $D(Q)$ değerinden büyükse I. koşul sağlanır. Burada $D(Q) = 1/(k - 1)$ ile hesaplanır. Sonuçlara göre $0,0932 - 0,0651 \geq 1/(81 - 1)$ olduğuna göre I. koşul sağlanmıştır. Ayrıca, P değerlerinde ilk sıradaki alternatifle Q değerlerindeki ilk sıradaki alternatif aynıdır. Böylece II. koşul da sağlanmıştır. Sonuç olarak I. ve II. koşul sağlandığına göre çözüm sonuçları geçerlidir. Q değerlerinden en küçük değere sahip en iyi alternatiftir.

VIKOR yöntemi çözümünde Q değerlerine göre illerin endüstriyel odun üretim performansları Türkiye haritası üzerinde Şekil 5’de verilmiştir. Harita üzerinde koyu yeşil iller yüksek performansa sahip daha açık değerler ise daha düşük performansa sahiptir. İllerin endüstriyel odun üretimi analizi sonucunda, Q değerleri içinde 0’a en yakın değere sahip ilk 10 ilin sırasıyla Kütahya, Bolu, Kastamonu, Denizli, Muğla, Sinop, Bursa, Balıkesir, Adana ve Yozgat olduğu tespit edilmiştir. Sonuçlar TOPSIS yöntemine benzerdir.



Şekil 5. VIKOR yöntemi sonuçları

Şekil 6'da VIKOR sonuçlarına göre endüstriyel odun üretiminde ilk 30 ilin ormanlık alanı ve illerin yüzölçümüne göre orman alanı yüzdeleri karşılaştırmalı olarak TOPSIS yönteminde olduğu gibi verilmiştir. Bilindiği gibi VIKOR yönteminde Q değerlerinde 0'a yakın alternatifler en iyi seçeneklerdir. Sonuçlar incelendiğinde yüzölçümünün yaklaşık %50'si orman olan Kütahya, Bolu, Kastamonu, Denizli, Muğla, Sinop, Bursa, Balıkesir ve Adana gibi iller ilk sıralarda yer almaktadır. Türkiye'de 1 milyon hektardan fazla ormanlık alana sahip tek il olan Antalya 11. sırada yer almıştır. Bunun yanında Türkiye'de yüzölçümü bakımından en fazla ormana sahip Karabük ise 21.sırada yer almıştır. İlk sıralarda yer alan illerde büyük çaplı orman ürünleri endüstri işletmelerinin olmasının bir tesadüf olmadığı sonuçlardan görülmektedir.



Şekil 6. VIKOR yöntemi sonucuna göre ormanlık alanı ve yüzdesel değişimi

4.3. Sonuçların karşılaştırması

Yapılan analizler sonucunda iki farklı yöntemden elde edilen sonuçlar Tablo 9'da bir bütün olarak gösterilmektedir. Sonuçlar karşılaştırıldığında TOPSIS ve VIKOR yöntemlerinde endüstriyel odun üretiminde ilk sırayı Kütahya ili; ikinci sırayı TOPSIS yönteminde Yozgat, VIKOR yönteminde Bolu; üçüncü sırayı ise her iki yöntemde de Kastamonu almıştır. İki yöntemin sonuçlarında özellikle ilk 30 ilin sıralamasında oldukça farklılaşma olduğu göze çarpmaktadır. Bununla birlikte son 51 ilin sonuçlarının birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. Son sıralarda yer alan iller ise, orman varlığı çok düşük olan Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu'da yer alan illerdir.

Tablo 9
Sonuçların Karşılaştırması

| İller | TOPSIS | VIKOR | İller | TOPSIS | VIKOR | İller | TOPSIS | VIKOR |
|---------------|--------|-------|----------------|--------|-------|------------|--------|-------|
| Kütahya | 1 | 1 | Aydın | 28 | 25 | Siirt | 55 | 58 |
| Yozgat | 2 | 10 | Bartın | 29 | 36 | Şırnak | 56 | 59 |
| Kastamonu | 3 | 3 | Sivas | 30 | 20 | Kayseri | 57 | 56 |
| Bolu | 4 | 2 | Artvin | 31 | 40 | Rize | 58 | 55 |
| Antalya | 5 | 11 | Sakarya | 32 | 34 | Gaziantep | 59 | 57 |
| Adana | 6 | 9 | Ordu | 33 | 23 | Malatya | 60 | 60 |
| Muğla | 7 | 5 | Osmaniye | 34 | 33 | Bingöl | 61 | 63 |
| Denizli | 8 | 4 | Kocaeli | 35 | 37 | Elazığ | 62 | 62 |
| Bursa | 9 | 7 | Giresun | 36 | 39 | Bayburt | 63 | 64 |
| Balıkesir | 10 | 8 | Tokat | 37 | 41 | Kırkkale | 64 | 66 |
| Sinop | 11 | 6 | Isparta | 38 | 38 | Bitlis | 65 | 67 |
| Mersin | 12 | 16 | Hatay | 39 | 42 | Kilis | 66 | 61 |
| Ankara | 13 | 12 | Kars | 40 | 32 | Diyarbakır | 67 | 69 |
| Karabük | 14 | 21 | Bilecik | 41 | 31 | Batman | 68 | 70 |
| Çorum | 15 | 13 | Çankırı | 42 | 44 | Adıyaman | 69 | 68 |
| Çanakkale | 16 | 17 | Edirne | 43 | 45 | Kırşehir | 70 | 71 |
| Manisa | 17 | 18 | Erzurum | 44 | 35 | Niğde | 71 | 65 |
| Uşak | 18 | 15 | Konya | 45 | 46 | Aksaray | 72 | 72 |
| İzmir | 19 | 24 | Trabzon | 46 | 47 | Tunceli | 73 | 73 |
| Düzce | 20 | 29 | Afyonkarahisar | 47 | 43 | Nevşehir | 74 | 74 |
| Eskişehir | 21 | 14 | Amasya | 48 | 48 | Muş | 75 | 75 |
| Kırklareli | 22 | 27 | Ardahan | 49 | 51 | Mardin | 76 | 77 |
| Zonguldak | 23 | 28 | Yalova | 50 | 50 | Şanlıurfa | 77 | 76 |
| Kahramanmaraş | 24 | 19 | Gümüşhane | 51 | 49 | Hakkari | 78 | 78 |
| İstanbul | 25 | 30 | Karaman | 52 | 52 | Van | 79 | 79 |
| Samsun | 26 | 26 | Tekirdağ | 53 | 53 | Ağrı | 80 | 80 |
| Burdur | 27 | 22 | Erzincan | 54 | 54 | Iğdır | 80 | 80 |

5. Sonuçlar

Bu çalışmada Türkiye'deki illerin ormanlarından elde edilen endüstriyel odun üretimi ÇÖKV teknikleri ile analiz edilmiştir. Sıralama problemlerinde sıklıkla kullanılan TOPSIS ve VIKOR yöntemleri ile problem çözülmüştür. Sonuçlarda ilk 30 ilin sonuçları iki yöntemde oldukça farklı çıkmıştır. Diğer sıralamalar ise birbirine benzerdir. Karar verici bu iki yöntemin sonuçlarının birini kullanabilir.

TOPSIS yönteminde ilk beş il sırasıyla; Kütahya, Yozgat, Kastamonu, Bolu ve Antalya'dır. Orman varlığı 270 bin hektar ile diğerlerinden oldukça düşük olan Yozgat'ın ilk 5 içerisinde yer alması dikkat çekicidir. Bu durum, ağırlığı en yüksek kriter olan tel direği üretiminin yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. VIKOR yönteminde ise ilk beş il sırasıyla; Kütahya, Bolu, Kastamonu, Denizli, Muğla'dır. Bu yöntemin sonuçlarına göre, ülkemizde 1 milyon hektardan fazla ormanlık alana sahip tek il olan Antalya'nın ilk beş içerisinde yer almaması da ilginçtir. Her iki yöntemde sonuçlarında; son sıralarda yer alan iller birbirine çok benzer olup Doğu Anadolu ve Güney Doğu Anadolu'daki orman varlığının çok düşük olduğu; Şanlıurfa, Hakkari, Van, Ağrı ve Iğdır gibi illerdir.

Sonuçlar incelendiğinde, doğal olarak illerin orman varlığına paralel endüstriyel odun üretiminin de değiştiği görülmektedir. Ancak, bazı illerdeki bozuk orman yapısı veya diğer nedenlerle örneğin, orman varlığı yüksek olduğu halde daha çok birinci imalat endüstri sınıfına dahil kereste ve masif kullanım amaçlı tomruk üretiminin endüstriyel odun üretiminden daha fazla olması orman varlığının yüksek olduğu illeri endüstriyel odun üretimi bakımından geri düşürebilmektedir. Zaten bu farklılığı dikkate alan bir yaklaşımla illerdeki orman ürünleri endüstrisinin geliştiği de bilinen bir gerçektir. Bu nedenle, başta OGM teşkilatı ve ilgili tüm kamu yöneticileri planlamalarında orman ürünleri sanayisinin ihtiyaç duyduğu miktar ve kalitede endüstriyel odun üretimini yapabilecek çalışmalara özen göstermesi ülke ekonomisine olumlu katkılar sağlayacaktır. Ormanlıkta üretim ve idare süresinin çok uzun olması dünyada ve Avrupa'da ahşap levha üretiminde ilk sıralarda yer alan

sektörün dışı bağımlı ve yıllara bağlı daha da artacağı öngörülen endüstriyel odun ihtiyacının karşılanması için gereken tedbirler alınmalıdır.

Yazar Katkıları

Bu makalenin yazılmasında ve analizlerin yapılmasında tüm yazarlar eşit katkı yapmıştır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

Kaynaklar

- Akyüz, B. E., ve Çetin, E. İ. (2022). İnsani Gelişme Endeksi ve VIKOR Yöntemine Göre Türkiye'deki İllerin Sıralaması. *Verimlilik Dergisi*, (1), 60-77.
- Ananda, J., and Herath, G. (2009). A critical review of multi-criteria decision making methods with special reference to forest management and planning. *Ecological economics*, 68(10), 2535-2548.
- Elfvingren, K., Korpela, J., Tuominen, M., and Sierila, P. (2007). AHP-based expert analysis of forest industry strategies. *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, 2(4), 375-392.
- FAO (2020), Gıda ve Tarım Örgütü (Food and Agriculture Organization), <https://www.fao.org/home/en/>
- Güler, E., Selen, A. V. C. I., ve Aladağ, Z. (2021). Türkiye'de İllerin Deprem Hasar Görebilirlik Sıralamasında Promethee, VIKOR, TOPSIS Yöntemlerinin Başarılarının Değerlendirilmesi. *Endüstri Mühendisliği*, 32(3), 414-437.
- Kaya, T., and Kahraman, C. (2011). Fuzzy multiple criteria forestry decision making based on an integrated VIKOR and AHP approach. *Expert Systems with Applications*, 38(6), 7326-7333.
- Latterini, F., Stefanoni, W., Venanzi, R., Tocci, D., and Picchio, R. (2022). GIS-AHP Approach in Forest Logging Planning to Apply Sustainable Forest Operations. *Forests*, 13(3), 484.
- Mardani, A., Zavadskas, E. K., Govindan, K., Amat Senin, A., and Jusoh, A. (2016). VIKOR technique: A systematic review of the state of the art literature on methodologies and applications. *Sustainability*, 8(1), 37.
- Nilsson, H., Nordström, E. M., and Öhman, K. (2016). Decision support for participatory forest planning using AHP and TOPSIS. *Forests*, 7(5), 100.
- OGM (2020), Tarım ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü (OGM), OGM Bilgi Merkezi 2020, <https://www.ogm.gov.tr/> (Erişim: 22.06.2020)
- OGM (2022), Tarım ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü (OGM), Ormanlık İstatistikleri, 2020, <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane/resmi-istatistikler> (Erişim: 01.05.2022)
- Opricovic, S., and Tzeng, G. H. (2004). Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. *European Journal of Operational Research*, 156(2), 445-455.
- Opricovic, S., and Tzeng, G. H. (2007). Extended VIKOR method in comparison with outranking methods. *European Journal of Operational Research*, 178(2), 514-529.
- Sarı, F. (2021). Forest fire susceptibility mapping via multi-criteria decision analysis techniques for Mugla, Turkey: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. *Forest Ecology and Management*, 480, 118644.
- Shohda, A. M., Ali, M. A., Ren, G., Kim, J. G., Abdo, A. M., Abdellah, W. R., and Hassan, A. M. (2022). Sustainable Assignment of Egyptian Ornamental Stones for Interior and Exterior Building Finishes Using the AHP-TOPSIS Technique. *Sustainability*, 14(4), 2453.
- Urmak, E. D., Çatal, Y., ve Karaath, M. (2017). İllerin Ormanlık Faaliyetlerinin AHP Temelli Maut Ve Saw Yöntemleri İle Değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 22(2), 301-325.
- Yeşilkaya, M. (2018). Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri ile Kağıt Fabrikası Kuruluş Yeri Seçimi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 33(4), 31-44.
- Yoon, K. P., and Hwang, C. L. (1995). Multiple attribute decision making: an introduction. Sage publications.