



### Sipariş tipi üretim yapan orta ölçekli mobilya işletmelerinde makine seçimi

Mehmet Özgür Kuşcuoğlu<sup>1\*</sup>, Tuncer Dilik<sup>2</sup>

#### Öz

Çalışmada, sipariş tipi üretim yapan orta ölçekli mobilya işletmeler için makine seçimi konusu incelenmiştir. Ülkemiz mobilya endüstrisinin sektörel olarak yakalamış olduğu gelişimle birlikte işletmelerin sahip olduğu makine hatları ve yatırımları göz önüne alındığında genel olarak kapasite kullanım oranının beklenilenin altında olduğu görülmektedir. Mevcut duruma kalifiye makine operatörlerinin de eksikliği eklendiğinde, rasyonel bir yatırım ve üretim için doğru makine seçiminin önemi açıkça ortaya çıkmaktadır. Araştırmada, sipariş tipi üretim yapan orta kapasiteli panel mobilya üreticileri için makine seçimi incelenmiştir. Bu amaçla, panel mobilya imalatının önemli üç temel üretim prosesi (ebatlama, kenar bantlama ve delik delme işlemleri) için CNC, PLC kontrollü veya konvansiyonel olmasına bakılmaksızın makine tipinin seçimi yapılmıştır. Çalışmada yöntem olarak çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan AHP (Analitik Hiyerarşi Süreci) yöntemi kullanılmıştır. Sonuç olarak, orta ölçekli mobilya işletmeleri için, incelenen üretim proseslerine yönelik uygun bir makine veya makine tipi kombinasyonları seçilerek, rasyonel bir yatırım ve optimum kapasite kullanım oranlarına ulaşılabileceği önerisi getirilmeye çalışılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Makine Seçimi, Panel Mobilya İmalatı, Sipariş Tipi Üretim

### Machine choosing for custom manufacturing in medium scale furniture businesses

#### Abstract

In the study, the subject of machine choosing for medium-scale furniture companies that make custom production has been examined. With the sectoral development of our country's furniture industry, considering the machinery lines and investments of the enterprises, it is seen that the capacity utilization rate is generally below the expectations. When the lack of qualified machine operators is added to the current situation, the importance of choosing the right machine for a rational investment and production becomes clear. Machine selection for medium-capacity panel furniture manufacturers making custom production has been examined in the research. So, the choice of machine type has been made for the three important basic production processes of panel furniture manufacturing regardless of whether it is CNC, PLC controlled or conventional. AHP, which is one of the multi-criteria decision-making methods, was used as a method in the study. As a result, it has been tried to suggest that a rational investment and optimum capacity utilization rates can be achieved by selecting a suitable machine or machine type combinations for the production processes examined for medium-scale furniture enterprises.

**Keywords:** Machine Choosing, Panel Furniture Production, Custom Production

Makale tarihçesi: Geliş:26.04.2023, Kabul:08.06.2023, Yayınlanma:30.06.2023, \*e-posta: ozkucu@iuc.edu.tr

<sup>1</sup> İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa, Ormancılık MYO, Malzeme ve Malzeme İşleme Teknolojileri Bölümü, İstanbul/Türkiye,

<sup>2</sup> İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul/Türkiye,

Atf: Kuşcuoğlu, M.Ö., Dilik T., (2023), Sipariş tipi üretim yapan orta ölçekli mobilya işletmelerinde makine seçimi, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 6 (1), 80-89, DOI: 10.33725/mamad.1287852

## **1 Giriş**

Ağaç işleme makineleri sektörünün, ağaç işleme ve kesme teorisindeki gelişmeleri büyük ölçüde tamamladığı, yeni teknolojiler ve bilişim entegrasyonu ile gelişimini sürdürdüğü görülmektedir. Ayrıca, bilgisayar destekli tasarım (CAD) ve üretimin CAM) entegrasyonu ile mobilya sanayi işletmeleri genel olarak mevcut üretim kapasitelerini tam olarak kullanamama ve kalifiye eleman ihtiyacı gibi sorunlarla karşı karşıya kalmaktadır. Bu bağlamda, rasyonel yatırımın uygun makine seçiminden geçtiği ilkesinden hareketle bu çalışmada sipariş tipi üretim yapan orta ölçekli işletmelerin makine seçimi konusu incelenmiştir. Çalışma, “AB Sürecinde Türkiye Ağaç İşleme Makineleri Sektörü” isimli doktora tezinden yararlanılarak hazırlanmıştır. Bilindiği üzere CNC makineleri kullanacak operatörlerin geleneksel makinelerden farklı olarak temel CNC bilgisine, en azından bazı ayarları değiştirebilecek kadar PLC (Programmable Logic Controller) bilgisine ve kullanacakları makinenin özelliklerine sahip olmaları beklenmektedir. Ancak yapılacak işe, işletmenin kapasitesine ve üretim şekline uygun olmayan makinelerin seçimi, gereği gibi kullanılmayan ve atıl durumda bekletilen makinelerin varlığı ülke ekonomisine yük olarak değerlendirilmektedir. Bu çalışma, ülkemizdeki mobilya işletmelerinin yoğunluğunun yanı sıra sektörel ağırlığı ve tercih edilmekte olan üretim şekli dikkate alınarak panel mobilya üreticisi olan orta büyüklükteki firmalar üzerinden gerçekleştirilmiştir.

Araştırmada, panel mobilya üretim hattı için CNC, PLC kontrollü veya konvansiyonel olan makine tipi seçimi yapılmıştır. Panel ebatlama, kenar bantlama ve delik delme gibi üç ana proses, çalışmaya dahil edilmiştir. Çalışmada, sipariş tipi üretim yapan orta ölçekli işletmeler için bir makine tipi veya makine tipi kombinasyonu modellemesi hedeflenmiştir.

Öte yandan literatür çalışmalarına göre; Dünya AIM sektöründeki gelişmişlik düzeyi göz önüne alındığında, Türkiye Ağaç İşleme Makinaları sektörünün teknoloji anlamında benzer bir gelişim gösterdiği, ancak ürün-makine çeşitliliği ve satış sonrası hizmet (Yatırım-Üretim) açısından yetersiz olduğu görülmektedir. Bu çalışmanın amacı; sektörün bu alandaki eksikliklerinin giderilmesine de katkı sağlanmaktır (Sofuoğlu ve Kurtoğlu 2013; Kurtoğlu ve Dilik 2020; Kurtoğlu ve Dilik 2018; Kuşcuoğlu 2022).

### **1.1 Mobilya sektöründe makine seçimi ve etkili faktörler**

Literatür çalışmalarında da belirtildiği gibi, genel olarak makine seçiminde birçok faktör etkili olmaktadır. Mobilya sektöründe yaygın olarak kullanılan mobilya türü panel mobilyadır. Panel mobilya aynı zamanda kabin tipi mobilya veya kutu mobilya olarak da adlandırılır. Panel mobilya üretiminde yongalevha, liflevha, kontrplak, masif panel gibi panel ürünleri kullanılmaktadır. Panel mobilya üretiminde genellikle seri üretim şekli kullanılmakta olup, makine parkurunda bulunan makineler arasında, iş parçalarının mümkün olduğunca geriye doğru hareket etmemesi esastır. Öte yandan gelişen teknoloji ile artan talep çeşitliliği, mobilya sektöründe sipariş tipi üretimin ağırlığını ve önemini artırmaktadır. Bu bağlamda, genel olarak makine seçimini etkileyen faktörler şu şekilde özetlenebilir; (Sofuoğlu 2001; Kobu 2008; Kurtoğlu 2010; Sofuoğlu ve Kurtoğlu 2013; Kurtoğlu ve Dilik 2018; Kurtoğlu ve Dilik 2020;)

1. Üretim şekli (Seri, Sipariş Tipi, Bileşik vb.) ve kapasite
2. İlerleyen dönemlerde üretilmesi planlanan ürün çeşitleri
3. Makinelerin kapasite bakımından birbirleri ile uyumu
4. Makinelerin teknoloji açısından birbirleri ile uyumluluğu
5. Parça boyutlarına bağlı olarak makineler arasındaki mesafe
6. Makinelerin tamir, bakım ve kullanım kolaylığı

7. Makinelerin fiyatı
8. Makinelerde çalışma güvenliği
9. Fayda - maliyet analizi
10. Makine operatörü maliyetleri

Gelişen teknoloji ile birlikte hem yaşam tarzındaki değişimlerin hem de yaşam tarzına bağlı olarak gelişen trendlerin makine seçim kararlarına hızlı etkisi her alanda olduğu gibi literatür çalışmalarından da açıkça görülmektedir. Günümüzde tüketici taleplerinin ve rekabet koşullarının artması nedeniyle seri üretim yapan işletmeler, üretim koşullarını özel üretime benzer şekilde şekillendirmeye başlamışlardır. Bu durum, mobilya sektöründe kullanılan makinelerin hazırlık sürelerinin önemini artırmış ve üretimde esnekliği ön plana çıkarmıştır. Ayrıca, dikkat edilmesi gereken unsurlardan biri de üretim kapasitesidir. Teknik kapasite, ekonomik kapasite, maksimum kapasite, fiili kapasite ve amaçlanan üretim miktarına bağlı olarak belirlenen optimum kapasite değerleri (İlhan ve Burdurlu, 1993) makine seçiminde önemli rol oynamaktadır. Bu duruma mobilya sektörü açısından bakıldığında makine seçiminde öne çıkan kriterler fiyat, kullanım kolaylığı, kapasite, esneklik, işleme kalitesi ve makinenin kapladığı alan gibi faktörlerdir. Araştırma kapsamında özel bir işletmeye odaklanılmadığı için tüm kriterler arasında sadece fiyat, kullanım kolaylığı, kapasite ve esneklik faktörleri dikkate alınmaya çalışılmıştır (Kurtoğlu ve Dilik 2020; Kuşcuoğlu 2022).

## **1.2 Çok ölçütlü karar verme yöntemleri**

Karar verme, istenilen hedefe ulaşabilmek için, gerekli koşullarda uygulanan düşünce ve hareket biçimlerinin belirlenmesi ve en uygun olanın seçilmesidir. Karar vermede birçok alternatifin olması, hangi seçeneğin seçilmesi gerektiğinden şüphe duyulması, karar verme problemine neden olmaktadır. Bu nedenle, karar verme probleminin çözümünde aşağıda belirtildiği gibi birçok kritere (ölçüt) dikkat edilerek söz konusu karar verme problemi çözüme ulaştırılmaya çalışılır. Bu kriterler;

- Amacın ne olduğu,
- Belirlenen hedef
- İçinde bulunulan çevresel etkenler
- Karar vericinin durumu
- Alternatifler
- Sonuca ulaşma şeklinde belirtilmektedir. (URL 1)

Literatürde çok ölçütlü karar verme olarak bilinen problemlerin çözümü amacıyla araştırmacılar tarafından klasik ya da bulanık mantık temelli birçok yöntem kullanılmaktadır. Bunlar; Analitik Hiyerarşi Süreci, (AHP), Analitik Ağ Süreci (AAS), MAUT, UTA, MACBETH, PROMETHEE, ELECTRE I-II-III, TOPSIS, UTADIS, FlowSort, GAIA ve FS-Gaia gibi yöntemler olarak belirtilmektedir. (Uludağ ve Doğan, 2016)

Araştırmada, çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden AHP (Analitik Hiyerarşi Prosesi) yöntemi, matematiksel işlemler ve anlaşılabilirlik açısından kullanıcılara önemli kolaylıklar sağlaması ve tek başına kullanılabilme olanağının bulunması gibi avantajları nedeniyle seçilmiştir. Çalışmada, panel mobilya imalatının, makine hattı için en önemli üç prosesi olan, panel ebatlama, kenar bantlama ve delik delme işlemleri için CNC, PLC kontrollü veya konvansiyonel olmasına bakılmaksızın, makine tipinin seçimi üzerinde durulmuştur. (URL1; Taş, 2010)

## 2 Materyal ve Metot

### 2.1 Materyal

Araştırma, panel mobilya imalatı alanında faaliyet gösteren, sipariş tipi üretim türünde faaliyet gösteren firmalar üzerinde hazırlanmıştır. Çalışmada, makine seçiminde mobilya üretiminde darboğaz oluşumuna en çok maruz kalan aşamalar olarak bilinen panel ebatlama, kenar bantlama ve delik delme işlemleri esas alınmıştır. Panel ebatlama, kenar bantlama ve delik delme işlemlerinde kullanılan farklı tipteki makineler, farklı kapasiteler üzerinden ele alınmaktadır.

### 2.2 Metot

Araştırmada, avantajları nedeniyle çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan AHP (Analitik Hiyerarşi Süreci) yöntemi uygulanmıştır. Bu amaçla oluşturulan matrislerde kullanılan ikili karşılaştırma puanlamasındaki değerler ve karşılıkları aşağıda Çizelge 1’de gösterilmiştir.

**Çizelge 1.** Puanlama ölçek tablosu

| Önem değerleri | Değer tanımları                    |
|----------------|------------------------------------|
| 1              | Eşit Önemde                        |
| 3              | Biraz Daha Önemli (Az Üstünlük)    |
| 5              | Oldukça Önemli (Fazla Üstünlük)    |
| 7              | Çok Önemli (Çok Üstünlük)          |
| 9              | Son Derece Önemli (Kesin Üstünlük) |
| 2, 4, 6 ve 8   | Ara Değerler (Uzlaşma Değerleri)   |

Çalışmada her bir üretim süreci için aşağıdaki senaryolar oluşturulmuş ve uygun makine seçim kararlarına ulaşılmaya çalışılmıştır.

Senaryo 1: Sipariş tipi üretim, panel ebatlama, günlük 100 levhaya kadar.

Senaryo 2: Sipariş tipi üretim, kenar bantlama, günlük 3200 metreye kadar.

Senaryo 3: Sipariş tipi üretim, delik delme, günlük 1200 yüzeye kadar.

Senaryo 1 için, alternatifler arasından panel ebatlama makinesi, senaryo 2 için, alternatifler arasından kenar bantlama makinesi, senaryo 3 için ise, alternatifler arasından delik delme makinesi seçilecektir.

Makine seçimi kararları için, literatür bilgilerinde de belirtildiği gibi, makine seçiminde etkili faktörler esas alınarak aşağıdaki gibi belirlenmiştir; (Sofuoğlu, 2001; Kurtoğlu, 2010; Sofuoğlu ve Kurtoğlu, 2013; Kurtoğlu ve Dilik, 2018; Kurtoğlu ve Dilik, 2020).

- Üretim biçimi (seri, sipariş, karma vs.) ve kapasite
- Sonraki dönemlerde üretilmesi planlanan ürün çeşitleri
- Kapasite açısından makinelerin birbirleriyle uyumu
- Teknoloji açısından makinelerin birbirleriyle uyumu
- Parça boyutlarına bağlı olarak, makineler arası mesafe
- Makinelerin, onarım, bakım ve kullanım kolaylığı
- Makinelerin fiyatı
- Makinelerde çalışma güvenliği
- Fayda ve maliyet analizi
- Makine operatörü maliyetleri.

Mobilya endüstrisinin önde gelen firmalarıyla görüşmeler yapılmış, üretim hatlarının son şekli incelenmiş, gereksinimleri üzerinde tartışılmış ve sonuçta seçimi yapılacak makine tipleri ile seçim kriterleri, belirlenmiştir.

Senaryoların oluşturulmasında; üretim süreçleri ve kapasiteleri ayrı ayrı harmanlanmış ve karşılaştırma matrislerine göre uygun makine seçimi yapılmıştır. Sonuç olarak, fiyat, kapasite, kullanım kolaylığı ve esneklik üzere 4 farklı karşılaştırma kriteri belirlenmiştir.

Örneğin ilk senaryoda; günde 100 adede kadar levha ebatlama kapasitesi olan sipariş tipi üretim yapan bir firma için, panel ebatlama makinesine ait kriterlerde, "Fiyat", "Kapasite", "Kullanım Kolaylığı" ve "Esneklik" kriterlerinin her biri için toplamda 4 farklı matris oluşturulmuştur ve birbirlerine karşı üstünlükleri belirlenmiştir. Analitik hiyerarşik proses adımları altı ana madde altında toplanabilir;

1. Problem tanımlanır ve amaç belirlenir
2. Kriterler belirlenir
3. Alternatifler belirlenir
4. Problemin hiyerarşik yapısı oluşturulur
5. İkili karşılaştırma matrislerinin oluşturulur ve öncelik vektörleri hesaplanır
6. Tutarlılık analizi yapılır
7. Alternatifler sıralanır (Taş, 2010; Kuşçuoğlu, 2022)

Bu amaçla, konusunda uzman beş mühendisten destek alınmış olup, katkıda bulunan uzmanlar şu şekilde tanımlanmaktadır;

Uzman 1: Ağaç işleri endüstri yüksek mühendisi. Ağaç işleme makineleri konusunda uzman.

Uzman 2: Orman endüstri mühendisi. Panel mobilya üretimi konusunda uzman.

Uzman 3: Orman endüstri mühendisi. Ağaç işleme makineleri konusunda uzman.

Uzman 4: Orman endüstri mühendisi. Ağaç işleme makineleri konusunda uzman.

Uzman 5: Orman endüstri yüksek mühendisi. Ağaç işleme makineleri konusunda uzman.

Çalışmaya katılan uzmanlar, Çizelge 1’de sunulan ölçek tablosuna göre, oluşturulan matrislerde puanlama yapmışlardır.

### **3 Bulgular ve Tartışma**

Çalışma kapsamında incelenen her 3 senaryo için, elde edilen verilerin tutarlılık testleri yapılmıştır. Kriterlerin birbirlerine göre üstünlükleri sayısallaştırıldıktan sonra, normalleştirme matrisi uygulanarak, makine alternatifleri arasında en uygun seçim optimizasyonu belirlenmiştir. Kullanılan çizelgelerde, kriterler olduğu gibi yazılmış, alternatifler ise kısaltmalarıyla kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan alternatifleri oluşturan makine veya makine kombinasyonlarına ait kısaltmalar şunlardır;

- DE : Dikey Ahşap Levha Ebatlama Makinesi
- CNCB : CNC Ahşap Levha İşleme Merkezi (Düz Tablalı)
- CNCB + DE : CNC Ahşap Levha İşleme Merkezi (Düz Tablalı) + Dikey Ahşap Levha Ebatlama Makinesi
- YEF : CNC Ahşap Levha Ebatlama Makinesi (Önden Yüklemeli)
- KB14 : Tek Taraflı Kenar Bantlama Makinesi ( $\leq 14$  m/dak.)
- KB20 : Tek Taraflı Kenar Bantlama Makinesi ( $\leq 20$  m/dak.)
- KB20U : Tek Taraflı Kenar Bantlama Makinesi ( $> 20$  m/dak.)
- 2KB20 : 2 Adet Tek Taraflı Kenar Bantlama Makinesi ( $> 20$  m/dak.)

- CNCB + 12D : CNC Ahşap Levha İşleme Merkezi (Düz Tablalı) + 1 Yatay, 2 Dikey Kafalı Çoklu Delik Delme Makinesi
- MCD + 12D : Manuel Çoklu Delik Delme Makinesi + 1 Yatay, 2 Dikey Kafalı Çoklu Delik Delme Makinesi
- MCD + CNCB : Manuel Çoklu Delik Delme Makinesi + CNC Ahşap Levha İşleme Merkezi (Düz Tablalı)
- NCD : CNC Çoklu Delik Delme Makinesi

Araştırmada incelenen her bir proses için oluşturulan senaryolara yönelik karar verilen makine alternatifleri aşağıdaki gibi belirlenerek seçilmiştir.

1. Senaryo için (Günlük 100 levhaya kadar panel ebatlama); 2 Adet Dikey Ahşap Levha Ebatlama Makinesi (2DE), CNC Ahşap Levha İşleme Merkezi (Düz Tablalı), CNC Ahşap Levha İşleme Merkezi + Dikey Ahşap Levha Ebatlama Makinesi (CNCB + DE), Önden Yüklmeli CNC Ahşap Levha Ebatlama Makinesi (YEF),

2. Senaryo için (Günlük 3200 metreye kadar kenar bantlama); Tek Taraflı Kenar Bantlama Makinesi ( $\leq 14$  m/dak.), Tek Taraflı Kenar Bantlama Makinesi ( $\leq 20$  m/dak.), Tek Taraflı Kenar Bantlama Makinesi ( $> 20$  m/dak.), 2 Adet Tek Taraflı Kenar Bantlama Makinesi ( $> 20$  m/dak.),

3. Senaryo için (Günlük 1200 yüzeye kadar delik delme); CNC Ahşap Levha İşleme Merkezi (Düz Tablalı) + 1 Yatay 2 Dikey Kafalı Çoklu Delik Delme Makinesi (CNCB + 12D), Manuel Çoklu Delik Delme Makinesi + 1 Yatay 2 Dikey Kafalı Çoklu Delik Delme Makinesi (MCD + 12D), Manuel Çoklu Delik Delme Makinesi + Düz Tablalı CNC Ahşap Levha İşleme Merkezi (MCD + CNCB), CNC Çoklu Delik Delme Makinesi (NCD)'dir.

Normalleştirme matrislerinde kullanılan CI, tutarlılık indeksini, RI, rassal indeksi ve CR ise tutarlılık oranını simgelemektedir. Her 3 senaryo için elde edilen araştırma bulguları, çizelgeler halinde aşağıda sunulmakta olup; Çizelge 2'de, Senaryo 1 kriterleri için normalleştirme matrisi oluşturulmuş, CR (Tutarlılık Oranı) değeri 0,1'in altında çıkmış ve uzman yanıtlarının tutarlılığı doğrulanmıştır.

**Çizelge 2.** Senaryo 1 için kriterler normalleştirme matrisi

| NORMALLEŞTİRME<br>MATRİSİ<br>(KRİTERLER) | FİYAT               | KAPASİTE | KULLANIM<br>KOLAYLIĞI | ESNEKLİK | Ağırlık | V      | V/W           |
|--|---------------------|----------|-----------------------|----------|---------|--------|---------------|
|  |                     |          |                       |          | (W)     |        |               |
| FİYAT                                    | 0,0833              | 0,0625   | 0,0625                | 0,1071   | 0,0789  | 0,3167 | <b>4,0151</b> |
| KAPASİTE                                 | 0,2500              | 0,1875   | 0,1875                | 0,1786   | 0,2009  | 0,8115 | <b>4,0395</b> |
| KULLANIM<br>KOLAYLIĞI                    | 0,2500              | 0,1875   | 0,1875                | 0,1786   | 0,2009  | 0,8115 | <b>4,0395</b> |
| ESNEKLİK                                 | 0,4167              | 0,5625   | 0,5625                | 0,5357   | 0,5193  | 2,1190 | <b>4,0802</b> |
|  |                     |          |                       |          | 1,0000  |        | 4,0436        |
| CI                                       | 0,014527993         |          |                       |          |         |        |               |
| RI                                       | 0,882               |          |                       |          |         |        |               |
| CR                                       | <b>CI/RI=0,0165</b> |          |                       |          |         |        |               |

Senaryo 1 için, alternatiflerin aldığı puanlar Çizelge 3'te ve öne çıkan makine Şekil 1'de verilmiştir. Karar matrisi sonuçlarına göre en yüksek puanı önden yüklemeli CNC yatay levha ebatlama makinesi (YEF) almıştır.

**Çizelge 3.** Senaryo 1 için karar matrisi

| KARAR MATRİSİ<br>(SENARYO 1) | FİYAT  | KAPASİTE | KULLANIM<br>KOLAYLIĞI | ESNEKLİK | KRİTERLER | SONUÇ          |
|------------------------------|--------|----------|-----------------------|----------|-----------|----------------|
| 2DE                          | 4,1030 | 4,0079   | 4,2083                | 4,0093   | 4,0151    | 66,0217        |
| CNCB                         | 4,0152 | 4,0223   | 4,0954                | 4,0668   | X 4,0395  | = 65,5061      |
| CNCB+DE                      | 4,0408 | 4,0223   | 4,0954                | 4,0668   | 4,0395    | 65,6089        |
| YEF                          | 4,0152 | 4,0790   | 4,6023                | 4,0327   | 4,0802    | <b>67,6438</b> |

Önden yüklemeli CNC yatay ebatlama makinesine ait görsel Şekil 1’de sunulmuştur.



**Şekil 1.** Önden yüklemeli CNC yatay ebatlama makinesi (URL 2)

Çizelge 4’te, Senaryo 2 kriterleri için oluşturulan normalleştirme matrisi sunulmuştur.

**Çizelge 4.** Senaryo 2 için kriterler normalleştirme matrisi

| NORMALLEŞTİRME<br>MATRİSİ (KRİTERLER) | FİYAT               | KAPASİTE | KULLANIM<br>KOLAYLIĞI | ESNEKLİK | Ağırlık<br>(W) | V      | V/W           |
|---------------------------------------|---------------------|----------|-----------------------|----------|----------------|--------|---------------|
| FİYAT                                 | 0,1111              | 0,1250   | 0,0667                | 0,1250   | 0,1069         | 0,4299 | <b>4,0195</b> |
| KAPASİTE                              | 0,3333              | 0,3750   | 0,4000                | 0,3750   | 0,3708         | 1,5167 | <b>4,0899</b> |
| KULLANIM KOLAYLIĞI                    | 0,2222              | 0,1250   | 0,1333                | 0,1250   | 0,1514         | 0,6125 | <b>4,0459</b> |
| ESNEKLİK                              | 0,3333              | 0,3750   | 0,4000                | 0,3750   | 0,3708         | 1,5167 | <b>4,0899</b> |
|                                       |                     |          |                       |          | 1,0000         |        | 4,0613        |
| CI                                    | 0,02042728          |          |                       |          |                |        |               |
| RI                                    | 0,882               |          |                       |          |                |        |               |
| <b>CR</b>                             | <b>CI/RI=0,0232</b> |          |                       |          |                |        |               |

Senaryo 2 için karar matrisi, Çizelge 5’de verilmiştir. Bu matrise göre en yüksek puanı alarak seçilen makine KB20 (Hızı dakikada 20 metreye kadar olan tek taraflı kenar bantlama makinesi) olmuştur.

**Çizelge 5.** Senaryo 2 için karar matrisi

| KARAR MATRİSİ (SENARYO 2) | FİYAT  | KAPASİTE | KULLANIM KOLAYLIĞI | ESNEKLİK | KRİTERLER | SONUÇ            |
|---------------------------|--------|----------|--------------------|----------|-----------|------------------|
| KB14                      | 4,2222 | 4,0408   | 4,2222             | 4,0362   | 4,0195    | 67,0875          |
| KB20                      | 4,1747 | 4,0362   | 4,1747             | 4,1747   | X 4,0899  | = <b>67,2516</b> |
| KB20U                     | 4,0362 | 4,1747   | 4,0408             | 4,0408   | 4,0459    | 66,1725          |
| 2KB20                     | 4,0408 | 4,2222   | 4,0362             | 4,2222   | 4,0899    | 67,1084          |

Çizelge 5 için örnek makine Şekil 2’de verilmiştir.



**Şekil 2.** Tek taraflı kenar bantlama makinesi ( $\leq 20$  m/dak.) (URL3)

Senaryo 3 için kriterlerin normalleştirme matrisi Çizelge 6’da sunulmuştur. CR değeri 0,0165 olarak bulunmuştur.

**Çizelge 6.** Senaryo 3 kriterler normalleştirme matrisi

| NORMALLEŞTİRME MATRİSİ (KRİTERLER) | FİYAT               | KAPASİTE | KULLANIM KOLAYLIĞI | ESNEKLİK | Ağırlık (W) | V      | V/W           |
|------------------------------------|---------------------|----------|--------------------|----------|-------------|--------|---------------|
| FİYAT                              | 0,0833              | 0,0625   | 0,0625             | 0,1071   | 0,0789      | 0,3167 | <b>4,0151</b> |
| KAPASİTE                           | 0,2500              | 0,1875   | 0,1875             | 0,1786   | 0,2009      | 0,8115 | <b>4,0395</b> |
| KULLANIM KOLAYLIĞI                 | 0,2500              | 0,1875   | 0,1875             | 0,1786   | 0,2009      | 0,8115 | <b>4,0395</b> |
| ESNEKLİK                           | 0,4167              | 0,5625   | 0,5625             | 0,5357   | 0,5193      | 2,1190 | <b>4,0802</b> |
|                                    |                     |          |                    |          | 1,0000      |        | 4,0436        |
| CI                                 | 0,014527993         |          |                    |          |             |        |               |
| RI                                 | 0,882               |          |                    |          |             |        |               |
| <b>CR</b>                          | <b>CI/RI=0,0165</b> |          |                    |          |             |        |               |

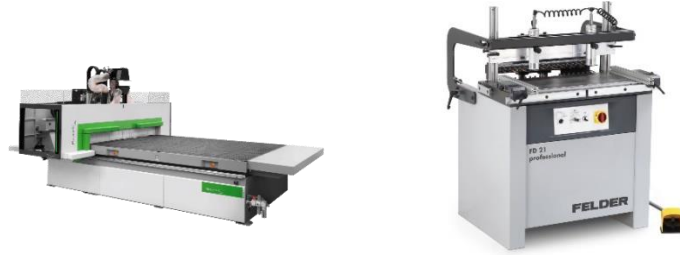
Çizelge 7’de, Senaryo 3 için oluşturulan karar matrisi verilmiştir. Senaryo 3 için (Delik delme prosesi) CNC ahşap levha işleme merkezi (Düz Tablalı) + 1 yatay, 2 dikey kafalı çoklu delik delme makinesi kombinasyonu en yüksek puanı alarak öne çıkmıştır.



**Çizelge 7.** Senaryo 3 karar matrisi

| KARAR MATRİSİ (SENARYO 3) | FIYAT  | KAPASİTE | KULLANIM KOLAYLIĞI | ESNEKLİK | KRİTERLER | SONUÇ          |
|---------------------------|--------|----------|--------------------|----------|-----------|----------------|
| CNCB+12D                  | 4,0395 | 4,0737   | 4,1747             | 4,1747   | 4,0151    | <b>66,5718</b> |
| MCD+12D                   | 4,0802 | 4,0175   | 4,0408             | 4,0408   | X 4,0395  | = 65,4217      |
| MCD+CNCB                  | 4,0151 | 4,0737   | 4,0362             | 4,2222   | 4,0395    | 66,1083        |
| NCD                       | 4,0395 | 4,1305   | 4,2222             | 4,0362   | 4,0802    | 66,4284        |

Senaryo 3 için öne çıkan makine kombinasyonu Şekil 3’te sunulmuştur.



**Şekil 3.** Düz tablalı CNC ahşap levha işleme merkezi ve 1 yatay 2 dikey kafalı çoklu delik delme makinesi (URL4, URL5)

#### 4 Sonuçlar ve Öneriler

Mobilya sektöründe ağırlığı ve önemi giderek artan sipariş tipi üretim için orta ölçekli işletmelere yönelik makine seçimi tercihleri ve ortaya konan öneriler aşağıda sunulmuştur;

- Kapasitesi günlük 100 levhaya kadar olan bir işletme için, önden yüklemeli CNC ahşap levha ebatlama makinesi (YEF) ilk sırada yer almıştır.
- Sipariş tipi üretim için günlük 1600 metreye kadar kenar bandı kullanan bir firma için alternatifler arasında öne çıkan kenar bantlama makinesi, besleme hızı 20 m/dk’ya kadar olan tek taraflı kenar bantlama makinesidir.
- Sipariş tipi üretimin son prosesi delik delme işleminde, bazı durumlarda sadece tek yüzeye delik delinmediğinden, parça değil, yüzey sayısı üzerinden gidilmiştir. 3. senaryo olan sipariş tipi üretimde, günlük 1200 yüzeye kadar kapasiteyle üretim yapıldığı durumlarda, CNC ahşap levha işleme merkezi ve 1 Yatay, 2 dikey kafalı çoklu delik delme makinesi (CNCB + 12D) kombinasyonu ön plana çıkmıştır. Delik delme işlemlerinde önemli bir parametre olan delik yoğunluğu (Bir yüzeye ne çeşit, kaç delik delineceği gibi) dikkate alınmamıştır.

Çalışmada, makine seçimi sürecinde, ağaç işleme makineleri markaları ve modelleri, üretim yerleri, ürün kalitesine etkileri göz ardı edilerek, özellikle makine tipleri üzerinde durulmuş ve temel bir şablon ortaya konulmuştur. Bu nedenle, Dünya ticaretindeki global trendlerin etkisi de göz önüne alınarak, markalaşma süreçlerini tamamlamış farklı ağaç işleme makinelerinin, işleme kaliteleri ve hizmet ömürleri gibi konularda da çalışmaların yapılması teşvik edilmelidir.

#### Teşekkür

Bu çalışma Mehmet Özgür Kuşcuoğlu isimli yazarın doktora tezinden hazırlanmıştır.

#### Yazar Katkıları

**Mehmet Özgür Kuşcuoğlu:** Verilerin elde edilmesi, verilerin analiz edilmesi ve yorumlanması, makalenin yazılması. **Tuncer Dilik:** Çalışma konusunun belirlenmesi, verilerin analiz edilmesi, makalenin yazılması ve yayınlanması.

#### **Finansal destek beyanı**

Yazarlar bu çalışma için finansal destek beyan etmemişlerdir.

#### **Çıkar çatışması**

Yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

#### **Kaynaklar**

- İlhan, R., Burdurlu, E., (1993), Ağaç İşleri Endüstrisinde Fabrika Planlaması, Hacettepe Üniversitesi, 75, 337 Ankara
- Kobu, B., (2008). Üretim yönetimi, Beta, ISBN: 9786053332008, İstanbul
- Kurtoğlu, A., (2010), Ağaç işleme tekniği ve makineleri ders notları, (Basılmamıştır), *İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü*, İstanbul
- Kurtoğlu, A., Dilik, T., (2018), Mobilya ve ağaç konstrüksiyonları ders notları, (Basılmamıştır), *İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü*, İstanbul
- Kurtoğlu, A., Dilik, T., (2020), Mobilya endüstrisi ders notları, (Basılmamıştır), *İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü*, İstanbul
- Kuşcuoğlu, M.Ö., (2022), AB sürecinde Türkiye ağaç işleme makineleri sektörü, İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa, *Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi*, İstanbul
- Sofuoğlu, S. D., (2001), Ağaç malzemenin işlenmesinde fire oranlarının belirlenmesi üzerine incelemeler, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul
- Sofuoğlu, S.D., Kurtoğlu, A., (2013), The wastage rates at massive wood material processing, *Dumlupınar University, Institute of Science Journal*, Issue:11, 189-204, Turkey
- Taş, Y., (2010), Hata türü ve etkileri analizi (FMEA) tekniğinin mobilya endüstrisine yönelik uygulaması, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul
- Uludağ, A. S., Doğan, H., (2016), Çok kriterli karar verme yöntemlerinin karşılaştırılmasına odaklı bir hizmet kalitesi uygulaması, *Çankırı Karatekin University Journal of The Faculty of Economics and Administrative Sciences*, 6(2), 17-47.
- URL1 (2021), Karar verme teknikleri, <https://www.iienstitu.com/blog/karar-verme-teknikleri-nelerdir> (Ziyaret Tarihi: 06.06.2021)
- URL2 (2023) Yatay panel ebatlama, <https://www.ligno.com.tr/tectra-6120-classic.html> (Ziyaret Tarihi: 29.04.2023)
- URL3 (2023), Kenar bantlama makinesi, <https://ormendmakina.com/urun/casadei-flexa507-kenar-bantlama/> (Ziyaret Tarihi: 29.04.2023)
- URL4 (2023), CNC işlem merkezi, <https://www.biesse.com/tr/agac/cnc-islem-merkezleri/rover-k-ft-duez-tabla> (Ziyaret Tarihi: 29.04.2023)
- URL5 (2023), Çoklu delik makinesi FD 21, <https://www.artmakina.com/tr/urun/coklu-delik-makinasi-fd-21> (Ziyaret Tarihi: 29.04.2023)