

İmalat Performansı Ölçümü İçin Alternatif Bir Yaklaşım: Tercih İndeksi (PSI) Yöntemi

Gökhan Akyüz^a

Salih Aka^b

Öz: İmalatçı firmaların rekabetçi özelliklerini koruyabilmeleri ve gelişimlerini sürdürebilmeleri için performanslarını sürekli olarak takip etmeleri gerekmektedir. Bu çalışmada, belirli bir zaman aralığında imalat performans indekslerini hesaplamak amacıyla Tercih İndeksi (Preference Selection Index – PSI) yöntemine dayalı bir yaklaşım önerilmiştir. Yöntem, literatürdeki birçok yöntemin aksine kriterlerin görece ağırlıklarını belirlemeye ihtiyaç duymadan, basit hesaplamalarla sistematik bir çözüm sunmaktadır. Uygulama cam sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın üç ayrı imalat hattı için yapılmış ve sekiz aylık dönemde hatların performans gelişimi incelenmiştir.

Anahtar Sözcükler: İmalat performansı, tercih indeksi yöntemi, performans indeksi.

JEL Sınıflandırması: M11, L61

An Alternative Approach for Manufacturing Performance Measurement: Preference Selection Index (PSI) Method

Abstract: The manufacturing firms have to monitor their performance to maintain competitive advantages and sustain improvements. In this study, an approach based on Preference Selection Index (PSI) is proposed to calculate the manufacturing performance index at a specific time interval. Unlike many methods in the literature, this method offers a systematic approach with simple calculations without the need to determine the relative weights of the criteria. The application was performed in three separate production lines of the company in the glass industry and improvements in the performance of the lines for eight-month period of time were analyzed.

Keywords: Manufacturing performance, preference selection index method, performance index.

JEL Classification: M11, L61

^a Assoc. Prof., Akdeniz University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Business Administration, Antalya, Türkiye, akyuz@akdeniz.edu.tr

^b Res. Assist., Akdeniz University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Business Administration, Antalya, Türkiye, salihaka@akdeniz.edu.tr

1. Giriş

Günümüz rekabet ortamında firmaların varlıklarını sürdürebilmeleri, doğru işleri doğru şekilde yapmalarına ve kendilerini sürekli geliştirmelerine bağlıdır. Gelişimin sağlanabilmesi ve yönetilebilmesi, içsel ve dışsal performansın sürekli izlenmesi ve gerekli durumlarda, doğru eylem ve önlemlerin uygulamaya geçirilmesiyle mümkündür (Akyüz, 2006: 3). Firma performansının geliştirilmesinde ve rekabetçiliğinin artırılmasında imalat önemli bir unsur olarak görülmektedir. İmalatta üstünlük elde etmek isteyen firma ilk adımda, rekabetçi önceliklerini ve rakiplerine göre durumunu tespit etmeli; ikinci adımda ise imalat gücünü geliştirecek veya sürdürecektir kritik imalat uygulamalarını belirlemelidir (Leachman, Pegels ve Shin, 2005: 851). Burada kritik karar ve eylemlerin doğru seçimi ve etkin uygulanması firmanın imalat yapabilirliğini arttırabilmekte; bu da, firmanın rekabetçi konumunu güçlendirmektedir (Akgül, 2011: 174). Dolayısıyla, imalatçı firmalar mevcut durumlarını analiz etmek, kıyaslamalar yapmak ve iyileştirilecek alanları belirlemek için çeşitli yöntemlerle imalat performanslarını ölçmektedirler.

Bilindiği gibi performans, genel anlamda amaçlanan ve planlanan etkinlikler sonucunda elde edilen değeri nicel ya da nitel olarak belirleyen bir kavramdır (Akal, 2005: 17). Benzer şekilde imalat performansı da imalat sürecinin başarısını nitel veya nicel olarak belirleyen bir kavram olarak düşünülebilir ve belirli bir zaman dilimi içerisinde imalat sürecinde gerçekleştirilen faaliyetlerin bir sonucu olarak tanımlanabilir.

Performans ölçüm sistemlerindeki gelişmelere paralel olarak, imalat performansının ölçümünde de 1960'larda maliyet, 1970'lerde verimlilik, 1980'lerde kalite ve 1990'lardan sonra çok boyutluluk üzerine odaklanılmıştır (Hon, 2005: 139). Özellikle tüketici yönelimli pazarlama anlayışının gelişimi ile birlikte rekabette ön plana çıkan kalite, teslim süresi, müşteri memnuniyeti, güvenilirlik, maliyet gibi birçok faktör ölçüm sistemlerinde de kullanılmaya başlanmıştır. Farklı birimlerle ifade edilebilen ve/veya zaman zaman birbiriyle çelişebilen bu faktörleri birlikte değerlendiren yaklaşımlar gerek akademik dünyada gerekse uygulamada önerile gelmektedir. Zira bugünkü imalat işletmelerinin en önemli konularından biri etkili ölçüm konusudur (Jain, Triantis ve Liu, 2011: 616).

Bu çalışmada, Tercih İndeksi (Preference Selection Index –PSI) yöntemine dayalı alternatif bir performans indeksi hesaplama metodolojisi önerilmiştir. TOPSIS, Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), VIKOR vb tekniklerde olduğu gibi göstergelerin ağırlıklandırılmasına gerek duymayan bu metodoloji, az hesaplama ile sistematik ve mantıksal bir değerlendirme yapma imkanı sunmaktadır. Çalışma genel hatlarıyla şu bölümlerden oluşmaktadır: ikinci bölüm, imalat performansını ölçmede kullanılan boyut ve yöntemlere ilişkin literatür taramasına ayrılmıştır. PSI metodolojisine ve literatürden örneklere üçüncü bölümde yer verilmiştir. Dördüncü bölüm uygulama bölümüdür. Bu bölümde cam sektöründe faaliyet gösteren bir firma üzerinde yapılan uygulamanın adımları anlatılmış, firma imalat hatlarının aylar itibarıyla performans indeksleri hesaplanmış ve elde edilen bulgular değerlendirilmiştir. Bu bölüm başlığı altında ayrıca, AHP ve TOPSIS yöntemleri kullanılarak ölçülen performans skorları ile PSI sonuçlarının karşılaştırması yapılmıştır. Çalışmaya ilişkin genel değerlendirmeler ve geliştirilebilir yönler ise sonuç bölümünde ele alınmıştır.

2. İmalat Performansı Ölçümünde Kullanılan Boyut ve Yöntemler

Performans ölçümüne olan ilgi, F.W. Taylor'un, işçi ücretleri ile verimlilikleri arasında ilişki kurulmasını önerdiği Bilimsel Yönetimin İlkeleri çalışması ile başlamış ve günümüze kadar artarak devam etmiştir (Amaratunga ve Baldry, 2002: 327). Ölçüm sistemlerinde uzun yıllar finansal göstergeler hakim olmuş, rekabet koşullarındaki değişikliklerle birlikte bu göstergelerin başarı değerlendirmede tek başına yeterli olmadığı görülmüştür (Kennerly ve Neely, 2002: 1223). Diğer taraftan, parasal birimlerle ifade edilen bu göstergelerin, yapısal özellikleri yansıtmaktan uzak, kısa dönemli göstergeler olması, karar vericilerin imalat sistemlerini sürekli olarak izlemesini, kontrol etmesini ve iyileştirmesini kısıtlamaktadır (Yang, Chuang ve Huang, 2009: 1370). Bu nedenlerle ölçüm sistemlerinin farklı boyut ve göstergeleri bir arada değerlendirecek şekilde geliştirilmesi gerekmektedir. Kullanılan boyut ve göstergeler ise firmanın stratejik amaç ve faaliyette bulunduğu çevrenin rekabet şartlarına uygun olarak seçilmektedir (Chen, 2008: 380).

Literatürdeki çalışmaların rekabet kriterlerini de yansıtır şekilde genellikle şu beş boyut üzerine yoğunlaştığı görülmektedir: kalite, esneklik, verimlilik, maliyet, teslimat (Tablo 1).

Tablo 1. Literatürdeki Çalışmalardan Örnekler

| Literatür | Boyutlar | | | | |
|---|----------|----------|------------|---------|----------|
| | Kalite | Esneklik | Verimlilik | Maliyet | Teslimat |
| Chenhall (1996) | | √ | | | |
| Lo ve Pushpakumara (1999) | √ | √ | | √ | √ |
| Agrell ve West (2001) | | | √ | | |
| Bititçi, Suwignjo ve Carrie (2001) | √ | √ | | √ | √ |
| Chan, Yung ve Ip (2002) | √ | √ | | √ | √ |
| Yurdakul (2002) | √ | √ | | √ | √ |
| Ahmad ve Dhafr (2002) | √ | | √ | | √ |
| Corbett ve Claridge (2002) | √ | √ | | √ | √ |
| Christiansen, Berry, Bruun ve Ward (2003) | √ | | | √ | √ |
| Sarkis (2003) | √ | √ | | √ | √ |
| Kodali, Sangwan ve Sunnapwar (2004) | √ | √ | √ | √ | |
| Chin ve Saman (2004) | √ | √ | | √ | √ |
| Kazan, Özer ve Çetin (2006) | √ | √ | | √ | √ |
| Chen (2008) | √ | | | √ | √ |
| Yang vd. (2009) | √ | √ | | √ | √ |
| Yu ve Hu (2010) | | | √ | √ | |
| Parthiban ve Goh (2011) | √ | | | √ | |
| Jain vd. (2011) | | | | √ | √ |
| Eswaramurthi ve Mohanram (2013) | √ | | √ | | |

Bakış açısına göre farklı şekillerde değerlendirilebilen kalite, en genel hali ile sunulan ürünlerin, müşteri istek ve beklentilerini karşılama, spesifikasyonlara uygun ve hatasız olması şeklinde tanımlanır. Literatürde kalite boyutu, kalite oranı, ilk seferde hatasız üretim oranı/miktarı, hata oranı, yeniden işleme oranı, spesifikasyonlara uygunluk, hurda oranı, tüketici şikayetleri gibi göstergelerle ölçülmektedir (Eswaramurthi ve Mohanram, 2013; Parthiban ve Goh, 2011; Chen, 2008; Yang vd., 2009; Lo ve Pushpakumara, 1999; Chan vd., 2002; Yurdakul, 2002; Christiansen vd., 2003; Chin ve Saman, 2004; Kodali vd., 2004).

İmalat esnekliği, pazarda meydana gelen değişikliklere hızla adapte olabilme, farklı ürün karmalarını farklı miktarlarda üretebilme ve tesisleri genişletebilme yeteneği olarak tanımlanmaktadır (Akgül, 2011: 177). Bu boyutun ölçümünde genellikle ürün çeşitliliği veya sayısı, hacim, ürün, süreç, makine ve rota esnekliği gibi göstergeler kullanılmaktadır (Yang vd., 2009; Lo ve Pushpakumara, 1999; Parthiban ve Goh, 2011; Chan vd., 2002; Sarkis, 2003; Corbett ve Claridge, 2002; Yurdakul, 2002; Chin ve Saman, 2004; Christiansen vd., 2003).

Üretimde kullanılan girdilerle çıktılar arasındaki ilişkiyi yansıtan verimlilik, kaynakların ne derece etkin kullanıldığını gösteren bir boyuttur. Verimlilik ölçümünde Çıktı/Girdi oranı, direkt işgücü verimliliği, verimlilik indeksi, tüm ekipman etkinliği (OEE) gibi göstergelerden yararlanılmaktadır (Eswaramurthi ve Mohanram, 2013; Yu ve Hu, 2010; Ahmad ve Dhafr, 2002; Agrell ve West, 2001; Kodali vd., 2004).

Amaçları gerçekleştirmeye dönük faaliyetlerin mümkün en az maliyetle yapılması istenir. Bu nedenle maliyet, her dönem önemli bir performans boyutu olmuştur. Bu boyut genellikle hammadde, stok, zaman, işgücü, kalite gibi maliyet kalemlerinin performansını ölçen göstergelerle ölçülmektedir (Jain vd., 2011; Christiansen vd., 2003; Chin ve Saman, 2004; Yang vd., 2009; Parthiban ve Goh, 2011; Yu ve Hu, 2010; Kodali vd., 2004).

Siparişlerin eksiksiz ve zamanında teslim edilmesi müşteri tatminini artırılmasında önemli bir unsurdur. Teslimat boyutunun ölçümünde sipariş ve teslimat arasındaki zaman, zamanında teslim oranı, dağıtım hızı, ortalama teslimat gecikmesi, birim üretim zamanı gibi göstergeler kullanılmaktadır (Yang vd., 2009; Kazan vd., 2006; Christiansen vd., 2003; Chin ve Saman, 2004; Chen, 2008; Yurdakul, 2002; Chan vd., 2002; Sarkis, 2003).

Bu beş boyuta ek olarak, çalışma özelinde stok (Yu ve Hu, 2010; Kodali vd., 2004), yenilikçilik (Chin ve Saman, 2004; Gomes, Yasin ve Lisboa, 2006; Corbett ve Claridge, 2002), güvenilebilirlik (Yurdakul, 2002) gibi farklı boyutlar da incelenebilmektedir.

Performans ölçümünün gerçekleştirilmesinde kullanılan yöntemler de doğal olarak farklılaşmaktadır. Örneğin, Chan vd. (2002), performans değerlendirmede bulanık karar modelini; Agrell ve West (2001), verimlilik indekslerini; Ahmad ve Dhafr (2002) ve Eswaramurthi ve Mohanram (2013), tüm ekipman etkinliği (OEE) formülasyonunu; Kodali vd. (2004) ve Chen (2008), göstergelerden hareketle hesapladıkları performans skor denklemlerini; Jain vd. (2011) veri zarflama analizini kullanmışlardır. Nitel ve nicel kriterleri birlikte değerlendirmede sıklıkla yararlanılan Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve Analitik Ağ Prosesi (AAP) performans ölçümünde de yaygın olarak uygulanmıştır (Lo ve Pushpakumara, 1999; Bititçi vd., 2001; Yurdakul, 2002; Sarkis, 2003; Yang vd., 2009; Parthiban ve Goh, 2011). Yu ve Hu (2010), beş ayrı imalat tesisinin performans değerlendirmesini bulanık TOPSIS yöntemi ile gerçekleştirmiştir. Bazı çalışmalarda ise anket uygulaması sonucu elde edilen verilerden hareketle performans ölçüm ve değerlendirmesi yapılmıştır (Chenhall, 1996; Ahmed ve Dhafr 2002; Corbett ve Claridge, 2002; Christiansen vd., 2003; Chin ve Saman, 2004; Kazan vd., 2006).

Literatürde, burada örneklendirilenler dışında performans ölçümünde kullanılan farklı birçok yöntem ve teknik bulunmaktadır. Bu çalışmanın temelini oluşturan ve aşağıda detaylandırılan PSI'nin performans değerlendirmesi alanında kullanılabilecek yeni bir yöntem olduğu düşünülmektedir.

3. Tercih İndeksi (PSI)

PSI, Maniya ve Bhatt (2010) tarafından çok kriterli karar verme problemlerinin çözümü için geliştirilmiş bir yöntemdir. Literatürde yer alan çok kriterli karar verme yöntemlerinin birçoğunda kriterler veya kriter ağırlıkları arasında görece önemleri belirlemek ve karmaşık hesaplamalar yapmak gerekir. PSI yöntemi, kriterlerin nispi önemlerini belirlemeyi gerektirmeden, basit ve sistematik bir hesaplama ile çözüme ulaşmaktadır. Yöntemde, genel tercih değeri kullanılarak her bir alternatif için tercih indeksi (Ij) hesaplanır ve değeri yüksek olan alternatif en iyi alternatif olarak seçilir (Maniya ve Bhatt, 2010: 1786). Bu yöntem özellikle, kriterlerin nispi önem düzeylerine karar vermenin zor ve karmaşıklaştığı problemlerde kullanışlı bir yöntemdir (Attri ve Grover, 2013:x).

Maniya ve Bhatt (2010), yöntemi ilk olarak malzeme seçim problemine uygulamıştır. Üç farklı örnek üzerinden yapılan analizlerle metodun geçerliliği ve tutarlılığı test edilmiştir. Ulaşılan sonuçlar TOPSIS ve GTMA tekniklerince elde edilen bulgularla karşılaştırılmıştır. Malzeme seçimi problemi için PSI yönteminin en iyi çözümü sunduğu tespit edilmiştir. Maniya ve Bhatt (2011) optimal fabrika yerleşim düzeni seçim problemi için yine PSI tekniğinden faydalanmıştır. Bu teknik ile karar vericiden kaynaklı yanlış yerleşim düzeninin yol açtığı verimsizlik, maliyet kaynak israfı gibi kayıpları en aza indirmeyi amaçlamışlardır. Literatürde VZA, AHP destekli TOPSIS ve GRA yöntemleriyle çözülen üç örnek PSI ile de çözümlenerek benzer sonuçlara ulaşılmıştır. Buradan hareketle çalışmada VZA yöntemindeki karmaşık bilgisayar işlemleri, AHP destekli TOPSIS yönteminde karar vericiye bağlı ağırlık belirleme, GRA yöntemindeki farklılaşma katsayısı değeri için gerekli olan duyarlılık analizi gibi hesaplamalara ihtiyaç duymayan PSI yönteminin basitliğine vurgu yapılmaktadır.

Joseph ve Sridharan (2011), esnek üretim sistemlerinde parti üretimini başlatma, rotalama ve sıralama gibi kararlar için çeşitli çizelgeleme kombinasyonlarının sıralamasını PSI yöntemi ile yapmışlardır. Vahdani, Zandieh ve Tavakkoli-Moghaddam (2011), alternatif yakıt türlerinin seçim probleminde bulanık TOPSIS ve bulanık PSI yöntemlerini kullanmışlardır. Çalışmada faktörlerin performans derecelendirmelerini yapabilmek için bulanık dilsel değişkenlerden faydalanılmıştır. Her iki yöntem ile birbirine çok yakın sıralama elde edilmiştir. Jahan, Mustapha, Sapuan, Ismail ve Bahraminasab (2012), malzeme seçim problemini çözmek için nesnel, öznel ve bağımlı ağırlıkları entegrasyonunun sağlandığı yeni birçok kriterli karar verme tekniği sunmaktadırlar. PSI yönteminde birbiri arasında uyumu yüksek olan kriterler yakın sıralanmaktadır. Çalışmalarında bunun aksine aradaki yüksek sapmaya göre ele alınan kriterlerin olabildiğince birbirinden uzak sıralanmasını sağlayacak bir formülasyon geliştirmişlerdir. Khorshidi ve Hassani (2013), alüminyum bileşiminde istenen kuvvet ve kullanılabilirliği sağlayabilecek malzeme seçimini TOPSIS ve PSI yöntemleri ile yapmışlardır. TOPSIS’de her bir kriterin ağırlığının belirlenebilmesi için AHP yöntemine de ihtiyaç duyulmuştur. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda PSI yönteminin herhangi bir göreceli ağırlık değeri atamaksızın en iyi alternatifi başarıyla seçtiği ve TOPSIS yönteminin yerine kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Almomani, Mohammed, Abdelhadi ve Mumani (2013), hazırlık zamanını azaltmak için geleneksel SMED yöntemiyle AHP, TOPSIS ve PSI tekniklerini entegre etmişlerdir. Söz konusu yöntemler ile karar verme sürecini etkileyen maliyet, enerji, kalite, bakım gibi unsurları göz önüne alarak uygun alternatifler arasından en uygun hazırlık tekniğini seçecek sistematik bir yaklaşım sunmuşlardır. PVC sektöründen alınan gerçek örnek üzerindeki uygulama sonucunda makine kullanım oranının iyileştiğini, verimlilik ve esnekliğin arttığını tespit etmişlerdir.

İlgili literatürden de görüldüğü üzere PSI yöntemi genellikle alternatifler arası seçim veya sıralama problemlerinde kullanılmıştır. Bu çalışmada ise genel kullanımdan farklı olarak, imalat hatlarının performans indeksleri PSI yöntemi ile hesaplanmıştır. Yöntemin çalışmaya uyarlanması esnasında seçim kriterlerinin yerine performans göstergeleri; alternatifler yerine ise bu göstergelerin farklı dönemlerde ölçülmüş değerleri kullanılmıştır. Böylece belirlenmiş zaman aralığı içerisinde imalat hattının ilgili göstergeler itibarıyla performansındaki değişimini temsil eden indeks değerleri elde edilmiştir. Yöntemin algoritmik adımları aşağıda verildiği gibidir (Maniya ve Bhatt, 2010, 2011):

Adım-1: Problemi tanımla. İmalat hatları ve bu hatların performanslarını değerlendirmede kullanılacak göstergeleri belirle.

Adım-2: Karar matrisini oluştur. Satırlar dönemleri $A=[A_i, i=1, 2, \dots, n]$, sütunlar göstergeler setini $C=[C_j, j=1, 2, \dots, m]$ ve C_j göstergesinin A_i dönemindeki değerini x_{ij} temsil edecek şekilde karar matrisi oluşturulur (Tablo 2).

Tablo 2. Karar matrisi

| Dönemler (A_i) | Göstergeler (C_j) | | | |
|-----------------------|-----------------------|----------|------|----------|
| | C_1 | C_2 | | C_m |
| A_1 | x_{11} | x_{12} | | x_{1m} |
| A_2 | x_{21} | x_{22} | | x_{2m} |
| | | | | |
| A_n | x_{n1} | x_{n2} | | x_{nm} |

Adım-3: Normalize edilmiş karar matrisini oluştur. Çok kriterli karar verme problemlerinde farklı birimlerle ölçülmüş kriterlerle sıkça karşılaşılır. Bu verilerin uyumlu hale getirilmesi gerekir. Bu aşamada karar matrisinde yer alan veriler 0-1 arasında standardize edilir. Eğer göstergenin büyük değeri daha iyiyi temsil ediyorsa (1) numaralı formül ile; küçük değeri daha iyiyi temsil ediyorsa (2) numaralı formül ile veri normalize edilir.

$$R_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_{jmax}}; \forall i, j \quad (1)$$

Burada $x_{jmax} = \max\{x_{ij}\}; \forall i, j$

$$R_{ij} = \frac{x_{jmin}}{x_{ij}}; \forall i, j \quad (2)$$

Burada $x_{jmin} = \min\{x_{ij}\}; \forall i, j$

Adım-4: Tercih varyans değerini (PV_j) hesapla. Bu adımda her bir göstergenin aşağıdaki formül kullanılarak varyansı belirlenir.

$$PV_j = \sum_{i=1}^N [R_{ij} - \bar{R}_j]^2 \quad (3)$$

Burada \bar{R}_j j . göstergenin normalize edilmiş değerlerinin ortalamasıdır ve (4) numaralı formül ile hesaplanır.

$$\bar{R}_j = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N R_{ij} \quad (4)$$

Adım-5: Genel tercih değerini (Ψ_j) belirle. Her bir göstergenin genel tercih değerini elde etmek için tercih değerindeki sapmanın (Φ_j) bulunması gerekir. Sapma (Φ_j), formül (5) ile genel tercih değeri (Ψ_j) ise (6) numaralı formül ile hesaplanır.

$$\Phi_j = 1 - PV_j \quad (5)$$

$$\Psi_j = \frac{\Phi_j}{\sum_{j=1}^M \Phi_j} \quad (6)$$

Burada tüm göstergelerin genel tercih değerleri toplamının "1" olması gerekir ($\sum \Psi_j = 1$). Bu çalışmada (Ψ_j) değeri, j . performans göstergesinin belirlenen zaman aralığındaki dönemsel değerlerindeki sapmalardan hareketle hesaplanmış ağırlığı olarak yorumlanmıştır.

Adım-6: Tercih İndeksi (I_i) hesaplanır. Her bir dönem için formül (7) kullanılarak tercih indeksi hesaplanır.

$$I_i = \sum_{j=1}^M (R_{ij} \times \Psi_j) \quad (7)$$

Tercih indeksi (I_i), bu çalışmada performans indeksi değerine karşılık gelmektedir. Diğer bir ifadeyle I_i değeri, imalat hattının i . dönemdeki performans indeksidir. En yüksek değer, incelenen zaman aralığı içerisinde performansın en yüksek olduğu dönemi; en düşük değer ise performansın en düşük olduğu dönemi tanımlar.

4. Uygulama

Uygulama, cam sektöründe faaliyet gösteren bir fabrikada gerçekleştirilmiştir. Ayna, Satina ve Kris (dekoratif cam) olmak üzere üç ayrı imalat hattının bulunduğu fabrikada imalat, talep tahminleri ve alınan siparişler ışığında hazırlanan günlük planlara göre yapılmaktadır. Gün sonunda hazırlanan raporlar veri tabanında kayıt altına alınmaktadır. Karar vericiler, imalat hatlarının performanslarını toplam üretim, plana uyum ve ortalama verim olmak üzere üç gösterge ile takip etmektedir. Değerlendirmeler gösterge bazlı yapılmakta ve ortak bir performans skoruna/indeksine dönüştürülmemektedir. Bu çalışmada, imalat hatlarının belirli bir zaman aralığı içerisinde performans gelişimini gösterir indeks değerleri PSI yöntemi ile hesaplanmıştır. Çalışmanın uygulama aşamaları ve yapılan ölçümler aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır:

Adım 1: İmalat hatlarının yapısal farklılıklarından dolayı indeks değerlerinin ayrı ayrı hesaplanmasına karar verilmiştir. Fabrika da toplanan verilerden farklı performans göstergelerinin de hesaplanabileceği karar verici gruba iletilmiş ve yapılan çalışmalar sonucunda performans ölçümü için aşağıdaki 6 ortak göstergenin kullanılması kararlaştırılmıştır.

$$\text{Kullanım Oranı (KO)} = \frac{\text{Toplam Üretim Süresi (saat)}}{\text{Toplam Çalışma Süresi (saat)}} \quad (8)$$

$$\text{Verim (V)} = \frac{\text{Toplam Üretim Miktarı (m}^2\text{)}}{\text{Toplam Üretim Süresi (saat)}} \quad (9)$$

$$\text{Plana Uyum Oranı (PUO)} = \frac{\text{Toplam Üretim Miktarı}}{\text{Planlanan Üretim Miktarı}} \quad (10)$$

$$\text{Sınıf Ürün Oranı (SO)} = \frac{\text{Sağlam Üretim Miktarı}}{\text{Toplam Üretim Miktarı}} \quad (11)$$

$$\text{İşgücü Verimliliği (IV)} = \frac{\text{Toplam Üretim Miktarı}}{\text{Üretimde Çalışan Sayısı}} \quad (12)$$

$$\text{Ürün Çeşitliliği (ÜÇ)} = \text{İlgili dönemde üretilen ürün çeşidi sayısı} \quad (13)$$

Adım 2: Günlük veriler toplanarak aylık verilere dönüştürülmüş ve yukarıda verilen formüller ile performans göstergelerinin aylık değerleri hesaplanmıştır. Her bir imalat hattı için hesaplanan bu değerler 8 aylık dönemde Tablo 3'de verildiği gibi gerçekleşmiştir. İmalat hatları kendi içerisinde değerlendirildiğinden üç ayrı karar matrisi tanımlanmıştır. Dolayısıyla tabloda 8x6 boyutunda 3 ayrı karar matrisi bulunmaktadır.

Tablo 3a. Ayna ve Satina İmalat hatlarının aylar itibariyle performans gösterge değerleri

| Hatlar | Aylar | Kullanım Oranı | Verim | Plana Uyum Oranı | 1.Sınıf Ürün Oranı | İşgücü Verimliliği | Ürün Çeşitliliği |
|--------|-------|----------------|----------------|------------------|--------------------|--------------------|------------------|
| Ayna | 1.Ay | 0.805 | 172.587 | 0.854 | 0.934 | 2,847.7 | 19 |
| | 2.Ay | 0.795 | 195.469 | 1.394 | 0.932 | 4,561.0 | 23 |
| | 3.Ay | 0.865 | 206.949 | 0.991 | 0.946 | 7,312.2 | 26 |
| | 4.Ay | 0.808 | 167.814 | 1.082 | 0.872 | 3,412.2 | 24 |
| | 5.Ay | 0.847 | 193.638 | 0.963 | 0.842 | 5,163.7 | 30 |
| | 6.Ay | 0.861 | 177.582 | 0.997 | 0.876 | 4,765.1 | 25 |
| | 7.Ay | 0.778 | 580.367 | 0.978 | 0.897 | 5,416.8 | 27 |
| | 8.Ay | 0.803 | 375.534 | 0.998 | 0.907 | 5,726.9 | 51 |
| Satina | 1.Ay | 0.802 | 103.995 | 0.821 | 0.882 | 2,846.9 | 19 |
| | 2.Ay | 0.781 | 123.280 | 0.963 | 0.936 | 2,593.0 | 9 |
| | 3.Ay | 0.769 | 121.537 | 1.193 | 0.901 | 3,106.8 | 15 |
| | 4.Ay | 0.758 | 99.113 | 0.917 | 0.844 | 3,672.9 | 14 |
| | 5.Ay | 0.753 | 92.873 | 0.807 | 0.747 | 4,115.8 | 14 |
| | 6.Ay | 0.775 | 96.893 | 1.529 | 0.860 | 3,884.2 | 20 |
| | 7.Ay | 0.678 | 201.696 | 1.104 | 0.691 | 5,050.7 | 19 |
| | 8.Ay | 0.628 | 281.483 | 1.632 | 0.698 | 4,386.4 | 19 |

Tablo 3b. Kris imalat hattının aylar itibariyle performans gösterge değerleri

| Hatlar | Aylar | Kullanım Oranı | Verim | Plana Uyum Oranı | 1.Sınıf Ürün Oranı | İşgücü Verimliliği | Ürün Çeşitliliği |
|--------|-------|----------------|---------------|------------------|--------------------|--------------------|------------------|
| Kris | 1.Ay | 0.652 | 41.660 | 0.758 | 0.904 | 847.9 | 25 |
| | 2.Ay | 0.648 | 31.216 | 0.965 | 0.919 | 576.8 | 24 |
| | 3.Ay | 0.676 | 37.125 | 1.025 | 0.875 | 821.2 | 26 |
| | 4.Ay | 0.591 | 36.517 | 0.738 | 0.808 | 604.0 | 21 |
| | 5.Ay | 0.557 | 36.810 | 0.767 | 0.905 | 579.6 | 16 |
| | 6.Ay | 0.628 | 43.320 | 0.705 | 0.916 | 914.1 | 23 |
| | 7.Ay | 0.757 | 81.449 | 0.925 | 0.923 | 770.2 | 20 |
| | 8.Ay | 0.646 | 79.587 | 0.766 | 0.913 | 903.1 | 38 |

Adım 3: Kullanılan göstergelerin büyük değerleri performans açısından olumlu anlam taşıdığından normalizasyon işlemi (1) numaralı formül kullanılmış ve Tablo 4'deki normalize değerler hesaplanmıştır.

Tablo 4. Normalize edilmiş gösterge değerleri

| Hatlar | Aylar | Kullanım Oranı | Verim | Plana Uyum Oranı | 1.Sınıf Ürün Oranı | İşgücü Verimliliği | Ürün Çeşitliliği |
|--------|-------|----------------|-------|------------------|--------------------|--------------------|------------------|
| Ayna | 1.Ay | 0.930 | 0.297 | 0.612 | 0.987 | 0.389 | 0.373 |
| | 2.Ay | 0.919 | 0.337 | 1.000 | 0.985 | 0.624 | 0.451 |
| | 3.Ay | 1.000 | 0.357 | 0.711 | 1.000 | 1.000 | 0.510 |
| | 4.Ay | 0.934 | 0.289 | 0.776 | 0.922 | 0.467 | 0.471 |
| | 5.Ay | 0.978 | 0.334 | 0.691 | 0.890 | 0.706 | 0.588 |
| | 6.Ay | 0.995 | 0.306 | 0.715 | 0.926 | 0.652 | 0.490 |
| | 7.Ay | 0.899 | 1.000 | 0.702 | 0.949 | 0.741 | 0.529 |
| | 8.Ay | 0.928 | 0.647 | 0.716 | 0.958 | 0.783 | 1.000 |
| Satina | 1.Ay | 1.000 | 0.369 | 0.503 | 0.943 | 0.564 | 0.950 |
| | 2.Ay | 0.973 | 0.438 | 0.590 | 1.000 | 0.513 | 0.450 |
| | 3.Ay | 0.958 | 0.432 | 0.731 | 0.963 | 0.615 | 0.750 |
| | 4.Ay | 0.944 | 0.352 | 0.562 | 0.902 | 0.727 | 0.700 |
| | 5.Ay | 0.939 | 0.330 | 0.494 | 0.798 | 0.815 | 0.700 |
| | 6.Ay | 0.966 | 0.344 | 0.937 | 0.919 | 0.769 | 1.000 |
| | 7.Ay | 0.845 | 0.717 | 0.676 | 0.738 | 1.000 | 0.950 |
| | 8.Ay | 0.782 | 1.000 | 1.000 | 0.746 | 0.868 | 0.950 |
| Kris | 1.Ay | 0.860 | 0.511 | 0.740 | 0.979 | 0.928 | 0.658 |
| | 2.Ay | 0.855 | 0.383 | 0.941 | 0.996 | 0.631 | 0.632 |
| | 3.Ay | 0.892 | 0.456 | 1.000 | 0.948 | 0.898 | 0.684 |
| | 4.Ay | 0.780 | 0.448 | 0.719 | 0.875 | 0.661 | 0.553 |
| | 5.Ay | 0.736 | 0.452 | 0.748 | 0.981 | 0.634 | 0.421 |
| | 6.Ay | 0.829 | 0.532 | 0.687 | 0.993 | 1.000 | 0.605 |
| | 7.Ay | 1.000 | 1.000 | 0.903 | 1.000 | 0.843 | 0.526 |
| | 8.Ay | 0.853 | 0.977 | 0.747 | 0.989 | 0.988 | 1.000 |

Adım 4: Sırasıyla (4) ve (3) numaralı formüller ile her bir göstergenin tercih varyans değerleri belirlenmiştir (Tablo 5).

Tablo 5. Hatlar itibariyle göstergelerin tercih varyans değerleri

| Hatlar | Kullanım Oranı | Verim | Plana Uyum Oranı | 1.Sınıf Ürün Oranı | İşgücü Verimliliği | Ürün Çeşitliliği |
|--------|----------------|-------|------------------|--------------------|--------------------|------------------|
| Ayna | 0.010 | 0.446 | 0.091 | 0.010 | 0.251 | 0.257 |
| Satina | 0.038 | 0.397 | 0.258 | 0.072 | 0.188 | 0.252 |
| Kris | 0.043 | 0.427 | 0.098 | 0.012 | 0.174 | 0.201 |

Tabloda ondalık değerler 3 hane olacak şekilde yuvarlanmıştır. Ancak hesaplamalarda 3 haneden fazla değer kullanılmıştır.

Adım 5: (5) ve (6) numaralı formüller ile genel tercih değerleri belirlenmiştir (Tablo 6).

Tablo 6. Hatlar itibariyle göstergelerin genel tercih değerleri

| Hatlar | Kullanım Oranı | Verim | Plana Uyum Oranı | 1.Sınıf Ürün Oranı | İşgücü Verimliliği | Ürün Çeşitliliği |
|--------|----------------|-------|------------------|--------------------|--------------------|------------------|
| Ayna | 0.201 | 0.112 | 0.184 | 0.201 | 0.152 | 0.151 |
| Satina | 0.201 | 0.126 | 0.155 | 0.194 | 0.169 | 0.156 |
| Kris | 0.190 | 0.114 | 0.179 | 0.196 | 0.164 | 0.158 |

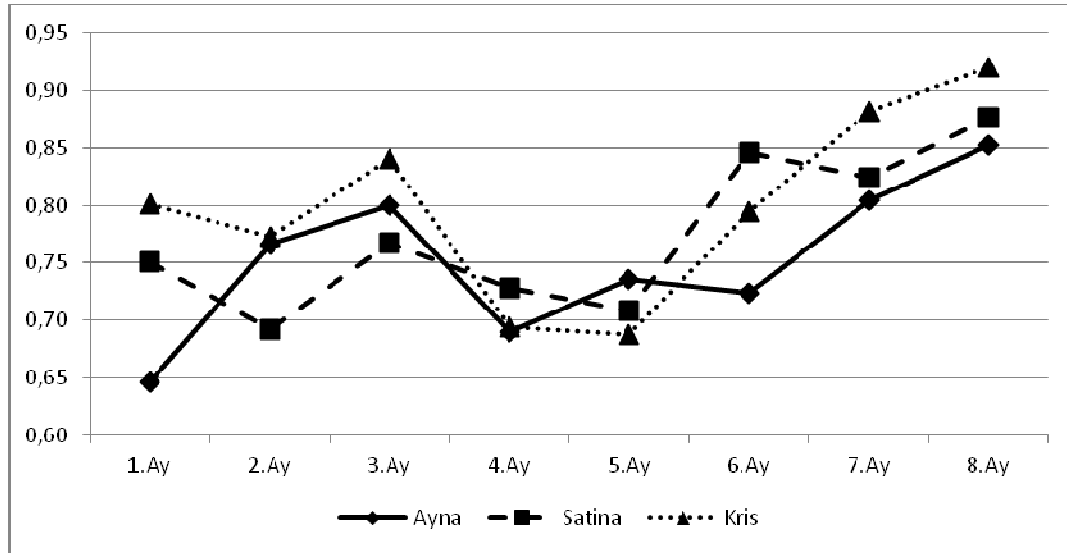
Tabloda ondalık değerler 3 hane olacak şekilde yuvarlanmıştır. Ancak hesaplamalarda 3 haneden fazla değer kullanılmıştır.

Adım 6: (7) numaralı formül ile tercih indeksleri diğer bir ifadeyle imalat hatlarının aylar itibariyle performans indeksleri hesaplanmıştır (Tablo 7, Şekil 1).

Tablo 7. İmalat hatlarının aylar itibariyle performans indeksleri

| Aylar | Ayna | Satina | Kris |
|-------|-------|--------|-------|
| 1.Ay | 0.646 | 0.751 | 0.801 |
| 2.Ay | 0.767 | 0.692 | 0.772 |
| 3.Ay | 0.801 | 0.767 | 0.841 |
| 4.Ay | 0.689 | 0.728 | 0.695 |
| 5.Ay | 0.735 | 0.708 | 0.687 |
| 6.Ay | 0.724 | 0.846 | 0.795 |
| 7.Ay | 0.804 | 0.825 | 0.882 |
| 8.Ay | 0.852 | 0.877 | 0.920 |

Şekil 1. İmalat hatlarının aylar itibariyle performans indekslerinin gelişimi



Üç imalat hattı da en yüksek performans değerlerine 8. ayda ulaşmışlardır. Ayna 1. ayda, Satina 2. ayda, Kris ise 5. ayda en düşük performans değerlerini almışlardır. Satina imalat hattının performansı genelde aylık dalgalanmalar (iniş/çıkış) gösterirken, Ayna imalat hattı performansının periyodik (2/3 aylık) bir dalgalanma gösterdiği görülmüştür. Özellikle, 1., 4. ve 6. aylardaki Verim ve İşgücü Verimliliğindeki düşüş performans indeksine de yansımıştır. Kris imalat hattında ise 5. aydan sonra göstergelerde olumlu gelişmeler olmuş ve performans indeksi bu aydan itibaren düzenli bir artış göstermiştir.

Bu sekiz aylık dönem içerisinde üç imalat hattında da sırasıyla Verim ve Ürün Çeşitliliği göstergelerinde varyans yüksek gerçekleşmiştir (Tablo 5). Geriye dönük bu göstergeler incelendiğinde değişkenliğin devamlı artış/azalış şeklinde değil, dalgalı bir yapı izlediği gözlenmiştir (Tablo 3 ve 4). Bu değişkenliğin nedenlerinin araştırılması ve mümkünse kontrol altına alınması performansın iyileştirilmesine hizmet edebilir.

AHP, TOPSIS ve PSI Sonuçlarının Karşılaştırılması:

Bu başlık altında hatların imalat performansları AHP (Saaty, 1987) ve TOPSIS (Opricovic ve Tzeng, 2004) yöntemleri kullanılarak hesaplanmış ve PSI sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Bu aşamada uzman grubunun yaptığı ikili karşılaştırmalar kullanılarak AHP yöntemi ile gösterge ağırlıkları ($w_k=0.093, 0.380, 0.051, 0.287, 0.160, 0.029$) belirlenmiştir (Ek-1). Hatların aylık performans skorları Tablo 4'deki normalize değerlerin (14) numaralı denklemde yerine konulması ile hesaplanmıştır. TOPSIS yönteminde de AHP ile elde edilen gösterge ağırlıkları kullanılmış ve Tablo 8'deki değerler elde edilmiştir.

$$P_{ij} = 0.093KO_{ij} + 0.380V_{ij} + 0.051PUO_{ij} + 0.287SO_{ij} + 0.160İV_{ij} + 0.029ÜÇ_{ij} \quad (14)$$

Tablo 8. AHP, TOPSIS ve PSI sonuçları

| Ay | Ayna | | | | | | Satina | | | | | | Kris | | | | | |
|------|-------|------|-------|------|--------|------|--------|------|-------|------|--------|------|-------|------|-------|------|--------|------|
| | PSI | | AHP | | TOPSIS | | PSI | | AHP | | TOPSIS | | PSI | | AHP | | TOPSIS | |
| | Perf. | Sıra | Perf. | Sıra | Perf. | Sıra | Perf. | Sıra | Perf. | Sıra | Perf. | Sıra | Perf. | Sıra | Perf. | Sıra | Perf. | Sıra |
| 1.Ay | 0.646 | 8 | 0.587 | 8 | 0.052 | 7 | 0.751 | 5 | 0.647 | 6 | 0.147 | 6 | 0.801 | 4 | 0.761 | 4 | 0.258 | 4 |
| 2.Ay | 0.767 | 4 | 0.660 | 4 | 0.130 | 5 | 0.692 | 8 | 0.669 | 5 | 0.221 | 3 | 0.772 | 6 | 0.678 | 6 | 0.101 | 2 |
| 3.Ay | 0.801 | 3 | 0.727 | 3 | 0.241 | 3 | 0.767 | 4 | 0.687 | 3 | 0.210 | 4 | 0.841 | 3 | 0.743 | 5 | 0.189 | 5 |
| 4.Ay | 0.689 | 7 | 0.589 | 7 | 0.041 | 8 | 0.728 | 6 | 0.646 | 7 | 0.140 | 7 | 0.695 | 7 | 0.652 | 8 | 0.105 | 7 |
| 5.Ay | 0.735 | 5 | 0.639 | 5 | 0.138 | 4 | 0.708 | 7 | 0.618 | 8 | 0.128 | 8 | 0.687 | 8 | 0.673 | 7 | 0.133 | 6 |
| 6.Ay | 0.724 | 6 | 0.629 | 6 | 0.108 | 6 | 0.846 | 2 | 0.684 | 4 | 0.165 | 5 | 0.795 | 5 | 0.777 | 3 | 0.298 | 3 |
| 7.Ay | 0.804 | 2 | 0.905 | 1 | 0.886 | 1 | 0.825 | 3 | 0.785 | 2 | 0.572 | 2 | 0.882 | 2 | 0.956 | 2 | 0.909 | 2 |
| 8.Ay | 0.852 | 1 | 0.798 | 2 | 0.514 | 2 | 0.877 | 1 | 0.884 | 1 | 0.841 | 1 | 0.920 | 1 | 0.960 | 1 | 0.932 | 1 |

Yöntem sonuçları arasındaki sıra korelasyonlar incelendiğinde sıralamada küçük değişiklikler olmakla birlikte Ayna imalat hattında üç yöntemin performans sıralaması arasında anlamlı bir ilişki bulunmuştur (Tablo 9). Satina ve Kris hatlarında ise PSI-AHP ve AHP-TOPSIS performans sıralamaları arasında anlamlı bir ilişki vardır.

Tablo 9. Yöntemler arası sıra korelasyonlar

| | Ayna | | | Satina | | | Kris | | |
|--------|------|-----|--------|--------|-----|--------|------|-----|--------|
| | PSI | AHP | TOPSIS | PSI | AHP | TOPSIS | PSI | AHP | TOPSIS |
| PSI | | | | | | | | | |
| AHP | | | | | | | | | |
| TOPSIS | | | | | | | | | |

5. Sonuç ve Değerlendirme

Bu çalışmada, imalat hatlarının belirli bir zaman aralığı içerisinde performans gelişimini gösteren indeks değerlerini hesaplamak amacıyla PSI yöntemini kullanan bir yaklaşım önerilmiştir. Uygulama cam sektöründe faaliyet gösteren bir fabrikada gerçekleştirilmiş ve imalat hatlarının 8 aylık performans indeksleri önerilen yöntem ile incelenmiştir. Yöntem dinamik bir yapıya sahiptir ve değerlendirmeye alınan veri seti dahilinde görece performans indekslerini hesaplamaktadır. Dolayısıyla, dokuzuncu ay verileri gerçekleştiğinde hesaplamaların 9 aylık veriler ile tekrarlanması gerekmektedir.

Çalışmada ayrıca PSI performans sıralama sonuçları ile AHP ve TOPSIS yöntemlerinin sıralamaları karşılaştırılmış, üç yöntemde de en iyi ve en kötü sıralama değerlerinin birbirlerine yakın olduğu gözlenmiştir. Sıra korelasyon analizi sonucunda da yöntem sonuçları arasında anlamlı ilişkiler tespit edilmiştir. Literatürde de buna benzer sonuçlara ulaşan çalışmalar mevcuttur (Almomani vd., 2013; Khorshidi vd., 2013).

AHP ve TOPSIS hesaplama sistemlerinin önemli bir bileşeni kriter ağırlıklarıdır bu durum çalışmanın sonuçlarına da yansımıştır. Diğer taraftan bu ağırlıklar çoğu zaman karar vericiler itibariyle de farklılaşabilmektedir. PSI yöntemi, kriter ağırlıklarının belirlenmesinin güç olduğu durumlarda pratik ve sistematik bir yaklaşım sunmakta, diğer çok kriterli karar verme yöntemlerine de yakın sonuçlar üretebilmektedir (Almomani vd., 2013). Yöntemin zayıf olduğu nokta ise kriterler arası ağırlıkların önem kazanıp belirleyici olduğu durumlardır. Zira PSI yöntemi bu etkiyi dikkate almamaktadır.

Çalışmada kullanılan göstergeler kalite, esneklik ve verimlilik boyutlarını yansıtan göstergelerdir. Diğer boyutları yansıtan göstergelerin eklenmesi veya gösterge sayısının artırılması daha kapsamlı bir değerlendirme imkanı sunacaktır. Nitel değerlendirmelerin çalışmaya dahil edilmemesi diğer bir kısıtı oluşturmuştur. Ancak burada bulanık küme teorisinin veya diğer nitel değerlendirme tekniklerinin yöntemine adapte edilmesi gerekmektedir. Gerek farklı boyutların/göstergelerin gerekse nitel verilerin yöntemine dahil edilmesi, çalışmanın geliştirilebilir yönlerinden biridir. Diğer bir yön ise yapısal farklılıklar nedeniyle ayrı ayrı incelenen imalat hattı performanslarını ortak değerlendirecek bir yapının oluşturulmasıdır. Çalışma gelecekte bu konulara odaklanacaktır.

Kaynaklar

- Agrell, P.J. & West, B.M. (2001). A caveat on the measurement of productive efficiency. *International Journal of Production Economics*, 69(1), 1-14.
- Ahmad, M. & Dhafr, N. (2002). Establishing and improving manufacturing performance measures. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 18(3-4), 171-176.
- Akal, Z. (2005). İşletmelerde Performans Ölçüm ve Denetimi Çok Yönlü Performans Göstergeleri (6.Baskı). Ankara: MPM Yayınları.
- Akgül, A.K. (2011). İmalat Performansının Değerlendirilmesi. *Öneri*, 9(35), 173-181.
- Akyüz, G. (2006). Proses İmalatında Performans Ölçme Ve İyileştirmeye Yönelik Bir Modelleme Yaklaşımı: Bir Uygulama. Akdeniz Üniversitesi SBE Yayınlanmamış Doktora Tezi, Antalya.
- Almomani, M.A., Mohammed, A., Abdelhadi, A. ve Mumani, A. (2013). A proposed approach for setup time reduction through integrating conventional SMED method with multiple criteria decision-making techniques. *Computers & Industrial Engineering*, 66, 461-469.
- Amaratunga D. & Baldry D. (2002). Performance Measurement in Facilities Management and its Relationships with Management Theory and Motivation. *Facilities*, 20(10), 327-336.
- Attri, R. & Grover, S. (2013). Application of preference selection index method for decision making over the design stage of production system life cycle. *Journal of King Saud University-Engineering Sciences*, In Press, Corrected Proof, Available online 17 June 2013.
- Bititci, U.S., Suwignjo, P. & Carrie, A.S. (2001). Strategy management through quantitative modelling of performance measurement systems. *International Journal of Production Economics*, 69 (1), 15-22.
- Chan, D.C.K., Yung, K.L. & Ip, A.W.H. (2002). An application of fuzzy sets to process performance evaluation. *Integrated Manufacturing Systems*, 13 (4), 237-246.

- Chen, C.-C. (2008). An objective-oriented and product-line-based manufacturing performance measurement. *International Journal of Production Economics*, 112 (1), 380-390.
- Chenhall, R.H. (1996). Strategies of manufacturing flexibility, manufacturing performance measures and organizational performance: an empirical investigation. *Integrated Manufacturing Systems*, 7(5), 25-32.
- Chin, H.G. & Saman, M.Z.M. (2004). Proposed analysis of performance measurement for a production system. *Business Process Management Journal*, 10(5), 570-583.
- Christiansen, T., Berry, W.L., Bruun, P. & Ward, P. (2003). A mapping of competitive priorities, manufacturing practices, and operational performance in groups of Danish manufacturing companies. *International Journal of Operations & Production Management*, 23(10), 1163-1183.
- Corbett, L.M. & Claridge, G.S. (2002). Key manufacturing capability elements and business performance. *International Journal of Production Research*, 40(1), 109-131.
- Eswaramurthi, K.G. & Mohanram, P.V. (2013). Improvement of manufacturing performance measurement system and evaluation of overall resource effectiveness. *American Journal of Applied Sciences*, 10(2), 131-138.
- Gomes, C. F., Yasin, M.M. & Lisboa, J.V. (2006). Performance measurement practices in manufacturing firms: an empirical investigation. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 17(2), 144-167.
- Hon, K.K.B. (2005). Performance and evaluation of manufacturing systems. *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, 54(2), 139-154.
- Jahan, A., Mustapha, F., Sapuan, S.M., Ismail, M.Y. & Bahraminasab, M. (2012). A framework for weighting of criteria in ranking stage of material selection process. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 58, 411-420.
- Jain, S., Triantis, K.P. & Liu, S. (2011). Manufacturing performance measurement and target setting: A data envelopment analysis approach. *European Journal of Operational Research*, 214, 616-626.
- Joseph, O.A. & Sridharan, R. (2011). Ranking of scheduling rule combinations in a flexible manufacturing system using preference selection index method. *International Journal of Advanced Operations Management*, 3(2), 201-216.
- Kazan, H., Özer, G. & Çetin, A.T. (2006). The effects of manufacturing strategies on financial performance. *Measuring Business Excellence*, 10(1), 14-26.
- Kennerley M. & Neely A. (2002). A Framework of the Factors Affecting the Evolution of Performance Measurement Systems. *International Journal of Operations & Production Management*, 22(11), 1222-1245.
- Khorshidi, R. & Hassani, A. (2013). Comparative analysis between TOPSIS and PSI methods of materials selection to achieve a desirable combination of strength and workability in Al/SiC composite. *Materials and Design*, 52, 999-1010.
- Kodali, R., Sangwan, K.S. & Sunnapwar, V.K. (2004). Performance value analysis for the justification of world-class manufacturing systems. *Journal of Advanced Manufacturing Systems*, 3 (1), 85-102.

- Leachman, C., Pegels, C.C. & Shin, S.K. (2005). Manufacturing performance: evaluation and determinants. *International Journal of Operations & Production Management*, 25(9), 851-874.
- Lo, E.K. & Pushpakumara, C. (1999). Performance and partnership in global manufacturing-modelling frameworks and techniques. *International Journal of Production Economics*, 60-61, 261-269.
- Maniya, K. & Bhatt, M.G. (2010). A selection of material using a novel type decision-making method: Preference selection index method. *Materials and Design*, 31, 1785-1789.
- Maniya, K.D. & Bhatt, M.G. (2011). An alternative multiple attribute decision making methodology for solving optimal facility layout design selection problems. *Computers & Industrial Engineering*, 61, 542-549.
- Opricovic, S. & Tzeng, G.-H. (2004). Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. *European Journal of Operational Research*, 156, 445-455.
- Parthiban, P. & Goh, M. (2011). An integrated model for performance management of manufacturing units. *Benchmarking: An International Journal*, 18(2), 261-281.
- Saaty, R. W. (1987). The analytic hierarchy process-what it is and how it is used. *Mathematical Modelling*, 9(3-5), 161-176.
- Sarkis, J. (2003). Quantitative models for performance measurement systems-alternate considerations. *International Journal of Production Economics*, 86(1), 81-90.
- Vahdani, B., Zandieh, M. & Tavakkoli-Moghaddam, R. (2011). Two novel FMCDM methods for alternative-fuel buses selection. *Applied Mathematical Modelling*, 35, 1396-1412.
- Yang, C.-L, Chuang, S.-P. & Huang, R.-H. (2009). Manufacturing evaluation system based on AHP/ANP approach for wafer fabricating industry. *Expert Systems with Applications*, 36 (8), 11369-11377.
- Yu, V.F. & Hu, K.-J. (2010). An integrated fuzzy multi-criteria approach for the performance evaluation of multiple manufacturing plants. *Computers & Industrial Engineering*, 58 (2), 269-277.
- Yurdakul, M. (2002). Measuring a manufacturing system's performance using Saaty's system with feedback approach. *Integrated Manufacturing Systems*, 13(1), 25-34.

Ekler

EK-1. AHP İkili Karşılaştırma Matrisi ve Hesaplanan Normalize Ağırlıklar

| | KO | V | PUO | SO | İV | ÜÇ | Ağırlıklar (w_k) |
|-----|------|------|------|------|------|------|----------------------|
| KO | 1.00 | 0.20 | 3.00 | 0.20 | 0.33 | 5.00 | 0.093 |
| V | 5.00 | 1.00 | 7.00 | 2.00 | 3.00 | 8.00 | 0.380 |
| PUO | 0.33 | 0.14 | 1.00 | 0.17 | 0.25 | 3.00 | 0.051 |
| SO | 5.00 | 0.50 | 6.00 | 1.00 | 3.00 | 7.00 | 0.287 |
| İV | 3.00 | 0.33 | 4.00 | 0.33 | 1.00 | 6.00 | 0.160 |
| ÜÇ | 0.20 | 0.13 | 0.33 | 0.14 | 0.17 | 1.00 | 0.029 |

* Tutarlılık İndeksi (CI)=0.075; Tutarlılık Oranı (CR)=0.06

EK-2. Yöntem Sonuçlarının Sıra Korelasyon Sonuçları

Correlations

| | | | PSI.Ayna | AHP.Ayna | TOPSIS.Ayna |
|----------------|-------------|-------------------------|----------|----------|-------------|
| Spearman's rho | PSI.Ayna | Correlation Coefficient | 1.000 | .976(**) | .929(**) |
| | | Sig. (2-tailed) | . | .000 | .001 |
| | | N | 8 | 8 | 8 |
| | AHP.Ayna | Correlation Coefficient | .976(**) | 1.000 | .952(**) |
| | | Sig. (2-tailed) | .000 | . | .000 |
| | | N | 8 | 8 | 8 |
| | TOPSIS.Ayna | Correlation Coefficient | .929(**) | .952(**) | 1.000 |
| | | Sig. (2-tailed) | .001 | .000 | . |
| | | N | 8 | 8 | 8 |

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Correlations

| | | | PSI.Satina | AHP.Satina | TOPSIS.Satina |
|----------------|---------------|-------------------------|------------|------------|---------------|
| Spearman's rho | PSI.Satina | Correlation Coefficient | 1.000 | .786(*) | .548 |
| | | Sig. (2-tailed) | . | .021 | .160 |
| | | N | 8 | 8 | 8 |
| | AHP.Satina | Correlation Coefficient | .786(*) | 1.000 | .929(**) |
| | | Sig. (2-tailed) | .021 | . | .001 |
| | | N | 8 | 8 | 8 |
| | TOPSIS.Satina | Correlation Coefficient | .548 | .929(**) | 1.000 |
| | | Sig. (2-tailed) | .160 | .001 | . |
| | | N | 8 | 8 | 8 |

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Correlations

| | | | PSI.Kris | AHP.Kris | TOPSIS.Kris |
|----------------|-------------|-------------------------|----------|----------|-------------|
| Spearman's rho | PSI.Kris | Correlation Coefficient | 1.000 | .881(**) | .695 |
| | | Sig. (2-tailed) | . | .004 | .056 |
| | | N | 8 | 8 | 8 |
| | AHP.Kris | Correlation Coefficient | .881(**) | 1.000 | .814(*) |
| | | Sig. (2-tailed) | .004 | . | .014 |
| | | N | 8 | 8 | 8 |
| | TOPSIS.Kris | Correlation Coefficient | .695 | .814(*) | 1.000 |
| | | Sig. (2-tailed) | .056 | .014 | . |
| | | N | 8 | 8 | 8 |

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

This Page Intentionally Left Blank