



**Araştırma Makalesi / Research Article**  
**AN INTEGRATED APPROACH TO DETERMINATION AND EVALUATION**  
**OF PRODUCTION PLANNING PERFORMANCE CRITERIA**

**Ceyda GÜNGÖR ŞEN\*, Doruk CENKÇİ**

*Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Yıldız-İSTANBUL*

**Received/Geliş: 29.04.2008 Revised/Düzeltilme: 09.01.2009 Accepted/Kabul: 04.02.2009**

---

**ABSTRACT**

Production planning is used to control and systematically monitor the inputs and outputs of the production activities changing according to structure of organizations. The aim of this study is to present an integrated approach for performance measurement of the production planning process that plays a key role in organizations' success. In the first phase of the presented approach, the nominal group technique, a group decision making technique, is proposed to use for determining the appropriate production planning performance criteria. In the second phase, these performance criteria are evaluated in respect of organizations' priorities through a fuzzy analytic hierarchy process (AHP), a multi-criteria decision making method. In the final phase, a general production planning performance measure is obtained by using pre-weighted performance criteria and several metrics for these criteria. The application of the proposed approach is demonstrated in a multinational tire company.

**Keywords:** Production planning, performance criteria, nominal group technique, fuzzy AHP.

**ÜRETİM PLANLAMA PERFORMANS ÖLÇÜTLERİNİN BELİRLENMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİNE ENTEGRE BİR YAKLAŞIM**

**ÖZET**

Üretim planlama, işletmelerin yapısına göre değişen üretim faaliyetlerinin girdilerini ve çıktılarını kontrol altına almak ve bunları sistemli olarak takip etmek için kullanılmaktadır. Bu çalışmanın amacı, işletmelerin başarısında anahtar rol oynayan üretim planlama sürecinin performans ölçümüne yönelik olarak entegre bir yaklaşım sunmaktır. Sunulan yaklaşımın ilk aşamasında, uygun üretim planlama performans ölçütlerinin belirlenmesi için bir grup kararı verme tekniği olan Nominal Grup Tekniğinin kullanılması önerilmektedir. İkinci aşamada bu performans ölçütleri bir çok kriterli karar verme yöntemi olan bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ile işletmenin önceliklerine göre değerlendirilmektedir. Son aşamada ise, ağırlıklandırılmış performans ölçütleri ve bu ölçütler için bazı ölçümler kullanılarak işletme için genel bir performans değerine ulaşılmaktadır. Önerilen yaklaşımın gerçek hayatta uygulaması çokuluslu bir lastik firmasında gösterilmektedir.

**Anahtar Sözcükler:** Üretim planlama, performans ölçütleri, nominal grup tekniği, bulanık AHP.

---

**1. GİRİŞ**

Günümüz işletmeleri üretim faaliyetlerini fiyat, kalite, üretim kapasitesi, hammadde, müşteri istekleri gibi birçok değişken etrafında sürdürmektedir. Bu değişkenlerin istenilen seviyelerde olmasını sağlamak için, üretim performansının sürekli iyileştirilmesi ve geliştirilmesi

---

\*Corresponding Author/Sorumlu Yazar: e-mail/e-ileti: cgungor@yildiz.edu.tr, tel: (212) 383 28 73

gerekmektedir. Ölçülemeyen hiçbir şeyin yönetilemeyeceği ve iyileştirilemeyeceği gerçeği, işletmeler için üretim performansının uygun performans ölçütleri ile değerlendirilmesini kaçınılmaz hale getirmektedir. Üretim işletmelerinde kıt kaynaklar nedeniyle üretim performansını etkileyen proses kapasitesi [1], insan kaynakları [2] ve ekipmanlar gibi birçok anahtar faktör bulunmaktadır. İyi bir üretim performansı düşük envanter seviyeleri, yüksek üretim miktarları, yüksek üretim kalitesi, iyileştirilmiş proses zamanları ve kısaltılmış müşteri cevap süreleri gibi birçok avantaj sağlamaktadır [1].

Literatürde üretim performansının değerlendirilmesine yönelik pek çok çalışma yapılmış ve farklı sınıflandırmalarla çok sayıda performans ölçütü tanımlanmıştır. Örneğin Richardson, Taylor ve Gordon [3] üretim performansının değerlendirilmesine yönelik stratejik bir yaklaşım geliştirmiş ve bazı spesifik performans ölçütleri tanımlamıştır. Sim ve Killough [4] çalışmalarında işletmelerdeki performans değerlendirme çalışmalarının üretim performansını artırma üzerine etkilerini göstermiştir. Chenhall [5] toplam kalite yönetimi ile ilgili performans çalışmalarının üretim performansı üzerindeki pozitif etkilerini kanıtlamıştır. Bu ilk çalışmalardan günümüze kadar gelen üretim performansının değerlendirilmesine yönelik modeller ve performans ölçütlerindeki gelişmeler ile ilgili detaylı literatür araştırmaları White [6], Kabadayı [7] ve Gomes ve diğerlerinin [8] çalışmalarında bulunmaktadır. Literatürde ayrıca kalitatif ve kantitatif üretim performans ölçütlerini değerlendirmek için geleneksel performans değerlendirme modellerinden [9,10,11], istatistiksel metotlara [12] ve yapay zeka tekniklerine [13] kadar geniş bir yelpazede uzanan pek çok teknik kullanılmıştır. Üretim performansına yönelik tüm bu çalışmaların odak noktası, işletmelerin yapısına ve kültürüne uygun performans ölçütlerinin belirlenmesi ve etkin bir değerlendirme sürecinin planlamasıdır.

İşletmelerde üretim performansının iyileştirilmesi amacıyla hizmet eden en önemli araçlardan biri, pazar şartlarına uygun ürünler üretmek amacıyla mevcut kapasiteden en yüksek yararı sağlayarak, en fazla karı getirecek üretim planlarının hazırlanmasıdır. Bu noktada üretim planlama süreçleri devreye girmektedir. Üretim sistemlerinin gelişmesine paralel olarak işletmelerde üretim planlama fonksiyonunun önemi de gün geçtikçe artmaktadır. Modern bir işletmede; faaliyetler arasındaki koordinasyon zorluğu, işletmeler arası ilişkilerin gelişmesi ve rekabet durumu, tüketici zevk ve tercihlerindeki değişimler, hizmet, kalite ve fiyat rekabetinin artması, malzeme, hammadde, makine saati ve işgücü kayıplarının minimum düzeye indirilmeye çalışılması gibi faktörler üretim planlama fonksiyonunu ön plana çıkarmaktadır. Üretim planlama, işletmenin üretim faaliyetlerinin istenilen miktar, kalite, yer ve zamanda, kimler tarafından nasıl, ne şekilde ve ne zaman yapılacağı konularında karar verme sürecidir. Üretim planlama sürecinin çıktıları, her üründen dönemlere göre üretilecek miktarlar, alternatif üretim süreçleri, her atölyede ve tezgahta hangi ürünün ne zaman üretileceği kararları, stok düzeyleri, bekleyen sipariş miktarları, fason üretime verilen miktarlar, fazla mesai ve ek vardiya kullanımı, kullanılmayan kapasite durumları, işgücü düzeyi ve bu düzeydeki değişimler, malzeme tedarik programı, tezgah ve donanım gereksinimleri, üret ve dışarıdan satın al kararları gibi kararlardır.

Üretim planlama ile ilgili literatürdeki mevcut çalışmalar daha çok üretim planlama ve kontrol yaklaşımları [14], uygun planlama ve kontrol tipinin seçimi [15,16,17], bu seçimde kullanılan anahtar karakteristikler [18], üretim planlama sistemlerinin tasarımı ile ilgili deneysel çalışmalar [19,20,21] üzerine odaklanmaktadır. Bununla beraber, sistem işleyişi sırasında her planlama periyodu sonunda, gerçekleştirilen üretim planlama faaliyetlerinin sonuçlarının ölçülmesi ve aksaklıkların giderilmesi gerekmektedir. Bu ise ancak üretim planlama süreçleri için spesifik, kolayca ölçülebilir, gerçekçi, güvenilir performans ölçütlerinin belirlenmesi, uygulamaya konulması ve ortak bir skalada değerlendirilmesi ile mümkün olabilmektedir. Yapılan literatür araştırmalarında üretim performansının değerlendirilmesine yönelik yukarıda da değinilen çok sayıda çalışma bulunmasına rağmen, işletmelerin üretim performansını etkileyen önemli bir gösterge olan üretim planlama performansının belirlenmesi ve değerlendirilmesine yönelik herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Literatürdeki bu eksiklikten hareketle bu çalışmada, üretim şekli, ürün çeşitliliği ve bulunduğu sektör gibi etmenlere göre işletmeden

işletmeye farklılık gösteren üretim planlama performans ölçütlerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesine yönelik entegre bir yaklaşım sunulmaktadır. Bu yaklaşımda grup kararı verme tekniklerinden Nominal Grup Tekniği (NGT) ve çok kriterli karar verme tekniklerinden bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) teknikleri entegre edilmektedir. Önerilen yaklaşımın uygulaması İzmit'te faaliyet gösteren bir çokuluslu lastik firmasında gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde geliştirilen yaklaşım içerisinde kullanılan teknikler açıklanmakta, üçüncü bölümde yaklaşımın adımları tanıtılmakta, dördüncü bölümde uygulama çalışması sunulmakta ve beşinci bölümde ise çalışmanın sonuçları tartışılmaktadır.

## 2. KULLANILAN TEKNİKLER

Bu çalışmada sunulan yaklaşımda, üretim planlama performans ölçütlerinin belirlenmesinde grup kararı verme tekniklerinden biri olan Nominal Grup Tekniği (NGT) kullanımı önerilmektedir. Belirlenen bu ölçütlerin değerlendirilmesinde ise ölçütlerin ağırlıklandırılmasına yardımcı olan bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) tekniği kullanılmaktadır. Bu bölümde metodoloji içerisinde kullanılan bu yaklaşım ve teknikler tanıtılacaktır.

### 2.1. Nominal Grup Tekniği

Nominal Grup Tekniği (NGT) bir grubun hızlı olarak karar birliğine varması için kullanılan bir grup kararı verme yöntemidir. Grup içerisindeki herkese eşit hak verilmesini sağlayan teknik beyin fırtınası tekniğine alternatif olarak 1975 yılında Delbecq ve diğerleri [22] tarafından geliştirilmiştir. İlk uygulaması ise 1979 yılında Vedros [23] tarafından eğitim programı planlaması problemi uygulanmıştır. Puanlamanın anonim olarak gerçekleştirilmesi, katılımcıların eşit katılımının sağlanması ve dikkat dağıtıcı bazı faktörlerin minimize edilmiş olması tekniğin avantajları arasında sayılmaktadır. NGT seansları temel olarak 4 adımdan oluşmaktadır [22]:

*Adım 1: Fikir üretimi:* Bir masa etrafında toplanan küçük bir grup oluşturulmaktadır. Öncelikle grup üyelerinin fikirleri yazılı olarak istenmektedir. Katılımcılar, sessiz bir şekilde mümkün olan tüm fikirleri üretmek için 5-10 dakikalık bir süreye sahip oldukları hakkında bilgilendirilmektedir. Verilen süre duruma göre 15 dakikaya kadar sürebilmekte ya da yeni fikir üretimi bitene kadar devam edebilmektedir. Bu adım bütün fikirler dile getirildiğinde sonlandırılmaktadır.

*Adım 2: Yorumlama ve açıklama:* Bu adımda her fikir değerlendirilmek ve açıklanmak üzere tartışmaya açılmaktadır. Bu aşamada katılımcılar fikirleri birleştirebilmekte ve bir set haline getirebilmektedir. Bu adımın sonunda çıkan sonuç listesi, yorumlanmış, açıklanmış ve kümeler halinde toplanmış fikirlerden oluşmaktadır.

*Adım 3: Oylama:* Bu adımda fikirler üzerinde tartışma yapılmadan oylamaya gidilmektedir. Katılımcılar bireysel olarak tüm fikirleri listeden seçerek puanlandırmaktadır. Bu adımda fikirlerin hepsine bir harf verilmekte ve grup üyelerinden harfleri önem sırasına göre numaralandırması istenmektedir. Numaralandırmadan sonra her fikre karşılık gelen harfin karşısındaki numaralar toplanmaktadır. En yüksek değeri alan fikirler takımın seçtiği fikirlerdir.

*Adım 4: Son tartışma:* Bu adımda puanlama sonuçları tüm katılımcılara duyurulmakta ve sonuçlar üzerinde yorum yapılmasına imkan verilmektedir. Bu tartışma sonucunda uzlaşmaya varılarak bir grup raporu hazırlanmaktadır.

### 2.2. Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi

1977 yılında Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) en çok kullanılan çok kriterli karar verme metodlarından biridir. AHP'nin temel avantajlarından biri, çok sayıda kriterle başa çıkabilmenin diğer metotlara göre daha kolay olmasıdır. Buna ek olarak, anlaşılması kolay bir metottur ve hem kalitatif hem de kantitatif kriterlerin değerlendirilmesinde

uygundur. Metodun uygulanması, ağır ve sıkıcı matematiksel hesaplamalar içermemektedir [24]. Bu özelliklerinden dolayı AHP seçim ve değerlendirme problemlerinde, birçok yazar tarafından kullanılmıştır [25-28]. Ho [29] çalışmasında AHP tekniği ve uygulama alanları ile ilgili en son kapsamlı literatür araştırmasını sunmaktadır. Literatürde birçok uygulamada ise ikili karşılaştırma matrislerindeki değerlendirmelerin belirsizliğini dikkate alabilmek için bulanık sayılar ve bulanık kümelerin tekniğe entegre edilmesi suretiyle AHP bulanık olarak uygulanmaktadır.

Bu kısımda bulanık AHP tekniğinin açıklanmasına geçmeden önce bulanık sayılar ve bulanık kümeler hakkında bilgi verilecektir. Bulanık küme ile ilgili kavramlar ilk olarak 1965 yılında Zadeh tarafından ele alınmıştır. Zadeh, bir sistemdeki karmaşıklığın yarattığı belirsizliğin farklı görünüşlerini ve kişilerin algılamada farklılıklarını, 1965 yılında “bulanık kümeler” adı altında yayınlanan makalesinde ele almıştır. Zadeh’e göre, bir sistemdeki karmaşıklık arttıkça, sistemi betimleyen ifadelerin anlamı azalmakta ve anlamlı ifadeler de belirsizliğe doğru gitmektedir. Bir kavramı, bir amacı ve bir sistemi tanımlayan ifadelerdeki belirsizliğe veya kesin olmama haline bulanıklık denir. İnsanların düşünce biçimindeki algılama farklılıkları, onların subjektif davranışları ve hedeflerindeki belirsizlikler bulanıklık olgusu ile açıklanabilmektedir [30].

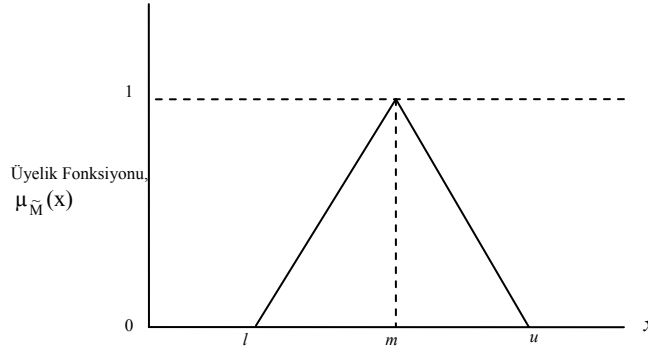
Küme üyeliğinin belirlendiği sınır koşulu, bulanık kümelerde esnek bir yapıda ifade edilmektedir. Diğer bir deyişle, bulanık kümelerde, küme üyeliğinin kısmi üyeliğe geçişi sağlanarak, geleneksel küme teorisi geliştirilmektedir. Böylece, bulanık küme teorisinde kümeye tam olarak üye olan nesnelere, kümeye tamamen üye olmayan nesnelere doğru esnek ve dereceli bir geçişe izin verilmektedir. Geleneksel kümeler ile bulanık kümeler arasındaki en temel fark üyelik fonksiyonlarıdır. Geleneksel bir küme sadece bir üyelik fonksiyonuyla nitelenebilirken, bulanık bir küme teorik olarak sonsuz sayıda üyelik fonksiyonu ile nitelenebilmektedir. Üyelik fonksiyonlarının uygulama ile örtüşen ve doğru bir şekilde belirlenmesi, bulanık küme teorisinin esasını oluşturmaktadır. Bu nedenle, üyelik fonksiyonları bir kez belirlendikten sonra, bulanık küme teorisinde bulanık olan herhangi bir şey kalmadığı söylenmektedir. Bulanık bir kümenin üyelik fonksiyonunu belirleme süreci, kavramların uygulamadaki anlamına dayanarak sezgisel olarak da yapılmaktadır. Bulanık kümelerin üyelik fonksiyonlarındaki çeşitlilik, yöneticilerin karar almadaki belirsizliklerini azaltmaktadır. Karar vericiler genellikle, sabit değer atamalarındansa, aralıklar ile çalışmayı daha güvenilir bulmaktadır.

Hala, çok sayıda araştırmacı, verilerin ya da eski bilgilerin bulanık olduğu problemlerle karşı karşıya gelmektedir. Bu durum kısmen belirsiz kavramlar ve yargı kurallarıyla sürekli süzgeçten geçirilen bilgi için, karar destek sistemleri ve uzman sistemler oluşturan insanlar için kritik hale gelmiştir. Yöneylem araştırmasının karar almada sıkça kullanılan doğrusal programlama, doğrusal olmayan programlama, tamsayı programlama, hedef programlama, çok amaçlı karar verme, dinamik programlama, ulaştırma modelleri, oyun teorisi ve şebeke analizi gibi birçok alanda bulanık küme teorisi uygulanabilmektedir [31]. Bu noktada literatürde çok kriterli karar verme metodlarının da bulanık hallerinin kullanılmasına sıkça rastlanmaktadır. Bu çalışmada bulanık üçgensel sayılar kullanılmaktadır. Bunun sebebi, karmaşık yamuk sayılarla karşılaştırıldığında, üçgensel sayıların daha basit olmasıdır [32]. Bir bulanık üçgensel sayı,  $l \leq m \leq u$  olmak üzere,  $\tilde{M} = (l, m, u)$  şeklinde ifade edilmektedir. Üyelik fonksiyonu  $\mu_{\tilde{M}}(x)$  ise aşağıdaki eşitlikteki gibi tanımlanmakta ve Şekil 1’de gösterilmektedir:

$$\mu_{\tilde{M}} = \begin{cases} 0, & x < l \\ \frac{x-l}{m-l}, & l \leq x \leq m \\ \frac{u-x}{u-m}, & m \leq x \leq u \\ 0, & x > u \end{cases} \quad (1)$$

İki bulanık üçgensel sayı için temel işlemler ilk olarak Van Laarhoven ve Pedrycz [33] tarafından geliştirilmiştir. Eğer  $M_1 = (l_1, m_1, u_1)$  ve  $M_2 = (l_2, m_2, u_2)$  iki pozitif üçgensel bulanık sayı ise, bu bulanık sayılarla yapılan işlemler aşağıdaki gibi olmaktadır:

$M_1 \oplus M_2 = (M_{1l} + M_{2l}, M_{1m} + M_{2m}, M_{1u} + M_{2u})$	Toplama	(2)
$M_1 \otimes M_2 = (M_{1l} \times M_{2l}, M_{1m} \times M_{2m}, M_{1u} \times M_{2u})$	Çarpma	(3)
$\ominus M_1 = (-M_{1u}, -M_{1m}, -M_{1l})$	Negatif	(4)
$1/M_1 \equiv (1/M_{1u}, 1/M_{1m}, 1/M_{1l})$	Bölme	(5)
$\ln(M_1) \equiv (\ln(M_{1l}), \ln(M_{1m}), \ln(M_{1u}))$	Logaritma	(6)
$\exp(M_1) \equiv (\exp(M_{1l}), \exp(M_{1m}), \exp(M_{1u}))$	Üssel	(7)



Şekil 1. M sayısının üçgensel üyelik fonksiyonu [25]

Literatürde bulanık AHP tekniği birçok seçim ve değerlendirme probleminin çözümünde kullanılmaktadır. Örneğin Weck ve diğerleri [34] klasik AHP'ye bulanık mantığın matematiğini eklemek suretiyle farklı üretim çevrimi alternatiflerini değerlendirmeye yönelik bir metod sunmaktadır. İncelenen her bir üretim çevrimi bir bulanık küme olarak değerlendirilmiştir. Deng [35] kalitatif çok kriterli analiz problemleri için bir bulanık AHP yaklaşımı sunmaktadır. Lee ve diğerleri [36] AHP'nin ardındaki temel düşünceleri gözden geçirerek, karşılaştırma aralığı kavramını tanımlamakta ve karşılaştırma sürecinin bulanık yapısına yönelik stokastik optimizasyon temeline dayanan bir metodoloji önermektedir. Kuo ve Chen [37] yeni bir mağaza yeri seçimi için bir karar destek sistemi geliştirmiştir. Önerilen sistemin ilk komponenti bulanık AHP uygulaması için hiyerarşik yapının oluşturulmasıdır. Bozdağ ve diğerleri [38] somut ve soyut faktörleri göz önüne alarak en iyi bilgisayarla bütünleşik imalat sisteminin seçimi probleminde bulanık AHP tekniğini uygulamaktadır. Kahraman ve diğerleri [24] yemek firmalarını müşteri memnuniyetine göre karşılaştırmak için bulanık AHP tekniğini kullanmaktadır.

Literatürde birçok yazar tarafından tanımlanan çok çeşitli bulanık AHP metodu bulunmaktadır. Zhu ve diğerleri [39] bulanık AHP uygulamaları ve boyut analizi metodu üzerinde tartışmaktadır. Bu metodlar, bulanık küme teorisi ve hiyerarşik yapı analizi kavramlarını kullanarak alternatif seçimi problemlerine yönelik olarak geliştirilmiş sistematik yaklaşımlardır. Bulanık AHP konusundaki ilk çalışma Van Laarhoven ve Pedrycz [33] tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada yazarlar, üçgensel üyelik fonksiyonları ile tanımlanan bulanık oranları karşılaştırmaktadır. Buckley [40] ise karşılaştırma oranlarının bulanık önceliklerini yamuk üyelik fonksiyonlarını kullanarak belirlemektedir. Boender ve diğerleri [41] bulanık AHP uygulamasında karar vericilerin karşılaştırma kararlarını verirken orijinal Saaty skalası yerine geometrik oran skalasının kullanılmasını önermektedir. Stam ve diğerleri [42] yakın zamanda geliştirilmiş yapay zeka tekniklerinin AHP'deki tercih sıralamalarının belirlenmesinde

kullanılabilirliğini incelemektedir. Chang [43,44] bulanık AHP'ye yönelik yeni bir yaklaşım geliştirmiştir. Bu yaklaşımda, ikili karşılaştırmalar için üçgensel bulanık sayılar ve ikili karşılaştırmaların sentetik boyut değerleri için boyut analiz metodu kullanılmaktadır. Cheng [45] bulanık AHP ile ilgili olarak üyelik fonksiyonunun derecesine dayalı yeni bir algoritma önermektedir.

Bu çalışmada, geliştirilen çok sayıdaki bulanık AHP metodu içerisinde en çok kabul gören ve kullanılan yaklaşım olan Chang [43] tarafından ortaya konan "boyut analizi" yaklaşımı kullanılmaktadır. Bu metodun seçilmesinin en önemli sebebi metodun adımlarının diğer bulanık AHP metodlarına kıyasla daha kolay olması ve klasik AHP'ye çok benzemesidir.

Aşağıda Chang'ın [43] "boyut analizi" metodunun adımları verilmektedir. Bu metotta,  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  kriter seti olmak üzere, her bir kriter için  $m$  boyut analizi değeri,  $M_{gi}^1, M_{gi}^2, \dots, M_{gi}^j$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) şeklinde elde edilmektedir. Burada  $M_{gi}^j$  değerleri, parametreleri  $l$ ,  $m$  ve  $u$  olan bulanık üçgensel sayılardır. Burada  $l$ , mümkün olan en az değer,  $m$ , en mümkün olan değer ve  $u$ , mümkün olan en büyük değer olmaktadır. Bir bulanık üçgensel sayı ( $l, m, u$ ) şeklinde gösterilmektedir.

Chang'ın boyut analizi metodunun adımları şu şekildedir [24]:

Adım 1:  $i$ . kriter için bulanık sentetik boyut değeri aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanır:

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \otimes \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} \quad (8)$$

$l_j$ , bulanık sayının en alt değeri,  $m_j$ , bulanık sayının orta değeri ve  $u_j$ , bulanık sayının en üst değeri olmak üzere,

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j = \left( \sum_{i=1}^n l_i, \sum_{i=1}^n m_i, \sum_{i=1}^n u_i \right) \quad (9)$$

şeklinde hesaplanmaktadır.

$\left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1}$  değeri ise aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmaktadır:

$$\left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} = \left( \frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right) \quad (10)$$

Adım 2:  $M_2 = (l_2, m_2, u_2) \geq M_1 = (l_1, m_1, u_1)$  olma olasılığı  $V(M_2 \geq M_1)$  aşağıdaki fonksiyon ile hesaplanmaktadır:

$$V(M_2 \geq M_1) = \begin{cases} 1, & m_2 \geq m_1 \text{ ise,} \\ 0, & l_1 \geq u_2 \text{ ise} \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & \text{aksi takdirde} \end{cases} \quad (11)$$

$M_2$  ve  $M_1$  değerlerini karşılaştırabilmek için, hem  $M_2 \geq M_1$  hem de  $M_1 \geq M_2$  karşılaştırmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

*Adım 3:* Bir  $M$  değerinin diğer  $M_i$  değerlerinden büyük olma durumu aşağıdaki eşitlikle ifade edilmektedir ( $i = 1, 2, 3, \dots, k$ ):

$$V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) = V[(M \geq M_1) \vee (M \geq M_2) \vee \dots \vee (M \geq M_k)] = \min V(M \geq M_i) \quad (12)$$

$d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k)$  ise ağırlık vektörü aşağıdaki şekilde verilmektedir:

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T \quad (13)$$

*Adım 4:* Normalizasyon yapıldıktan sonra, normalize edilmiş ağırlık vektörü aşağıdaki gibidir:

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T \quad (14)$$

Bu algoritmanın sonunda her düzey ve her bir kriter için bulanık olmayan ağırlık vektörüne ulaşılmaktadır.

### 3. ÖNERİLEN ENTEGRE YAKLAŞIM

Üretim planlama performans ölçütlerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesine yönelik olarak geliştirilen entegre yaklaşım Şekil 2'de gösterilmekte ve adımları aşağıda açıklanmaktadır:

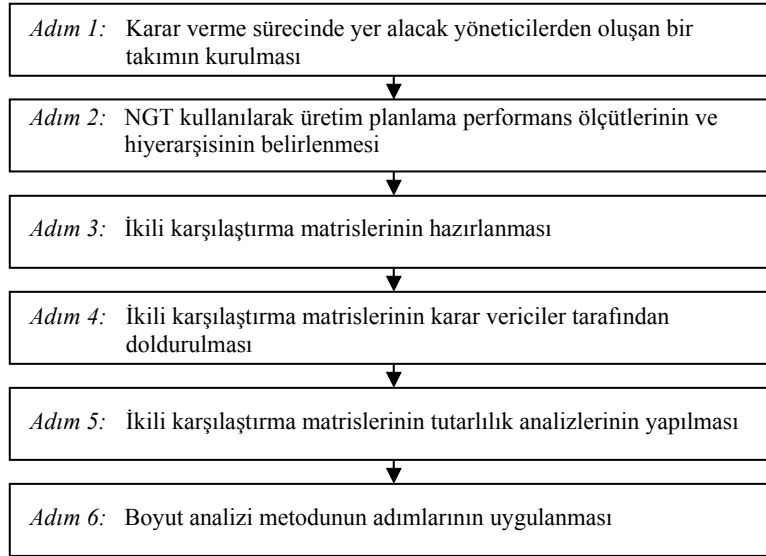
*Adım 1:* Karar verme sürecinde yer alacak yöneticilerden oluşan bir takımın kurulması.

*Adım 2:* Nominal Grup Tekniği kullanılarak üretim planlama performans ölçütlerinin ve hiyerarşisinin belirlenmesi.

*Adım 3:* İkili karşılaştırma matrislerinin hazırlanması: Bu adımda oluşturulan performans ölçütlerinin hiyerarşisi kullanılarak tüm ikili karşılaştırma matrisleri karar vericilerin doldurmasına hazır hale getirilmektedir. Bu sırada, matrisleri doldururken karar vericilerin kullanacağı skala da hazırlanmaktadır.

Bu çalışmadaki bulanık AHP uygulamasında, Saaty'nin skalası bulanıklaştırılmıştır.  $\delta$ , kararın bulanıklık derecesini göstermek için kullanılan bir sabittir. Büyük  $\delta$  değeri kararın yüksek bulanıklığa sahip olduğunu göstermektedir.  $\delta$ , 0'a eşit olduğu zaman bulanık olmayan sayılar elde edilmektedir. Zhu ve diğerleri [39]  $\delta$ 'nin 0.5'ten büyük veya eşit olması gerektiğini bildirmektedir. Bu çalışmada da  $\delta = 1$  olarak belirlenmiştir. Çizelge 1 çalışmada kullanılan üçgensel sayılar için ana değerleri göstermektedir. Eğer bir karar verici  $i$  kriterini  $j$  kriterine göre kuvvetli derecede önemli olarak ifade ediyorsa bu durumda  $\tilde{5} = (4, 5, 6)$  üçgensel sayısını kullanacaktır. Eğer  $j$  kriteri  $i$  kriterinden daha az önemli ise bu durumda  $\tilde{5}^{-1} = (1/6, 1/5, 1/4)$  ters üçgensel sayısını kullanacaktır.

*Adım 4:* İkili karşılaştırma matrislerinin karar vericiler tarafından doldurulması: Bu adımda karar vericiler, üçüncü adımda tanımlanan bulanık skalayı kullanarak ikili karşılaştırma matrislerini doldurmaktadır.



Şekil 2. Önerilen yaklaşımın adımları

Çizelge 1. Kullanılan bulanık skala

Dilsel İfade	Bulanık Sayı	Pozitif üçgensel bulanık skala $(l, m, u)$
Eşit Derecede Önemli	$\tilde{1}$	(1, 1, 1)
Biraz Daha Fazla Önemli	$\tilde{3}$	(2, 3, 4)
Kuvvetli Derecede Önemli	$\tilde{5}$	(4, 5, 6)
Çok Kuvvetli Derecede Önemli	$\tilde{7}$	(6, 7, 8)
Tamamıyla Önemli	$\tilde{9}$	(8, 9, 9)

*Adım 5:* İkili karşılaştırma matrislerinin tutarlılık analizlerinin yapılması: Bu adımda karar vericiler tarafından doldurulan bulanık matrisler duru hale dönüştürülerek tutarlılıkları test edilmektedir. Saaty tarafından geliştirilen AHP metodolojisi, her bir karşılaştırma matrisinde herhangi bir tutarsızlık olup olmadığını belirlemek için bir tutarlılık indeksi kullanımını önermektedir. Tutarlılık indeksi,  $CI$  ve tutarlılık oranı,  $CR$  aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanabilmektedir [46]:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (15)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (16)$$

Eşitliklerdeki  $RI$  değeri ise,  $n$ 'e göre değişen ve Çizelge 2'de gösterilen rassal indeksler olmaktadır. Adından da anlaşılacağı üzere, bu değerler rassal olarak üretilen matrislerden elde edilmiştir.  $RI$  değeri kriter (ya da alternatif) sayısına ( $n$ ) göre Çizelge 2'den seçilerek kullanılmaktadır. Burada  $\lambda_{\max}$  değeri,  $Aw = \lambda_{\max}w$  şeklinde vektörel çarpımla bulunmaktadır. Eğer hesaplanan  $CR$  değeri, %10'dan küçükse, yapılan karşılaştırma değerlendirmeleri kabul



edilebilir ve tutarlıdır. Aksi takdirde karar vericiler tarafından yapılan değerlendirmeler tutarsız olarak nitelendirilmekte ve karar verici ikili karşılaştırma matrisinin doldurulmasını yinelemektedir.

Çizelge 2. Rassal indeksler [46]

<i>n</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<i>RI</i>	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

Bu formülasyonları karar vericiler tarafından doldurulan bulanık matrislerde uygulayabilmek için, matrislerin öncelikle durulaştırılması gerekmektedir.  $M = (l, m, u)$  şeklinde ifade edilen bir bulanık üçgensel sayı aşağıdaki eşitlik kullanılarak durulaştırılabilmektedir [47]:

$$M_{\text{duru}} = (4m + l + u) / 6 \quad (17)$$

*Adım 6:* Boyut analizi metodunun adımlarının uygulanması: İkili karşılaştırma matrisleri üzerinde Bölüm 2.2’de açıklanan Chang’in boyut analizi metodu uygulanmakta ve her düzeydeki her performans ölçütü için bulanık olmayan ağırlıklara ulaşılmaktadır.

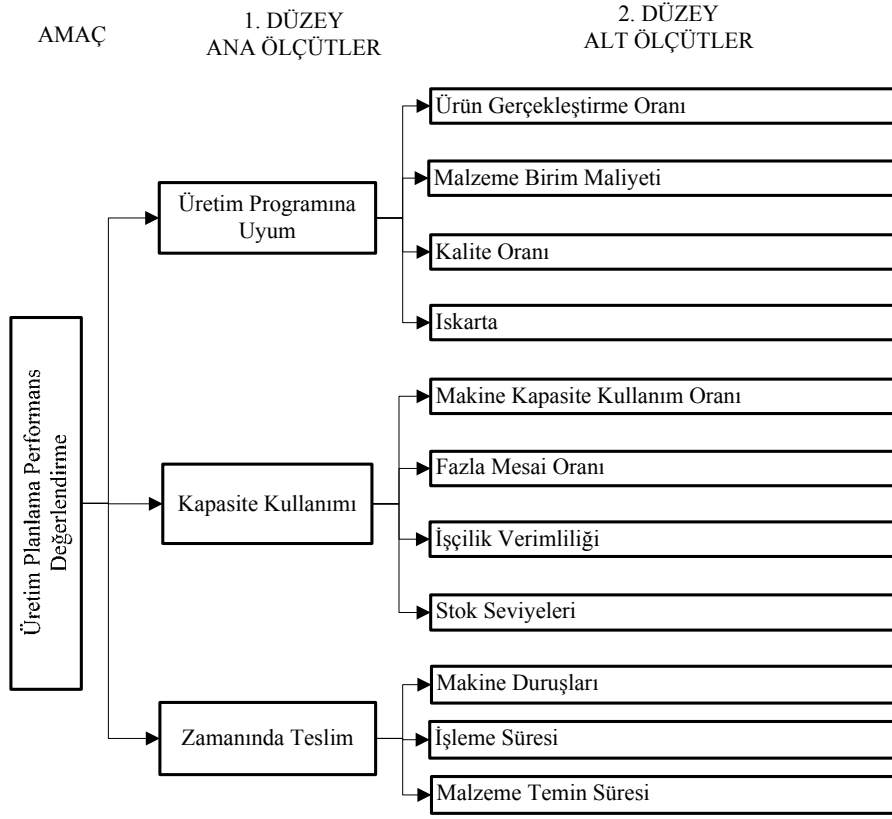
Bu noktadan sonra firmada etkin bir şekilde belirlenen her bir performans ölçütü için bir ölçüm oranı belirlenerek planlama periyodu bazında bir performans değeri hesaplanabilmektedir. Ölçütlerin ağırlıkları kullanılarak ise ağırlıklı ve genel performans değerlerine ulaşılabilmektedir. Önerilen metodoloji ile, genellikle firmalarda ayrı ayrı takip edilen performans göstergeleri, önem dereceleri de dikkate alınarak bir bütün halinde görülebilmekte ve planlama periyotları bazında karşılaştırmalı olarak analiz edilebilmektedir.

#### 4. UYGULAMA

Önerilen yaklaşım İzmit’te faaliyet gösteren çokuluslu bir lastik firmasında üretim planlama performansının belirlenmesi için uygulanmıştır. Firmada 3 farklı üretim hattı bulunmaktadır. Bu nedenle her üretim hattının kendi üretim planlama şefliği bulunmaktadır. Üretim planlama için yapılan faaliyetlerin her biri bu hatlar için ayrı ayrı yapılmaktadır. Yapılan bu çalışma ile firma içerisinde dağınık halde bulunan göstergelerden ve bu göstergelerin ağırlıklarından faydalanarak, genel üretim planlama performansının değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

*Adım 1: Karar verme sürecinde yer alacak yöneticilerden oluşan bir takımın kurulması:* Öncelikle firmadaki üretim hatlarının üretim planlama şeflerinden oluşan üç kişilik bir değerlendirme takımı oluşturulmuştur.

*Adım 2: Nominal Grup Tekniği kullanılarak üretim planlama performans ölçütlerinin ve hiyerarşisinin belirlenmesi:* Oluşturulan takımla performans ölçütlerinin belirlenmesine yönelik olarak “Nominal Grup Tekniği” uygulanmıştır. Bu doğrultuda üretim planlama şefleri geçmiş tecrübelerinden ve tarafımızdan sunulan literatür araştırmasından faydalanarak firma için uygun olduğunu düşündükleri performans ölçütlerini listelemiştir. Daha sonra bu ölçütler arasından seçim yapabilmeleri için ayrı ayrı puanlama yapmaları istenmiştir. Puanlanan performans ölçütlerinden en çok puan alanlar belirlenmiş ve ekip bir araya getirilerek ölçütler üzerinde uzlaşmaya varmaları sağlanmıştır. Karar kılınan ölçütler, belli ana başlıklar altında toplandıktan sonra Şekil 3’teki hiyerarşik yapı oluşturulmuştur. Buna göre ana ölçütler üretim programına uyum, kapasite kullanımı ve zamanında teslim başlıklarından oluşmaktadır. Hiyerarşinin ikinci düzeyinde bu ölçütler daha spesifik ve kolay ölçülebilir alt ölçütlere detaylanmaktadır.



Şekil 3. Performans ölçütleri hiyerarşisi

*Adım 3: İkili karşılaştırma matrislerinin hazırlanması:* Nominal grup tekniği çalışmaları sonucu ortaya çıkan üretim planlama performans ölçütleri, MS Excel üzerinde oluşturulan formlar yardımıyla ikili karşılaştırma matrislerine dönüştürülmüştür.

*Adım 4: İkili karşılaştırma matrislerinin karar vericiler tarafından doldurulması:* İkili karşılaştırma matrisleri üzerinden bulanık AHP metodu uygulanabilmesi için öncelikle üretim şeflerine metod hakkında eğitim verilmiştir. Ardından MS Excel üzerinde hazırlanan ikili karşılaştırma matrisleri üretim şeflerine iletilmiş ve değerlendirilmesi istenmiştir. Takım toplantılarında üretim şefleri değerlendirmeler üzerinde uzlaşmaya vardığından her bir matris üç karar vericinin ortak değerlendirmelerini ifade etmektedir.

*Adım 5: İkili karşılaştırma matrislerinin tutarlılık analizlerinin yapılması:* Puanlamaların tutarlı olup olmadığının araştırılması için Bölüm 3'te açıklanan adımlar izlenerek tutarlılık analizleri yapılmış ve değerlendirmelerin tutarlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

*Adım 6: Boyut analizi metodunun adımlarının uygulanması:* Oluşturulan MS Excel formlarıyla bulanık AHP metodunun adımları uygulanmıştır. Planlama şeflerinin doldurduğu matrisler bulanık üçgensel sayılarla ifade edilerek her kriter için ağırlık hesaplamaları yapılmıştır (Çizelge 3-6).

**Çizelge 3.** Ana performans ölçütleri için ikili karşılaştırma matrisleri

	Üretim Prog. Uyum	Kapasite Kullanımı	Zamanında Teslim
Üretim Prog. Uyum (ÜPU)	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{2}$
Kapasite Kullanımı (KK)	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{2}^{-1}$
Zamanında Teslim (ZT)	$\tilde{2}^{-1}$	$\tilde{2}$	$\tilde{1}$

Ana performans ölçütleri için bulanık sentetik boyut değerleri Çizelge 3'ten Eşitlik (8) kullanılarak aşağıdaki gibi elde edilmiştir:

$$S_{\text{ÜPU}} = (4,6,8) \otimes (1/15.50, 1/11.33, 1/7.92) = (0.26, 0.53, 1.01);$$

$$S_{\text{KK}} = (1.58, 1.83, 2.50) \otimes (1/15.50, 1/11.33, 1/7.92) = (0.10, 0.16, 0.32);$$

$$S_{\text{ZT}} = (2.33, 3.50, 5) \otimes (1/15.50, 1/11.33, 1/7.92) = (0.15, 0.31, 0.63).$$

Bu değerlerin olasılık dereceleri ise Eşitlik (11) yardımıyla aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$V(S_{\text{ÜPU}} \geq S_{\text{ZT}}) = 1.00,$$

$$V(S_{\text{ÜPU}} \geq S_{\text{KK}}) = 1.00,$$

$$V(S_{\text{KK}} \geq S_{\text{ÜPU}}) = 0.14,$$

$$V(S_{\text{KK}} \geq S_{\text{ZT}}) = 0.53,$$

$$V(S_{\text{ZT}} \geq S_{\text{ÜPU}}) = 0.63,$$

$$V(S_{\text{ZT}} \geq S_{\text{KK}}) = 1.00.$$

Sonuç olarak ana performans ölçütleri için ağırlıklar normalizasyon ile aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$W = (0.56, 0.08, 0.36)^T$$

Aynı prosedür uygulanarak bulunan alt kriterlerin ağırlıkları Çizelge 4-6'nın son sütunlarında gösterilmektedir.

**Çizelge 4.** Üretim programına uyum performans ölçütleri için ikili karşılaştırma matrisleri

	Ürün Gerçek.Oranı	Malz. Bir. Mal.	Kalite Oranı	Iskarta	Ağırlık
Ürün Gerçek.Oranı	$\tilde{1}$	$\tilde{2}$	$\tilde{2}$	$\tilde{3}$	0.44
Malz. Bir. Mal.	$\tilde{2}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{2}$	$\tilde{2}$	0.34
Kalite Oranı	$\tilde{2}^{-1}$	$\tilde{2}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	0.13
Iskarta	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{2}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	0.09

Çizelge 5. Kapasite kullanımı performans ölçütleri için ikili karşılaştırma matrisleri

	Makine K. Kul. Oranı	Fazla Mesai Oranı	İşçilik Verim.	Stok Sev.	Ağırlık
Makine K. Kul. Oranı	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{2}$	$\tilde{3}$	0.53
Fazla Mesai Oranı	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{2}^{-1}$	$\tilde{1}$	0.03
İşçilik Verimliliği	$\tilde{2}^{-1}$	$\tilde{2}$	$\tilde{1}$	$\tilde{2}^{-1}$	0.23
Stok Seviyeleri	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{2}$	$\tilde{1}$	0.21

Çizelge 6. Zamanında teslim performans ölçütleri için ikili karşılaştırma matrisleri

	Makine Duruşları	İşleme Süresi	Malzeme Temin Süresi	Ağırlık
Makine Duruşları	$\tilde{1}$	$\tilde{2}^{-1}$	$\tilde{2}$	0.36
İşleme Süresi	$\tilde{2}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$	0.56
Malzeme Temin Süresi	$\tilde{2}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$	0.08

Bu aşamadan sonra etkin bir şekilde belirlenen ve ağırlıklandırılan 2. düzey performans ölçütleri bazı oranlarla ifade edilerek her üç üretim hattında toplam olarak ölçülmeye çalışılmıştır. İkinci düzey performans ölçütlerinin ağırlıkları kullanılarak hiyerarşik yapı yukarıya doğru katlanmıştır. Bu sırada yapılan ölçümler ölçütlerin ağırlıkları ile çarpılıp toplanarak her bir ana faktör için ağırlıklı performans ölçümlerine ulaşılmıştır. En son aşamada da ana performans ölçütlerinin ağırlıkları kullanılarak, firmanın genel ağırlıklı üretim planlama performans puanına ulaşılmıştır. Bu sonuçlar Çizelge 7’de özetlenmektedir.

Firma için yapılan bu uygulamada, nominal grup tekniği ile belirlenen üretim planlama performans ölçütleri bulanık AHP yöntemi ile ağırlıklandırılıp oransal verilerle çarpılarak hesaplanan genel üretim planlama performans değeri % 95.9 olarak bulunmuştur. Uygulama sonuçları, önerilen metodun alt kriterleri veya ana kriterleri oransal veriler içeren her hangi bir hiyerarşik üretim planlama yapısının performansını ölçmek için kullanılabilirliğini göstermektedir. Üretim planlama şefleri uygulama sürecinden ve sonuçlarından oldukça memnun kalmıştır. İlgili üst düzey yöneticilerden alınan pozitif geribildirimler önerilen metodun planlama periyodu bazı karşılaştırmalar yapılarak firma içerisinde kullanılmaya devam edileceği yönündedir.

## 5. SONUÇ

Günümüz işletmeleri, küreselleşme, ürün yaşam döngülerinin kısılması, ürün çeşitliliğinin artması ve rekabetin etkisi gibi değişen çevre koşullarına hızla uyum sağlamak durumundadır. Bu nedenle, organizasyon içerisinde gerçekleştirilen tüm faaliyetler sürekli olarak iyileştirilmeye çalışılmakta ve her birimde verimlilik artışı hedeflenmektedir. İşletmelerin katma değer yaratan en önemli faaliyetlerinin üretim olduğu düşünüldüğünde, üretim için ihtiyaç duyulan girdilerin ve bunlardan elde edilen çıktılarının ölçülmediği veya ölçülemediği bir ortamda verimlilik artışından söz etmek mümkün olmamaktadır. İşletme içerisinde bu ölçümlerin yapılmasına ve elde edilen sonuçların değerlendirilmesine hizmet eden en önemli fonksiyon ise üretim planlama olmaktadır. Etkin bir üretim planı ile işletmeler, mevcut kaynaklarını optimum şekilde kullanarak, üretim kayıplarını en aza indirerek, istenilen kalite düzeyinde üretim yapabilmektedir. Bu noktada elde edilen sonuçların planlama periyotları bazında doğru bir şekilde ölçülmesi ve mevcut aksaklıkların bulunup giderilmesi, yani etkin bir performans değerlendirme sisteminin kurulması ve işletilmesi gerekmektedir.

Etkin bir üretim planlama performans ölçüm sürecinin başlangıç noktası; doğru, anlaşılabilir ve gerçekçi veriler sağlayacak performans ölçütlerinin belirlenmesidir. Daha sonra gerçekleşen performans, belirlenen ölçütlerle karşılaştırılmakta ve sonuçlar değerlendirilerek gerekliyse düzeltici önlemler alınmaktadır. Buna karşılık, literatürde üretim planlama performans ölçütlerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi süreci konusunda bir boşluk bulunmaktadır. Bu çalışmada işletmelerin başarısında anahtar rol oynayan bu sürece yönelik olarak genel bir bakış açısı ve entegre bir yaklaşım sunulmaktadır. Sunulan yaklaşımın ilk aşamasında, üretim planlama performans ölçütlerinin belirlenmesi için bir grup kararı verme yaklaşımı olan Nominal Grup Tekniğinin kullanılması önerilmektedir. Bu yolla etkin bir şekilde belirlenen ve hiyerarşik bir yapıya dönüştürülen performans ölçütleri, ikinci aşamada bir çok kriterli karar verme yöntemi olan Analitik Hiyerarşi Prosesi ile işletmenin önceliklerine göre ağırlıklandırılmaktadır. Yaklaşımda bulanık mantığın kullanılmasının en önemli nedeni karar vericilerin dilsel ifadelerindeki belirsizlikleri ve sübjektifliği en aza indirmektir.

Önerilen model, çokuluslu bir lastik firmasında uygulanarak, temelde amaçlanan hedeflere ulaşılmıştır. Firmada birçok oranlarla dağılık bir şekilde takip edilen üretim hatlarına ait üretim planlama performansı, doğru bir şekilde belirlenen ve etkin bir şekilde ağırlıklandırılan performans ölçütleri yardımıyla bir araya getirilmiş ve genel ağırlıklı performans değerine ulaşılmıştır. Uygulamaya katılan üretim planlama şefleri ve ilgili üst düzey yöneticiler elde edilen sonuçların daha anlamlı kılınması adına, metodun gelecek planlama periyotlarında uygulanarak karşılaştırmalı analizler yapılması kararını almıştır.

Her ne kadar yapılan uygulama ile tatmin edici sonuçlara ulaşılmış olsa da, gelecek çalışma olarak önerilen yaklaşımın toleransını ve uygulanabilirliğini belirlemek için farklı sektör ve büyüklükteki firmalarda pratik uygulamaları yapılmalıdır. Ayrıca elde edilen sonuçların geçerliliğinin test edilmesi adına, önerilen metodun performansı diğer iyi bilinen metodlarla karşılaştırılabilir. Diğer taraftan, önerilen yaklaşımın girdilerindeki sübjektifliği azaltmak ve girdilerin doğruluğunu test etmek için çeşitli çalışmalar yapılabilir. Örneğin, üretim planlama performans kriterlerinin ve önem derecelerinin belirlenmesi için farklı sektörlerden üretim planlama uzmanlarının katılımı ile bir anket çalışması gerçekleştirilebilir. Ayrıca veri toplama sırasında sürece katılacak optimum karar verici sayısının ve kullanılacak bulanık skalanın belirlenmesi için çeşitli duyarlılık analizleri yapılabilir.

Çizelge 7. Ağırlıklı performans hesaplama

Performans ölçütleri (1. Düzey)	Genel Ağırlıklı Performans	Ağırlık (1. Düzey)	Ağırlıklı Performans (1. Düzey)	Performans ölçütleri (2. Düzey)	Ağırlık (2. Düzey)	Performans ölçüm oranları	Performans değerleri (2. Düzey)
Üretim Prog. Uyum	95.9	0.56	95.5	Ürün gerçekleştirme oranı	0.44	Gerçekleşen ürün adedi / Planlanan ürün adedi	98.0
				Malzeme birim maliyeti	0.09	Yıl sonu birim. maliyet / Planlanan birim maliyet	99.8
				Kalite oranı	0.13	Doğru üretilen ürün adedi / Gerçekleşen ürün adedi	98.9
				Iskarta	0.34	Gerçekleşen iskarta / Öngörülen iskarta adedi	90.0
Kapasite Kullanımı		0.08	95.4	Makine kapasite kul. oranı	0.53	Kullanılan kapasite / Mevcut kapasite	98.0
				Fazla mesai oranı	0.03	Gerçekleşen fazla mesai / Planlanan fazla mesai	76.0
				İşçilik verimliliği	0.23	Çalışma süresi / Planlanan çalışma süresi	97.0
				Stok seviyeleri	0.21	Gerçek. ort. stok seviyesi / Plan. ort. stok seviyesi	90.0
Zamanında Teslim		0.36	96.7	Makine duruşları	0.36	Gerçekleşen duruşlar / Planlanan duruşlar	93.0
				İşleme süresi	0.56	Üretim için gerçek süre / Üretim için plan. süre	99.4
				Malzeme temin süresi	0.08	Gerçek. ort. mal. temin süresi / Plan. ort. mal. temin süresi	95.0

**REFERENCES / KAYNAKLAR**

- [1] Chang Y.C. ve Wu C.W., "Assessing Process Capability Based on the Lower Confidence Bound of Cpk for Asymmetric Tolerances", *European Journal of Operational Research*, 190, 1, 205-227, 2008.
- [2] Canos L. ve Liern V., "Soft Computing-Based Aggregation Methods For Human Resource Management", *European Journal of Operational Research*, 189, 3, 669-681, 2008.
- [3] Richardson P.R., Taylor A.J. ve Gordon, J.R.M., "A Strategic Approach to Evaluating Manufacturing Performance", *Interfaces*, 15, 6, 15-27, 1985.
- [4] Sim K.L. ve Killough L.N., "The Performance Effects of Complementarities between Manufacturing Practices and Management Accounting Systems", *Management Accounting Research*, 10, 325-346, 1998.
- [5] Chenhall R.H., "Reliance on Manufacturing Performance Measures, Total Quality Management and Organization Performance", *Management Accounting Research*, 8, 187-206, 1997.
- [6] White, G.P., "A Survey and Taxonomy Of Strategy-Related Performance Measures For Manufacturing", *International Journal of Operations and Production Management*, 16, 3, 42-61, 1996.
- [7] Kabadayı E.T. "İşletmelerdeki Üretim Performans Ölçütlerinin Gelişimi, Özellikleri ve Sürekli İyileştirme ile İlişkisi", *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 2002/6, 61-75, 2002.
- [8] Gomes C.F., Yasin M.M. ve Lisboa J.V., "A Literature Review of Manufacturing Performance Measures and Measurement in an Organizational Context: A Framework and Direction for Future Research", *Journal of Manufacturing Technology Management*, 15, 6, 511-530, 2004.
- [9] Bullinger H.J., Kühner M. ve Hoof A.V., "Analysing Supply Chain Performance Using a Balanced Measurement Method", *International Journal of Production Research*, 40, 15, 3533-3543, 2002.
- [10] Chan F. ve Qi H.J., "Feasibility of Performance Measurement System for Supply Chain: A Process-Based Approach and Measures", *Integrated Manufacturing Systems*, 14, 3, 179-190, 2003.
- [11] Felix T.S. ve Chan N.K., "Global Supplier Development Considering Risk Factors Using Fuzzy Extended AHP-Based Approach", *Omega—The International Journal of Management Science*, 35, 417-431, 2007.
- [12] Toni D.T., Nassimbeni N. ve Tonchia S., "An Integrated Production Performance Measurement System", *Industrial Management and Data Systems*, 97, 5, 180-186, 1997.
- [13] Chen Y-S., Cheng C-H. ve Lai, C-J., "A Hybrid Procedure for Extracting Rules of Production Performance in the Automobile Parts Industry", *Journal of Intelligent Manufacturing*, doi: 10.1007/s10845-008-0190-5, 2008.
- [14] Olhager J. ve Selldin E., "Manufacturing Planning and Control Approaches: Market Alignment and Performance", *International Journal of Production Research*, 45, 6, 1467-1484, 2007.
- [15] Berry W.L. ve Hill T., "Linking Systems to Strategy", *International Journal of Operations and Production Management*, 12, 3-15, 1992.
- [16] Hill, T., "Manufacturing Strategy-Text and Cases", 2nd edition, Palgrave, Houndsmills, Hampshire, 2000.
- [17] Vollmann T.E., Berry W.L., Whybark D.C. ve Jacobs F.R., "Manufacturing Planning and Control for Supply Chain Management", 5th edition, McGraw-Hill, New York, 2005.
- [18] Kochhar A. ve McGarrie B., "Identification of the Requirements of Manufacturing Control Systems: A Key Characteristics Approach", *Integrated Manufacturing Systems*, 3, 4-15, 1992.

- [19] Newman W.R. ve Sridharan V., "Linking Manufacturing Planning and Control to the Manufacturing Environment", *Integrated Manufacturing Systems*, 6, 36-42, 1995.
- [20] Howard A., Kochhar A. ve Dilworth J., "Case Studies Based Development of a Rule-Base for the Specification of Manufacturing Planning and Control Systems", *International Journal of Production Research*, 38, 2591-2606, 2000.
- [21] Jonsson P. ve Mattsson S.-A., "The Implications of Fit between Planning Environments and Manufacturing Planning and Control Systems", *International Journal of Operations and Production Management*, 23, 872-900, 2003.
- [22] Delbecq A.L., VandeVen A.H. ve Gustafson D.H., "Group Techniques for Program Planners", Glenview, Scott Foresman and Company, Illinois, 1975.
- [23] Vedros K.R., "The Nominal Group Technique is a Participatory, Planning Method In Adult Education", Ph.D. dissertation, Florida State University, Tallahassee, 1979.
- [24] Kahraman C., Cebeci U. ve Ruan D., "Multi-Attribute Comparison of Catering Service Companies Using Fuzzy AHP: The Case of Turkey", *International Journal of Production Economics*, 87, 171-184, 2004.
- [25] Barbarosoğlu G. ve Yazgaç T., "An Application of the Analytic Hierarchy Process to the Supplier Selection Problem", *Production and Inventory Management Journal*, 38, 1, 14-21, 1997.
- [26] Tam M.C.Y. ve Tummala V.M.R., "An Application of the AHP in Vendor Selection of a Telecommunications System", *Omega*, 29, 171-182, 2001.
- [27] Chan F.T.S., "Interactive Selection Model for Supplier Selection Process: An Analytical Hierarchy Process Approach", *International Journal of Production Research*, 41, 15, 3549-3579, 2003.
- [28] Liu F.F. ve Hai H.L., "The Voting Analytic Hierarchy Process Method for Selecting Supplier", *International Journal of Production Economics*, 97, 3, 308-317, 2005.
- [29] Ho W., "Integrated Analytic Hierarchy Process and its Applications-A Literature Review", *European Journal of Operational Research*, 186, 211-228, 2008.
- [30] Zadeh L.A., "Fuzzy Sets", *Information and Control*, 8, 338-353, 1965.
- [31] Özkan M.M., "Bulanık Hedef Programlama", Ekin Kitabevi, Bursa, 2003.
- [32] Triantaphyllou E., "Multi-Criteria Decision Making Methods: A Comparative Study", Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 2000.
- [33] Van Laarhoven P.J.M. ve Pedrycz W., "A Fuzzy Extension of Saaty's Priority Theory", *Fuzzy Sets and Systems*, 11, 229-241, 1983.
- [34] Weck M., Klocke F., Schell H. ve Ruenauber E., "Evaluating alternative production cycles using the extended fuzzy AHP method", *European Journal of Operational Research*, 100, 2, 351-366, 1997.
- [35] Deng H., "Multicriteria Analysis with Fuzzy Pairwise Comparison", *International Journal of Approximate Reasoning*, 21, 3, 215-231, 1999.
- [36] Lee M., Pham H. ve Zhang X., "A Methodology for Priority Setting with Application to Software Development Process", *European Journal of Operational Research*, 118, 375-389, 1999.
- [37] Kuo Y. ve Chen L., "Using the Fuzzy Synthetic Decision Approach to Assess the Performance of University Teachers in Taiwan", *International Journal of Management*, 19, 593-604, 2002.
- [38] Bozdağ C. E., Kahraman C. ve Ruan D., "Fuzzy Group Decision Making for Selection among Computer Integrated Manufacturing Systems", *Computers in Industry*, 51, 13-29, 2003.
- [39] Zhu K.J., Jing Y. ve Chang D.Y., "A Discussion of Extent Analysis Method and Applications of Fuzzy AHP", *European Journal of Operational Research*, 11, 450-456, 1999.
- [40] Buckley J.J., "Fuzzy Hierarchical Analysis", *Fuzzy Sets and Systems*, 17, 233-247, 1985.



- [41] Boender C.G.E., de Grann J.G. ve Lootsma F.A., "Multi Criteria Decision Analysis with Fuzzy Pairwise Comparison", *Fuzzy Sets and Systems*, 29, 133-143, 1989.
- [42] Stam A., Minghe S. ve Haines M., "Artificial Neural Network Representations for Hierarchical Preference Structures", *Computers and Operations Research*, 23, 12, 1191-1201, 1996.
- [43] Chang D.Y., "Extent Analysis and Synthetic Decision", *Optimization Techniques and Applications*, 1, 352, 1992.
- [44] Chang D.Y., "Applications of the Extent Analysis Method on Fuzzy AHP", *European Journal of Operational Research*, 95, 649-655, 1996.
- [45] Cheng C.H., "Evaluating Naval Tactical Missile Systems by Fuzzy AHP Based on The Grade Value of Membership Function", *European Journal of Operational Research*, 96, 2, 343-350, 1997.
- [46] Ulucan A., "Yöneylem Araştırması, İşletmecilik Uygulamalı Bilgisayar Destekli Modelleme", Siyasal Kitabevi, Ankara, 2004.
- [47] Kwong C.K. ve Bai H., "Determining the importance weights for the customer requirements in QFD using a fuzzy AHP with an extent analysis approach", *IIE Transactions*, 35, 619-626, 2003.