

GÜNEŞ ENERJİSİ VE SU ISITMA SİSTEMLERİ İMAL EDEN BİR İŞLETMEDE BULANIK İŞLEM SÜRELERİ İLE MALZEME İHTİYAÇ PLANLAMA

Turan PAKSOY*
Fulya ALTIPARMAK**

ÖZET

Malzeme İhtiyaç Planlama (MİP) sistemi, stok maliyetlerini azaltırken verimliliği ve müşteri memnuniyetini artırmayı hedefleyen bir üretim yönetim sistemidir. Son yıllarda, Türkiye’de özellikle imalat sanayinde bir çok firma bu sistemi kullanmaya başlamış veya kullanmayı planlamaktadır. Her yeni sistemde olduğu gibi MİP sistemi, gerçek üretim sistemlerinin doğasında barındırdıkları karmaşıklığın ve belirsizliğin etkisiyle, başlangıç aşamasında pek çok güçlük içerir. Bu çalışmada, güneş enerjisi ve su ısıtma sistemleri imal eden bir işletmede, işlem sürelerindeki belirsizliğin Bulanık Küme Teorisi ile tanımlandığı durumda MİP sisteminin uygulanması incelenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Malzeme İhtiyaç Planlama, Ana Üretim Planı, Bulanık Küme Teorisi, Bulanık İşlem Süreleri.

ABSTRACT

Material Requirements Planning (MRP) system is a production management system which aims for increase in productivity and customer pleasure as decreasing in inventory costs. Recent years, in Turkey, most of firms especially in manufacturing industry started or planned to use this system. MRP system as every new system, with the effect of complexity and uncertainty inherent in real production systems, contains lots of difficulties at the beginning phase. In this study, uncertainty in processing times are dealt with Fuzzy Sets Theory, and an application of material requirements planning system in a firm manufacturing solar energy and water heating systems is presented.

Keywords: Material Requirements Planning, Master Production Schedule, Fuzzy Sets Theory, Fuzzy Processing Times.

1. GİRİŞ

1950’li yılların ortalarından itibaren bilgisayarların sanayi ortamında kullanımı ile birlikte stok ve üretim planlaması konusunda yeni yaklaşımlar geliştirilmeye başlanmıştır (Tersine, 1994). Bilgisayar sonrası diye adlandırılan dönemde stok yaklaşımları arasında en çok dikkati çeken teknik Malzeme İhtiyaç Planlaması (MİP) olmuştur. 1960’lı yıllarda Joseph Orlicky ile birlikte stok yönetiminde zaman boyutunun önemi vurgulanmış ve MİP’ in ilk yapısı şekillenmeye başlamıştır. Standart MİP olarak bilinen teknik günümüze kadar çeşitli evreler geçirmiştir. Her bir evrede yaklaşım açısından bir değişiklik olmamakla birlikte kapsam genişlemesi olmuştur.

* Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi

** Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi

İlk aşamada MİP, imalat ve satın alma önceliklerini planlayan bir araç olarak görülmüştür. İkinci aşamada ise detaylı üretim planlaması için kullanılabilirliği bulunmuştur. Herhangi bir gecikme veya üretim değişikliği karşısında yüksek hıza sahip bilgisayarların yardımıyla MIP tekniği, detaylı üretim programının yeniden düzenlenmesini mümkün kılmıştır. Değişen şartlar karşısında detaylı üretim planı güncelleştirilebilmiştir (Buffa and Sarin,1989).

1980'li yılların başından itibaren MİP tekniğine alternatif olabilecek yeni teknikler geliştirilmiştir. Bunlar sırasıyla Tam Zamanında Üretim (TZÜ) Sistemi (Monden, 1993), Optimize Üretim Teknolojisi (OÜT) Sistemi (Jacobs, 1984), Esnek İmalat (Eİ) Sistemi (Tempelmaier and Kuhn, 1993) teknikleridir. Bu teknikler MİP'in demode olmasını değil öneminin daha iyi anlaşılmasını sağlamıştır (Gelders ve Van Wassenhove, 1985).

Son on yılda MİP konusunda pek çok çalışma yapılmıştır. Hamid vd.(1991), Malezya'da imalat işletmeleri için bilgisayar destekli MİP çalışmaları yapmışlardır. Grubbström ve Molinder (1994), MİP sürecinin girdi-çıkıta analizi ve çok aşamalı stok sistemleri ile ilişkilerini analiz etmişlerdir. Manthou vd. (1996), Yunanistan'da MİP'in kullanımını araştırmışlar ve bir üretim sistemine uygulamışlardır. Passaro (1997), İtalya'da bir havacılık firması için tedarik zinciri yönetimi sürecinde MİP'i incelemiştir. Plenert (1999), MİP'in başarı ve eksikliklerini değerlendirmiş, ana kusurlarını belirleyerek bunlar giderilmezse ne gibi sonuçların ortaya çıkacağını incelemiştir. Ayrıca, MİP'in TZÜ, OÜT, Kısıtlar Teorisi (KT), Darboğaz Tahsis Metodolojisi (DTM) gibi tekniklerden dolayı önemini korumaya devam edip edemeyeceği sorusuna cevap aramış ve MİP sisteminin performansını ortaya koymaya çalışmıştır. Ho ve Chang (2001), ise MİP'i TZÜ'ye bir alternatif değil, onunla bütünleşik çalışacak bir sistem olarak sunmuşlardır. Ang vd. (2002), Singapur'da 10 imalat işletmesi için yaptıkları bir araştırma ile, MİP'de kritik başarı faktörlerini analiz etmişlerdir.

Son yıllarda dünyadaki gelişmelere paralel olarak Türkiye'deki firmalar da malzeme ve stok yönetimine daha fazla önem vermeye başlamışlardır. Literatürde sınırsız ekonomi olarak adlandırılan ve sınırlara siyasi anlam ötesinde anlam tanımayan yeni dünya düzeni, yerel firmaları küreselleşen dünyada uluslararası rakipleri ile karşı karşıya getirmiştir. Ezici rekabet ortamında ayakta kalmaya çalışan ve büyük bir kısmı (%99 civarında) KOBİ'lerden oluşan Türk Sanayi geleneksel yöntemlerle daha fazla devam edemeyeceğini anlamış ve başta MİP olmak üzere bu yeni sistemlere yönelmiştir. Bu çalışmada uygulamanın yapıldığı firma da diğerleri gibi sürekli dalgalanan faiz oranları, malzeme temininde yaşanan sıkıntılar ve en önemlisi büyük finansal kayıplara sebep olan stoklar nedeniyle MİP'e geçmektedir. Bu geçiş sürecinde, mevcut belirsizliği modelleyebilmek amacıyla bu çalışmada Bulanık Küme Teorisi'nden yararlanılmıştır.

Literatürde, MİP'de belirsizliğe ilişkin farklı yaklaşımlar mevcuttur. Smith (1990), MİP'de dinamik tanımlanmış işlem süreleri için simülasyon yöntemini kullanmıştır. Zhao ve Lee (1993), talep belirsizliği altında, ana üretim planının etkinliğinin artırılması için dondurulan planlama ufkunun en uygun aralığının belirlenmesinde tahmin kalitesinin etkisini analiz etmişlerdir. Kadipaşaoğlu ve

Güneş Enerjisi ve Su Isıtma Sistemleri İmal Eden Bir İşletmede Bulanık İşlem Süreleri İle Malzeme İhtiyaç Planlama

Sridharan (1995), talep belirsizliği durumunda çok aşamalı imalat ortamında çizelgede kararsızlığın ve toplam maliyetin azaltılması için ana üretim planının dondurulması, tahmine emniyet stoğu ekleme gibi alternatif yöntemleri incelemişlerdir. Enns (2002), parti tipi üretim ortamında tahmin hataları ve talep belirsizliğinin MİP' in performansına olan etkilerini araştırmıştır. Tang ve Grubbström (2002), stokastik talep altında ana üretim planının oluşturulmasını, ve bu süreçte yeniden planlama faaliyetlerinin önemini analiz etmişler, yeniden planlama ve donma aralığının uzunluğu gibi ana üretim planı parametrelerinin uygun değerlerinin tahmini için bir model sunmuşlardır.

Literatürde, son 30 yıl içerisinde belirsizliğin modellenmesinde yaygın bir uygulama alanına sahip olan Bulanık Küme Teorisi (Paksoy, 2002), MİP için de yeni açılımlar getirmiştir. Lee vd. (1990), malzeme ihtiyaç planlamada parti hacimlendirme problemi için bulanık küme teorisine dayalı bir parça-dönem dengeleme yöntemi önermişlerdir. Bulanık parça-dönem dengeleme yönteminde sipariş verme maliyetinin birim stokta tutma maliyetine oranı şeklinde hesaplanan ekonomik parça dönem faktörü kullanılmaktadır. Üçgen bulanık sayı olarak dikkate alınan ortalama talep miktarlarının stokta taşındıkları dönem sayıları ile çarpımı sonucu elde edilen kümülatif değer, ekonomik parça dönem faktörünü geçiyorsa bu döneme kadar olan talepler toplamı büyüklüğünde sipariş verilmektedir. Lee vd. (1991), bulanık talepler ile parti hacimlendirme problemi için üç yöntemi (Wagner-Whitin, parça-dönem dengeleme ve Silver-Meal) ele alarak bir karşılaştırma yapmışlardır. Çalışma sonucunda, parça dönem dengesi yönteminin en iyi sonucu veren yöntem olduğu gösterilmiştir. Ghazanfari ve Ahmadvand (2001), karma kesin-bulanık sayı (mixed crisp-fuzzy number) olarak varsaydıkları sistem değişkenleri (talepler, stok seviyeleri, süreler) ile matematiksel işlemler yapabilmek için bu sayıları daha küçük karma sayılara parçalayan bir ayrıştırma (disintegration) yöntemi önermişler ve bu yöntemi kullanarak net ihtiyaç kadar sipariş verme (lot-for-lot) tekniğine göre malzeme ihtiyaç planı geliştirmişlerdir.

Bu çalışmada, güneş enerjisi ve su ısıtma sistemleri imal eden bir işletmede, işlem sürelerindeki belirsizliğin Bulanık Küme Teorisi ile tanımlandığı durumda MİP sisteminin uygulanması incelenmektedir. Malzeme ihtiyaç planının elde edilmesinde, Wang vd. (2002) tarafından kullanılan şans kısıtlı programlamaya dayalı bulanık sıralama yöntemi kullanılmıştır. Böylece, ayrıştırma işlemine gerek duyulmadan tamamlama olabilirlik fonksiyonu yardımıyla bulanık işlem süreleri ile matematiksel işlemler gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın 2. Bölümde MİP sistemi hakkında genel bir bilgi verilmektedir. 3. Bölümde uygulamanın yapıldığı işletme kısaca tanıtılmakta, MİP sisteminin bu işletmede kullanımı ve belirsizliğin Bulanık Küme Teorisi kullanılarak modellenmesi anlatılmaktadır. Sonuçlar ve yorumları 4. Bölümde verilmektedir.

2. MALZEME İHTİYAÇ PLANLAMA SİSTEMİ

MİP, stok yatırımlarını enazlamak, üretim ve etkinliğini artırmak ve müşteriye verilen hizmeti geliştirmek amacıyla kullanılan bir yönetim çizelgeleme ve kontrol tekniğidir (Stevenson, 1993).

MİP, ana üretim planı ve yönetimin üretime yönelik global hedeflerini ayrıntılı imalat ve satın alma faaliyetlerine dönüştürmektedir. MİP' in sonuçları ise üretim ve malzeme planlama ve kontrol ile satın alma ünitelerince kullanılmaktadır (Hax and Candea, 1984). MİP, stok kalemlerine olan genel ve net ihtiyaçları belirleyerek satın alma ve imalat iş emirlerinin açılabilirliği için gereken bilgileri üretir. Üretilen bilgi yeni bir iş emrinin açılmasına yönelik olabileceği gibi eski iş emrinin güncelleştirilmesi şeklinde de olabilmektedir. İş emrinin açılmasına yönelik üretilen bilgi, parçanın kodu, sipariş miktarı, siparişin açılacağı tarih ve siparişin teslim tarihini kapsamalıdır (Orlicky, 1975).

MİP'te ana üretim planı temel girdi olarak kabul alınır ve son ürünün tamamlanma zamanından geriye doğru giderek tüm stok birimleri bazında ihtiyaçlar belirlenir. Bu işlem yapılırken bağımlı ve bağımsız talepten yararlanılır. Bağımlı talepte, ürünlere olan talep diğer belirli ürünlere olan planlardan üretilir. Hammadde durumunda veya tamamlanmış bir mamul üretiminde kullanılan yarı mamule olan talep bağımlı talebe örnek olarak verilebilir. MİP, bağımlı talep durumunda söz konusudur (Stevenson, 1993). Bağımsız talep ise daha çok bir ürünün tamamlanmış bir hali veya parçası olmayan son ürünlere olan talebi ifade eder. Dolayısıyla, bağımlı talebe göre daha kararlı bir haldedir. Çünkü bağımlı talep gibi zamanın kesikli noktalarında büyük miktarlarda gerçekleşmek yerine akışkan bir devamlılık arz eder. Bu nedenle, MİP' de kullanılacak ana üretim planı oluşturulurken bağımsız talep kullanılır ve istatistiksel tahmin yöntemleri ile gelecek döneme ait talep miktarı belirlenir.

MİP sisteminin etkin bir şekilde çalışması için üretim sürecinin kesikli olması gereklidir. MİP tekniğinin bir firmada uygulanabilirliğini belirlemede temel kriter, o firmanın sahip olduğu stokların yapısının satın alma ve imalat açısından belirli bir birim ile ifade edilmesi ve stoğun üretime dahil edilmesinin önceden belirlenmiş büyüklükler halinde olup olmadığıdır. Çok karmaşık ürün yapısına sahip mamüller için gerekli tüm parçaları imalat ve montaj aşamalarına paralel olarak gerektiği anda (amaç 1), gerektiği miktarda (amaç 2), gerektiği yere (amaç 3) temin etmek ayrıntılı planlamayı gerektirmektedir (Hulley, 1982). MİP nihai ürün için bir çizelge ile başlar. Bu çizelge tamamlanmamış malzemeleri istenen zamanda tamamlamak amacıyla gerek duyulan alt montaj, bileşenler ve hammaddeler için bir çizelgeye dönüştürülür (Stevenson, 1993). Günümüzde, MİP imalat organizasyonlarının bütün kaynaklarının etkili planlamasını hedefleyen İmalat Kaynakları Planlaması'nı (MRPII) da içine alarak daha fazla genişlemiştir. Dolayısıyla, MİP' in bir yöntem, bir felsefe, çizelgelemeye ve stok kontrolüne bir yaklaşım olduğu kabul edilir. Böylece, MİP terimi, farklı zamanlarda, farklı insanlar için farklı anlamları kapsamaktadır (Groover,1996).

3. UYGULAMA

Uygulamanın yapıldığı firma, 1973 yılında Konya'da kurulmuştur. 70'li yılların sonunda ortaya çıkan enerji krizinden bu yana, çevre dostu, sürekli ve ucuz bir enerji kaynağı olan güneş enerjisine tüketicinin de gün geçtikçe artan ilgisinin verdiği güçle firma, düzlemsel güneş enerji kolektörleri ve enerji sistemleri üzerinde süren araştırmalarını geliştirmiş ve üretim aşamalarına geçerek pazardaki vizyonunu daha da sağlamlaştırmıştır. Firma, bünyesinde sürekli AR-GE çalışmaları yaparak ve hızla gelişen teknolojiyi takip ederek, estetik görünümlü, yüksek verimli, ekonomik ve çevreci enerji sistemleri geliştirmiştir. 1996 yılında bir Alman firması ile yapılan know-how lisans, etiket ve ortaklık anlaşması sonucunda üretimini yaptığı solar kolektörler, bakır alüminyum kolektörler, paket enerji sistemlerinin %50 'sini dünya pazarına ihraç etmektedir. Ürünlerinin büyük bir kısmı firma patentlidir. TSE, TSEK ve Alman TÜV belgesine sahip olan firma ürünleri, ayrıca Tübitak ve Alman Stuttgart Üniversitesi tarafından test edilmektedir. Firma, Konya Ticaret Odası, Konya Sanayi Odası ve uluslararası Güneş Enerjisi Topluluğu (ISS) UGETTB, Temiz Enerji Vakfı üyesidir.

Firma, siparişe göre üretim yapmakta olup, satışların büyük bir kısmını dört ürün oluşturmaktadır. Bu ürünler DMT1K, DMT2K, DMT1A, DMT2A kodları ile sistemde işlem görmekte olup, tek kolektörlü ve kapalı sistem (DMT1K), çift kolektörlü ve kapalı sistem (DMT2K), tek kolektörlü ve açık sistem (DMT1A), çift kolektörlü ve açık sistem (DMT2A) dır. Çalışma kapsamında, bulanık temin süreleri ile, DMT1K için malzeme ihtiyaç planlaması yapılmıştır.

MİP uygulamasının ilk aşaması ana üretim planının oluşturulmasıdır. Sonraki aşamalarda ise malzeme listeleri ve ürün ağaçları çıkarılması ve her ürüne ait alt parçaların temin sürelerinin tespit edilmesi gerekir. Net ihtiyaçlar; tüm bu veriler kullanılarak elde edilen brüt ihtiyaçlar ile birlikte stoklar ve fire oranları dikkate alınarak elde edilir. Sonuç olarak, hangi ayda, hangi malzemedden, ne kadar sipariş verilmesi gerektiği bulunur. Bu aşamalar bu bölümde detaylı olarak incelenecektir.

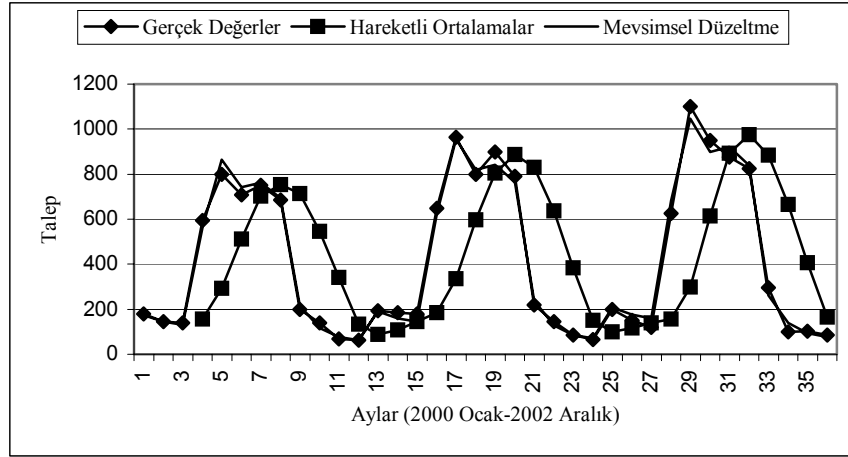
3.1 Tahmin Teknikleri İle Ana Üretim Planının Oluşturulması

MİP sisteminin temel girdisi olan ana üretim planının oluşturulması için talep tahminleri yapılmıştır. Talep tahmininde kullanılan veriler ürüne olan talebin, belirli zaman aralıklarında gözlenmesi sonucunda elde edilir. Genel de tahmin, geçmişin geleceğe yansıtılması şeklinde düşünülebilir. Basit ve istatistiksel olarak kararlı durumlarda geçmiş veriler doğrudan doğruya değerlendirilip, geleceğe dönük tahminler kolaylıkla yapılabilir. Fakat genellikle, geçmiş veriler talepte olabilecek mevsimsel ve/veya devresel değişiklikleri içerir (Acar, 1998). Bu nedenle, çalışmada verilerde olabilecek tüm bu özellikleri analitik olarak ortaya koymak için hareketli ortalamalar ve mevsimsel düzeltmeler yöntemlerine dayalı olarak 2 farklı model geliştirilmiştir. Modellerin geliştirilmesinde DMT1K ürününe son üç yılda olan talep dikkate alınmıştır.

Tablo 1’de bu ürüne ait talep miktarları verilmektedir. Mevsimsel düzeltmelere dayalı modelin determinasyon katsayısı 0.9924 iken hareketli ortalamalara dayalı modelin determinasyon katsayısı 0.7091’dir. Dolayısıyla, mevsimsel düzeltmelere dayalı model tahmin modeli olarak seçilmiştir. Şekil 1’de geliştirilen modellerin tahminleri verilmektedir. Mevsimsel düzeltmelere dayalı geliştirilen tahmin modeli kullanılarak 2003 yılı için yapılan sipariş tahminleri Tablo 2’de görülmektedir.

Tablo 1. Geçmiş Üç Yıla İlişkin Talep İstatistikleri

	2000	2001	2002
Ocak	180	192	200
Şubat	145	185	150
Mart	140	178	120
Nisan	595	647	625
Mayıs	800	965	1100
Haziran	709	800	950
Temmuz	750	900	875
Ağustos	684	790	825
Eylül	200	220	295
Ekim	138	145	100
Kasım	67	85	103
Aralık	62	65	84



Şekil 1. Talep Tahmin Tekniklerinin Performans Grafiği.

Güneş Enerjisi ve Su Isıtma Sistemleri İmal Eden Bir İşletmede Bulanık İşlem Süreleri İle Malzeme İhtiyaç Planlama

Tablo 2. Mevsimsel Düzeltme Yöntemi ile 2003 Yılına İlişkin Talep Tahminleri

Mevsimsel Düzeltme Yöntemi ile 2003 Yılına İlişkin Talep Tahminleri												
Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tahmin	227	190	174	741	1137	976	1002	912	284	152	101	84

Nihai ürüne olan talep (bağımsız talep), tahmin tekniği ile belirlenmesine rağmen bağımlı talebi oluşturan parçalar için ihtiyacın belirlenmesinde tahmin teknikleri yerine bağlı oldukları nihai ürünlerin ana üretim planındaki değerleri kullanılır. Amaç oluşacak tahmin hatasını en aza indirerek üretim aşamasında malzeme yetersizliğinden dolayı olası duraksamaları engellemektir.

3.2 Malzeme Listesi

Malzeme listeleri ürün ağaçlarının aksine çok daha genel amaçlı, mühendislik birimlerince belirlenen ve pek çok farklı birimin ortak kullanımını doğrultusunda hazırlanan parça listeleridir. Her bölüm kendi kullanım amaçlarına uygun olarak bu listeleri detaylandırmalı veya özetlemelidir. MİP sisteminde, ana üretim planını bağımlı parçalara yansıtılabilmek için temel girdi olan ürün ağacının oluşturulması için malzeme listesi gerekmektedir. Çalışmaya konu olan ürünlere ilişkin malzeme listesi Ek 1’de verilmiştir.

3.3 Ürün Ağacı

Ürün ağaçları bitmiş bir ürünün bir birimini üretmek için gerekli olan hammadde ve alt montaj dahil tüm parçaları hiyerarşik bir şekilde listeler, bir sonraki montaj seviyesinde bir birim ürününü üretmek için gerekli olan bir malın miktarını gösterir (Tersine, 1994). Ürün ağacı ile ana üretim planının uyumlu olması gerekir. Aksi halde, MİP sisteminin başarılı olması mümkün değildir (Orlicky, 1975).

Ürün ağaçları oluşturulurken firmaya ait işlem süreç diyagramları ve malzeme listesinden faydalanılmıştır. DMT1K’in ürün ağacı EK 2’de verilmektedir. Bu ürün ağacının kutu içindeki kodları, firmanın hali hazırda kullandığı parça kimlik kodlarıdır. Bu kimlik kodlarının açıklamaları EK 1’deki malzeme listesinde verilmiştir.

3.4 Bulanık İşlem Süreleri ile Malzeme İhtiyaç Planlama

MİP konusunda daha önce yapılan çalışmaların çoğunda işlem süreleri kesin veriler olarak ele alınmıştır. Halbuki gerçek hayatta bu süreleri net olarak belirlemek kolay değildir. Genellikle geçmiş uygulamalara bakılarak bir tahminde bulunulur veya ilk kez yapılacak bir sipariş için benzer ürünlere ilişkin bilgilerden yararlanılır. İster yeni üretilecek bir ürün olsun, isterse uzun süredir üretiliyor olsun her üretim süreci aslında kendi başına bir ilktir ve karar verici için birçok belirsizliği içerir. İşçilerin yeteneklerine, malzeme kalitesine, tezgah özelliklerine ve her an meydana gelebilecek arıza ve kazalara bağlı olarak işlem süreleri değişiklik gösterebilir. Özellikle, ilk defa üretilecek ürünler için bu

belirsizlik daha fazladır. Çoğu kez işlem sürelerini belirleme görevi tecrübelerine güvenilerek kıdemli işçilere verilir. Ancak, insan düşüncesinin sayısallaştırılması için bulanık sayılar ve bulanık mantık son derece elverişlidir.

Sadece doğru ve yanlışın olduğu siyah-beyaz bir dünyadan insanoglu, yaşadığı dünyaya bakışlarını çevirdiğinde Modern Mantığın, tek anlamlı ve tek doğru yoruma sahip, belirsizliği reddeden yapısının yetersizliğini görmüştür. Etrafını saran belirsizliği tanımlayabilmek için aslında çok da yabancı olmadığı bir sistemi, kendisini taklit etmiştir. Mantığın gelişiminde üçüncü dalgayı (klasik, modern ve bulanık) yaratan ve Bulanık Mantığı öneren L. A. Zadeh (1965), belirsizliği bir derecelendirme sorunu olarak görmüş ve insanoglunun kullandığı dili metodolojisinde kullanarak, -mantığı ilk defa bir sistem dahilinde inceleyen ve belirli bir sistematige oturtan- Aristo'dan günümüze şekilselleşen mantığı yeniden "insancillaştırmıştır". İnsan düşüncesinin ve tecrübesinin işlenebilir veriler olarak değerlendirilmesini sağlayan bu yeni paradigma, yeni ürünler için işlem sürelerinin tespitinde kıdemli işçilerin kullanımı sürecini daha analitik bir hale getirmiştir.

Bir iş için kesin bir işlem süresini kullanmak yerine, bu işin en az f_l , en çok f_u zaman birimi içinde tamamlanabileceğini, ancak "olabilirliği" yüksek olan rakamın bu ikisinin arasında f zaman birimi olduğu kabul edilsin. Bu kabulden görüldüğü gibi işin tamamlanma süresi yaklaşık olarak f zaman birimi olacaktır. Bunun sayısal olarak ifadesi de bir bulanık kümeyi tanımlar.

U, elemanları "x" ile gösterilen bir evrensel küme olarak tanımlansın. U'nun klasik bir alt kümesi olan A için üyelik, μ_A karakteristik fonksiyonu ile gösterilir ve $\{0,1\}$ arasında aşağıdaki gibi değişmektedir:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{Eğer } x \in A \text{ ise} \\ 0 & \text{Aksi halde} \end{cases} \quad (1)$$

Eğer küme değerinin gerçekten $[0,1]$ aralığında olmasına izin verilirse, A kümesi "Bulanık Küme" olarak isimlendirilir. $\mu_A(x)$, x in A kümesi içindeki "üyelik derecesi"dir ve $\mu_A(x)$ 'in bire yakın değerleri için x'in A kümesine üyeliği artar.

A bulanık kümesi, düzenli ikililer kümesi ile karakterize edilmiştir.

$$A = \{ (x, \mu_A(x)) \mid x \in X \} \quad (2)$$

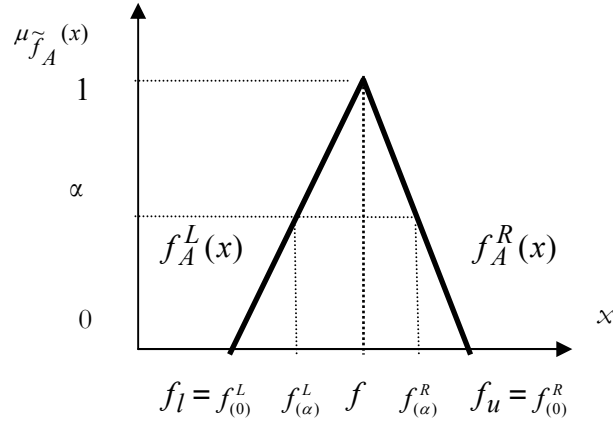
Eşitlik (2) yerine Zadeh, aynı zamanda aşağıdaki gösterim şeklini de önermiştir. X sonlu bir küme olduğunda $\{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$ A bulanık kümesi şu şekilde belirtilir (Paksoy, 2002):

$$A = \mu_A(x_1)/x_1 + \dots + \mu_A(x_n)/x_n = \sum \mu_A(x_i)/x_i \quad (3)$$

Güneş Enerjisi ve Su Isıtma Sistemleri İmal Eden Bir İşletmede Bulanık İşlem Süreleri İle Malzeme İhtiyaç Planlama

A bulanık kümesinin üyelik derecesi $\mu_{\tilde{f}_A}$, f 'de en yüksek değerini almaktadır. Bu yapı çoğu zaman literatürde, üçgen bulanık sayı ile temsil edilmiştir. Çalışmada da, bulanık işlem sürelerinin (\tilde{f}_A) aşağıdaki gibi üçgensel bir forma ($\tilde{f}_A = (f_l, f, f_u)$) uyduğu varsayılmıştır (Şekil 2). İşlem süreleri, fabrika içinde üretilen parçalar için işlem sürelerini, dışardan temin edilenler için ise sipariş sürelerini göstermektedir.

$$\mu_{\tilde{f}_A}(x) = \begin{cases} \frac{1}{f-f_l}(x-f_l)+1 & (f_l \leq x \leq f) \\ \frac{1}{f-f_u}(x-f)+1 & (f \leq x \leq f_u) \\ 0 & (x \leq f_l, f_u \leq x) \end{cases} \quad (4)$$



Şekil 2. Üçgen Bulanık Sayı \tilde{f}_A

$f_A^L : [f_l, f] \rightarrow [0,1]$ ve $f_A^R : [f, f_u] \rightarrow [0,1]$ olmak üzere,

$$\mu_{\tilde{f}_A}(x) = \begin{cases} f_A^L(x), & f_l \leq x \leq f \\ f_A^R(x), & f \leq x \leq f_u \\ 0 & \text{d.d.} \end{cases} \quad (5)$$

şeklinde ifade edilebilir.

A bulanık kümesinin α seviye kümesi (α -cut) X 'in kesin (crisp) alt kümesidir ve aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$A_\alpha = \left\{ x \mid \mu_{\tilde{f}_A}(x) \geq \alpha, x \in X \right\} \quad \alpha \in [0,1]$$

α seviyesi, güven seviyesi olarak ta adlandırılır ve Şekil 2'de verilen üçgen bulanık sayı için aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$\alpha = \frac{f_{(\alpha)}^L - f_l}{f - f_l} \quad \text{ve} \quad \alpha = \frac{f_u - f_{(\alpha)}^R}{f_u - f}$$

Burada α 'nın 1 değeri için $\mu_{\tilde{f}_A}(x)$ en yüksek değerini almaktadır. $f_{(1)}^L = f_{(1)}^R = f$ dir ve α 'nın $[0,1]$ aralığındaki değerleri için f_A işlem süresi;

$$f_A = [f_{(\alpha)}^L, f_{(\alpha)}^R] = [f_l + \alpha(f - f_l); f_u - \alpha(f_u - f)] \text{ olarak bulunur.}$$

$f_A^L : [f_l, f] \rightarrow [0,1]$ sürekli monoton artan ve $f_A^R : [f, f_u] \rightarrow [0,1]$ sürekli monoton azalan fonksiyonlar olduğundan ters fonksiyonları mevcuttur ve sırasıyla, g_A^L ve g_A^R olarak gösterilmiştir.

Üçgen bulanık sayı olarak düşünülen işlem sürelerinin MİP sürecinde hesaplamalarda kullanılabilmesi, bulanık sayıların karşılaştırılabilmesi ve gerçel sayılarla işlemler yapılabilmesi için sıralama (ranking) yapılması gerekmektedir. Dubois (1983), gerçel sayıların ve bir bulanık aralığın nasıl karşılaştırılacağına ilişkin bazı tanımlamalar vermiş ve $[A, +\infty)$ ve $]A, +\infty)$ aralıkları tanımlamıştır. Bu aralıklar 6 ve 7 nolu eşitlikte verilmektedir.

$$f_{]A, +\infty}(x) = \Pi_A((-\infty, x]) = \sup_{u \leq x} \mu_{\tilde{f}_A}(t) = \begin{cases} 0, & x < f_l \\ f_A^L(t), & f_l \leq t \leq f \\ 1, & f < t \end{cases} \quad (6)$$

$$f_{]A, +\infty}(x) = N_A((-\infty, x]) = \inf_{u \geq x} (1 - \mu_{\tilde{f}_A}(t)) = \begin{cases} 0, & x \leq f \\ 1 - f_A^R(t), & f \leq t \leq f_u \\ 1, & f_u < t \end{cases} \quad (7)$$

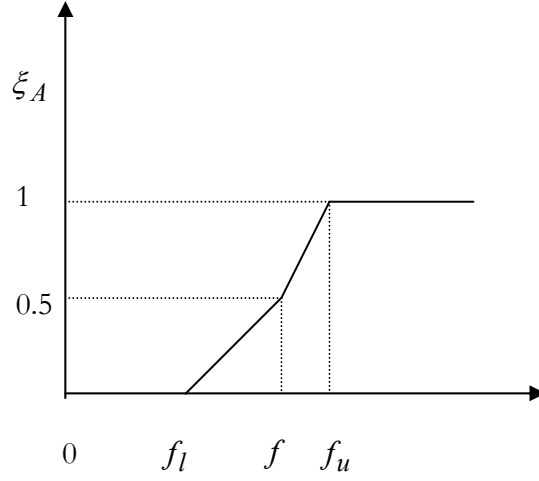
Güneş Enerjisi ve Su Isıtma Sistemleri İmal Eden Bir İşletmede Bulanık İşlem Süreleri İle Malzeme İhtiyaç Planlama

burada Π_A ve N_A , $[A, +\infty)$ ve $]A, +\infty)$ aralığında tanımlanmış $\mu_{\tilde{f}_A}$ dağılımı cinsinden olabilirlik ölçüleridir.

Her bir bulanık sayı bir küme olduğundan bulanık sayıların sıralanması için literatürde değişik yöntemler önerilmiştir (Cheng, 1998). Chen ve Hwang (1992), sıralama yöntemlerini; tercih ilişkisi, bulanık ortalama ve dağılıma, bulanık puanlama, dilsel ifade olmak üzere dört ana sınıfa ayırmıştır. Zimmermann (1987) ve Chen ve Hwang (1992), bu yöntemleri detaylı ve karşılaştırmalı olarak incelemişlerdir. Bu çalışmada, tercih ilişkisi sınıfı içinde yer alan, Wang vd. (2002) tarafından kullanılan şans kısıtlı programlamaya (chance constrained programming) dayalı yöntem kullanılmıştır. Şans kısıtlı programlama, Charnes ve Cooper (1959) tarafından stokastik programlama için geliştirilmiştir. Liu ve Iwamura (1998a, 1998b) ise, şans kısıtlı programlamayı bulanık küme teorisini içine alacak şekilde genişletmişlerdir.

MİP’de şans kısıtlı programlamayı uygulayabilmek için işlem zamanının bulanık üyelik fonksiyonu $\mu_{\tilde{f}_A}$ ’ya dayalı olarak işin tamamlanma olabilirlik profilinin tanımlanması gerekmektedir. ξ_A , A bulanık kümesinde tanımlanan bir iş için, verilen işlem süresi içinde tamamlanma veya siparişin teslim alınma olabilirlik profilini (likelihood profile) göstermek üzere aşağıdaki gibi formüle edilebilir (Şekil 3):

$$\xi_A = \frac{f_{[A,+\infty)} + f_{]A,+\infty)}}{2} = \begin{cases} 0, & x \leq f_l, \\ \frac{f_A^L}{2}, & f_l \leq x \leq f, \\ \frac{2 - f_A^R}{2}, & f \leq x \leq f_u, \\ 1, & x \geq f_u \end{cases} \quad (8)$$



Şekil 3. Tamamlama olabilirlik profili (Wang vd., 2002).

$f_A^L : [f_l, f] \rightarrow [0,1]$ ve $f_A^R : [f, f_u] \rightarrow [0,1]$ sırasıyla, sürekli monoton artan ve azalan fonksiyonlar olduğundan, $\xi_A : [f_l, f_u] \rightarrow [0,1]$ sürekli ve artan bir fonksiyondur ve dolayısıyla ters fonksiyonu (ξ_A^{-1}) vardır. Ters fonksiyon da, $\xi_A^{-1} : [0,1] \rightarrow [f_l, f_u]$, olmak üzere sürekli ve artan bir fonksiyondur:

$$\xi_A^{-1}(\alpha) = \begin{cases} g_A^L(2\alpha), & 0 \leq \alpha \leq 0.5, \\ g_A^R(2-2\alpha), & 0.5 \leq \alpha \leq 1, \end{cases} \quad (9)$$

burada g_A^L ve g_A^R sırasıyla, f_A^L ve f_A^R 'nin ters fonksiyonlarıdır (Wang vd., 2002).

Malzeme ihtiyaç planlama sürecinde, tamamlama olabilirlik profilinde (Şekil 3) görüldüğü gibi tahsis edilen işlem süresi x , eğer f_l değerinden küçükse işin tamamlanma şansı sıfırdır ($\alpha = 0$). Eğer x , f_u 'dan büyükse işin tamamlanması 1 tam olabilirliğe sahiptir ($\alpha = 1$). x 'in f_l ve f_u aralığında aldığı değerler için, bu değer sıfır ve 1 arasında değişecektir. $\alpha \in [0,1]$ olmak üzere, α değeri karar vericinin, karar mekanizmasının karakterini tanımlamaktadır.

Malzeme ihtiyaç planındaki işlerin her biri bulanık işlem sürelerine sahiptir. Ürün ağacındaki herhangi bir seviye i ($0,1,2,\dots,n$), ve bulanık işlem süresine sahip

Güneş Enerjisi ve Su Isıtma Sistemleri İmal Eden Bir İşletmede Bulanık İşlem Süreleri İle Malzeme İhtiyaç Planlama

bu işler j ($1,2,\dots,m$) ile temsil edilmektedir. Nihai ürün 0 seviyesinde, konumlandırılmıştır.

D_{ij} = i nci seviyedeki j nci işin teslim tarihi.

$D_{i[j]}$ = i nci seviyedeki j nci işin ebeveyninin(parent) teslim tarihi.

$\alpha_{i[j]}$ = i nci seviyedeki j nci işin ebeveyninin güven düzeyi.

$\xi_{i[j]}^{-1}(\alpha)$ = i nci seviyedeki j nci işin ebeveyninin tamamlama olabilirlik fonksiyonunun tersi olmak üzere;

$$D_{ij} = D_{(i-1)[j]} - \xi_{(i-1)[j]}^{-1}(\alpha_{(i-1)[j]}) \quad i=0,1,2,\dots,n, \quad j=1,2,\dots,m. \quad (10)$$

Eşitlik (8) ve (9)'u kullanarak i nci seviyedeki j işine ilişkin teslim tarihi D_{ij} aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$D_{ij} = D_{(i-1)[j]} - \begin{cases} g_{(i-1)[j]}^L(2\alpha_{(i-1)[j]}), & 0 \leq \alpha_{(i-1)[j]} \leq 0.5 \\ g_{(i-1)[j]}^R(2-2\alpha_{(i-1)[j]}), & 0.5 \leq \alpha_{(i-1)[j]} \leq 1 \end{cases} \quad (11)$$

Çalışmada, güven düzeyi tüm işler için ortak alınmış, keyfi olarak alınan $\alpha = 0.5$ ve $\alpha = 0.8$ değerleri için iki farklı malzeme ihtiyaç planı hesaplanmıştır. Ek 1'de verilen malzeme listesinde bulanık işlem sürelerine (f_l, f, f_u) ilişkin veriler sunulmuştur. Eşitlik (4) ve (5)'de tanımlanan üçgen bulanık sayı özelliklerinden ilgili ters fonksiyonlar türetilerek;

$$g_A^L(x) = (x-1)(f-f_l) + f \quad \text{ve} \quad g_A^R(x) = (x-1)(f-f_u) + f \quad \text{olarak bulunmuştur.}$$

Bu durumda tamamlama olabilirlik fonksiyonunun tersi aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\xi_A^{-1}(\alpha) = \begin{cases} (2\alpha-1)(f-f_l) + f, & 0 \leq \alpha \leq 0.5 \\ (1-2\alpha)(f-f_u) + f, & 0.5 \leq \alpha \leq 1 \end{cases} \quad (12)$$

Eşitlik 11'de elde edilen bu ters fonksiyonu (12) kullanılarak, Ek 2'de ürün ağacı verilen DMT1K tek kollektörlü ve kapalı sistem için malzeme ihtiyaç planları oluşturulmuştur (Tablo 3). Bu tabloda, haftalık bazda açılması gereken siparişler listelenmektedir. Örneğin, $\alpha = 0.5$ güven düzeyinde, MA47 kodlu M10x40 Cıvata-somun için 1 numaralı sipariş 02/11/3 (407) şeklinde tanımlanmıştır. Yani, bu malzemeden 2002 yılının Kasım ayının üçüncü haftası 407 birimlik sipariş verilmelidir. Diğer siparişler sırasıyla, 02/11/4 (436); 02/12/1 (250); 02/12/2 (436) şeklindedir. Aylık bazda oluşturulan ana üretim

planı, hafta cinsinden verilen işlem süreleri ile hesaplama sırasında zaman birliği oluşturabilmek için haftalık hale indirgenmiştir. Dolayısıyla, her hangi bir döneme ilişkin talebi karşılamak için açılması gereken siparişler de, dört ayrı kalem olarak listelenmiştir.

Nihai ürüne ait $\alpha=0.5$ ve $\alpha=0.8$ seviyeleri için yapılan ihtiyaç planı şu şekilde gerçekleştirilmiştir:

$$\alpha=0.5 \text{ için } g_A^L(2\alpha), 0 \leq \alpha \leq 0.5 \rightarrow g_A^L(1) = (x-1)(f-f_l) + f = 2$$

$$\alpha=0.8 \text{ için } g_A^R(2-2\alpha), 0.5 \leq \alpha \leq 1 \rightarrow g_A^R(0.4) = (x-1)(f-f_u) + f = 2.6 \approx 3 \text{ olarak}$$

hesaplanır.

Nihai ürün (DK01) için işlem/temin süresi $\alpha=0.5$ için 2 hafta, $\alpha=0.8$ için 3 hafta olarak bulunmuştur. Ocak ayı için talep tahmini ise 227 birimdir (Tablo 2). Haftalık bazda talep 57 birim olarak gerçekleşmektedir. %2'lik fire oranı da (Ek 1) bu miktara eklendiğinde Ocak boyunca her hafta üretilmesi gereken miktar 59 birim olmaktadır. Stokta görünen 4 birimin ilk hafta kullanıldığı varsayıldığında net ihtiyaç (55; 59; 59; 59) olarak hesaplanır. $\alpha=0.5$ için açılması gereken iş emirleri sırasıyla (02/12/3; 02/12/4; 03/01/1; 03/01/2) olarak planlanır. İki haftalık işlem süresi nedeniyle, Ocak ayının ilk haftasına ait talebin karşılanması için 2002 Aralık ayının üçüncü haftasında 55 birimlik iş emri açılmalıdır. Benzer şekilde, ikinci haftanın 59 birimlik talebinin iş emri Aralık 2002'nin son haftasında, üçüncü haftanın 59 birimlik talebinin iş emri Ocak 2003'ün ilk haftasında, dördüncü haftanın 59 birimlik talebinin iş emri Ocak 2003'ün ikinci haftasında açılmaktadır. $\alpha=0.8$ için ise, iş emirleri değişmekte ve (02/12/2; 02/12/3; 02/12/4; 03/01/1) şeklinde olmaktadır. Ocak ayının ilk haftasına ait talebin karşılanması için 2002 Aralık ayının ikinci haftasında 55 birimlik iş emri açılmalıdır. 2003 Ocak ayının ikinci haftasında 59 birimlik talebi karşılamak için iş emri Aralık 2002'nin üçüncü haftasında, üçüncü haftanın 59 birimlik talebini karşılamak için iş emri Aralık 2002'nin dördüncü haftasında, dördüncü haftanın 59 birimlik talebini karşılamak için iş emri Ocak 2003'ün ilk haftasında açılmaktadır.

Güven düzeyi α 'nın [0,1] aralığında değişen farklı değerleri için farklı planlar oluşmaktadır. Güven düzeyinin değişmesi, işlem sürelerini değiştirdiğinden açılması gereken siparişler/iş emirleri değişmektedir. Karar verici, farklı güven düzeyleri ile tercih hakkına sahip olmakta ve kesin verilerle çalışan klasik MİP'den daha fazla bilgiye ve daha geniş bir hareket alanına kavuşmaktadır. Hızla değişen ve gelişen küresel rekabet ortamı, bilginin esnekliğinin önemini artırmakta, katı ve değişmez her şeyi hızla ortadan kaldırmaktadır. Müşteri memnuniyetini sağlamak ve etkin bir malzeme ihtiyaç planı oluşturmak, kesin ve değişmez kabul edilen katı bir planla bu değişim ortamında pek mümkün görünmemektedir. Bu çalışma da, bu esneklik ihtiyacını karşılamak amacıyla güneş enerjisi ve su ısıtma sistemleri imal eden bir işletmede işlem sürelerindeki belirsizlik Bulanık Küme Teorisi ile ele alınmıştır.

Güneş Enerjisi ve Su Isıtma Sistemleri İmal Eden Bir İşletmede Bulanık İşlem Süreleri İle Malzeme İhtiyaç Planlama

Tablo 3: Malzeme İhtiyaç Planı

Ürün Kodu	$\alpha=0.5$				$\alpha=0.8$			
	Sipariş 1	Sipariş 2	Sipariş 3	Sipariş 4	Sipariş 1	Sipariş 2	Sipariş 3	Sipariş 4
DK01	02/12/3 55	02/12/4 59	03/01/1 59	03/01/2 59	02/12/2 55	02/12/3 59	02/12/4 59	03/01/1 59
DK03	02/12/1 57	02/12/2 61	-	02/12/4 41	02/11/3 57	02/11/4 61	02/12/1 61	-
DK05	02/11/1 59	02/11/2 63	-	02/11/4 42	02/10/2 59	02/10/3 63	02/10/4 63	-
DK06	02/11/1 58	02/11/2 62	-	02/11/4 42	02/10/2 58	02/10/3 62	02/10/4 62	-
DK09	02/12/1 58	02/12/2 62	-	02/12/4 9	02/11/3 58	02/11/4 62	02/12/1 62	-
DK10	02/11/3 59	02/11/4 63	-	02/12/2 10	02/10/4 59	02/11/1 63	02/11/2 63	-
MA03	02/11/1 176	02/11/2 188	-	02/11/4 28	02/10/2 176	02/10/3 188	02/10/4 188	-
MA06	02/11/3 117	02/11/4 125	-	02/12/2 84	02/10/4 117	02/11/1 125	02/11/2 125	-
MA17	02/11/1 58	02/11/2 62	02/11/3 36	02/11/4 62	02/10/2 58	02/10/3 62	02/10/4 62	02/11/1 36
MA18	02/11/3 116	02/11/4 124	-	02/12/2 83	02/10/4 116	02/11/1 124	02/11/2 124	-
MA21	02/11/3 403	02/11/4 432	02/12/1 248	02/12/2 432	02/10/4 403	02/11/1 432	02/11/2 432	02/11/3 248
MA24	02/11/1 58	02/11/2 62	02/11/3 36	02/11/4 62	02/10/2 58	02/10/3 62	02/10/4 62	02/11/1 36
MA27	02/11/3 59	02/11/4 63	-	02/12/2 42	02/10/4 59	02/11/1 63	02/11/2 63	-
MA28	02/11/3 59	02/11/4 63	-	02/12/2 10	02/10/4 59	02/11/1 63	02/11/2 63	-
MA29	02/11/1 58	02/11/2 62	02/11/3 36	02/11/4 62	02/10/2 58	02/10/3 62	02/10/4 62	02/11/1 36
MA30	02/11/1 58	02/11/2 62	02/11/3 36	02/11/4 62	02/10/2 58	02/10/3 62	02/10/4 62	02/11/1 36
MA35	02/11/1 352	02/11/2 376	-	02/11/4 55	02/10/2 352	02/10/3 376	02/10/4 376	-
MA38	02/10/3 175	02/10/4 187	-	02/11/2 126	02/09/4 175	02/10/1 187	02/10/2 187	-
MA39	02/11/1 119	02/11/2 127	-	02/11/4 19	02/10/2 119	02/10/3 127	02/10/4 127	-
MA40	02/11/3 59	02/11/4 63	-	02/12/2 42	02/10/4 59	02/11/1 63	02/11/2 63	-

Turan PAKSOY - Fulya ALTIPARMAK

MA41	02/10/3 59	02/10/4 63	-	02/11/2 42	02/09/3 59	02/09/4 63	02/10/1 63	-
MA43	02/11/3 178	02/11/4 190	-	02/12/2 28	02/10/4 178	02/11/1 190	02/11/2 190	-
MA44	02/11/3 59	02/11/4 63	-	02/12/2 42	02/10/4 59	02/11/1 63	02/11/2 63	-
MA45	02/11/3 180	02/11/4 192	-	02/12/2 28	02/10/4 180	02/11/1 192	02/11/2 192	-
MA47	02/11/3 407	02/11/4 436	02/12/1 250	02/12/2 436	02/10/4 407	02/11/1 436	02/11/2 436	02/11/3 250
MA48	02/11/3 2964	02/11/4 3172	-	02/12/2 2132	02/10/4 2964	02/11/1 3172	02/11/2 3172	-
MA49	02/11/3 58	02/11/4 62	-	02/12/2 42	02/10/4 58	02/11/1 62	02/11/2 62	-
MA50	02/11/1 59	02/11/2 63	-	02/11/4 10	02/10/2 59	02/10/3 63	02/10/4 63	-
MA51	02/11/1 59	02/11/2 63	-	02/11/4 42	02/10/2 59	02/10/3 63	02/10/4 63	-
OM01	02/11/3 118	02/11/4 126	-	02/12/2 85	02/10/4 118	02/11/1 126	02/11/2 126	-
OM02	02/11/3 59	02/11/4 63	-	02/12/2 10	02/10/4 59	02/11/1 63	02/11/2 63	-
OM03	02/12/1 57	02/12/2 61	02/12/3 35	02/12/4 61	02/11/3 57	02/11/4 61	02/12/1 61	02/12/2 35

4. SONUÇ

Malzeme ihtiyaç planlama, zaman boyutunda ana üretim planını, stok verileri ve fire oranları gibi verileri de göz önüne alarak, net ihtiyaçlara dönüştüren ve böylece hangi malzemeye, ne miktarda ve ne zaman ihtiyaç olduğunu belirleyen bir süreçtir. Bu sürecin başarısı, girdi olarak kullanılan verilerin kalitesi ile doğrudan orantılıdır. Küreselleşen dünyada, en önemli üretim faktörlerinden birisi olan bilginin elde edilmesi kadar, esnek olması ve doğru kullanımı da büyük önem kazanmaktadır. Katı ve değişmez bilgi, hızla değişen ve gelişen gerçek dünya ile çelişmekte ve karar vericinin hareket alanını sınırlandırmaktadır. Bu çalışma da, bu esneklik ihtiyacını karşılamak amacıyla güneş enerjisi ve su ısıtma sistemleri imal eden bir işletmede işlem sürelerindeki belirsizlik Bulanık Küme Teorisi ile ele alınmıştır.

Çalışmada işlem sürelerinin bulanık olduğu varsayılmış, Wang vd. (2002) tarafından kullanılan şans kısıtlı programlamaya dayalı bulanık sıralama yöntemi kullanılarak malzeme ihtiyaç planı gerçekleştirilmiştir. Kapsam itibariyle sürekli gelişen MİP' in, bilgisayarlara olan bağlılığı sistemlerin karmaşıklığına paralel olarak arttığı gerçeğinden hareketle yapılan çalışma, büyük ölçüde bilgisayar ortamında Excel desteğinde gerçekleştirilmiştir. Öncelikle ana üretim planının oluşturmak amacıyla talep tahmini yapılmıştır. Hareketli ortalamalar, doğrusal regresyon ve mevsimsel düzeltmeler yöntemleri analiz edilmiş, talep karakterini

Güneş Enerjisi ve Su Isıtma Sistemleri İmal Eden Bir İşletmede Bulanık İşlem Süreleri İle Malzeme İhtiyaç Planlama

en gerçekçi yansıtan yöntemin mevsimsel düzeltmeler yöntemi olduğu tespit edilmiştir. Bu yöntemle göre oluşturulan ana üretim planı MİP sürecinin temel girdisi olarak kullanılmış, sonraki aşamalarda malzeme listeleri ve ürün ağaçları kullanılarak elde edilen brüt ihtiyaçlar, stoklar ve fire oranları da göz önüne alınarak net ihtiyaçlara dönüştürülmüştür. Bu süreçte, tüm işler için işlem süreleri bulanık olarak alınmış ve işlem sürelerinin farklı güven düzeyleri ($\alpha=0.5$ ve $\alpha=0.8$) için malzeme ihtiyaç planları hazırlanmıştır. Kullanılan yöntemin en büyük avantajı, karar verici için alternatif durumlar için bir karar spektrumu sunmasıdır. Böylece, α değerine bağlı olarak farklı planlar elde edilmektedir. Karar verici, kesin verilerin kullanıldığı malzeme ihtiyaç planlamadan farklı olarak işlem süreleri için tayin ettiği güven düzeyi parametresine bağlı olarak farklı planlar elde etmekte ve bunlar arasından seçim yapabilme olanağına sahip olmaktadır.

Çalışma kapsamında, tüm işler için üçgen bulanık üyelik fonksiyonları dikkate alınmış ve ortak bir güven düzeyi kullanılmıştır. Bu çalışma, literatürdeki diğer üyelik fonksiyonları (üstel, vd.) ve işlerin birbirinden farklı güven düzeylerine sahip olduğu durumlar için derinleştirilebilir. Ayrıca, özellikle net ihtiyaçlara eş olarak verilen siparişlerin uygunluğunun araştırılması gerekir.

KAYNAKLAR

- ACAR, N., (1998): “Üretim Planlaması Yöntem ve Uygulamaları”. Ankara, Milli Prodüktivite Merkezi.
- ANG, J. S. K., SUM, C. C., YEO, L. N., (2002): A multiple-case design methodology for studying MRP success and CSFs. “Information & Management”, Volume 39, Issue 4, pp 271-281.
- BUFFA, E. S., SARIN, R. K., (1989): “Modern Production Operations Management”. LA, John Willey& Sons.
- CHARNES, A., COOPER, W. W., (1959): Chance-constrained programming. “Management Science”, Vol 6, No 1, pp 73-79.
- CHEN, S. J., HWANG, C. L., (1992): “Fuzzy multiple attribute decision making methods and applications, Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems”. New York, Springer.
- CHENG, C. H., (1998): A new approach for ranking fuzzy numbers by distance method. “Fuzzy Sets and Systems”, Vol 95, pp 307-317.
- DUBOIS, D., PRADE, H., (1983): Ranking of fuzzy numbers in the setting of possibility theory. “Inform. Science”, Vol 30, pp 183-224.
- ENNS, S. T., (2002): MRP performance effects due to forecast bias and demand uncertainty. “European Journal of Operational Research”, Volume 138, Issue 1, pp 87-102.
- GELDERS, L. F., VAN WASSENHOVE, L.N., (1985): Capacity planning in MRP, JIT and OPT: A critique. “Engineering Costs and Production Economics”, Volume 9, Issues 1-3, pp 201-209.
- GHAZANFARI, M., AHMADVAND, A., 2001, Using crisp-fuzzy numbers to model MRP under lead time uncertainty, Proceedings of 6th

Annual International Conference on Industrial Engineering- Theory, Applications and Practice, San Francisco, CA, USA, November 18-20.

GROOVER, M. P., (1996): "Fundamentals of Modern Manufacturing". New Jersey, Prentice-Hall Inc.

GRUBBSTRÖM, R. W., MOLINDER, A., (1994): Further theoretical considerations on the relationship between MRP, input-output analysis and multi-echelon inventory systems. "International Journal of Production Economics", Volume 35, Issues 1-3, pp 299-311.

HAMID, A. A., AGUS, A., HASSAN, M. E., (1991): Computerised materials requirement planning in manufacturing companies in Malaysia. "International Journal of Production Economics", Volume 25, Issues 1-3, pp 73-79.

HAX, A. C., CANDEA, D., (1984): "Production and Inventory Management". New Jersey, Prentice Hall Inc.

HO, J. C., CHANG, Y. L., (2001): An integrated MRP and JIT framework. "Computers & Industrial Engineering", Volume 41, Issue 2, pp 173-185.

HULLEY, A. R., (1982): "Manufacturing Organization and Management". New Jersey, Prentice-Hall Inc.

JACOBS, F. R., (1984): OPT Uncovered: Many Production Planning Scheduling Concepts Can Be Applied with or without the Software. "International Journal of Industrial Engineering", Vol 16, No 10, pp 286- 295.

KADIPASAOGLU, S. N., SRIDHARAN, V., (1995): Alternative approaches for reducing schedule instability in multistage manufacturing under demand uncertainty. "Journal of Operations Management", Volume 13, Issue 3, pp 193-211.

LEE, Y. Y., KRAMER, B. A., HWANG, C. L., 1990, Part-period balancing with uncertainty: a fuzzy sets theory approach, International Journal of Production Research, Vol 28, No 10, pp 1771-1778.

LEE, Y. Y., KRAMER, B. A., HWANG, C. L., 1991, A comparative study of three lot-sizing methods for the case of fuzzy demand, International Journal of Operations & Production Management, Vol 11, No 7, pp 72-80.

LIU, B., IWAMURA, K., (1998a): Chance constrained programming with fuzzy parameters. "Fuzzy Sets and Systems", Vol 94, No 2, pp227-237.

LIU, B., IWAMURA, K., (1998b): A note on chance constrained programming with fuzzy coefficients. "Fuzzy Sets and Systems", Vol 100, Nos1-3, pp229-233.

MANTHOU, V., VLACHOPOULOU, M., THEODOROU, P., (1996): The implementation and use of material requirements planning system in Northern Greece: A case study. "International Journal of Production Economics", Volume 45, Issues 1-3, pp187-193.

MONDEN, Y., (1993): "Toyota Production System-An Integrated Approach to Just-In-Time", 2nd Edition. Georgia, Engineering & Management Press.

ORLICKY, I., (1975): "Material Requirements Planning". New York, McGraw Hill Inc.

Güneş Enerjisi ve Su Isıtma Sistemleri İmal Eden Bir İşletmede Bulanık İşlem Süreleri İle Malzeme İhtiyaç Planlama

PAKSOY, T., (2002): Bulanık Küme Teorisi ve Doğrusal Programlamada Kullanımı: Karşılaştırmalı Bir Analiz. Konya, "Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi", Cilt 17, No 1, pp1-16.

PASSARO, E. E., (1997): Case Study: Material requirement planning and the supply chain at Alenia Aircraft. "European Journal of Purchasing & Supply Management", Volume 3, Issue 1, pp 43-51.

PLENERT, G., (1999): Focusing material requirements planning (MRP) towards performance. "European Journal of Operational Research", Volume 119, Issue 1, pp 91-99.

SMITH, S. J., (1990): A simulation study of dynamic planned lead times in material requirements planning systems. "Journal of Operations Management", Volume 9, Issue 3, pp 430-431.

STEVENSON, J. W., (1993): "Production / Operations Management". Boston, Richard D. Irwin Inc.

TANG, O., GRUBBSTRÖM, R. W., (2002): Planning and replanning the master production schedule under demand uncertainty. "International Journal of Production Economics", Volume 78, Issue 3, pp 323-334.

TEMPELMAIER, H., KUHN, H., (1993): "Flexible Manufacturing Systems, Decision Support for Design and Operation". New York, John Willey& Sons Inc.

TERSINE, R. J., 1994, "Principles of Inventory and Materials Management", 4th Edition. New Jersey, Prentice Hall Inc.

WANG, C., WANG, D., IP, W. H., YUEN, D. W., (2002): The single machine ready time scheduling problem with fuzzy processing times. "Fuzzy Sets and Systems", Vol 127, pp 117-129.

ZADEH, L. A., (1965): Fuzzy sets. "Information and Control", Vol 8, pp 338-353.

ZHAO, X., LEE, T. S., (1993): Freezing the master production schedule for material requirements planning systems under demand uncertainty. "Journal of Operations Management", Volume 11, Issue 2, pp 185-205.

ZIMMERMANN, H. J., (1987): "Fuzzy Sets, Decision Making and Expert Systems". Boston, Kluwer.

Ek 1. Malzeme Listesi

Ürün Kodu	F1	F	Fu	Birim	Stok	Fire Oranı
DK01	1	2	3	adet	4	2,00%
DK03	3	6	9	adet	78	2,00%
DK05	9	12	15	adet	78	2,00%
DK06	9	12	15	adet	69	1,00%
DK09	3	6	9	adet	110	4,00%
DK10	3	6	9	adet	200	1,00%
MA03	9	12	15	m2	70	1,00%
MA06	3	6	9	adet	75	2,00%
MA17	6	12	18	paket	150	1,00%
MA18	3	6	9	paket	207	1,00%
MA21	3	6	9	m	2560	1,00%
MA24	9	12	15	adet	500	1,00%
MA27	3	6	9	adet	300	2,00%
MA28	3	6	9	adet	85	1,00%
MA29	9	12	15	kg	120	1,00%
MA30	9	12	15	kg	45	1,00%
MA35	9	12	15	m	156	1,00%
MA38	12	18	24	m2	826	2,00%
MA39	6	12	18	m2	4222	2,00%
MA40	3	6	9	adet	54	2,00%
MA41	6	18	30	adet	60	2,00%
MA43	3	6	9	m2	500	2,00%
MA44	3	6	9	adet	15	2,00%
MA45	3	6	9	adet	9500	3,00%
MA47	3	6	9	adet	500	2,00%
MA48	3	6	9	adet	3000	4,00%
MA49	3	6	9	adet	300	1,00%
MA50	6	12	18	m2	8	1,00%
MA51	6	12	18	adet	250	2,00%
OM01	3	6	9	adet	50	3,00%
OM02	3	6	9	adet	20	1,00%
OM03	3	6	9	adet	25	2,00%

Ek 2. DMT1K için Ürün Ağacı

