T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJELERİ
KOORDİNASYON BİRİMİ

TALEP VE İMALAT TEDARİK SÜRESİ BELİRSİZLİKLERİNDE İMALAT SİSTEMLERİNİN DAVRANIŞININ MODELLENMESİ

Proje No: FBA-09-771

Bilimsel Araştırma Projesi

SONUÇ RAPORU

Proje Yürütücüsü:
Yard.Doç.Dr. Adem Göleç
Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü

Yard.Doç.Dr. Ercan Şenyiğit
Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü

Nisan 2011

KAYSERİ

TEŞEKKÜRLER

Bu çalışmanın yapılmasında, ekonomik desteği veren Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırmaları Birimi yöneticileri ve emeği geçen bütün personeline, mevcut alt yapısını kullandığımız Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dekanlığı'na, ayrıca, bu çalışmada bizlere büyük destek sağlayan Arş.Gör. Latife Görkemli ve Saray Halı Armoni İplik Üretim Tesisleri Şefi Sayın Canan Candar'a teşekkür ederiz.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET 1

ABSTRACT 2

BÖLÜM 1. GİRİŞ / AMAÇ VE KAPSAM 3

BÖLÜM 2. GENEL BİLGİLER 5

BÖLÜM 3. GEREÇ VE YÖNTEM 11

BÖLÜM 4. BULGULAR 26

BÖLÜM 5. TARTIŞMA VE SONUÇ 33

KAYNAKLAR 34

ÖZET

Bu çalışmada, bir halı ipliği üretim sistemindeki talep ve tezgah duruşları belirsizliklerinin çıktı oranı üzerindeki etkilerini belirlemek için sistemin davranış modelleri geliştirilmiştir. Bu çalışma, alt seviye de imalattaki belirsizlik bileşenlerini içeren halı ipliği üretim sisteminin simulasyon modelinden (SM) ve üst seviye de karar vermek için kullanılacak zeki davranış tasarım sisteminden (ZDTS) oluşmaktadır. SM günlük talep belirsizliği altında hazırlık süresi, arızalar, duruşlar, tamir süresi vs. girdi değişkenlerinin değerleri ve üretim miktarını veren bir üretim sistemi modelidir. ZDTS modulü SM tarafından üretilen girdi-çıktı verilerine dayanır ve belirsizlik seviyelerine göre çıktı ve girdi arasındaki bağıntıyı oluşturur. İmalat sistemlerinde belirsizliğin modellemesinin çok zor olması nedeniyle, belirsizlikle ilgili problemlerin üstesinden gelebilmek için tedarik süresi esnekliği, kapasite esnekliği, emniyet stoğu ve parti hacmi esnekliği gibi yönetimsel taktikleri kullanır. Tasarlanan ZDTS modulu belirsizlik seviyeleri ve çıktı oranları arasındaki bağıntıya imkan verirken, farklı belirsizlik seviyelerinde çıktı oranlarını belirleyerek yukarıda bahsedilen taktiklerin kullanılmasına pek imkan vermez. Çünkü, bahse konu olan taktiklerin hepsi maliyet artırıcıdır. Bu çalışmada, pek çok esnek modelleme teknikleri kullanılarak imalat sistemlerindeki belirsizlik durumlarını modelleyen yeni bir yaklaşım sunduk. Bu yaklaşım, farklı belirsizlik seviyeleri sonuçunda sistemden elde edilen çıktı oranlarını vermektedir. Sonuç olarak, karar vericiler belirsizliğin çıktı üzerine etkilerine vakıf olacaktır ve buna göre taktikler belirleyeceklerdir.

Anahtar kelimeler: Simulasyon, belirsizlik, esnek hesaplama yaklaşımları ve modelleri, davranış modelleme.

ABSTRACT

In this work we develop behaviour model of system to determine the effect of uncertainty on the output rate under demand variations and machine breakdowns in a yarn manufacturing system. The system consists of two modules: a simulation-based system (SBS) consisting of manufacturing uncertainty components at the low level and an intelligent behaviour design system (IBDS) using to decide at the high level. The simulation-based module simulates the manufacturing system based on real data about setup time, breakdown, downtime, repair time etc. and produces data about lead-time uncertainty per day. The intelligent behaviour design module is constructed based on data produced by SBS and represents uncertainty levels and output rates. The manufacturing system uses tacit knowledge such as lead-time, capacity, safety stock allowance or batching flexibility about uncertainties because it is very difficult to model uncertainty. The design of IBDS enables integration between uncertainty levels and output rates and determines the output rate in the different uncertainty levels. We present a new intelligent approach about the modelling of uncertainty in manufacturing. This approach gives output variations caused by uncertainty levels. Finally, decision maker will have the effect of uncertainty on the output by this approach.

Key words: Simulation, uncertainty, soft calculation approachs and models, behaviour model.

BÖLÜM 1. GİRİŞ / AMAÇ VE KAPSAM

Günümüzde makro ve mikro düzeydeki ekonomilerin olmazsa olmaz niteliği istikrarlı olmalarıdır. Yani, ekonomiyi etkileyen değişkenler ve model parametrelerinin değişken olmamasıdır. Bu istikrar, karar verme sürecinde ve planlama politikalarında çok etkili olup uzun dönemli bir büyümenin ön şartını oluşturur. Ülke ekonomilerinin en önemli değişkeni imalat sektörünün imal edebilme yeteneğidir. Üretim yeteneği zayıflamış ekonomiler her zaman istikrarsızlığa mahkum olmuşlardır. Tıpkı son yirmibeş yılda ülkemizin ekonomisinde olduğu gibi katma değeri yüksek üretimden ziyade rant ekonomisi ile yönetilen ekonomiler sürekli istikrarsızlık ve krizler yaşamaktadır. Ülke ekonomilerinde olduğu gibi üretim sistemlerinde de sistemin değişkenlerindeki belirsizlikler firma içerisinde büyük istikrarsızlıklar oluşturacak ve şirket performansını etkileyecektir. Üretim sistemleri iki temel belirsizlikten etkilenir. Birincisi, üretilen ürünlere olan talep belirsizliği ve diğeri ise imalat sisteminin tedarik süresi belirsizliğidir. Bu belirsizliklerin özünü zaman, maliyet, miktar, kalite, esneklik, işgücü yeteneği, tezgah yeteneği, tedarikçi yeteneği, destek birimlerinin yeteneği vs. oluşturmaktadır. Aslında, temel espri iyi üretebilmeye dayanmaktadır. Üretim sistemlerinin yeteneği, sistemdeki değişkenliklerin kontrol altına alınabilmesine, para akışına, bilgi akışına ve malzeme akışına bağlıdır. Ne zaman kaliteyi ve maliyeti korumak şartıyla hızlıca üretebilir, hızlıca satabilir ve hızlıca parayı tahsil edilebilirse üretebilme performansı yüksek olacaktır.

İyi üretebilme temelde:

- Müşteri taleplerinin miktar ve siparişlerarası süre belirginliğine,
- Üretilecek ürün çeşitliliğine,
- Hazırlık sürelerinin düşüklüğüne,
- Arızalararası sürenin uzunluğuna,
- Bakım sürelerinin kısalığına,
- Arızaya müdahale süresi ve arıza giderme süresinin kısalığına,
- Arıza ve bakım dışı duruşların azlığına,
- Satın alınan malzeme, üretilen ürün ve yapılan işlemin kalitesine,

bağlıdır. Bu değişkenler istenilen sınırlar içerisinde kontrol altına alınabilirse, iyi üretim de gerçekleştirilebilir demektir. Sistemleri kontrol altına alabilmek ise o sistemin modellenmesine bağlıdır. Sistem modellendiği takdirde, girdi(bağımsız) değişkenlerindeki değişimlerin çıktı(bağımlı) değişkeni üzerine olan etkileri kolayca görülebilir ve gerekli önlemler alınabilir. Türk halı şirketleri şimdilerde ürün çeşitliliğinin ve parti büyüklüğü değişkenliğindeki artışa adapte olmaya ve kaynak kullanımını eniyilemeye çalışmaktadır. Bu nedenle, firmalar her bir üretim aşamasının çıktı oranını ve

kapasite kullanımını bilmesi gereklidir. Çıktı oranı doğrudan imalattaki belirsizlikden etkilenen kapasiteyle ilişkilidir. Rekabet şartlarında başarılı olmak için, şirket yöneticileri imalattaki belirsizlikleri önlemeli. Belirsizlik imalattaki tesadüfi bir olaydır ki, üretim planlarında, kapasite kullanımında, teslim tarihlerinde ve bir atölyenin performansında değişikliklere sebebiyet verir (Koh ve Saad, 2004). İmalat talep dalgalanmaları, tedarik süresi değişkenlikleri ve kaynak arızaları olmak üzere üç tip belirsizlikle karşı karşıyadır (Koh ve Gunasekaran, 2006).

Halı ipliği imalat sistemleri yoğun makinalar kullanarak kitlesel üretim süreç yapılarına sahiptir. İmalat yöneticileri uzun süre aynı ürünü üreterek üretim takımlarının maliyetini ve hazırlık maliyetini düşürmek ister. Talep düzgün ve sebebi ne olursa olsun talep dalgalanmalarına karşı toleranssız ise, başarılı olunabilir. Talep düzgün değil ise, planlama yöneticileri talebin düşük veya yüksek olduğu dönemlerde işçi alma, işçi çıkarma, fazla mesai, aylak kapasite, izne gönderme, envanter biriktirme veya tüketme, taşeron kullanma, sipariş erteleme, yok satma gibi yönetimsel taktikleri kullanır. Fakat, bu alternatiflerin hepsi çok büyük maliyetler oluşturur.

Bugün, çoğu imalat firmalarında olduğu gibi halı ipliği üreten imalatcılar da müşteriler tarafından kısa tedarik süreleri için baskı altında tutulmaktadır. İmalat tedarik süresi ilk işlem için malzemenin elde edilmesinden son işlemin tamamlanmasına kadar geçen süredir. Bir parçanın imalat için gerekli toplam süre sipariş hazırlama, bekleme süresi, hazırlık süresi, imalat süresi, kontrol süresi, arıza süresi ve tamir süresini içerir. İmalat tedarik süresi imalat programının imalat hedeflerini başarmak için imalat sistemlerinin kontrolünü nasıl etkilediğini gösteren önemli bir faktördür (Wacker, 1996).

İmalat sistemi çok çeşitli ürünü daima küçük partiler halinde üretmek ister. Ekipmanın hazırlık ve değişimlerden kaynaklanan duruşu imalatta temel gizlenmiş bir problemdir. Hazırlık süresi ve değişimler belirgin bir şekilde envanter seviyelerini, küçük partiler halinde üretebilme yeteneği, tedarik süresinin düşürülmesini, kapasitenin artmasını, sürekli akışın elde edilmesini ve kalite iyileştirmelerini etkiler(Mitchell, 2003). Tamir ve duruş bir değer eklemeyen iş veya olaydır. Ekipman sahip olduğu sistem kapasitesinde çalışmalı. Şirketlerin Hepbirlikte Verimli Bakımı(HVB) uygulamamaları veya zayıf bakım, üretim için kullanılan ekipmanın sık sık arıza yapması nedeniyle temel bir problem meydana gelir. HVB uygulama zayıflığı veya uygulanmamasında, ekipman daima bozulacaktır. HVB uygulanmazsa, bu belirsizliklere karşı ekipman ekstra stok tutacak ve ekipman tarafından akış kesilecektir (Campbell ve ark., 2006).

Bu çalışmada, üretim sistemini etkileyen ve şok etkiler yaratan müşteri talep ve imalat tedarik sürelerindeki belirsizliklere ait veriler kullanılarak üretim sisteminin davranışı modellenecek ve sistemle ilgili taktiksel kararlar da analitik bir araç olarak kullanılacaktır.

BÖLÜM 2. GENEL BİLGİLER

İmalat ortamlarında meydana gelen belirsizliklerin altında yatan önemli nedenler üç guruba ayrılır. Bunlar, (i) müşteri sipariş hacmi ve teslim tarihindeki değişikliklerden kaynaklanan talepteki değişkenlikler, (ii) hazırlık süresi, işlem süresi, satınalma/dış tedarik süresi, ve tezgah arızası tamir sürelerinden kaynaklanan tedarik süresi değişkenlikleri ve (iii) vardiya değişimleri ve tezgah arızalarından kaynaklanan kaynak duruşları.

2.1. Talepteki değişkenlikler

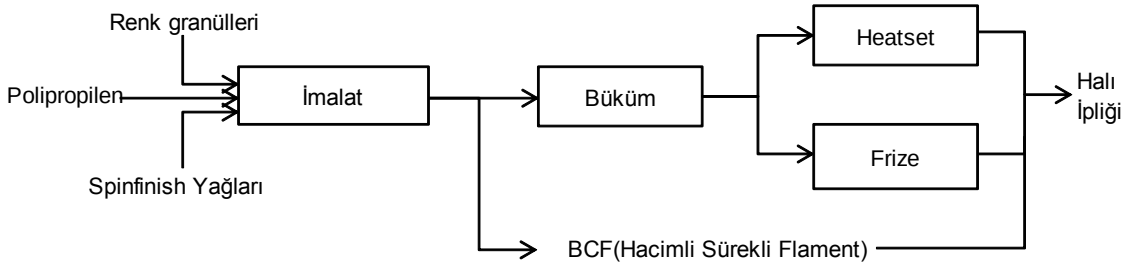
Talepteki değişkenlikler kapasiteye yakın üretim yapamama ve daha büyük emniyet stokları nedeniyle israf oluşturur. Bunlar imalat ortamlarında çok büyük problemlerdir. Talep değişkenliklerine dayalı etkili emniyet stoku hesapları müşteri memnuniyeti ve sadakati için gereklidir. Kapasiteyi kullanıp kullanmama talebe göre yapılacak planın ne olduğuna da bağlıdır. Kapasiteyi kullanamamak kar marjının azalmasına neden olur.

2.2. Tedarik süresindeki değişkenlikler

Tedarik sürelerindeki değişkenlikler satınalınan ve işletme içinde üretilen parçalarda meydana gelir. Bu değişkenliklerle ilgili ana faktörler kalite problemleri, hazırlık süreleri, işlem süreleri, satınalma/dış tedarik süresi ve tezgah arızalarının tamir edilmesi sürelerindeki değişkenliklerdir. Bu değişkenliği üstesinden gelebilmenin yegane çaresi emniyet stoğu bulundurmak ve emniyet tedarik süresi kullanmaktır. Büyük değişkenlikler büyük envanterler gerektirir. Kalite ve tedarik süresi değişkenliği arasındaki ilişkiyi ve onların parti büyüklüğü ve envanter maliyeti üzerine etkilerinin araştırılmasının zahmete değer bir çalışma olacaktır (Heard and Plossl, 1984).

2.3. Kaynak arızaları

Talebin yüksek olduğu kısa dönemlerde, işçilerden fazla ödeme karşılığında normal mesai saatlerinden daha fazla çalışması istenebilir. Normalde bu iş normal çalışma süresinden daha büyük olacaktır. Bazı durumlarda ise normal çalışma süresine ilave olarak işçiler kiralanabilir. Halı ipliği üretim tesislerinde çalışma vardiyası ekleme veya eklememeye karar verme bütünleşik planlar için anahtar değişkenlerdir.



Şekil 2.1. Halı ipliği üretim sistemi

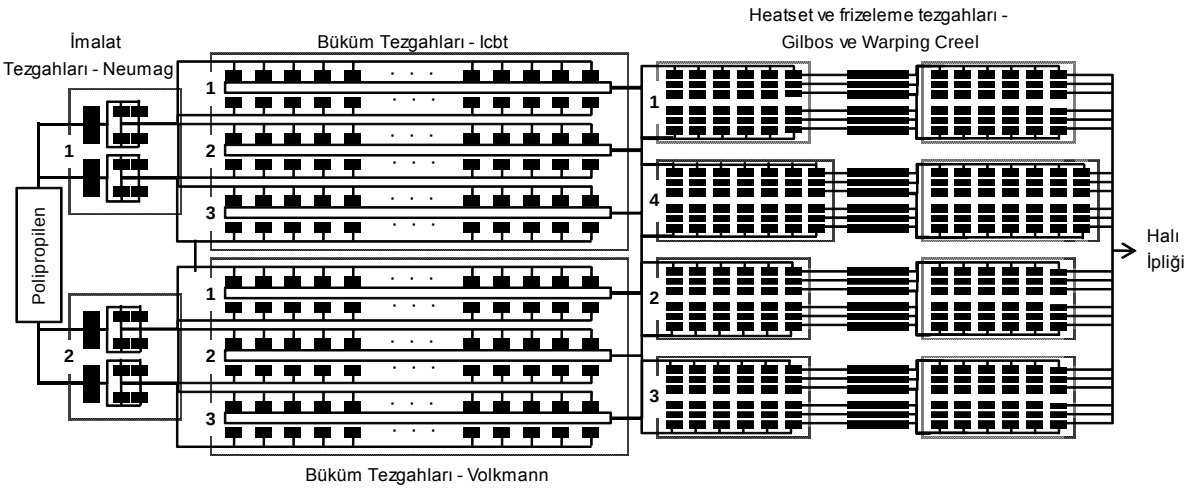
Tezgah arızaları genellikle üretim planlama ve kontrol faaliyetlerinde belirsizliğin ana kaynaklarıdır. Bu durum, işlemlerin tezgaha bağlı, kritik tezgahların pahalı olduğu ve işlerin taşerona verilemediği halı ipliği üretim tesislerinde özellikle çok önemlidir. Tezgah arızalarının etkisi uygun planlı önleyici bakım faaliyetlerinin yapılması ile azaltılabilir.

Halı ipliği üretim sisteminde, 1400, 1575x2, 1600x2 F, 1600x2 HS, 1800, 1800x2, 2000, 2100x2, 2400 BCF, 2400 F, 2400 HS, 2600x2, 2700, 3600x1, ve 5425x2 denyede 15 farklı iplik üretilmektedir. Denye lifin lineer kütlesel yoğunluk ölçü birimidir. 9000 metre başına bir gramın kütlesi olarak tanımlanır. Halı ipliği imalat, bükme ve heatset veya frizeleme olmak üzere üç farklı süreçten geçerek üretilir. Şekil 2.1.'de süreç modeli verilmiştir.

Bu süreçlerde kullanılan tezgahlar özellikle halı üretmek için kullanılan tezgahlardır. Halı imalat sistemi Şekil 2.2.'de gösterildiği gibi üç gurup tezgahtan oluşmaktadır.

Birinci Gurup

Polipropilen renk granülleri, ve spinfiniş yağlarından hacimli sürekli flament iplikler iki tezgahta üretilir. Bunlar, Neumag 1 ve Neumag 2'dir. Herbir tezgah iki eksruder'e sahiptir. Eksruderler polipropilen hammaddesini, eritme ve ayrıştırma işlemi ile ince düz ipliklere dönüştürür. Daha sonra, sürekli düz formda oluşturulan iplikler büküm işlemi için bobinlere sarılır.



Şekil 2.2. Halı ipliği imalat sisteminin konfigurasyonu

İkinci Gurup

Büküm işleminin yapıldığı bu süreçte Icbt ve Volkmann olmak üzere iki tip tezgah kullanılır. Süreçte 3 er adet Icbt ve Volkmann büküm tezgahı kullanılmaktadır. Icbt tezgahları her biri 52 kafadan oluşan 6 bobin tutucu yola sahiptir. Volkmann tezgahları ise herbiri 72 kafadan oluşan 6 bobin tutucu yola sahiptir.

Üçüncü Gurup

Bu gurupta heatset ve frize işlemlerinin yapıldığı dört tezgah bulunmaktadır. Herbiri bobin tutma, frize veya heatset işlemi ve bobin sarma işlemlerini yapan üç temel bileşenden oluşur. Birinci, ikinci ve üçüncü tezgahlar da bobin tutucular iki pozisyona, herbir pozisyonda üç yola ve her bir yolda 6 bobin tutucu kafaya sahiptir. Yani, 2x3x6 adet bobin tutucuya sahiptir. Dördüncü tezgah ise bobin tutucular iki pozisyona, herbir pozisyonda üç yola ve her bir yolda 8 bobin tutucu kafaya sahiptir. Yani, 2x3x8 adet bobin tutucuya sahiptir.

Yukarıda bahsedilen halı ipliği üretim sisteminin bütün bileşenleri Tablo 2.1'de özetlenmiştir.

Tablo 2.1. Halı ipliği üretim sistemi bileşenleri

Süreç	İmalat		Büküm						Heat Set veya Frizeleme			
Tezgah Gurubu	Neumag		ICBT			Volkmann			Bobin Tutucu ve Sarıcılar			
Tezgah Kodu	1	2	1	2	3	1	2	3	1	2	3	4
Extruder	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pozisyonlar	2	2	2	2	2	2	2	2	6	6	6	6
Bobin Tutucular	4	4	52	52	52	72	72	72	6	6	6	8
Kapasite(Bobin Sayısı)	8	8	104	104	104	144	144	144	36	36	36	48

2.4. Belirsizlik altında halı ipliği üretimi

Halı ipliği üretimi ile ilgili kararlar çok sayıda süreçler arası etkileşimi gerektirir. Bu süreçler bazen birbirleri ile bağlantılı veya bağlantısızdır. Halı ipliği üretimi müşteri parti büyüklüklerindeki farklılıklar, müşteri teslim tarihindeki değişiklikler, hazırlık sürelerindeki değişkenlikler, işlem süresindeki değişkenlikler, iç/dış tedarik sürelerindeki değişkenlikler, tezgah tamir sürelerindeki değişkenlikler, işgücü yeteneğindeki değişkenlikler, vardiya çalışmalarındaki değişkenlikler, tezgah arızaları, elle aktarma süreleri ve taşıma sürlerindeki değişkenlikler gibi çok sayıda belirsizliği bünyesinde barındırır. İmalat ortamında herhangi tahmin edilemeyen bir olay olarak tanımlanan belirsizlik kesinlikle süreçlerin ve dolaylı olarakta sistemin çıktısını etkiler. İmalat ortamlarında tahmin edilemeyen bu olaylar nedeniyle, imalatla ilgili işlemlerin hem planlanmasını hemde kontrolünü zorlaştırdığı gibi süreçlerin ve sisteminin çıktısının da tahmin edilmesini zorlaştırır. Belirsizlikler meydana gelme sıklığı ile ölçülebilir. Fakat, sistemin ve süreçlerin çıktısına etkisinin küçük veya büyük olup olmadığını hesaplamak oldukça güçtür.

Belirsizliğin süreçler üzerine etkisinin üstesinden gelinebilmesi için, fazla mesai, dış kaynak kullanımı, emniyet stoğu, taşeron kullanımı, emniyet süresi gibi çeşitli tamponlama ve etkisini azaltıcı teknikler kullanılır. Bu taktikler belirsizliğin sistemin çıktısı üzerine etkisini azaltmak için uygulanır. 21. yüzyılda, imalat şirketleri global rekabeti iyileştirmek ve üstesinden gelmek için belirsizliğe karşı güçlü olmak ve hızlı tepki verebilmek zorundadır. Ayrıca, belirsizliğin imalat sistemi üzerine etkisini anlamak şirketler açısından hayati bir meseledir.

Belirsizliği önlemek mümkün değildir. Fakat, eğer şirketin karşı karşı kaldığı belirsizlikleri spesifik olarak nasıl kategorize edilebileceği öğrenilirse, muhtemelen belirsizliğin seviyesine bağlı olarak çıktı oranlarını belirlemek mümkün olacaktır. Artık, kategorize edilmiş belirsizliklerle çıktı oranlarını belirlemek çok kolay olacaktır. Maalesef, kategorize edilmiş

belirsizlik analiz edilmesi çok zor olan doğrusal olmayan stokastik kontrol kurallarıdır. Bu sebepledir ki, sistemin davranışını ve belirsizliğin etkisini iyi analiz edebilmek için simulasyon modelleri kullanılır.

Kesikli Olay Simulasyonu (KOS), sadece olayın meydana geldiği zaman olarak nitelendirilen noktada değişkenlik gösteren durum değişkenleri kullanılarak modellenen ürünler ve kaynaklar gibi önemli varlıklar hakkında veriler toplamak için kullanılır. Simulasyon modeli olayın meydana gelmesi ile birlikte ilerler ve olayların meydana gelmesi sona erdiği zaman sona erer. KOS imalat sistemlerinin tasarımında ve işlemlerle ilgili çalışmalarda çok yaygın bir kullanıma sahiptir. Bunun iki ana sebebi:

a) KOS matematiksel veya analitik modellerin kolayca açıklayamadığı ve stokastik bileşenler içeren çok karmaşık imalat sistemlerlerini kolayca açıklayabilir.
b) Bir sistemdeki bireysel varlık ve kaynakların durumlarını birisi kolayca izleyebilir ve bu varlıklarla ilgili çıktı oranlarını tahmin edebilir.

KOS'un bu nitelikleri detaylı sistem modelleme için oldukça önemlidir. Geleneksel matematiksel modeller imalat süreleri, hazırlık süreleri gibi değişkenleri sabit kabul ederek imalat sistemlerine ait problemleri çözmeye çalışır. Arızalardaki, işlem sürelerindeki, teslim tarihlerindeki ve siparişlerin gelişlerindeki değişkenlikleri klasik matemetiksel modellerle ele almak oldukça zordur.

Yukarıda ifade edildiği gibi, KOS imalat sistemlerindeki tahmin edilemeyen olayları ve belirsizlikleri kolayca modelleyebilir. Ayrıca, bazı ayarlamalarla, KOS atölyeden toplanan gerçek zamanlı verileri de kullanabilir. Böylece, KOS'un önceden yapılan üretim planlarının zamanında gerçekleştirilip gerçekleştirilemeyeceği veya geliştirilen planların geçerliliği konusunda çok detaylı doğruluk değerlerini modelleme de en iyi bir seçim olacağına inanılır. Üstelik, modeller kolayca değişebilir ve gerçek atölye ortamlarında meydana gelen değişkenlikler modele kolayca yansıtılarak modeller yeniden çalıştırılabilir. Problemler meydana geldiğinde, modeller sistemin dinamikleri hakkında anında bilgi verebilir.

Ele aldığımız iplik üretim sisteminin sahip olduğu belirsizlikler sebebiyle ve yukarıda ifade edilen gerekçeler doğrultusunda iplik imalat sisteminin öncelikli olarak KOS modeli

kurulmuştur. Bu model sayesinde, sistemin dinamiklari hakkında istenilen zamanlarda istenilen veriler rahatlıkla elde edilmiş ve farklı belirsizlik kategorilerinde sistemin davranışı modellemek için kullanılmıştır.

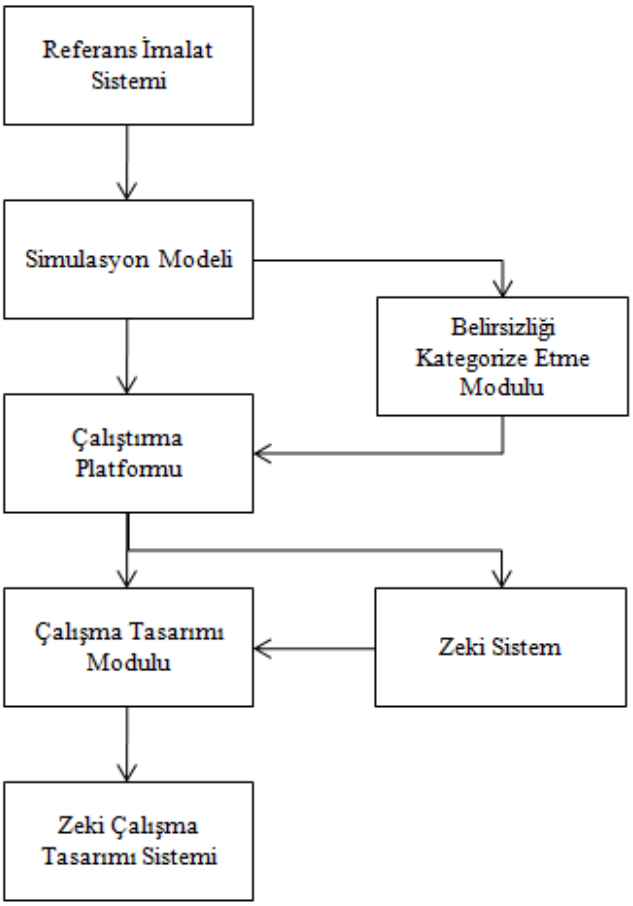
Bundan sonraki bölümde, yukarıda detaylıca bilgisi verilen iplik üretim sisteminin davranışını modelleyecek sistemin mimarisi detalıca anlatılmıştır.

BÖLÜM 3. GEREÇ VE YÖNTEM

Belirsizlik altında halı iplik üretim sisteminin davranışını modelleyecek sistemin hiyerarşik mimarisi geliştirilmiştir. Şekil 3.1. sistem mimarisi ve onun bileşenleri ile ilgili etkileşimleri göstermektedir. Sistem hiyerarşik olarak birbirleri ile etkileşimli yedi bileşenden oluşmaktadır. Şimdi bu bileşenler aşağıda detaylıca açıklanmıştır.

3.1. Referans imalat sistemi

Bu çalışmada, halı iplik üretim sistemini referans alan zeki bir davranış modeli kurulması amaçlandığından bu modül çalışmaya konu olan halı iplik üretim sistemini temsil etmektedir. Bu çalışma için gerekli bilgi bu sistemden elde edilecektir. Belirsizlik altında kontrol edilebilecek sistemler tasarlamanın zorluğu nedeniyle, gerçek sistemlerden veri toplamak oldukça zordur. Bu nedenle, sistemi kontrol edebilmek ve dinamikleri hakkında istenilen zamanlarda bilgi edinebilmek için bir simulasyon modelinin kurulmasına karar verilmiştir.



Şekil 3.1. Genel sistem mimarisi

Simulasyon modelini kurabilmek için gerçek halı ipliği üretim sisteminden aşağıda belirtilen veriler elde edilmiştir:

- Üretilen ürünler ve kullanılan malzemeler
- İmalat akış bilgisi
- İşlem süreleri, hazırlık süreleri, duruşlar, bekleme süreleri, tezgah arızaları(mekanik, elektrik ve elektronik)
- Tezgahlar ve depolar
- Taşıma araçları
- Ürün talepleri ve planlanan parti hacimleri
- Maliyetler (iş istasyonu, işgücü, hammadde vs.)

3.2. Simulasyon modeli

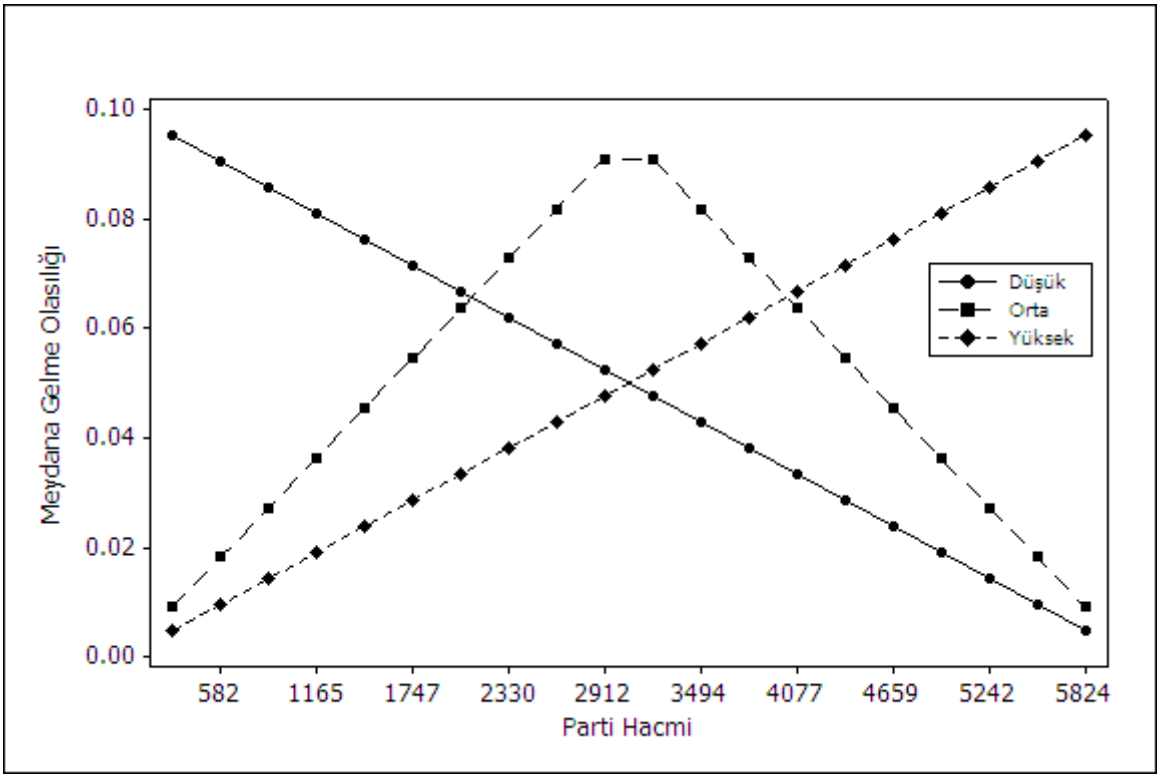
Yukarıda elde edilen veri kullanarak ProModel simulasyon programı ile bir simulasyon programı geliştirildi. Bu model talep, tedarik süresi ve arızalar gibi üç önemli belirsizliği içermektedir:

- Talep belirsizliği: siparişin parti hacmi, siparişler arası süre ve sipariş teslim tarihi
- Tedarik süresi değişkenliği: hazırlık süresi, işlem süresi, tamir süresi, taşıma süresi ve bekleme süresi
- Kaynak arızaları: arızalar arası ortalama süre, duruşlar ve vardiya değişimleri

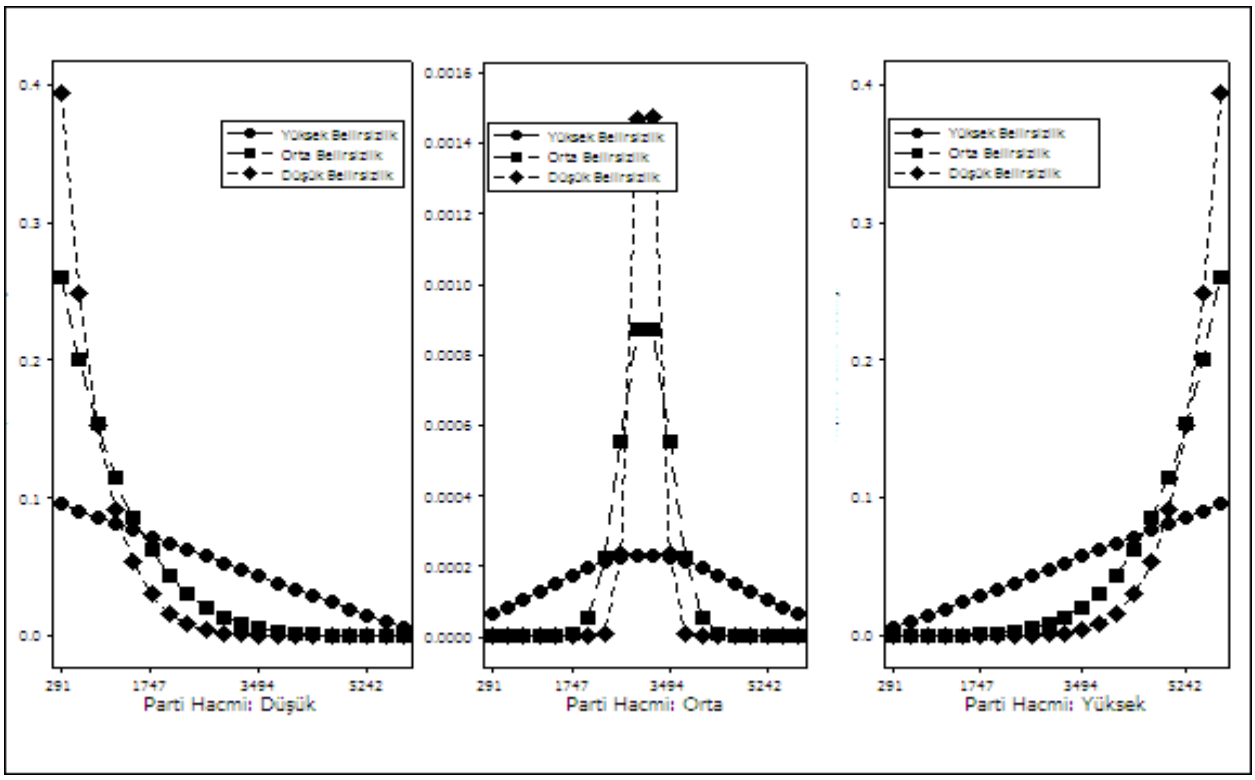
3.3. Belirsizliği kategorize etme

Bu modulün amacı, yukarıda bahsedilen üç tip belirsizliği kontrol etmek için belirsizlikler kategorize edilmiştir. Örneğin, 1400 denye ipliğin sipariş parti büyüklüğüne ait değişkenliği ilk önce Şekil 3.2.'de görüldüğü gibi düşük, orta ve yüksek ve daha sonra Şekil 3.3.'de görüldüğü gibi herbir seviyenin belirsizliği düşük belirsizlik, orta belirsizlik ve yüksek belirsizlik olmak üzere üç kategoriye ayrılmıştır.

Yukarıda tanımlandığı gibi simulasyonda kullanılan diğer değişkenler için belirsizlik aynı yolla kategorize edilmiş ve sürekli dağılımlar olarak simulasyon programına dahil edilmiştir.



Şekil 3.2. Düşük, orta ve yüksek olarak kategorize edilmiş parti hacmi dağılımları



Şekil 3.3. Düşük, orta ve yüksek olarak kategorize edilen parti hacimlerine ait belirsizlik kategorileri ve dağılımları

3.4. Çalıştırma platformu

Çalıştırma platformu sistemin girdileri ve çıktılarını belirlemeyi amaçlamaktadır. Halı ipliği üretim sisteminin girdi değişkenleri sipariş parti hacmi, siparişlerarası süre, sipariş teslim tarihi, hazırlık süresi, işlem süresi, tamir süresi, taşıma süresi, bekleme süresi, arızalararası süre, duruşlar ve vardiya değişimleri. Çıktı değişkenleri ise, çıktı oranı, birim maliyet, imalat maliyeti, müşteri memnuniyet oranı ve envanter maliyetidir.

Tablo 3.1'de görüldüğü gibi her bir girdi değişkenine ait belirsizlik seviyeleri tanımlandıktan sonra, Taguchi orthogonel dizi yöntemi kullanılarak simulasyon deneylerinin tasarımı, girdi değişkenlerinin değerleri ve belirsizlik kategorilerine göre yapıldı (Tablo 3.2). Örneğin, sipariş parti büyüklüğü küçük, orta ve büyük değerlerine sahip olup sürekli bir dağılımla ifade edilmektedir.

Tablo 3.1. Girdi değişkenleri ve seviyeleri

Belirsizlikler	**Girdi Değişkenleri**	**Seviyeler**
Talep dalgalanmaları		
Sipariş hacmi	Hacim	Düşük, Orta, Yüksek
	Hacim belirsizliği	Düşük, Orta, Yüksek
Sipariş gelişleri arası süre	Süre	Düşük, Orta, Yüksek
	Süre belirsizliği	Düşük, Orta, Yüksek
Teslim tarihi	Süre	Düşük, Orta, Yüksek
	Süre belirsizliği	Düşük, Orta, Yüksek
Tedarik süresi değişkenlikleri		
Hazırlık süresi	Süre	Kesikli
İşlem süresi	Süre	Kesikli
Tamir süresi	Süre	Kesikli
Taşıma süresi	Süre	Kesikli
Bekleme süresi	Süre	Kesikli
Kaynak Arızaları		
Arızalar arası süre	Süre	Kesikli
Duruşlar	Süre	Kesikli
Vardiya değişimi	Süre	Kesikli

Tablo 3.2. Simulasyon deneyleri için davranış tasarımları

	Parti Hacmi		Siparişler Arası Süre		Teslim Tarihi	
Deney No	**Hacim**	**Hacim Belirsizliği**	**Süre**	**Süre Belirsizliği**	**Süre**	**Süre Belirsizliği**
1	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük
2	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	Orta	Orta
3	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	Yüksek	Yüksek
4	Düşük	Orta	Orta	Orta	Düşük	Düşük
5	Düşük	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta
6	Düşük	Orta	Orta	Orta	Yüksek	Yüksek
7	Düşük	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Düşük	Düşük
8	Düşük	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Orta	Orta
9	Düşük	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek
10	Orta	Düşük	Orta	Yüksek	Düşük	Orta
11	Orta	Düşük	Orta	Yüksek	Orta	Yüksek
12	Orta	Düşük	Orta	Yüksek	Yüksek	Düşük
13	Orta	Orta	Yüksek	Düşük	Düşük	Orta
14	Orta	Orta	Yüksek	Düşük	Orta	Yüksek
15	Orta	Orta	Yüksek	Düşük	Yüksek	Düşük
16	Orta	Yüksek	Düşük	Orta	Düşük	Orta
17	Orta	Yüksek	Düşük	Orta	Orta	Yüksek
18	Orta	Yüksek	Düşük	Orta	Yüksek	Düşük
19	Yüksek	Düşük	Yüksek	Orta	Düşük	Yüksek
20	Yüksek	Düşük	Yüksek	Orta	Orta	Düşük
21	Yüksek	Düşük	Yüksek	Orta	Yüksek	Orta
22	Yüksek	Orta	Düşük	Yüksek	Düşük	Yüksek
23	Yüksek	Orta	Düşük	Yüksek	Orta	Düşük
24	Yüksek	Orta	Düşük	Yüksek	Yüksek	Orta
25	Yüksek	Yüksek	Orta	Düşük	Düşük	Yüksek
26	Yüksek	Yüksek	Orta	Düşük	Orta	Düşük
27	Yüksek	Yüksek	Orta	Düşük	Yüksek	Orta

3.5. İmalat sisteminin çalışma tasarımı

Deney tasarımı ile belirlenen herbir davranış tasarımının simulasyonu yapıldı ve sonuçları elde dildi. Sistemin çalışma süresi günde üç vardiya olmak üzere günde 24 saat çalıştırıldı ve toplamda 2916 günlük sistem çıktısına ait veriler elde edildi. Ayrıca, simulasyon modelinin ısınma süresi de doğru sunuçlar elde edilecek şekilde kullanıldı. Gerçek sistem ve simulasyon modeli sonucunda elde edilen çıktılar arasında büyük bir farklılığın olmaması sonuçların geçerliliğini sağlamada büyük bir katkı sağlamıştır. Böylelikle, oluşturulan simulasyon modelinin gerçeği temsil ettiği anlaşılarak sistemin analizi için kullanılmıştır. Model geçerli kılındıktan sonra, tasarlanan davranış deneylerinin simulasyonu yapılarak, iplik üretme, büküm ve heatset ve frize süreçlerinin davranışlarını belirleyecek girdi ve çıktı değişkenkerine ait veriler günlük olarak elde edilmiştir. Örneğin, simulasyon modeli kullanılarak sipariş

büyüklüğünün *yüksek*, yüksek sipariş büyüklüğü belirsizliğinin *yüksek,* siparişler arası süresinin *orta* ve siparişler arası orta süre belirsizliğinin *düşük* olduğu bir belirsizlik ortamında BCF üretimi, büküm ve heatset ve frize süreçlerinden elde edilen bazı günlük çalışma çıktılarına (duruş ve ürerim verileri) ait veriler Tablo 3.3, Tablo 3.4. ve Tablo 3.5'de verilmiştir. Tablo 3.2.'de verilen bütün belirsizliklere ait deneyler için simulasyon modeli çalıştırıldı ve her bir belirsizlik ortamına ait BCF üretimi, büküm ve heatset ve frize süreçlerine ait duruş ve üretim verileri elde edildi. Herbir belirsizlik ortamında elde edilen bu veriler bir sonraki bölümde anlatıldığı gibi belirsizlik ortamlarına göre sistemin davranışını modellemek için kullanıldı.

3.6. Sistemin zeki davranışı ve yönetimsel uygulamalar

Herbir belirsizlik durumu için BCF iplik üretimi, büküm ve heatset ve frize süreçlerine ait simulasyon modelinden elde edilen veriler sonuçunda, günlük genel duruş süresini, mekanik arıza duruş süresini, tamir duruş süresini ve hazırlık süresini girdi değişkenleri ve üretim miktarını da çıktı değişkenleri olarak alındı. BCF iplik üretimi, büküm ve heatset ve frize süreçlerine ait girdi ve çıktı değişkenlerine arasındaki bağıntı grafikleri sırasıyla Şekil 3.4., Şekil 3.5. ve Şekil 3.6.'da verilmiştir.

Bağıntı grafiklerinden görüldüğü gibi girdi ve çıktı değişkenleri arasında belirgin bir bağıntı yani bir korelasyon bulmak mümkün değildir. Bu nedenle, halı ipliği üretim sisteminin davranış modellerini kurmak için yapay zeka teknikleri kullanılmaya karar verildi. Literatürde yapay sinir ağları ve bulanık modelleme gibi pek çok yapay zeka tekniği mevcuttur. Yönetimsel uygulamalar için en iyi modelin kurulabilmesi için bu elde edilen verileri bu tekniklerle modellemesi yapıldı. Öncelikli olarak, sistemin davranışını modellemek için yapay zeka yöntemlerinden yapay sinir ağları kullanıldı.

Tablo 3.3. Simulasyon modeli kullanılarak sipariş büyüklüğünün *yüksek*, yüksek sipariş büyüklüğü belirsizliğinin *yüksek,* siparişler arası süresinin *orta* ve siparişler arası orta süre belirsizliğinin *düşük* olduğu bir belirsizlik ortamında bazı BCF üretimi verileri

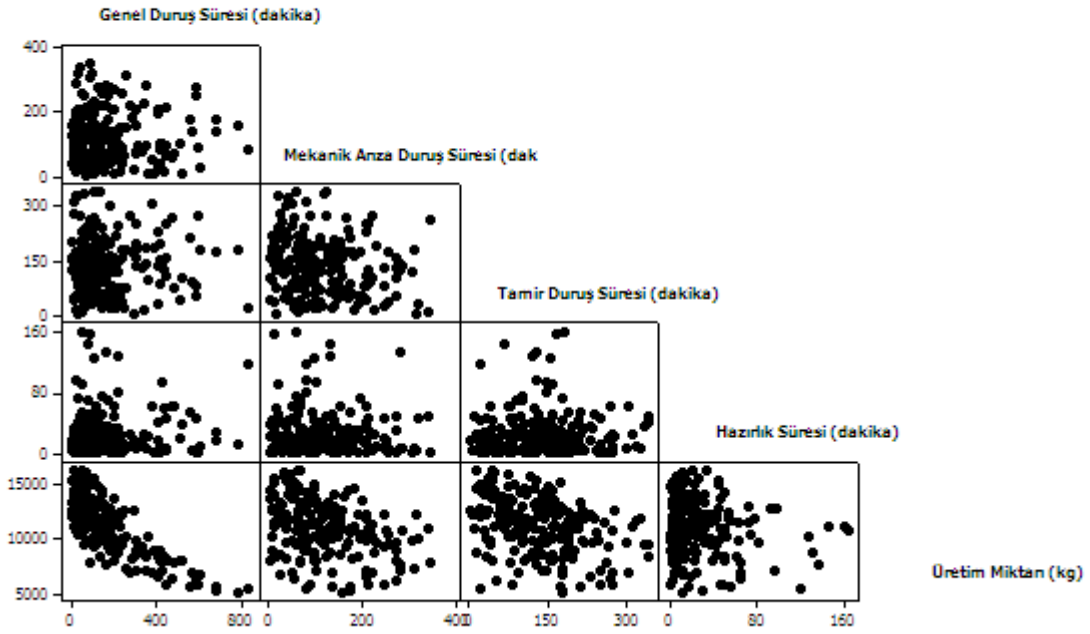
Gün	Genel Duruş Süresi (dakika)	Mekanik Arıza Duruş Süresi (dakika)	Tamir Duruş Süresi (dakika)	Hazırlık Süresi (dakika)	Üretim Miktarı (kg)
1	222	131	120	130	8887
2	157	14	140	10	12894
3	348	226	15	24	8772
4	185	274	129	2	9028
5	245	64	20	4	12681
6	416	83	86	4	9052
7	45	182	163	31	11272
8	129	31	142	7	13112
9	151	158	108	16	11093
10	305	67	134	15	9878
11	30	208	81	41	12232
12	426	102	149	96	7241
13	95	63	131	53	12522
14	97	322	34	46	10165
15	200	272	160	49	8074
16	45	61	180	163	10847
17	453	213	250	47	5938
18	213	72	219	34	9658
19	62	209	109	1	11880
20	49	67	151	24	13396
21	566	177	211	55	5699
22	163	281	128	136	7814
23	109	13	38	25	15485
24	11	24	278	22	12628
25	9	66	43	33	16188
26	131	82	61	10	13550
27	600	90	273	0	5937
28	30	86	162	2	13626
29	110	99	154	127	10279
30	4	39	128	15	15438
31	19	42	321	9	11737
32	168	111	38	15	12696
33	32	318	6	3	12239
34	237	258	40	6	9627
35	146	58	103	76	11840
36	98	51	78	46	13734
37	134	219	92	4	10858
38	55	113	132	21	12881
39	14	80	310	26	11153
40	220	50	245	0	9954
41	164	114	189	23	10275
42	143	136	158	51	10315
43	260	149	74	8	10269
44	53	36	231	37	12262
45	35	341	8	49	11094
46	154	13	197	36	11594
47	364	10	96	23	10250
48	592	249	83	46	5897
49	191	138	150	10	10302
50	83	116	142	42	11862

Tablo 3.4. Simulasyon modeli kullanılarak sipariş büyüklüğünün *yüksek*, yüksek sipariş büyüklüğü belirsizliğinin *yüsek,* siparişler arası süresinin *orta* ve siparişler arası orta süre belirsizliğinin *düşük* olduğu bir belirsizlik ortamında bazı büküm üretimi verileri

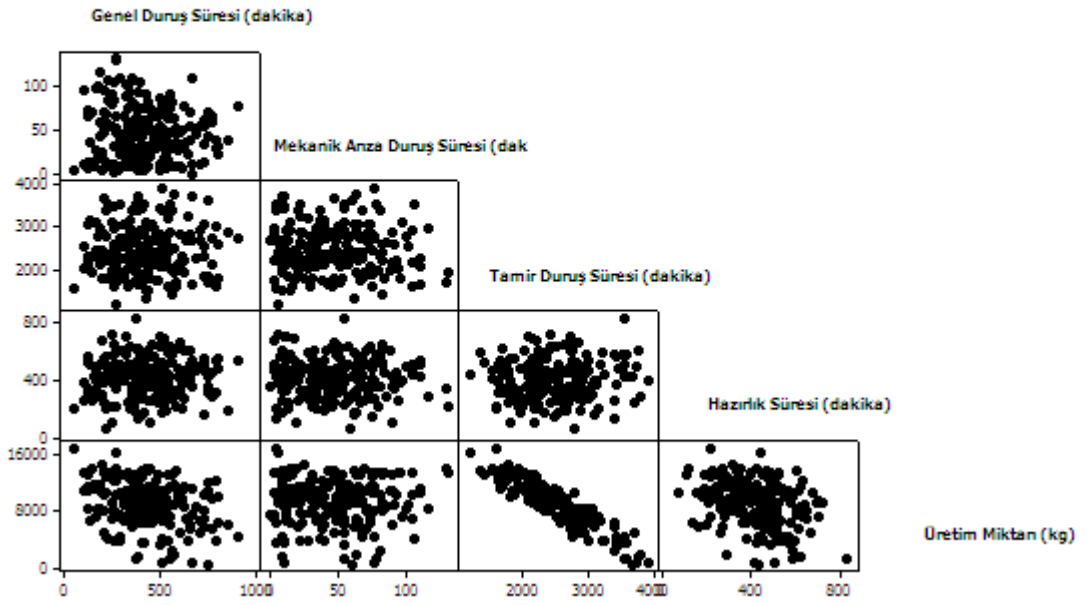
Gün	Genel Duruş Süresi (dakika)	Mekanik Arıza Duruş Süresi (dakika)	Tamir Duruş Süresi (dakika)	Hazırlık Süresi (dakika)	Üretim Miktarı (kg)
1	459	34	2309	363	10492
2	337	58	2418	645	9008
3	569	64	3778	287	2019
4	198	3	2206	680	10880
5	401	10	3433	573	3738
6	351	81	2337	362	10658
7	757	43	1701	319	12192
8	412	4	3565	427	3789
9	415	52	2898	408	7356
10	736	34	2538	522	7056
11	328	56	2603	247	10148
12	384	4	3381	133	6663
13	252	2	2991	471	7661
14	346	9	2078	265	12794
15	378	77	2774	357	8343
16	441	82	2399	609	8632
17	464	50	2412	461	9374
18	196	25	1778	310	14683
19	135	36	3165	520	6911
20	632	36	2671	477	7129
21	480	40	2296	415	10163
22	756	60	3660	434	648
23	248	55	3113	398	7140
24	122	12	2110	343	13328
25	659	70	2716	619	5767
26	218	59	2774	66	10725
27	654	54	2859	423	6184
28	403	75	1899	286	12958
29	546	27	3218	595	3920
30	603	47	2856	675	5110
31	442	73	2060	363	11619
32	530	6	2663	201	9304
33	430	15	3123	378	6426
34	324	88	2003	617	11151
35	405	62	2305	325	10828
36	778	66	2757	459	5792
37	441	21	1970	490	11695
38	97	10	2551	397	11036
39	663	38	2839	518	5805
40	150	9	2297	428	11884
41	500	55	3450	490	3263
42	455	48	2677	656	7022
43	271	51	2071	349	12578
44	119	72	3062	303	8501
45	185	42	2324	389	11608
46	408	43	1661	336	14007
47	160	15	2357	482	11245
48	439	9	1535	473	13967
49	189	18	2466	428	10807
50	514	36	3415	383	4140

Tablo 3.5. Simulasyon modeli kullanılarak sipariş büyüklüğünün *yüksek*, yüksek sipariş büyüklüğü belirsizliğinin *yüksek,* siparişler arası süresinin *orta* ve siparişler arası orta süre belirsizliğinin *düşük* olduğu bir belirsizlik ortamında bazı heatset ve frize üretimi verileri

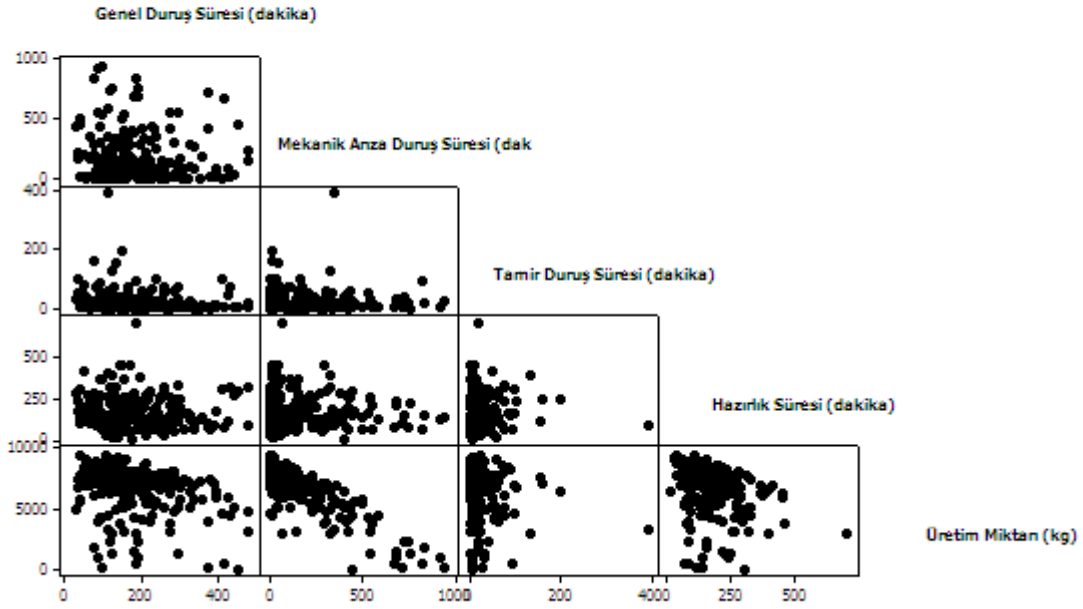
Gün	Genel Duruş Süresi (dakika)	Mekanik Arıza Duruş Süresi (dakika)	Tamir Duruş Süresi (dakika)	Hazırlık Süresi (dakika)	Üretim Miktarı (kg)
1	89	299	38	78	7199
2	163	151	3	109	7737
3	299	93	12	117	7071
4	102	117	0	83	8597
5	265	0	0	109	8101
6	121	326	130	397	3047
7	89	43	7	153	8663
8	194	678	29	241	989
9	77	21	3	214	8506
10	106	135	2	85	8422
11	120	0	6	231	8215
12	63	157	0	252	7419
13	215	8	0	34	8899
14	118	725	37	155	2331
15	50	18	81	159	8553
16	110	80	1	104	8637
17	238	26	98	159	7068
18	235	421	20	63	5340
19	33	208	55	170	7461
20	314	72	9	65	7501
21	210	42	12	69	8389
22	134	38	17	113	8592
23	120	3	11	323	7530
24	140	29	26	56	8939
25	37	501	5	134	5866
26	262	104	75	315	5191
27	413	1	98	303	4665
28	166	192	1	138	7240
29	183	151	0	201	6963
30	129	158	3	197	7312
31	123	2	53	272	7575
32	151	3	0	126	8742
33	83	139	6	212	7645
34	357	0	0	130	7302
35	235	85	10	186	7108
36	92	432	59	265	4353
37	73	2	10	200	8714
38	139	280	4	83	7178
39	66	351	2	106	7037
40	253	33	13	127	7734
41	169	38	1	448	6032
42	122	758	0	225	1475
43	153	398	41	171	5140
44	339	77	13	96	7043
45	124	11	55	21	9210
46	89	63	1	364	7093
47	167	170	72	234	6140
48	323	1	1	165	7290
49	187	828	91	67	584
50	243	23	11	167	7617



Şekil 3.4. Günlük BCF iplik sürecine ait girdi değişkenleri ve çıktı değişkeni arasındaki bağıntı



Şekil 3.5. Günlük büküm sürecine ait girdi değişkenleri ve çıktı değişkeni arasındaki bağıntı



Şekil 3.6. Günlük heatset ve frize sürecine ait girdi değişkenleri ve çıktı değişkeni arasındaki bağıntı

3.6.1. Yapay Sinir Ağı

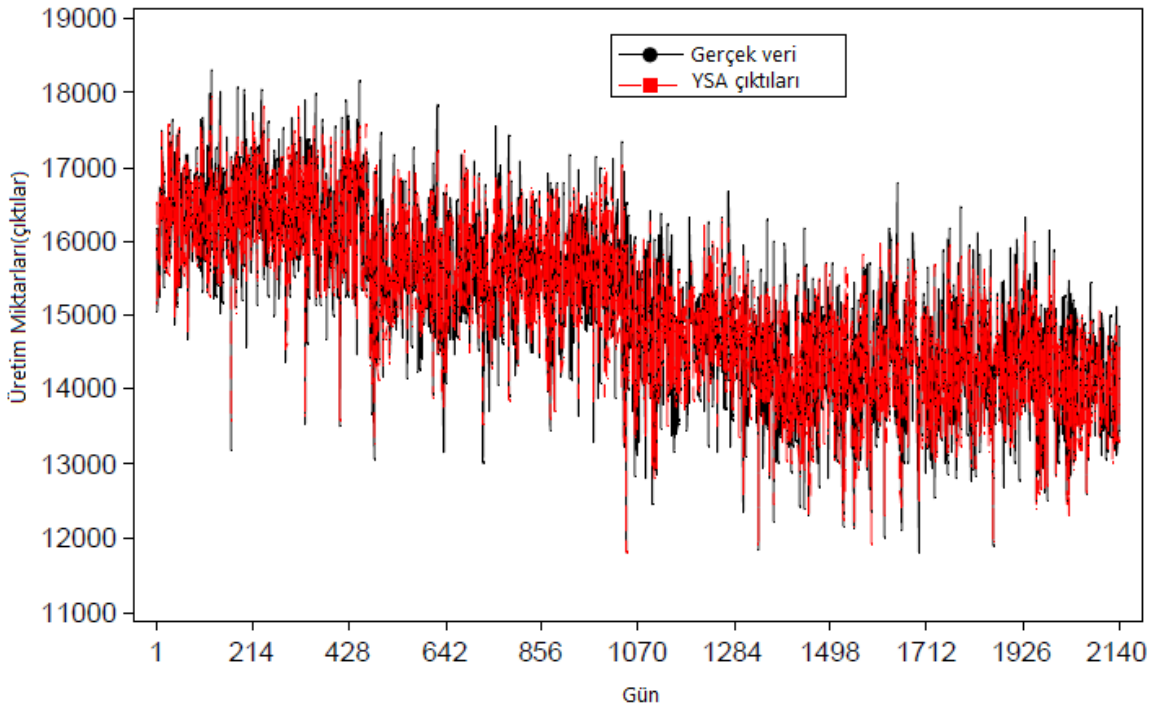
Bir Yapay Sinir Ağı (YSA, insan sinir sisteminin özet bir simulasyonu olup çalışma sistemiyle adaptif, dağınık ve çoğunlukla doğrusal olmayan sistemlerin modellendiği disiplinlerarası yoğun bir kullanıma sahiptir. Herhangi bir YSA yapısında üç tip hesaplayıcı sinir vardır. Bunlar girdi, çıktı ve gizli sinirlerdir. Girdi düğümleri ağa giriş kapısını oluşturur ve çevreden girdiyi alır. Çıktı birimleri ise çevreye karşı YSA nın cevabını veren verici fonksiyonlardır. Gizli birimler ise, ağ içindeki giriş ve çıkışları temsil eder. YSA'daki en önemli modellerden biri çok katmanlı algılayıcılar(ÇKA) olarak isimlendirilir. Geribeslemeli ve danışmanlı olan bu model yapay sinir ağlarında en çok kullanılan modellerden birisidir. YSA girdi ve çıktı elemanları arasında bir veya bir kaç gizli sinirler tarafından oluşturulur (Haykin, 1999).

ÇKA topolojisi tanımlandıktan sonra, ağ içi parametreleri(ağırlıklarını) belirlemeyecek bir öğrenme algoritmasına ihtiyaç vardır. ÇKA'nın öğrenme sürecinde bir dizi eğitim verileri kullanılır. Geribesleme ile ağırlık değerlerinin modifikasyonu yapılır. Bu modifikasyon ortalama kareli hatanın en küçüklenmesine kadar devam eder (Haykin, 1999).

Tablo 3.6. Sinir ağı parametre aralıkları

Parametreler	**Aralıklar**
Gizli katmanların sayısı	1-5
Gizli katman başına sinirlerin sayısı	4-40
Eğitme toleransı	0.08-0.13
İterasyon	10000-50000
Öğrenme oranı	0.8-2.8
Momentum	0.35-0.95

Halı iplik üretim sisteminin davranışının modellenmesi için NeuroSolution programı kullanılarak pek çok ağ topolojisi geliştirildi. Simulasyon sonucunda elde edilen girdi ve çıktı verilerinden eğitim verileri oluşturularak ağı eğitmek ve test etmek için kullanıldı. Kullanılan yapay sinir ağlarına ait parametre aralıkları Tablo 3.6'da verilmiştir. Bu ağlarda yapılan eğitme çalışmaları sonucunda en iyi performans R = 0.9483 olarak elde edilmiştir. Bu performansın sonucunda YSA modelinin çıktıları ile gerçek sistem çıktılarına ait karşılaştırma grafiği Şekil 3.7.'de verilmiştir.



Şekil 3.7. YSA modeli çıktıları ile gerçek üretim verilerinin karşılaştırılması

YSA'nın dışında halı ipliği üretim tesislerinin davranış modellerini kurmak için bulanık modelleme yöntemleri kullanıldı. Aşağıda kullanılan bulanık modelleme yaklaşımları ve modelleme bilgileri verilmiştir.

3.6.2. Bulanık modelleme

Geleneksel bulanık sistem modelleme (BSM) yaklaşımları genellikle çıkarım için EĞER ... İSE bulanık kural tabanı yapılarına dayanır. En yaygın olarak kullanılan bulanık kural tabanı modelleri Takagi-Sugeno (T-S) modelleri olarak bilinir (Takagi ve Sugeno, 1985). Bu modeleme yaklaşımında bir bulanık kuralın ön-bileşenleri bulanık kümelerden ve art-bileşenleri de lineer fonksiyonlardan oluşur. BSM yaklaşımları bilgi işlemekle sistem davranışını anlamak için kullanılır Geneneksel BSM yaklaşımlarında, uzman bilgisi sistemin dilsel(sözel) niteliklerini tanımlamak için kullanıldı. Fakat, bu yöntemlerin ana kusuru subjektif ve genelleştirmelerden yoksun olmalarıdır. Bu kusurların üstesinden gelmek, uzman bilgisinin müdahalesini azaltmak için daha objektif BSM yaklaşımları geliştirildi. Örneğin, (Babuska ve Verbruggen, 1997), (Emami ve diğ, 1998), (Kasabov ve Song, 2002), (Kilic ve diğ., 2001), (Uncu ve Turksen, 2001) ve (Zarandi ve diğ., 2004).

Bu yöntemlerde bulanık kümeler bulanık kümeleme gibi optimizasyon algoritmasıyla çalışılan verilerden elde edildi. Bu kümeler, hem girdi kümeleri üzerindeki çıktı kümelerinin izdüşümüne, hemde bireysel olarak girdi ve çıktı kümeleri üzerindeki girdi-çıktı kümelerinin izdüşümüne dayandırıldı. Hibrit BSM için daha karmaşık sinir-bulanık algoritmaları ve genetik algoritmalarla evrimci BSM modelleri modelin performansını iyileştirmek için geliştirildi. [(Jang, 1993), (Kasabov ve Song, 2002),(Shi ve Mizumoto, 2004),(Pedrycz ve Reformat, 2003)]

Yukarıda adı geçen yaklaşımlar, BSM'nin etkinliğini iyileştirmesine rağmen, ihmal edilen pek çok sorunlara sahip olmaya devam ettiler (Turksen ve Çelikyılmaz, 2006). Bir kuralın ön ve art bileşen üyelik fonksiyonları tiplerinin tanımlanması, parametrelerin değişmesi, en uygun kombinasyon operatörleri (t-norm, t-conorm. vs), kesişim ve bulanıklığı giderme operatörlerinin tanımlanması, kuralların oluşturulmasında kullanılan "VE", "VEYA", "İFADE BİÇİMİ" sözleri ile ilgili belirsizliği yakalayacak ifade biçimi operatör tipleri ve onların çıkarım şekli yaşanan temel sorunlardır. Yıllarca, bu sorunların üstesinden gelmek ve

uzman müdahalesini azaltmak için çeşitli parametreleri optimize etmek için pek çok farklı yöntem kullanıldı [(Vergara ve Moraga, 1997), (Wang ve Mendel, 1992)].

Son yıllarda Türkşen ve Çelikyılmaz (2008) tarafından geliştirilen ve onların önceki bulanık fonksiyon ile ilgili çalışmalarına dayanan [(Çelikyılmaz ve Turksen, 2007), (Çelikyılmaz ve diğ., 2007),(Turksen, 2008),(Turksen ve Çelikyılmaz, 2006)] ve bir EĞER ... İSE kural yapısını gerektirmeyen iyileştirilmiş bir BSM yaklaşımı geliştirdiler. Önerilen yaklaşım daha az hesaplama adımları gerektirir ve kural tabanlı bulanık sistem modelleme yaklaşımlarına göre karmaşıklığı daha azdır.

Bu çalışmada, daha önceki geliştirilen BSM yaklaşımlarına göre daha iyi olan ve bulanık fonksiyonlara dayanan Çelikyılmaz ve Türkşen (2008) tarafından geliştirilen BSM modelleme yaklaşımı kullanıldı. Yaklaşıma ait detaylı bilgiler ilgili kaynaktan elde edilebilir. Yine Çelikyılmaz ve Türkşen tarafından geliştirilen program kodları kullanılarak çeşitli belirsizlik ortamalarına sahip iplik üretimi sistemi simulayonundan elde edilen verilerin davranışları modellendi. Ayrıca, bu BSM yaklaşımının performansını karşılaştırmak için beş yaklaşım ve bunlara ait modelleme yöntemleri kullanılarak da iplik üretim sisteminin davranışı modellenmiştir. Bu yaklaşımlar ve modelleme yöntemleri Tablo 3.7'de verilmiştir.

Halı iplik üretim sisteminin üç temel süreci olan BCF üretimi, Büküm ve Heatset ve Frize süreçlerinin herbiri için farklı belirsizlik ortamlarında üretilen ve bazılarının Tablo 3.3., Tablo 3.4. ve Tablo 3.5'de verilen girdi ve çıktı değişkenlerine ait veriler kullanılarak sistemin davranışı Tablo 3.7.'de verilen modelleme yaklaşımları ile modellenmiştir. Bu modellemeye ait sonuçlar, yorumlar ve bulgular kısmında verilmiştir.

Tablo 3.7. Farklı belirsizlik ortamlarında halı ipliği üretim sisteminin davranışının modellenmesinde kullanılan modelleme yaklaşımları ve model isimleri

Yaklaşım	**Model Adı**
(i) Standart FCM'li Bulanık Fonksiyonlar - BSMFCM	Doğrusal EKY
	Polinominal EKY
	Üstel EKY
	Doğrusal DVR
	Polinominal DVR
	Radyal Temelli DVR
(ii) İyileştirilmiş FCM'li Bulanık Fonksiyonlar - BSMIFF	Doğrusal EKY
	Polinominal EKY
	Üstel EKY
	Doğrusal DVR
	Polinominal DVR
	Radyal Temelli DVR
(iii) ANFIS: Adaptif Sinir-Bulanık Çıkarım Sistemleri	Izgara Bölme
	Eksiltici Kümelenme
(iv) GENFIS3: MATLAB fonksiyonu	Mamdani
(v) Klasik EKY	
(vi) Destek Vektör Regresyonu - DVR	Doğrusal DVR
	Polinominal DVR
	Radyal Temelli DVR

FCM: Bulanık *c*-Ortalamaları

BSMFCM: FCM'li Bulanık Sistem Modelleme

BSMIFF: İyileştirilmiş Bulanık Fonksiyonlu Bulanık Sistem Modelleme

EKY: Enküçük Kareler Yöntemi

DVR: Destek Vektör Regresyonu

BÖLÜM 4. BULGULAR

Çeşitli belirsizlikler içeren halı ipliği üretim sistemi ProModel simulasyon programı ile modellenmiştir. Bu belirsizlikler yapıları simulasyon modeline dahil edilerek program çalıştırılmış ve farklı belirsizlik ortamlarına göre üretim sisteminin girdi ve çıktı değişkenlerine ait veriler elde edilerek sistemin davranışı çeşitli yaklaşımlarla modellenmiştir.

Tablo 3.3., Tablo 3.4. ve Tablo 3.5.'de ifade edilen belirsizlikler ve onlara ait veriler Tablo 3.7.'de belirtilen yaklaşımlarla modellenmiş ve bu modellere ait performans göstergeleri ve en iyi model parametreleri BCF üretimi, büküm ve heatset ve frize süreçleri için ayrı ayrı Tablo 3.8.'de verilmiştir.

Tablo 3.8.'deki BCF üretimi sürecine ait modeller incelendiğinde, ANFIS: Adaptif Sinir-Bulanık Çıkarım Sistemleri yaklaşımının eksiltici kümelenme modeli ve Çelikyılmaz ve Türkşen tarafından İyileştirilmiş FCM'li Bulanık Fonksiyonlar – BSMIFF yaklaşımının Radyal Temelli DVR modeli, Büküm sürecine ait modeller incelendiğinde, yine Çelikyılmaz ve Türkşen tarafından geliştirilen Standart FCM'li Bulanık Fonksiyonlar – BSMFCM yaklaşımının Polinominal EKY modeli ve Heatset ve Frize sürecine ait modeller incelendiğinde, ANFIS: Adaptif Sinir-Bulanık Çıkarım Sistemleri yaklaşımının eksiltici kümelenme modeli ve yine Çelikyılmaz ve Türkşen tarafından geliştirilen Standart FCM'li Bulanık Fonksiyonlar – BSMFCM yaklaşımının Doğrusal EKY modeli en iyi performans değerlerine sahiptir.

İki süreçte ANFIS iyi sonuç versede yapay sinir ağlarının kapalı yapısı gereği ve daha önce bahsedilen sorunlar açısından avantajlı olduğu için en iyi modellerin bulanık fonksiyonlarla kurulan modeller olduğuna inanıyoruz.

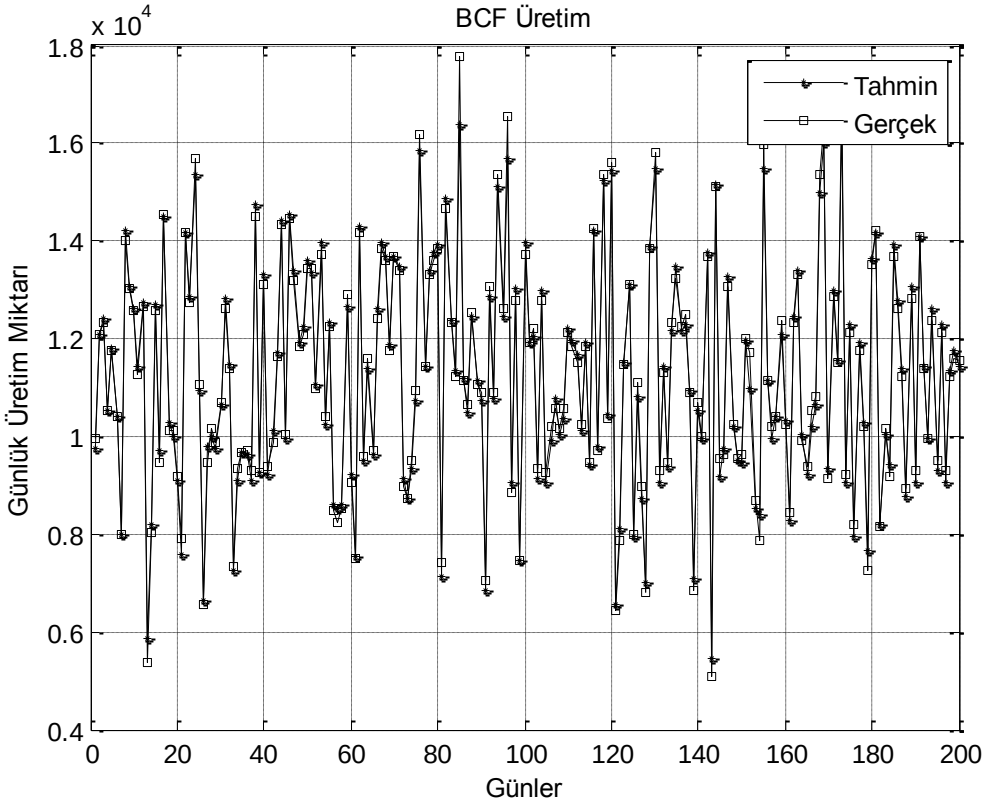
Bu modellerin çıktıları ve gerçek üretim verilerine ait BCF üretimi, büküm ve heatset ve frize üretimine ait gerçek verilerin karşılaştırma grafikleri Şekil 3.8., 3.9. ve 3.10.'da verilmiştir.

Tablo 3.8. Simulasyon modeli kullanılarak sipariş büyüklüğünün *yüksek*, yüksek sipariş büyüklüğü belirsizliğinin *yüksek,* siparişler arası süresinin *orta* ve siparişler arası orta süre belirsizliğinin *düşük* olduğu bir belirsizlik ortamında BCF üretimi, Büküm ve Heatset ve Frize verilerine ait modellerin performans değerleri ve parametreleri

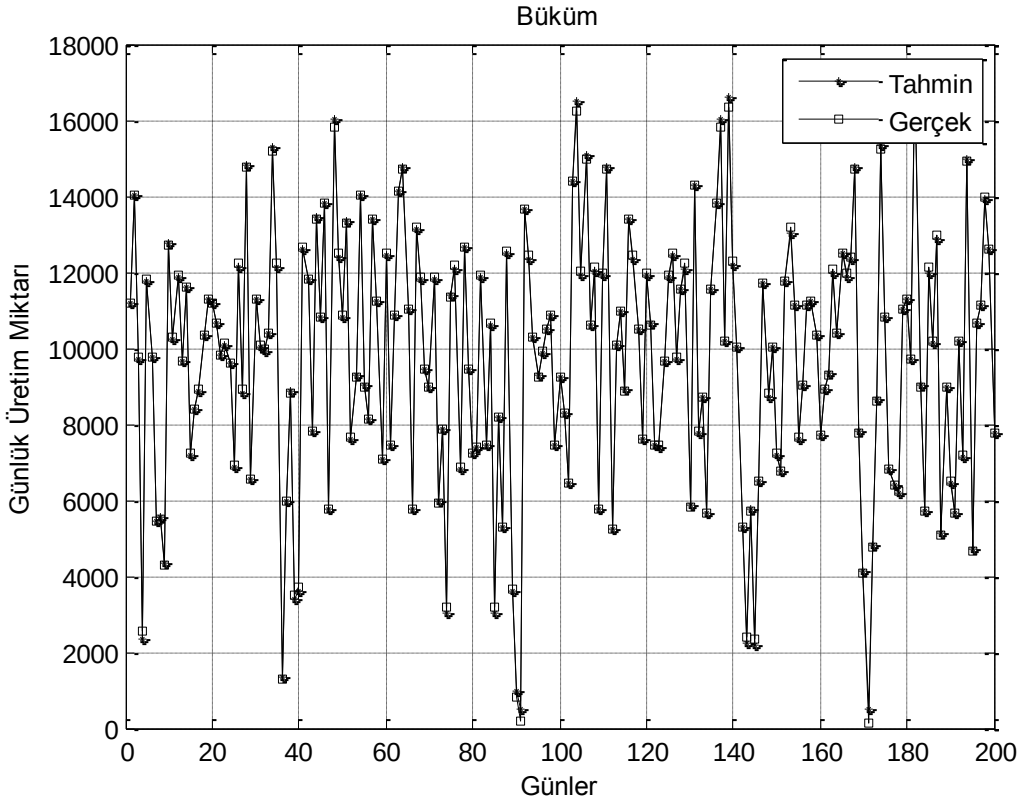
Süreç	Yaklaşım	Model Adı	RMSE-Test	R^2, Ayarlı R^2	Optimum model parametreleri
BCF üretim	*(i) Standart FCM'li Bulanık Fonksiyonlar - BSMFCM*	Doğrusal EKY	304.51	0.9907, 0.9905	*m**=1.40, *c**=10
		Polinominal EKY	266.14	0.9925, 0.9923	*m**=1.40, *c**=10
		Üstel EKY	273.65	0.9924, 0.9923	*m**=1.40, *c**=9
		Doğrusal DVR	265.45	0.9927, 0.9925	*m**=1.50, *c**=10, *C-reg**=2, ε***=0.10
		Polinominal DVR	126.83	0.9985, 0.9985	*m**=2.00, *c**=2, *C-reg**=128, ε***=0.10
		Radyal Temelli DVR	230.2	0.9961, 0.9960	*m**=1.90, *c**=3, *C-reg**=4, ε***=0.10
	(ii) İyileştirilmiş FCM'li Bulanık Fonksiyonlar - BSMIFF	Doğrusal EKY	437.77	0.9719, 0.9711	*m**=1.40, *c**=9
		Polinominal EKY	424.29	0.9712, 0.9705	*m**=1.70, *c**=3
		Üstel EKY	478.84	0.9684, 0.9675	*m**=3.00, *c**=4
		Doğrusal DVR	310.11	0.9845, 0.9841	*m**=1.40, *c**=10, *C-reg**=32, ε***=0.10
		Polinominal DVR	168.91	0.9975, 0.9975	*m**=2.10, *c**=2, *C-reg**=128, ε***=0.10
		Radyal Temelli DVR	**222.64**	**0.9960, 0.9959**	***m**=1.70, *c**=4, *C-reg**=8, ε***=0.10**
	(iii) ANFIS: Adaptif Sinir-Bulanık Çıkarım Sistemleri	Izgara Bölme	71182.49	0.9999, 0.9999	*c**=81
		Eksiltici Kümelenme	**72.89**	**0.9998, 0.9998**	***c**=6**
	(iv) GENFIS3	Mamdani	1138.7	0.8516, 0.8478	*m**=1.80, *c**=10
	(v) Klasik EKY		480.4648	0.9619, 0.9609	
	(vi) Destek Vektör Regresyonu - DVR	Doğrusal DVR	456.4	0.9603, 0.9592	*C-reg**=128, ε***=0.10
		Polinominal DVR	1338.08	0.7495, 0.7431	*C-reg**=2, ε***=0.30
		Radyal Temelli DVR	250.78	0.9957, 0.9956	*C-reg**=4, ε***=0.10
Büküm	*(i) Standart FCM'li Bulanık Fonksiyonlar - BSMFCM*	Doğrusal EKY	81.11	0.9996, 0.9996	*m**=1.40, *c**=10
		Polinominal EKY	**67.71**	**0.9997, 0.9997**	***m**=1.60, *c**=10**
		Üstel EKY	68.48	0.9997, 0.9997	*m**=1.50, *c**=10
		Doğrusal DVR	222.74	0.9981, 0.9981	*m**=1.70, *c**=9, *C-reg**=2, ε***=0.10
		Polinominal DVR	341.83	0.9958, 0.9957	*m**=1.80, *c**=2, *C-reg**=128, ε***=0.10
		Radyal Temelli DVR	608.82	0.9951, 0.9950	*m**=1.70, *c**=9, *C-reg**=4, ε***=0.10
	(ii) İyileştirilmiş FCM'li Bulanık Fonksiyonlar - BSMIFF	Doğrusal EKY	147.83	0.9980, 0.9980	*m**=1.40, *c**=10
		Polinominal EKY	140.15	0.9982, 0.9981	*m**=1.60, *c**=2
		Üstel EKY	231.09	0.9981, 0.9980	*m**=2.00, *c**=7
		Doğrusal DVR	221.22	0.9981, 0.9980	*m**=1.40, *c**=5, *C-reg**=8, ε***=0.10
		Polinominal DVR	304.4	0.9985, 0.9984	*m**=1.90, *c**=2, *C-reg**=128, ε***=0.10
		Radyal Temelli DVR	602.73	0.9949, 0.9948	*m**=1.40, *c**=7, *C-reg**=4, ε***=0.10
	(iii) ANFIS: Adaptif Sinir-Bulanık Çıkarım Sistemleri	Izgara Bölme	27321.31	0.9999, 0.9999	*c**= 81
		Eksiltici Kümelenme	8.69	0.9999, 0.9999	*c**=7
	(iv) GENFIS3	Mamdani	1171.49	0.8816, 0.8786	*m**=1.70, *c**=7
	(v) Klasik EKY		150.3666	0.9979, 0.9979	
	(vi) Destek Vektör Regresyonu - DVR	Doğrusal DVR	241.91	0.9979, 0.9979	*C-reg**=2, ε***=0.10
		Polinominal DVR	1822.79	0.8367, 0.8325	*C-reg**=2, ε***=0.20
		Radyal Temelli DVR	676.57	0.9945, 0.9944	*C-reg**=4, ε***=0.10

Tablo 3.8. (devamı)

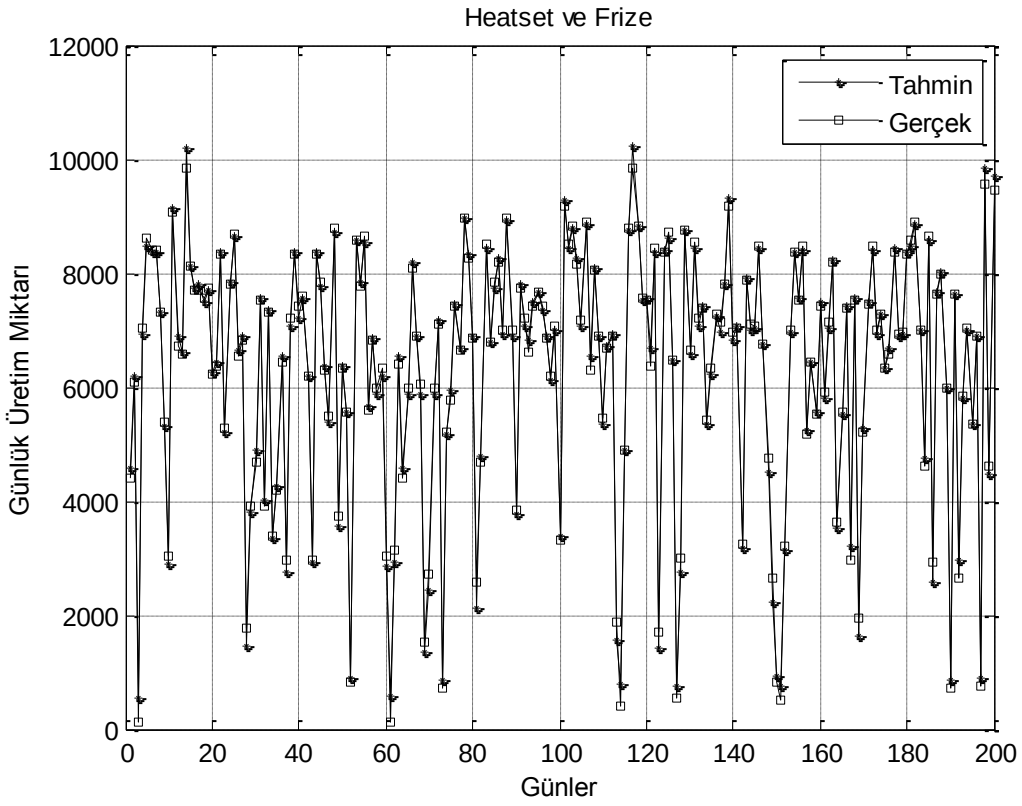
Süreç	Yaklaşım	Model Adı	RMSE-Test	R^2, Ayarlı R^2	Optimum model parametreleri
Heatset veya Frize	*(i) Standart FCM'li Bulanık Fonksiyonlar - BSMFCM*	**Doğrusal EKY**	**130.54**	**0.9966, 0.9965**	***m**=1.60, *c**=10**
		Polinominal EKY	136.47	0.9980, 0.9979	*m**=1.50, *c**=10
		Üstel EKY	138.34	0.9969, 0.9968	*m**=1.60, *c**=9
		Doğrusal DVR	144.11	0.9968, 0.9967	*m**=1.40, *c**=10, *C-reg**=2.500000e-001, ε*=0.10
		Polinominal DVR	226.81	0.9973, 0.9972	*m**=2.50, *c**=2, *C-reg**=128, ε*=0.10
		Radyal Temelli DVR	457.71	0.9959, 0.9958	*m**=2.50, *c**=4, *C-reg**=4, ε*=0.10
	(ii) İyileştirilmiş FCM'li Bulanık Fonksiyonlar - BSMIFF	Doğrusal EKY	228.76	0.9902, 0.9899	*m**=1.50, *c**=5
		Polinominal EKY	222.6	0.9905, 0.9903	*m**=1.50, *c**=3
		Üstel EKY	222.84	0.9906, 0.9904	*m**=1.40, *c**=3
		Doğrusal DVR	220.01	0.9908, 0.9906	*m**=1.40, *c**=8, *C-reg**=128, ε*=0.10
		Polinominal DVR	207.34	0.9983, 0.9982	*m**=2.10, *c**=2, *C-reg**=128, ε*=0.10
		Radyal Temelli DVR	457.69	0.9961, 0.9960	*m**=1.50, *c**=3, *C-reg**=64, ε*=0.10
	(iii) ANFIS: Adaptif Sinir-Bulanık Çıkarım Sistemleri	Izgara Bölme	4237.79	0.9999, 0.9999	*c**=81
		Eksiltici Kümelenme	**18.38**	**0.9999, 0.9999**	***c**=3**
	(iv) GENFIS3	Mamdani	1063.21	0.7686, 0.7626	*m**=1.50, *c**=10
	(v) Klasik EKY		242.4263	0.9873, 0.9870	
	(vi) Destek Vektör Regresyonu - DVR	Doğrusal DVR	258.48	0.9869, 0.9866	*C-reg**=8, ε*=0.10
		Polinominal DVR	1138.51	0.8713, 0.8680	*C-reg**=2, ε*=0.30
		Radyal Temelli DVR	499.04	0.9957, 0.9956	*C-reg**=4, ε*=0.10



Şekil 3.8. En iyi performası veren BSM'nin çıktısı ile BCF üretimi çıktısı



Şekil 3.9. En iyi performası veren BSM'nin çıktısı ile büküm üretimi çıktısı



Şekil 3.10. En iyi performası veren BSM'nin çıktısı ile heatset ve frize üretimi çıktısı

Ayrıca, simulasyon modeli kullanılarak sipariş büyüklüğünün *yüksek*, yüksek sipariş büyüklüğü belirsizliğinin *düşük,* siparişler arası süresinin *yüksek* ve siparişler arası orta süre belirsizliğinin *orta* olduğu bir belirsizlik ortamında bazı BCF üretimi, büküm ve heatset ve frize verilerine ait modellerin performans değerleri ve parametreleri Tablo 3.9.'da verilmiştir.

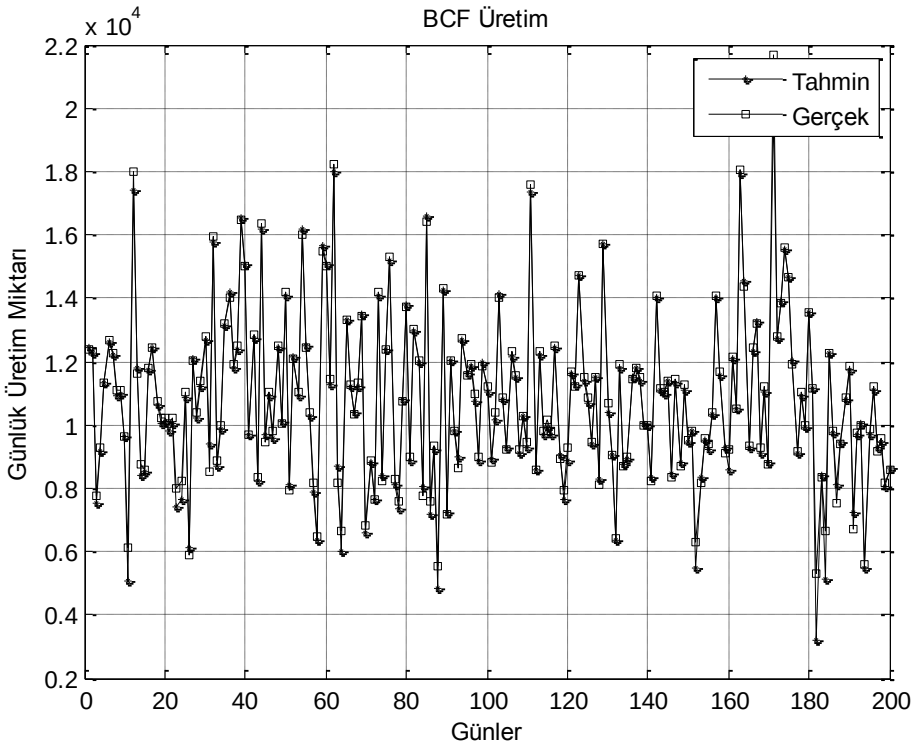
Tablo 3.9. Simulasyon modeli kullanılarak sipariş büyüklüğünün *yüksek*, yüksek sipariş büyüklüğü belirsizliğinin *düşük,* siparişler arası süresinin *yüksek* ve siparişler arası orta süre belirsizliğinin *orta* olduğu bir belirsizlik ortamında bazı BCF üretimi, büküm ve heatset ve frize verileri ait modellerin performans değerleri ve parametreleri

Süreç	Yaklaşım	Model Adı	RMSE-Test	R^2, Ayarlı R^2	Optimum model parametreleri
BCF üretim	*(i) Standart FCM'li Bulanık Fonksiyonlar - BSMFCM*	Doğrusal EKY	500.84	0.9745, 0.9739	m^*=1.70, c^*=10
		Polinominal EKY	475.68	0.9776, 0.9770	m^*=1.80, c^*=10
		Üstel EKY	567.98	0.9697, 0.9689	m^*=1.90, c^*=10
		Doğrusal DVR	453.13	0.9799, 0.9793	m^*=1.40, c^*=8, *C-reg* *=2, ε^*=0.10
		Polinominal DVR	340.17	0.9966, 0.9965	m^*=2.00, c^*=2, *C-reg* *=128, ε^*=0.10
		Radyal Temelli DVR	550.01	0.9920, 0.9918	m^*=1.70, c^*=6, *C-reg* *=2, ε^*=0.10
	(ii) İyileştirilmiş FCM'li Bulanık Fonksiyonlar - BSMIFF	Doğrusal EKY	795.8	0.9293, 0.9275	m^*=1.40, c^*=5
		Polinominal EKY	761.99	0.9497, 0.9484	m^*=2.60, c^*=9
		Üstel EKY	743.19	0.9535, 0.9523	m^*=2.90, c^*=10
		Doğrusal DVR	704.48	0.9395, 0.9379	m^*=1.40, c^*=10, *C-reg* *=2, ε^*=0.10
		Polinominal DVR	**268.12**	**0.9971, 0.9970**	***m**=2.20, *c**=2, *C-reg**=128, ε^*=0.10**
		Radyal Temelli DVR	547.55	0.9914, 0.9912	m^*=2.00, c^*=3, *C-reg* *=2, ε^*=0.10
	(iii) ANFIS: Adaptif Sinir-Bulanık Çıkarım Sistemleri	Izgara Bölme	48137.89	0.9999, 0.9999	c^*=81
		Eksiltici Kümelenme	**199.39**	**0.9989, 0.9989**	***c**=3**
	(iv) GENFIS3	Mamdani	1207.54	0.8056, 0.8006	m^*=1.90, c^*=7
	(v) Klasik EKY		817.1981	0.9254, 0.9235	
	(vi) Destek Vektör Regresyonu - DVR	Doğrusal DVR	810.02	0.9211, 0.9191	*C-reg* *=2, ε^*=0.20
		Polinominal DVR	2856.21	0.5777, 0.5668	*C-reg* *=128, ε^*=0.30
		Radyal Temelli DVR	571.55	0.9919, 0.9916	*C-reg* *=2, ε^*=0.10
Büküm	*(i) Standart FCM'li Bulanık Fonksiyonlar - BSMFCM*	Doğrusal EKY	338.86	0.9782, 0.9777	m^*=1.50, c^*=10
		Polinominal EKY	313.69	0.9844, 0.9840	m^*=1.40, c^*=10
		Üstel EKY	313.82	0.9844, 0.9840	m^*=1.40, c^*=10
		Doğrusal DVR	303.15	0.9819, 0.9814	m^*=1.40, c^*=10, *C-reg* *=2, ε^*=0.10
		Polinominal DVR	188.68	0.9978, 0.9977	m^*=1.80, c^*=2, *C-reg* *=128, ε^*=0.10
		Radyal Temelli DVR	340.19	0.9953, 0.9952	m^*=3.00, c^*=4, *C-reg* *=8, ε^*=0.10
	(ii) İyileştirilmiş FCM'li Bulanık Fonksiyonlar - BSMIFF	Doğrusal EKY	663.47	0.9212, 0.9192	m^*=1.50, c^*=7
		Polinominal EKY	635.93	0.9331, 0.9314	m^*=1.50, c^*=3
		Üstel EKY	637.19	0.9304, 0.9286	m^*=1.50, c^*=3
		Doğrusal DVR	644.13	0.9207, 0.9187	m^*=1.60, c^*=6, *C-reg* *=8, ε^*=0.20
		Polinominal DVR	**173.47**	**0.9980, 0.9980**	***m**=2.20, *c**=2, *C-reg**=128, ε^*=0.10**
		Radyal Temelli DVR	340.15	0.9953, 0.9952	m^*=2.90, c^*=3, *C-reg* *=128, ε^*=0.10
	(iii) ANFIS: Adaptif Sinir-Bulanık Çıkarım Sistemleri	Izgara Bölme	64011.26	0.9999, 0.9999	c^*=81
		Eksiltici Kümelenme	277.45	0.9969, 0.9969	c^*=6
	(iv) GENFIS3	Mamdani	653.11	0.9014, 0.8988	m^*=1.50, c^*=13
	(v) Klasik EKY		671.0744	0.9188, 0.9167	
	(vi) Destek Vektör Regresyonu - DVR	Doğrusal DVR	665.64	0.9144, 0.9122	*C-reg* *=64, ε^*=0.20
		Polinominal DVR	1318.24	0.7396, 0.7328	*C-reg* *=2, ε^*=0.20
		Radyal Temelli DVR	400.56	0.9951, 0.9950	*C-reg* *=8, ε^*=0.10

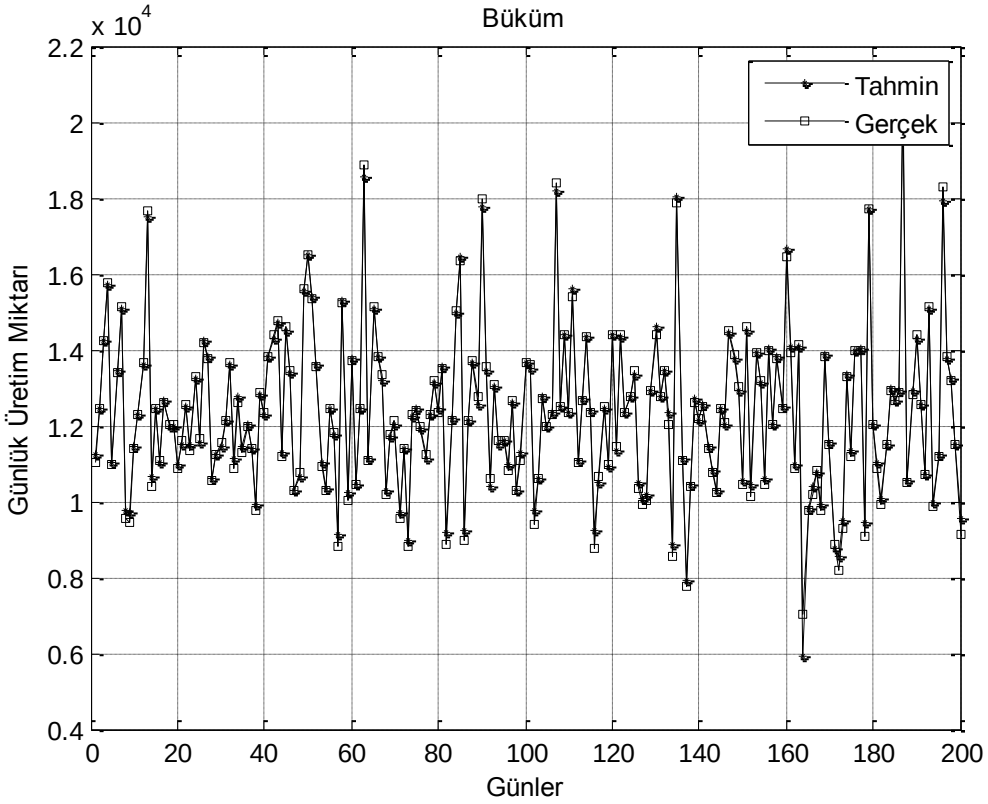
Tablo 3.9.(devamı)

Süreç	Yaklaşım	Model Adı	RMSE-Test	R^2, Ayarlı R^2	Optimum model parametreleri
Heatset veya Frize	*(i) Standart FCM'li Bulanık Fonksiyonlar - BSMFCM*	Doğrusal EKY	1119.43	0.7230, 0.7158	*m* *=1.40, *c* *=8
		Polinominal EKY	1075.5	0.7306, 0.7237	*m* *=1.50, *c* *=9
		Üstel EKY	1072.81	0.7318, 0.7249	*m* *=1.50, *c* *=9
		Doğrusal DVR	1024.24	0.7555, 0.7492	*m* *=1.40, *c* *=10, *C-reg* *=16, ε *=0.20
		Polinominal DVR	1726.94	0.8087, 0.8037	*m* *=1.70, *c* *=2, *C-reg* *=4, ε *=0.10
		Radyal Temelli DVR	487.35	0.9645, 0.9635	*m* *=1.60, *c* *=4, *C-reg* *=64, ε *=0.10
	(ii) İyileştirilmiş FCM'li Bulanık Fonksiyonlar - BSMIFF	Doğrusal EKY	1344.42	0.6330, 0.6235	*m* *=1.40, *c* *=10
		Polinominal EKY	1372.62	0.6192, 0.6094	*m* *=1.40, *c* *=10
		Üstel EKY	1369.93	0.6206, 0.6108	*m* *=1.40, *c* *=10
		Doğrusal DVR	1137.24	0.6631, 0.6544	*m* *=1.50, *c* *=8, *C-reg* *=32, ε *=0.10
		Polinominal DVR	1681.71	*0.7080, 0.7005*	*m* *=2.10, *c* *=2, *C-reg* *=2, ε *=0.10
		Radyal Temelli DVR	**413.78**	**0.9860, 0.9857**	***m* *=1.60, *c* *=4, *C-reg* *=64, ε *=0.10**
	(iii) ANFIS: Adaptif Sinir-Bulanık Çıkarım Sistemleri	Izgara Bölme	30161430.04	0.9849, 0.9845	*c*=81
		Eksiltici Kümelenme	1209.01	0.8500, 0.8462	*c* *=4
	(iv) GENFIS3	Mamdani	988.92	0.7717, 0.7658	*m* *=2.10, *c* *=10
	(v) Klasik EKY		1419.1186	0.5465, 0.5348	
	(vi) Destek Vektör Regresyonu - DVR	Doğrusal DVR	1310.33	0.5154, 0.5029	*C-reg* *=32, ε *=0.30
		Polinominal DVR	2428.57	0.5191, 0.5067	*C-reg* *=2, ε *=0.10
		Radyal Temelli DVR	610.98	0.9491, 0.9478	*C-reg* *=32, ε *=0.10

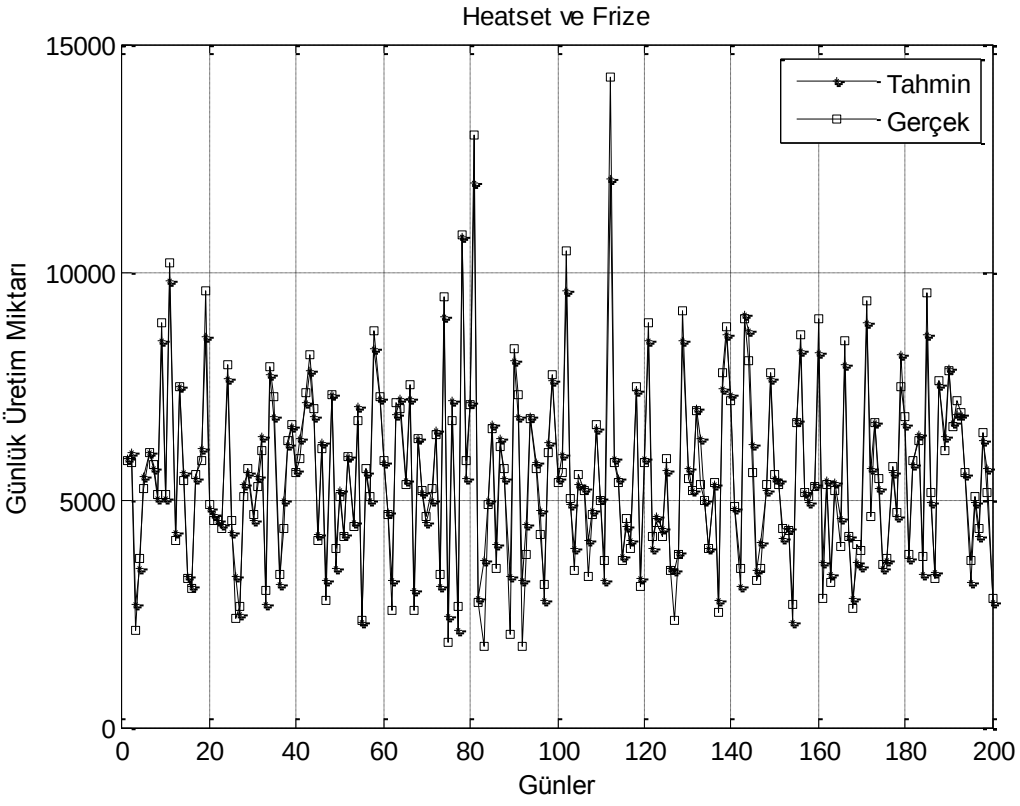
Bu modellerin çıktıları ve gerçek üretim verilerine ait BCF üretimi, büküm ve heatset ve frize üretimine ait gerçek verilerin karşılaştırma grafikleri Şekil 3.11., 3.12. ve 3.13.'de verilmiştir.



Şekil 3.11. En iyi performası veren BSM'nin çıktısı ile BCF üretimi çıktısı



Şekil 3.12. En iyi performası veren BSM'nin çıktısı ile büküm üretimi çıktısı



Şekil 3.13. En iyi performası veren BSM'nin çıktısı ile heatset ve frize üretimi çıktısı

BÖLÜM 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, halı ipliği üreten bir sistemde belirsizliği yönetmek için bir davranış modelleme yaklaşımı geliştirildi ve önerildi. Bir sistem mimarisi ve zeki davranış sistemi sözel(tam anlaşılamayan) bilgiyi depolamak için oluşturuldu ve sözel bilgiler açık bilgi haline getirildi. Simulasyon çalışmasından elde edilen bilgiler gerçek üretim sisteminden elde edilen bilgilerle karşılaştırılarak simulasyon sonuçları doğrulandı. Belirsizlik ortamlarının oluşturulduğu simulasyon modelinden elde edilen girdi-çıktı verileri kullanılarak çeşitli esnek hesaplama yöntemleri ile üretim sisteminin davranış modelleri oluşturuldu. Bu modeller sayesinde sistemde meydana gelen veya gelebilecek belirsizliklere göre yöneticiler sistemin bu belirsizliklere karşı nasıl tepki verebileceğini rahatlıkla görebilecekler ve buna göre kapasite oluşturma ve eksilme ile ilgili maliyeti azaltıcı yönde taktikler geliştirebileceklerdir.

Belirsizlikler sonucu elde edilen veriler incelendiğinde girdi-çıktı değişkenleri arasında bir korelasyonun olmadığı net bir şekilde görülmüştür. Bu nedenle, yapay zeka yöntemlerinden özellikle bulanık modelleme yaklaşımları ve modelleme teknikleri kullanılmıştır. Bulgular kısmında ifade edildiği gibi bulanık modelellemeye dayalı yaklaşımlar en iyi sonucu vermiştir.

Müşteri teslimi ile ilgili belirsizlikler sisteme dahil edilememiştir. Daha ileri çalışmalarda, belirsizlik ortamlarına göre müşteri memnuniyetinin ölçülebilmesi için müşteri teslimi ile ilgili belirsizliklerde sisteme dahil edilerek, belirsizlik ortamlarının müşteri memnuniyeti üzerine etkileri de rahatlıkla ölçülebilir. Dolayısıyla, sipariş miktarı, gelişler arası süre belisizlikleri ile müşteri memnuniyeti arasında bir bağıntı oluşturularak yönetimsel taktikler şirket stratejilerine uygun olarak verilebilir.

KAYNAKLAR

Babuska, R. ve Verbruggen, H. B., (1997), "Constructing fuzzy models by product space clustering", in Fuzzy Model Identification: Selected Approaches, H. Hellendoorn and D. Driankov, Eds. Berlin, Germany: Springer, pp. 53–90.

Campbell, J.D. ve Reyes-Picknell, J., (2006), Uptime, 2nd Edition: Strategies for Excellence in Maintenance Management, Productivity Press.

Çelikyılmaz, A., ve Türkşen, I.B., (2007), "Fuzzy functions approximation with support vector machines for fuzzy system modeling", Information Sciences, vol.177, pp. 5163-5177.

Çelikyılmaz, A., Türkşen, I.B., Aktas, R., Doganay, M.M., ve Ceylan, N.B. (2007), "New classifier design with fuzzy functions", in Proc. 11th Int. Conf. Rough Sets, Toronto, ON, Canada, pp. 136–143.

Çelikyılmaz, A. ve Türkşen, I.B., (2008), "Enhanced Fuzzy System Models With Improved Fuzzy Clustering Algorithm", IEEE Transactions on fuzzy systems, vol.16, no. 3, pp. 779-794.

Emami, M.R., Türkşen, I.B. ve Goldenberg, A.A., (1998), "Development of a systematic methodology of fuzzy logic modeling", IEEE Trans. Fuzzy Syst., vol. FS-63, no. 4, pp. 346–361.

Haykin, S., (1999), Neural Networks: A comprehensive foundation, Ed. Prentice Hall.

Jang, J.-S. R. (1993), "ANFIS: Adaptive network based fuzzy inference system", IEEE Trans. Syst., Man, Cybern., vol. 23, no. 5, pp. 665–685.

Kasabov, N. K., ve Song, Q., (2002), "DENFIS: Dynamic evolving neuralfuzzy inference system and its application for time-series prediction", IEEE Trans. Fuzzy Syst., vol. 10, no. 2, pp. 144–154.

Kilic, K. , Türkşen, I.B., Sproule, B.A., ve Naranjo, C.A. (2001), "A k-nearest neighborhood based fuzzy reasoning schema" in Proc. 10th IEEE Int. Conf. Fuzzy Systems, Melbourne, Australia, pp. 236–239.

Koh, S.C.L. ve Gunasekaran, A., (2006), "A knowledge management approach for managing uncertainty in manufacturing", Industrial Management & Data Systems, Vol. 106, No. 4, pp. 439-459.

Koh, S.C.L. ve Saad, S.M., (2004), "The use of intelligent feedback for work order release in an uncertain manufacturing system", Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, Vol. 20, pp. 517–527.

Pedrycz, W. ve Reformat, M., (2003), "Evolutionary fuzzy modeling", IEEE Trans. Fuzzy Syst., vol. 11, no. 5, pp. 652–665.

Shi, Y., ve Mizumoto, M. , (2004), "Some properties in a class of neuro-fuzzy learning algorithms" in Proc. IEEE Conf. Intelligent Mechatronics and Automation, pp. 319–322.

Takagi, T. ve Sugeno, M., (1985), "Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control", IEEE Trans. Syst., Man, Cybern., vol. SMC-15, no. 1, pp. 116–132.

Türkşen, I.B., ve Çelikyılmaz, A., (2006), "Comparison of fuzzy functions with fuzzy rule base approaches", Int. J. Fuzzy Syst., vol. 8, no. 3, pp. 137–49.

Türkşen, I.B., (2008), (2008), "Fuzzy functions with LSE", Applied Soft Computing, vol. 8, pp. 1178–1188.

Türkşen, I.B., ve Çelikyılmaz, A., (2006), "Comparison of fuzzy functions with fuzzy rule base approaches", Int. J. Fuzzy Syst., vol. 8, no. 3, pp. 137–49.

Uncu, Ö. ve Türkşen, I.B., (2001), "Prediction of stock prices with multidimensional fuzzy structure identification and inference" in Proc. SIGEF, Naples, Italy, pp. 381–385.

Vergara, V., ve Moraga, C., (1997), "Optimization of fuzzy models by global numeric optimization" in Fuzzy Model Identification: Selected Approaches, H. Hellendoorn and D. Driankov, Eds. Berlin, Germany: Springer, pp. 252–278.

Wacker, J.G., (1996), "A theoretical model of manufacturing lead times and their relationship to a manufacturing goal hierarchy", Decision Sciences, Vol. 27, No. 3483-517.

Wang, L.-X., ve Mendel, J.M., (1992), "Fuzzy basis functions, universal approximation, and orthogonal least squares learning", IEEE Trans. Neural Netw., vol. 3, no. 9, pp. 807–814.

Zarandi, M.H.F., Türkşen, I.B. ve Razaee, B. (2004), "A systematic approach to fuzzy modeling for rule generation from numerical data" in Proc. NAFIPS, pp. 768–773.