



BİR TEKSTİL FABRİKASINDA SİMÜLASYON UYGULAMASI

Mehmet Erdoğan BAĞ¹

Emre ASLAN²

ÖZ

Simülasyon günümüzde pek çok farklı kullanım alanıyla birlikte işletmelerinde üretim sistemlerini analiz etmek ve geliştirmek için kullanılabilecekleri bir araçtır. Sistemin modelini kurup bu model üzerinde gerçek dünyadaki para ve zaman maliyetine katlanmadan denemeler yapmaya izin vermesi simülasyonun en öne çıkan özelliğidir. Bu çalışmada bir tekstil fabrikasının üretim sisteminin mevcut durumu için simülasyon modeli kurulmuştur. Simülasyon programı olarak ProModel 9.2 kullanılmıştır. Bu program ile kurulan model sayesinde fabrikanın dikiş bölümünün bir gün içerisindeki üretimini bilgisayar ortamında görsel olarak takip etmek ve sonucunda sayısal analizler elde etmek mümkündür. Bu analizler sonucunda hedeflenen üretim miktarının mesai saatleri içerisinde yetiştirilemediği, bazı makinelerin kullanım oranlarının düşük olduğu görülmüştür. Buna göre iki adet alternatif senaryo geliştirilmiştir. Birinci senaryoda dikiş bandından iki makine çıkarılmış ve makine kullanım oranlarında %30'lara varan artış gözlenmiştir. Ancak buna rağmen mesai saatleri aşılmaktadır. Bu senaryoda halen mesai saatleri aşıldığı için "destek atma" olarak adlandırılan boş kalan makinelere iş atamanın uygulandığı ikinci senaryo kurulmuş ve mesai saatleri içerisinde üretimin tamamlanması sağlanmıştır. Bu sayede makine kullanım oranları %90'ı aşmıştır.

Anahtar Kelimeler: Üretim Sistemleri, Simülasyon, Tekstil, ProModel

Jel Kodu: C63 – L23 – L67

A SIMULATION STUDY ON A TEXTILE FACTORY

ABSTRACT

Nowadays, simulation is a tool for a variety of usages as well as analyzing and developing production systems in businesses.. The predominant features of simulations are its allowance of setting a system model up and experimenting it without enduring financial costs and time in real-world. In this study, a simulation model was set up for the present situation of a textile factory's production system. ProModel 9.2 was used for the simulation program. With the model set up with this program, it is possible to follow the production of the department of the stitching in the factory visually and consequently getting quantitative analyses. It was seen that targeted quantity of production in the working hours was not produced and the rate of use of some machines were low. Accordingly, two alternative scenarios were developed. In the first scenario, two machines were removed from stitching tapes and approximately 30% increase was observed in the rate of the use of machine. However, working hours were exceeded. Because in this scenario the working hours were still exceeded, a second scenario in which unused machines named „supporting was developed and the completion of production in working hours was ensured. Thanks to this, the rate of use of machine exceeded 90%.

Keywords: Production Systems, Simulation, Textile, ProModel

Jel Codes: C63 – L23 – L67

¹ Yüksek Lisans öğrencisi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, SBE, Mehmet.bag@hotmail.com

² Yrd. Doç. Dr., Gaziosmanpaşa Üniversitesi, İİBF, emre.aslan@gop.edu.tr

GİRİŞ

Üretim işletmelerinde kullanılan üretim hatlarının verimi hakkında bilgi sağlama ve bu verimi artırma çalışmalarında, yapılması düşünülen yeni yatırımlarında karlı olup olmayacağı hakkında işletme sahibine ya da yatırımcıya fikir vermesi açısından simülasyon (benzetim) ile modelleme en uygun tekniklerdendir. Bu teknik karmaşık yapıya sahip üretim sisteminin sahip olduğu bütün elemanları ve üretim sürecini basitleştirerek sistemin çalışma düzenini iyileştirmeye çalışan önemli bir karar destek sağlayıcı araçtır. Sektördeki güçlü rakipler karşısında ayakta kalma ve rekabete ortak olma mücadelesi işletmelerin yatırımlarını ve mevcut çalışma sistemlerini öngörmeye ve simülasyon ile modellemeye gereksinimleri olduğunu göstermektedir. Bu yöntemle işletmeler yeni üretim teknikleri ve modelleri kullanarak rekabet ortamında varlıklarını sürdürmeyi ve güçlerini artırmayı hedeflemiştir.

Bu çalışmada, Tokat ilinde faaliyet gösteren havlu, nevresim ve bornoz üretimi yapan bir tekstil fabrikasına ait üretim sistemlerinin, kapasite kullanım oranlarının ve üretim miktarının artması, firmaya olan maliyetleri en aza indirerek karı en üst düzeye çıkarmak amaçlanmış ve simülasyon ile modelleme tekniği kullanılmıştır. Kullanılacak olan programın adı ProModel ile simülasyon programıdır. Tokat ilinde faaliyet gösteren bu tekstil fabrikasının sadece dikiş bölümündeki üretim sisteminin simülasyon modeli kurulmuştur. Model mevcut şartlar altında çalıştırılarak makinelerin günlük üretim kapasitesi, kapasite kullanım oranları, boş bekleme süreleri, toplam üretim süreleri ve ürünlerin işlem bekleme süreleri gibi bazı sonuçlara ulaşılmıştır. Sistem üzerinde yapılan değişikliklerin (makine sayılarının azalması, boşta kalan makinelerin diğer makinelere yardım etmesi vs.) toplam üretim sayısına ve toplam üretim süresine etkisine bakılmıştır.

Çalışmanın birinci bölümünde simülasyon kavramının tanımı, süreçleri, kullanıldığı durumlar, kullanım alanları, tarihçesi, avantaj ve dezavantajlarından bahsedilmiştir. İkinci bölümde simülasyon alanında yapılan bazı çalışmaların özetlenmiştir. Bu bölümde genel olarak ProModel simülasyon programını kullanan çalışmalar seçilmiştir. Üçüncü bölümde ise tekstil fabrikasındaki simülasyon uygulamasına yer verilmiştir. Öncelikle fabrikanın mevcut durum analizi daha sonra geliştirilen senaryolar ve analizleri yer almaktadır. Sonuç bölümünde ise oluşturulan senaryoların sonuçlarına bakılarak fabrika için önerilerde bulunulmuştur.

1. SİMÜLASYON KAVRAMI

Simülasyon (benzetim); bir sistemin bilgisayar aracılığı ile bir modelini oluşturmak, bu model üzerinde daha sistem kurulmadan sistem ile ilgili deneyler yaparak veriler elde etmek, elde edilen bu verilerin analizini yaparak sistemin üretim sürecini görmek ve değişik koşullar altında elde edilen sonuçları birbirleriyle kıyaslayarak uygulanacak sistem ile ilgili uygun seviyeyi belirlemek amacıyla yapılan çalışmalara verilen genel isimdir (Özdamar, 1988: 7).

Simülasyonda amaçlanan, sistemin ve sistemdeki sıkıntıların ortaya çıkarılması, daha sonra da sistemdeki hataları bir bütün olarak düşünüp üretilebilecek çözümlere odaklanmaktır. Geliştirilen seçenekleri belirlemede etkin olarak kullanılır (Öztürk, 2004: 1). Simülasyon, mevcut sistemi daha küçük birimler olarak ele alıp inceler ve bu birimlerin birbirlerini takip edecek şekilde beraber hareket etmelerini sağlayarak ve mantıksal ilişkileri kurarak gerçek sistemin davranışlarını taklit eder (Taha, 2000: 4).

1.1. Simülasyonun Kullanıldığı Durumlar

Yöneticiler için üretim faaliyetinin girdilerini oluşturan makine, iş gücü, hammadde, para, zaman vb. gibi işletme kaynaklarının en etkin şekilde kullanımını sağlayacak kararların alınması oldukça önemlidir. Simülasyon tekniği yöneticilere ihtiyaç duyulan kaynakların etkin bir şekilde planlanması ve kullanılması için alacakları kararlarda yardımcı olan işlevsel bir tekniktir. İşletmelerin performansının artırılabilmesi için, üretim sistemlerinin modellenmesinde ve analiz edilmesinde kullanılan simülasyon yönteminin önemi son yirmi otuz yıldır oldukça artmıştır. Bilgisayar destekli simülasyon ve modelleme teknikleri dikkate değer ölçüde zaman ve para tasarrufu sağlayarak, karmaşık üretim sistemlerinin bilgisayar ortamında canlandırılmasına, analiz edilmesine ve en iyilenmesine olanak vermektedir. Böylece işletmeler yoğun rekabet ortamında performanslarını

artırabilmek için ihtiyaç duydukları yeni üretim stratejilerini daha çabuk hayata geçirebilmektedirler (Aktaran Akın: Sandanayake vd., 2008: 735).

1.2. Kullanım Alanları

Son zamanlarda kullanılan simülasyonla modelleme tekniğinin başlıca kullanım alanları aşağıdaki gibi özetlenebilir (Mevlütöğlü, 2010: 23):

Araştırma ve Geliştirme: Yeni tasarım ve teknolojilerin sanal ortamda modellenmesi, ortam ve diğer sistemlerle etkileşimlerinin incelenmesi (örnek: sanal tasarım odaları).

Tasarım: Konsept tasarım, tasarım optimizasyonu, sanal prototipleme (örnek: Sistem Entegrasyon Laboratuvarları).

Eğitim: Bir sistemi kullanacak operatör ya da ekibin kullanıma yönelik olarak eğitimi (örnek: uçak / helikopter simülatörleri).

Karar Destek: Tedarik, süreç optimizasyonu ve strateji geliştirme gibi süreçlerde destek olmak üzere senaryo ve süreç simülasyonu (örnek: 3D sanal kum sandığı uygulamaları)

Eğlence: Görsel, işitsel vb teknolojiler ile birlikte etkileşimli eğlence araç ve ortamları hazırlanması (örnek: hareketli platform üzerinde 3D sinema salonu uygulamaları).

Simülasyon, çok çeşitli alanlarda uygulama alanına sahiptir. Hillier ve Lieberman (1980), bu tekniğin geniş uygulama alanlarını belirtmek için aşağıdaki örnekleri vermişlerdir (aktaran Simurg, 2012). Ayrıca bu örneklerin literatürdeki benzer çalışmalarına da yer verilmiştir.

1. İşletme politikaları ve uygulamalarındaki (bakım kapasitesi, tesislerin, yedek uçakların vb.) değişiklikleri test etmek için bir havayolu şirketi tarafından büyük bir havaalanındaki operasyonların simülasyonu (Lei vd., 2016; Stephen ve Dahai, 2014; Thomas vd., 2016; Shuo-Ju ve Shau-Shiun, 2015; Mathew vd., 2016).

2. En iyi trafik akışını belirlemek için, trafik ışıklarının simülasyonu (Gong vd., 2016; Correa, 2015; Xiaoliang ve Ding, 2016).

3. Optimal tamir personeli sayısını belirlemek için bakım operasyonu simülasyonu (Koruca vd., 2011).

4. Bir radyasyon kalkanına yansıyan radyasyonun yoğunluğunu belirlemek için, bakım operasyonu simülasyonu (Buchan vd., 2015).

5. Bir radyasyon kalkanına yansıyan radyasyonun yoğunluğunu belirlemek için, kalkandaki yüksüz parçacıkların akış simülasyonu (Buchan vd., 2015).

6. Uygulama, kapasite ve tesislerin şekillerindeki değişiklikleri değerlendirmek için, çelik üretim operasyonunun simülasyonu (Chia-Yen vd., 2013; Li-Chih vd., 2016).

7. Ekonomik politika kararlarının etkilerini tahmin etmek için ekonomi simülasyonu (Lie vd., 2014; Li ve Shao, 2016).

8. Savunma ve saldırı silah sistemlerini değerlendirmek için büyük çaplı askeri savaşların simülasyonu (Rubio vd., 2013).

9. Büyük çaplı dağıtım ve envanter kontrol sistemlerinin tasarımını geliştirmek için bu sistemlerin simülasyonu (Sedlacek, 2014).

10. Firmanın politikaları ve operasyonlarındaki değişiklikleri değerlendirmek için tüm firmanın genel operasyonlarının simülasyonu (Tanrıtanır ve Hocoğlu, 1997).

11. En ekonomik düzeyde, tatmin edici servis sağlamak için, gerekli parça kapasitesini belirlemek amacıyla bir telefon iletişim sisteminin simülasyonu (Li vd., 2015; Astra vd., 2015).

12. En ideal baraj, elektrik santrali ve sulama işlerinin şeklini belirlemek için, ırmak havza operasyonlarının simülasyonu (Machiel vd., 2015; Jean-Claude vd., 2010).

2. LİTERATÜR

Literatürde üretim sistemlerinin simülasyonu ile ilgili çeşitli modelleme programlarıyla yapılmış pek çok çalışma vardır. Ancak bu çalışmada ProModel programı kullanıldığı için ağırlıklı olarak literatürde ProModel kullanılarak yapılan çalışmalar incelenmiştir.

Üner vd.'nin 2005 yılında yaptıkları “Üretim Sistemi Tasarımında Konveyörlü Taşıma Alternatiflerinin Simülasyon Yöntemiyle Değerlendirilmesi” adlı çalışmada ProModel simülasyon paket programını kullanarak lastik üreten bir fabrikada fazla miktarda ara-stokla taşıma yapan forkliftlerin yerine otomatik konveyör sistemleriyle operatörsüz ve tek yönlü taşıma yapabilen bir sisteme geçilirse elde edilebilecek sonuçlar analiz edilmiş ve alternatif tasarımların performans kriterlerine göre istatistiksel yöntemlerle karşılaştırılması yapılmıştır.

Yörür tarafından 2005 yılında yapılan “Tedarik Zinciri Yönetiminin Teslim Tarihlerine Olan Etkisinin Araştırılması” adlı çalışmada bir tedarik zinciri ağı tasarlanmıştır. Ürün teslim zamanları üzerindeki etkisi araştırılan bu tedarik zinciri ağı temel olarak bir fabrika, üç depo ve bir müşteriden oluşmaktadır. Zincir bilgisayar ortamında ProModel 4.22 Simülasyon programı ile modellenerek iki şekilde ele alınmıştır. Sonrasında bu iki alternatif karşılaştırılmıştır.

Hernandez vd.'nin 2005 yılında yaptıkları çalışmalarında gaz ve petrol üretiminin simülasyon modelini oluşturmuşlar ve bir strateji belirlemiştir. Bu çalışmada gaz ve petrol üretim sistemlerinin optimizasyonu için yeni bir formül sunulmuştur. Promodel ile simülasyon programı kullanılan modelde oluşturulan formül gerçek durumların sayısal stratejilerini de görüntülemiştir.

Denizhan 2006 yılında “İmalat Lojistiği Simülasyon Modeli ve Bir Uygulama” adlı çalışmasındaki amacı ara stokları ve çevrim süresini azaltarak teslim tarihi performansını artırmak olan Simülasyon modeli ile oldukça fazla alt bileşene sahip olan elektrik ürünlerinden iki tanesini seçerek ProModel ile sistemi tasarlamıştır. Sonuç olarak ara stokları ve çevrim süresini azaltarak teslim tarihi performansını artırmak için önerilerde bulunmuştur.

Kurşun 2007 yılında yaptığı “Tekstil Endüstrisinde Simülasyon Tekniği ile Üretim Hattı Modellemesi ve Uygun İş Akış Stratejisinin Belirlenmesi” adlı çalışmada, bir konfeksiyon işletmesinin gömlek dikim hattını ele almış ve darboğazları belirleyip yeni bir tezgah alma ya da işçi çıkarma gibi kararları almak ve yeni yatırımların sonuçlarını değerlendirmek amacıyla bir simülasyon modeli kurmuştur. Çıkan sonuçlara göre önerilerde bulunmuştur.

Karaca ise 2007 yılındaki “Simülasyon Modellemesi ile Mobilya Üretiminde Sistem Analizi ve Optimizasyonu” isimli doktora tezinde Batı Karadeniz’de kurulu olan bir panel mobilya imalatı gerçekleştiren fabrika için imalat hattının ProModel 6.0 simülasyon diliyle mevcut sistemin modellenmesi gerçekleştirilmiştir. Böylece mevcut imalat hattındaki is istasyonlarının kapasite kullanımı, bos kalma oranları, bekleme zamanları vb. istatistikler elde edilerek kritik is istasyonları ve makineler tespit edilerek analiz edilmiş ve yapılabilecek değişikliklerin sisteme etkisi incelenmiştir.

Sandanayake vd.'nin 2008 yılında yaptıkları çalışmada tam zamanında üretim performansının optimizasyonu Promodel ile simülasyonu oluşturularak yeni yazılım ve amaç fonksiyonları seçilmiş JIT değişkenlerinin etkilerini anlamak ve ölçmek için farklı deneysel senaryolar oluşturulmuştur.

Gürler ve Güler’in 2009 yılında yaptıkları “Üretim Süreçlerinde Kullanılan Teknoloji İçin Seçim Kriterleri ve Süreçlerin Yeniden Yapılandırılmasında Simülasyon Uygulaması” adlı çalışmada bir otomotiv yan sanayi firmasında işletmelerin isteklerine uygun teknoloji seçimine katkı sağlamak amacıyla öngörüler yapabilmek için ProModel 7.0 programıyla bir model oluşturmuşlardır.

Aksaraylı vd. tarafından 2009 yılında yapılan “Sağlık İşletmelerinde Yatak Kullanım Etkinliğinin Simülasyon Yoluyla Optimizasyonu: Bir Eğitim ve Araştırma Hastanesi Uygulaması” adlı çalışmada sağlık işletmeleri ele alınmıştır. Kaynakların optimum kullanılmasını sağlama, en uygun kaynağı tahsis etme ve yeni alternatifler üretmek amacıyla ProModel yazılımı ile modeli oluşturulmuştur. Ürettikleri senaryolar ile bir eğitim araştırması hastanesinin üroloji kliniğinin yatak kullanım etkinliğini arttırmada modeller üretmişlerdir.

Yıldız tarafından 2010 yılında yapılan “Benzetim Modellemesi ile Üretim Sistemlerinde Süreç Optimizasyonu ve Bir Uygulama Çalışması” adlı çalışmada yedek parça imalatı gerçekleştiren bir firmada fabrika imalat hattının benzetim modellenmesi ProModel yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Oluşturulan model ile iş istasyonları ve onların çevrim süreleri, üretim parti boyutları ve fabrikadaki mevcut vardiya sistemi ele alınarak oluşturulan değişiklikler gözlenmiş ve önerilerde bulunulmuştur.

Çörekçioğlu ve Sezen 2011 yılında yaptıkları “Üretim Etkinliğinin Arttırılmasında Simülasyon Yaklaşımı ve Bir Üretim Atölyesinde Uygulama” adlı çalışmada Tefaş A.Ş. otomotiv yan sanayi işletmesinin pres sac üretim sistemini ProModel 4.22 simülasyon programı ile modellemişlerdir. Gerçek sistem ile yapmak istedikleri diğer sistemler sonucunda olabilecek sonuçlar karşılaştırılmış ve önerilerde bulunmuşlardır.

Yiğit tarafından 2012 yılında yapılan “Bir Ofis Mobilyası Üretim Sisteminin Simülasyon ile Analizi ve Optimizasyonu” adlı çalışmada bir ofis mobilyası üreten fabrikanın üretim sisteminin ProModel 4.22 simülasyon programı modeli kurulmuştur. Kurulan alternatif senaryolar neticesinde üretim süresinde ve makine kullanım oranlarında iyileştirmeler sağlamaya dair önerilerde bulunulmuştur.

Ruiz vd.’nin 2014 yılında yaptıkları çalışmada üretim sistemleri için akıllı bir simülasyon ortamı üzerine çalışmışlardır. Çalışmada akıllı üretim sistemleri için ajan destekli simülasyon ortamı sunulmuştur. Ajanlar kendilerine özgü dinamik özelliklerle simülasyon ortamını değiştirirler. Promodel ile modeli kurulan çalışmanın sonucunda akıllı ortamlara geçiş hakkında bilgiler sunulmuştur.

Park vd.’nin 2016 yılında yaptıkları çalışmada gemi üretiminde bir simülasyon uygulaması yapmışlardır. Bu çalışmada yeni üretim planlaması simülasyonu sistemi (Simson) geliştirilmiştir. Gerçek durum analizleri ve tersanelerde üretim planlamasına bu program oldukça uyum sağlamış ve halat gerginliği gibi önemli konuların tahmininde kullanılmıştır.

Teresa ve Thomson 2016 yılında yaptıkları çalışmada simülasyonun sadece teknoloji alanında değil öğretim gören öğrencilere güvenli bir ortamı oluşturmada da kullanılabileceğini söylemişlerdir. Odak nokta olarak, hasta güvenliğini ve iletişimini artırma açısından bir hemşire gibi düşünülebileceği bu uygulama sayesinde gerçekleştirilebilir. Çalışmalarında hemşirelik lisans eğitimi alan kişilerin genel bir bakış açısı ile modellenebileceği çalışılmıştır.

Florea 2016 yılında yaptığı çalışmada ise simülasyonu kullanarak kariyer yönetimini ve örgütsel süreçlerini iyileştirmeyi amaçlamıştır. Geçmiş birikimlerin farklı etkinliklerle bağlantısını kurarak kişinin yaşam akışını değiştirebileceğini söylemiştir. Kariyer yönetimi için deneyim ve beceri elde etmek gerektiğinden yetkinlikleri olan kişilerin pazarda daha avantajlı olduğunu ve simülasyon modeli kurarak gücünü analiz edebileceğini belirtmiştir.

3. UYGULAMA

Bu çalışmanın uygulaması Tokat Merkez 2. Organize Sanayi Bölgesinde faaliyet gösteren bir fabrika da yapılmıştır. Tekstil sektöründe üretim yapan bu fabrika pike, nevresim, bornoz ve yatak örtüsü imalatı gerçekleştirmektedir. 2012 yılında bir atölye olarak kurulmuş ardından yapılan yatırımlarla faaliyet alanını genişleterek 2014 yılında 2. Organize Sanayi Bölgesinde fabrika yapısına geçilmiştir. Fabrika tamamı kapalı 2500 m2 alan üzerine kuruludur. Fabrika ürettiği ürünleri perakende olarak Türkiye’nin 7 bölgesine dağıtmaktadır. Türkiye’de tanınmış çeşitli firmalara fason olarak nevresim ve pike üretimi yapmaktadır.

İşletmenin 55’i fabrikada, 6’sı sahada pazarlamacı olarak görev yapan toplamda 61 çalışanı bulunmaktadır. Hafta içi 5 gün faaliyet gösteren fabrika gün içerisinde 08:00-18:00 saatleri arasında 10:00-10:15 arası ilk mola, 13:00-13:45 arası ikinci mola ve 16:00-16:15 arası üçüncü mola olmak üzere üç mola süresi de mesai saatinden çıkarıldığında 8 saat 45 dakika çalışmaktadır. Sipariş varsa siparişe göre, yoksa stoğa üretim yapılmaktadır. Alınan siparişler ise 5 gün içerisinde tamamlanıp sevkiyata verilmektedir.

Çalışma için kullanılan ProModel 9.2 programı tam sürüm olmaması sebebiyle kullanılacak lokasyonları 20 adet, iş parçalarını 8 adet, kaynakları 8 adet ve senaryo parametrelerini de 15 adetle sınırlandırmaktadır. Bu sebeple sistemin tamamını uygulamaya aktarma düşüncesi oluşmamış ve dikiş bölümünün sahip olduğu 16 makine (lokasyon) uygulamaya alınmıştır. Üretilen ürünlerden de iki ayrı ürün grubu seçilmiştir.

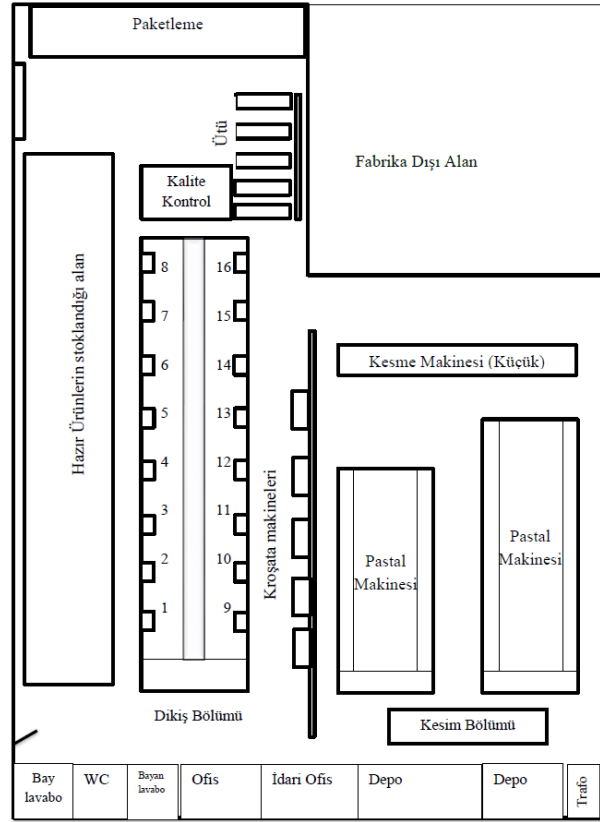
3.1. Mevcut Durum

Fabrika düzeni genel olarak üretim sırasına göre düzenlenmiştir. Aynı işi yapan bütün makineler aynı yerde yer almaktadır ve iş akışına göre konumlandırılmıştır. Her makine üretime giren ürünlerin en kısa taşıma sürelerine sahip olacak şekilde yerleştirilmiş ve her işlemin sırayla hızlı bir şekilde yapılması sağlanmıştır.

Üretimde kullanılan ana malzeme olan kumaşlar 150-200 metre, pikeler 30-40-50 metre rolik adı verilen toplar halinde fabrikaya gelmektedir. Bir başka önemli hammadde ise güpürdür ve 20 metre toplar halinde gelmektedir. Dikiş yapılabilmesi için ise ipler top halinde gelmektedir.

Fabrikanın en temel hammadde olan kumaşları kesmek için 2 adet büyük kesim (pastal) makinesi 2 adet küçük kesim makinesi mevcuttur. Kesim bölümünün yanında 16 adet dikiş makinesi ve 1 adet büyük konveyör vardır. Her dikiş makinesinin yanında birer adet ara stok yapılan sandıklar bulunmaktadır. Kesim bölümünden çıkan kumaşlar yapılan ürünün cinsine göre şekiller verilerek üzere nervür ve nakış makinelerine gitmektedir. Fabrikanın bu bölümünde 2 adet nervür, 4 adet nakış makinesi bulunmaktadır. Nevresim takımları üretiminde kullanılan 2 adet kroşata makinesi vardır.

Üretimi biten ürünler paketlemeye gitmeden önce kalite kontrol masasında incelenmektedir. Ardından ütleme kısmına geçmektedir. Burada da 5 adet ütü makinesi ve 1 adet küçük konveyör vardır. Ütünden çıkan ürünler paketleme bölümüne taşınır ve en son bitmiş ürünlerin bulunduğu stok alanına taşınmaktadır. Şekil 1'de fabrika planı verilmiştir.



Şekil 1: Fabrika Planı

Dikiş bölümünden daha detaylı bahsedilecek olursa: Kesim bölümünden çıkan kumaşların bir kısmı direk dikiş makinelerine gider. Üretilen ürünün cinsine göre bazıları nervür makinelerine bazıları da önce ütü bölümüne gider. Üretim bandında 16 makine ve bir büyük konveyör vardır. Bu makinelerin 4 tanesi overlok geri kalanı ise tam otomatik sanayi tipi dikiş makinesidir. İki sıra halinde 8 sağ şeritte, 8 sol şeritte ve ortada büyük konveyör olmak üzere konumlandırılmışlardır. Her makinenin hemen üzerinde fabrika yöneticilerinin görebileceği şekilde sırayla konumlandırılmış numaralar bulunmaktadır. Bu numaralar çalışanların otokontrollerini sağlamak amacıyla özel yazılıma sahiptir. Bu yazılımı fabrika yöneticileri kendi ürünlerini takip etmek amacıyla

oluşturmuşlardır. Bu sayede çalışanların bir gün içinde gerçekleştirmesi gereken üretim miktarı ve çalışanların ürettiği ürün miktarı kolay bir şekilde takip edilebilir ve anında müdahale edilebilir.

3.2. Simülasyon Modelinde Kullanılan Ürün ve Parçaları

Fabrikada çeşitli modellerde nevresim ve pike takımları üretilmektedir. Uygulamada en çok üretilen ürün olan Ekonomik Yatak örtüsü takımı simülasyonla modellemek için seçilmiştir. Yatak örtüsü, nevresim, yastık ve çarşaflar için fabrikada bulunan kumaşlar stok alanında bekleyen rolüklerden her bir ürün için ayrı ayrı belirtilen boyutlarda kesilir. Siparişe veya üretim planına göre bir rolükten bütün ürünlerin kesilip dikişe gönderildiği de olmaktadır. Seçilen bu ürünlerin resimleri ise aşağıda yer almaktadır.

Tekstil fabrikasının üretim sisteminin simülasyonu için her ürünün ayrı ayrı üretim miktarı gereklidir. Çalışmanın yapıldığı tekstil fabrikası bu bilgileri paylaşmakta sakınca görmemiştir. Bu konuda üretim planlama departmanından alınan bilgiler neticesinde belirtilen ürünlerin bir günde sisteme girme adetleri elde edilmiştir. Bu miktarlar bu zamana kadar ki çalışma düzeni ve kazanılan tecrübeler neticesinde bir günde üretilebilecek miktarlar olarak belirlenmiştir. Kurulacak olan modelin daha gerçekçi ve sağlıklı sonuçlar vermesi açısından her bir ürünü sistemde 10 sefer çalıştırılarak ortalama miktarları hesaplanmıştır. Böylelikle üretim süreleri arasındaki standart sapmalardan doğabilecek farklılıkların önüne geçilmiş ve üretim süresi gerçeğe yakın olarak elde edilmiştir. Tablo 1'de seçilen bu ürünleri oluşturan parçalar, miktarları ve ölçüleri verilmiştir.

Tablo 1: Ürün Reçeteleri

Ürün	Parça	Adet	Ölçü (cm.)	Üretim adedi
Ekonomik Yatak Örtüsü Takımı	Yatak Örtüsü	1	260*260	280
	Yastık	2	50*70	560

Simülasyon modelinde temel girdi olarak rolükler halinde fabrikaya gelen kumaşlar kullanılır. Üretim planlama departmanı ilk olarak üretilecek ürünü belirler. Fabrikanın bir ürünü üretebilmek için oluşturduğu üretim planı 3 gün sürmektedir. Birinci gün kumaşların kesimi, ikinci gün dikimi ve üçüncü gün de ütü ve paketleme yapılır. Bunun sebebi ise bir günlük çalışma süresi içerisinde tek tip ürünü yüksek hacimde üretebilmektir. Üretimde genel olarak ilk önce kumaşların kesim bölümünde parçalara ayrılması işlemi gerçekleştirilir. Bu bölümdeki çalışanlar stokta bekleyen rolükleri kesim bölümüne getirirler. Üretim planlama departmanının kendilerine vermiş olduğu üretim planı doğrultusunda kumaşlar uygun parçalara ayrılmak üzere pastal makinesi üzerinde kat kat açılır. Daha sonra çalışanlar ürüne göre elleri ile küçük kesim makineleri kullanarak kesim yaparak parçalara ayırırlar ve taşıma arabalarına yüklenirler. Bu parçalar dikiş bölümüne gelerek her biri giriş yapacakları makinelerde üretime girerler ve ürünler oluşturulur. Her makinede çalışan makine ustaları belirli bir düzene göre dikişlerini gerçekleştirirler. Daha sonra temizleme bölümünde ürünler üzerinde fazla kumaş artıkları ve ipler temizlenir. Kalite kontrol bölümü ürünlerin standartlara uygunluğunu denetler. Temizleme, kalite kontrolden çıkan ürünler ütü bölümüne gönderilir. Ütü bölümünde küçük konveyör bulunmaktadır. Diğer bölümler birbirlerinin peşi sıra geldiği için taşımalar çalışanlar ile bir sonraki makineye atılarak gerçekleştirilir. Ancak ütü bölümünde taşıma sırasında oluşabilecek kırıksıklıkları engellemek amacıyla konveyör kullanılmaktadır. Ütülenen ürünler konveyör ile paketleme bölümüne taşınmaktadır. Paketlenen ürünler stok alanına çalışanlar aracılığı ile taşınarak sevkiyatı beklemektedir. Böylelikle üretim tamamlanmış olur.

Bu uygulamada dikiş bölümünde gerçekleştirilen üretim sistemini simüle etmek amaçlanmıştır. Bunun sebebi ise kesilen kumaşların ertesi gün dikilmesi ve fabrikanın iki ayrı atölye gibi çalışmasıdır. Aynı gün içerisinde kumaşların hem kesim işlemi hem de dikim işlemi yapılmamaktadır. Kesim bölümünde yapılan işin dikiş bölümünü etkilemediği için asıl üretimin yapıldığı dikiş bölümü uygulama için kullanılmıştır. Seçilen iki ayrı ürün için iki ayrı model kurulmuş ve bu modellere ait alternatif senaryolar geliştirilmiştir. Kurulan modellerde her bir iş parçası ayrı ayrı tanımlanmıştır. Bu sisteme her ürün ilk olarak kendileri için tanımlanmış giriş tanklarından giriş yaparlar. Her ürün sisteme girerken gerçekte çalışanlar ile taşınır ancak programda bu şekilde tanımlanamadığı için tanklar kullanılmıştır. Ürünler her makinede farklı işlem görerek üretimini tamamlamakta ve işlemi tamamlanan ürünlerde makinelerin önlerinde bulunan büyük konveyör aracılığı ile sistemden çıkmaktadır.

3.3. Modelde Kullanılan Parçalara Ait Bilgiler

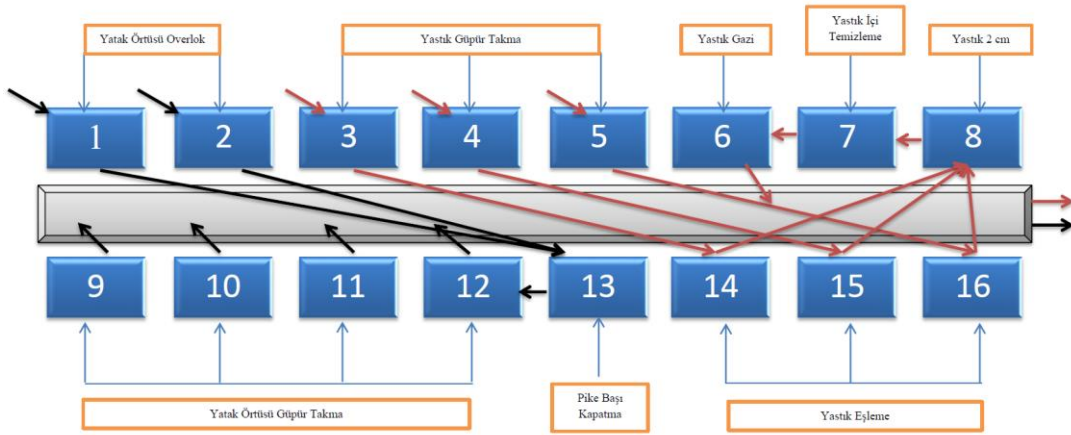
Seçilen ürünün parçalarının izledikleri rotalar ve kullandıkları makine sayıları farklıdır. Sisteme giren her bir ürün parçasının dikiş bölümünde izlediği rotalar aşağıdaki tablolarda gösterilmiştir. Tablolarda rotalar sırasıyla numaralandırılmıştır. Ayrıca ürünler yukarıdan aşağıya doğru bir yol izlemektedir. Ekonomik yatak örtüsü fabrikada en çok üretilen üründür, Tablo 2’de ürün ile ilgili detaylar verilmiştir. Tablo 2’de görüldüğü üzere ekonomik yatak örtüsü takımının ilk parçası olan yatak örtüsü üç ayrı işlem görmektedir. İlk olarak overlok işleminden geçerek kenarları dikilir. Daha sonra pike başı katlama diye adlandırılan işleme geçilir ve burada yatak örtüsünün baş kısmında bulunan ek dikilir. En son işlem olan güpür takma örtüsünün enine paralel şekilde güpür takılır ve ürünün üretim süreci sona erer. Yatak örtüsü ilk olarak 1 veya 2 numaralı makinelerde işlem görmektedir. Hemen arkasından işlemi biten ürünler 13 numaralı makineye alınır. Son olarak 9, 10, 11 ve 12 numaralı makinelerden uygun olan herhangi birine taşınır ve sonra üretimi tamamlanır. Diğer parça olan yastık ise beş ayrı işlem görmektedir. İlk olarak yastığa yatak örtüsünde olduğu gibi aynı desende güpürler dikilir. Daha sonra yastığın ön ve arka yüzünü eşleme işlemi yapılır. Yastık 2 cm işlemi yastığın baş tarafına 2 cm ek dikilmesi işlemidir. Ters yüz olan yastıkların iç kısmı temizlenir ve tekrar tersi çevrilerek düz tarafıyla bu işlemde de çıkar. En son yastık kılıfının 3 tarafına 4 cm eninde dekoratif çerçeveleme yapılır ve yastık gazi uygulamasından da tamamlanmış şekilde üretimden çıkar. Yastık ürünü yatak örtüsünden daha çok sayıda işlem gördüğünden üretim süresince daha karışık bir rotaya sahiptir. Yastık ilk olarak 3, 4 ve 5 numaralı makinelerden uygun olan herhangi birinde işleme alınır. Bu makinelerde işlemi biten yastık daha sonra 14, 15 ve 16 numaralı makinelerden uygun olan herhangi birine taşınır. Sistemden çıkışını sırayla 8, 7 ve 6 numaralı makinelerde ayrı ayrı işlem gördükten sonra tamamlar.

Fabrikanın çalışanlarının performansını takip ettiği bir sisteminin olduğu daha önce belirtilmişti. Bu takip sisteminden edinilen bilgiler neticesinde işlemi biten makinedeki çalışanın sayı artırma butonuna basma süreleri fabrikadan edinilmiştir. Simülasyon uygulamasında işlem sürelerinin gerçek hayattaki değişkenliğini de modele yansıtılabilmek için çalışanların butona basma süreleri edinilerek Promodel ile simülasyon programındaki stat-fit eklentisinde analiz edilmiştir. Buna göre işlem süreleri normal dağılıma uymaktadır. İşlem sürelerinin ortalamaları ve standart sapmaları Tablo 2’deki gibi hesaplanmıştır. Süre sütunu altındaki “N” harfi normal dağılımı, parantez içindeki ilk sayı ortalama süreyi (sn) ikinci sayı ise sürenin standart sapmasını (sn) ifade etmektedir.

Tablo 2: Ekonomik Yatak Örtüsü Ürün Parçaları, Rotalar ve Süreler

Ürün Parçası	İşlem	Makine No	Süre (sn.)
Yatak Örtüsü	1-Overlok	1,2	N(60, 6)
	2-Pike Başı Katlama	13	N(90, 5)
	3-Güpür Takma	9, 10, 11, 12	N(300, 15)
Yastık	1-Güpür Takma	3, 4, 5	N(120, 9)
	2-Yastık Eşleme	14, 15, 16	N(120, 9)
	3-Yastık 2 cm Birleştirme	8	N(20, 3)
	4-Yastık İçi Temizleme	7	N(30, 4)
	5-Yastık Gazi	6	N(40, 5)

Ürünlerin izledikleri rotalar fabrika düzenini daha açık ve net şekilde temsil etmesi açısından aşağıdaki şekilde gösterilmiştir. Buna göre ekonomik yatak örtüsü takımında iki farklı ürün parçası ve bu parçaların ilk olarak hangi makinelerde işlem görmeye başladıkları görülmektedir. Fabrikanın sahip olduğu 16 dikiş makinesinin kuruluş düzeni yukarıdaki Şekil 2’deki gibidir. 8 adet sol tarafta 8 adet sağ tarafta olacak şekilde düzen oluşturulmuştur. Tabloda yer alan kırmızı ve siyah oklar iş parçalarının rotalarını göstermektedir. Siyah oklar yatak örtüsünün izlediği rotaları göstermektedir ve 1 ve 2 numaralı makinelerden sisteme giriş yapıldığını göstermektedirler. Makinelerin tam ortasında yer alan varlık ise taşıma konveyörüdür. 9, 10, 11 ve 12 numaralı makinelerde ise işlemi biten ürünlerin ortadaki konveyör aracılığı ile sistemden çıktığını belirtmektedirler. Kırmızı okların temsil ettiği iş parçası ise yastıktır. 3, 4 ve 5 numaralı makinelerden üretime girmektedirler. Son olarak 6 numaralı makinede işlem gördükten sonra konveyör ile sistemden çıkmaktadırlar. Hem yatak örtüsü hem de yastık iş parçalarının sistemden çıkışları sırasıyla siyah ve kırmızı oklar ile gösterilmiştir.

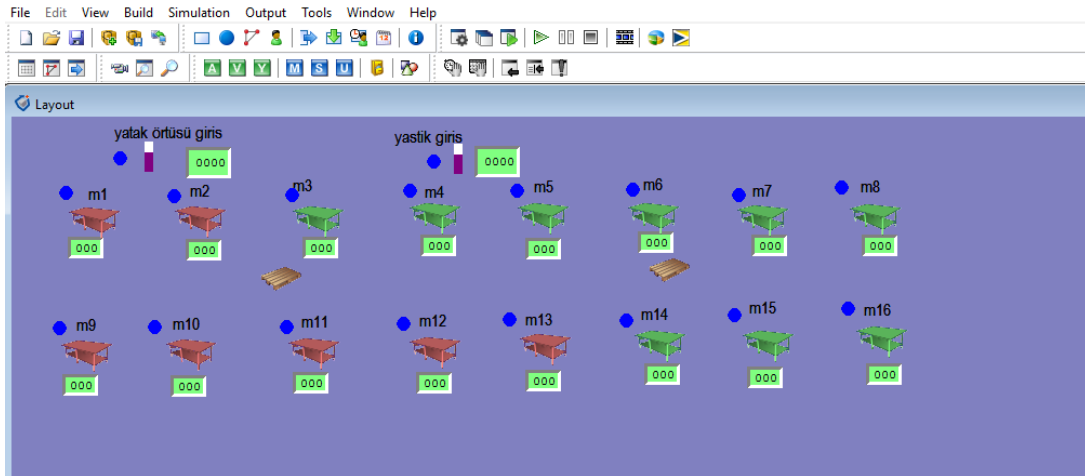


Şekil 2: Ekonomik Yatak Örtüsü Rotası

Fabrikanın verdiği bilgiler doğrultusunda mevcut çalışanları ve makineleri ile bir günde (08:00-18:00) toplamda 280 adet Ekonomik Yatak Örtüsü takımı ürününden üretebilmektedir. Yukarıdaki tabloda edinilen bilgiler fabrikanın üretim departmanından alınmıştır. Üretim departmanından edinilen bu bilgiler kullanılarak Promodel simülasyon programı ile mevcut durum simülasyonu yapılmıştır. Bu üründe programa eklemek için iki ayrı ana iş parçası bulunmaktadır. Bunlardan birincisi yatak örtüsü, ikincisi ise yastıktır. Yatak örtüsü bir günde 280 adet üretilirken, ürün paketinde iki tane yastık yer aldığı için 560 adet de yastık üretilmektedir.

3.5. Simülasyon Modeli

Bu çalışmanın uygulamasında modeli oluşturmak için fabrikanın günlük üretim planlaması göz önünde bulundurulmuştur. Bu planlamada makine numaraları, yapılan iş, toplam iş sayısı ve işlem süreleri yer almaktadır. Edinilen bu bilgiler simülasyon modeline aktarılmıştır. Modelin kurulumunda ProModel 9.2 yazılımı ile kullanılmıştır. Ekonomik yatak örtüsü takımı için simülasyon modelinde yer alan lokasyonlar, yapılan işlemlere göre oluşturulan simülasyon modelinin görünüşü Şekil 3'deki gibidir. Mevcut durum için geliştirilen modelde kırmızı renkli olan makineler yatak örtüsü üretimi yapan makinelerdir. Açık yeşil renkte olan makineler ise yastık üretimi yapan makineleri göstermektedir.



Şekil 3: Ekonomik Yatak Örtüsü Takımı Mevcut Durum Simülasyon Modeli Görüntüsü

3.6. Mevcut Durum Analizi

Oluşturulan simülasyon modelinin çalışma sistemi defalarca test edildikten sonra analiz sonuçları alınmıştır. Mevcut üretim sisteminde kullanılan parçalar olan yatak örtüsü, yastık, nevresim vs. modele aktarılmıştır. Sistemin gerçek çalışma şartlarına uygun olarak çalışıp çalışmadığı kontrol edilmiştir. En gerçekçi sonuçlara ulaşmak için gereken kontroller ve ayarlamalardan sonra bütün parçalar eksiksiz bir şekilde modele entegre edilmiştir. Sisteme kaynaklar eklenmemiştir. Her bir iş

parçasının makinelerde üretim süreleri modele eklenmiştir. Bütün bu bilgiler aktarıldıktan sonra model tamamlanmıştır.

Modeldeki ürünler sisteme ürün giriş tankları aracılığı ile girmektedir. Ayrıca modelin içerisine makinelerden çıkan ürünlerin toplanıp diğer makinelere dağıtılması işlemini yapan paletler yerleştirilmiştir. Bu sayede sistemde oluşabilecek duruşları engellemek amaçlanmıştır.

İlk olarak Ekonomik yatak örtüsü takımı için kurulan mevcut durum modeli 10 kez tekrarlanmıştır. Elde edilen değerler de 10 kez çalıştırma sonucu ortaya çıkan ortalama sürelerdir. Aşağıdaki Tablo 3'te elde edilen ortalama süreler, varlık sayıları ve makinelerin kullanım oranları gibi bilgiler yer almaktadır.

Tablo 3: Ekonomik Yatak Örtüsü Mevcut Durumda Üretim Bölümündeki Makinaların Kullanım Miktarları Ve Oranları

Lokasyon	Toplam süre (ortalama) (saat)	Toplam varlık	Her Varlık için ort. harcanan süre (dk)	Ortalama varlık sayısı	Lokasyonda herhangi bir anda max. varlık sayısı	Kullanım oranı (%)
M1	9,41	140	1,00	0,25	1,00	24,77
M2	9,41	140	1,01	0,25	1,00	24,93
M3	9,41	187	2,00	0,66	1,00	66,29
M4	9,41	187	1,99	0,66	1,00	65,96
M5	9,41	186	2,00	0,66	1,00	65,76
M6	9,41	560	0,67	0,66	1,00	66,13
M7	9,41	560	0,54	0,54	1,00	53,55
M8	9,41	560	0,35	0,35	1,00	35,11
M9	9,41	69,70	4,99	0,62	1,00	61,58
M10	9,41	69,80	5,00	0,62	1,00	61,85
M11	9,41	70	5,01	0,62	1,00	62,10
M12	9,41	70,50	5,00	0,62	1,00	62,38
M13	9,41	280	1,50	0,75	1,00	74,55
M14	9,41	186,60	2,01	0,66	1,00	66,29
M15	9,41	187,20	2,00	0,66	1,00	66,48
M16	9,41	186,20	2,01	0,66	1,00	66,28

Yukarıdaki Tablo 3'te yer alan toplam süre sütunu üretim bölümünün tek seferde yaptığı üretimde işin tamamlanma süresini göstermektedir. Bu süre simülasyon modelinin 10 kez çalıştırılmasından elde edilen ortalamadır ve 9,41 saat sürmüştür. İşletmenin 8 saat 45 dakika olan çalışma süresi ve tek vardiya çalıştığı göz önünde bulundurulduğunda elde etmek istedikleri üretim sayısına ulaşamadıkları görülmektedir. Fabrika bu durumda sıkışmakta ve bu ürünü üretirken mecburen fazla mesaiye kalmaktadır. Toplam varlık sütununa bakıldığında o lokasyona giren toplam varlıkların sayısını görülmektedir. Buna göre M1 ve M2 makinelerine 140'ar adet kumaş üretilmesi için sisteme girmiştir. Diğer lokasyonlardaki ürün sayılarının farklı olma sebebi ise o işi yapan makine sayılarının farklı olmasıdır. Örneğin; yatak örtüsü overlok işlemini iki makine yaptığı için bu makinelere ortalama 140 adet ürün gider. Ancak yatak örtüsü güpür takma işlemini yapan dört makine olduğu için ortalama 70 ürün üretime gitmektedir. Giriş konveyörlerinin toplam varlık sayılarına bakarak sistemden toplamda kaç ürün çıktığı görülmektedir. Üçüncü sütun ise lokasyonlarda her bir varlığın ortalama geçirdiği süreyi göstermektedir. Bu değerler makinelerin işlem sürelerini göstermektedir. Örneğin; M8 lokasyonunda bir varlık için harcanan ortalama süre 0,35 dakikadır. Bu da 20,5 saniyedir. Dördüncü sütun simülasyonun herhangi bir anında o lokasyondaki ortalama varlık sayısını göstermektedir. Beşinci sütunda ise bulunduğu lokasyonda en fazla bulunan varlık sayıları gösterilmiştir. Altıncı sütun ise lokasyonların kapasitelerini kullanım oranlarını göstermektedir. Bu sütunda yer alan değerlerin ortalamasının yüksek olması beklenir. Düşük olan değerler o lokasyonun verimsiz olduğunu göstermektedir.

Aşağıdaki Tablo 4'te ise simülasyon modelinde tekli kapasiteye sahip lokasyonların kullanım oranları yer almaktadır. Bu tabloda lokasyonların kullanım oranlarına yer verilmiştir. İkinci sütunda yer alan (İşlem %) değerlerin daha yüksek ve üçüncü sütundaki (Boş%) değerlerinin düşük olması beklenir.

Tablo 4: Ekonomik Yatak Örtüsü Tekli Kapasiteye Sahip Lokasyonların Kullanım Oranları

Lokasyon	Toplam süre (ortalama) (saat)	İşlem(%)	Boş (%)	Bekleme (%)	Duruş (%)
M1	9,41	24,77	75,23	0,00	0,00
M2	9,41	24,93	75,07	0,00	0,00
M3	9,41	66,29	33,71	0,00	0,00
M4	9,41	65,96	34,04	0,00	0,00
M5	9,41	65,76	34,24	0,00	0,00
M6	9,41	66,13	33,87	0,00	0,00
M7	9,41	49,52	46,45	0,00	4,03
M8	9,41	32,98	64,89	0,00	2,13
M9	9,41	61,58	38,42	0,00	0,00
M10	9,41	61,85	38,16	0,00	0,00
M11	9,41	62,10	37,90	0,00	0,00
M12	9,41	62,38	37,62	0,00	0,00
M13	9,41	74,36	25,45	0,00	0,19
M14	9,41	65,94	33,71	0,00	0,35
M15	9,41	66,14	33,52	0,00	0,34
M16	9,41	65,95	33,73	0,00	0,33

Tablo 5'te ise mevcut durumda ürünlerin her biri için sistemden çıkış süreleri ve taşımaları sırasında geçen sürelerin ortalamalarına yer verilmiştir.

Tablo 5: Ekonomik Yatak Örtüsü Ürünlerin Çıkış Süreleri

Ürünler	Toplam Miktar	Bir ürünün ortalama çıkış süresi (dk)
Yatak örtüsü	280	7,00
Yastık	560	5,49

Ekonomik yatak örtüsü takımı için ilk izlenim, mevcut durum incelenip, makinelerin kullanım oranları göz önünde bulundurulduğunda M1, M2 ve M6, M7, M8 makinelerinin ortalama değerleri diğer makinelerle kıyaslandığında düşük değerlere sahiptir. Bu değerler makinelerin verimsiz şekilde kullanıldığını göstermektedir. Üretim sisteminin sahip olduğu rotalara göz atıldığında M1,M2 makineleri aynı işi M6,M7ve M8 makinelerinin da arka arkaya işlem yaptıkları görülür. Bu nedenle de herhangi bir taşıma veya yer değiştirme söz konusu olmadan M1 ve M2 makineleri birleştirilip M2 makinesine, M7 ve M8 makineleri birleştirilip M8 makinesine, M6 makinesi de M7 makinesine taşınmıştır. Son durumda ki bütün makineler kendilerine atanan işi yapabilecek özelliklere sahiptir. Hem ürünlerin makinelerde gezmesi engellenmektedir hem de iki makine boşa çıkartılmaktadır. Yapılacak bu değişikliğin fabrika için faydalı olacağı düşünülmektedir.

Bir diğer izlenim ise üretimde amaçlanan sayıya ulaşmak için günlük çalışma saatinin üzerine çıkan fazla mesailer ve ilave maliyetlerdir. Modelin analiz kısmında yer alan ortalama toplam süre sütununda günlük amaçlanan sayıya ulaşmak için ortalama 9,41 saatin gerekli olduğu görülmektedir. Kurulan modelde her makinenin çalışma saatleri incelenmiştir. Bazı makineler yaptıkları işi bitirdikten sonra boş kalmaktadırlar. Bu makinelerde çalışanlar ise fabrika içerisinde başka işlere yönlendirilmekte ya da boş beklemektedirler. Bu esnada fabrika içerisinde üretimi devam eden diğer ürünü, işlemi biten makinelere de göndererek üretimi hızlandırmak mümkündür. Böylece boşa bekleyen makine kalmayacak ve destek alındığı için mesai saatleri içinde üretim bitirilebilecektir.

3.7. Mevcut Durum İçin Alternatif Senaryolar

Üretim sistemini oluşturulan simülasyon modelinden elde edilen analiz sonuçlarına göre çözüm önerisi niteliğinde alternatif senaryolar oluşturulmuştur. Bu senaryolar aşağıdaki gibidir.

3.7.1. Senaryo – 1

Bu senaryoda mevcut durum için yapılan simülasyon modelinden alınan veriler sonucunda iki makinenin fazla olabileceği düşüncesi oluşmuştur. Bu düşünce iki makinenin aynı işi, diğer üç makinenin de arka arkaya işlem yapması ve makinelerin kullanım oranlarındaki işlem sütununa bakarak oluşmuştur. Tablo 4'te görüldüğü üzere M1 makinesi % 24,77, M2 makinesi % 24,93, M6 makinesi % 66,13, M7 makinesi % 49,52 ve M8 makinesi % 32,98 işlem oranlarına sahiptir. Genel itibari ile bu değerler düşüktür ve makinelerin verimsiz kullanıldığını göstermektedir.

Simülasyon programının avantajları arasında yer alan, yapılacak yatırımları maliyetine katlanmadan bilgisayar ortamı üzerinden görmeyi sağlaması analizlerde istenilen her türlü değişikliği yapmaya imkan vermektedir. Fabrika yeni bir makine aldığı anda sahip olduğu üretim sistemindeki faydalarını ya da mevcut sisteminde verimsiz çalışan makinelerin zararlarını bu programın sayesinde fark edebilir. Maliyetine katlanarak yapacağı bu değişikliklerin sonuçlarına önceden simülasyon programı ile ulaşabilir.

Programın bu avantajından yararlanarak işlem oranları düşük olan makineler arasından M1 ve M6 numaralı makineler üretim akışından çıkarılmıştır. Sistemde M1 ve M2 makineleri M2 makinesinde, M7 ve M8 makineleri M8 makinesinde birleştirilip, M6 makinesi de M7 makinesine taşınmıştır. Ancak sistemde istenirse bu makineler arası iş ataması kolaylıkla değiştirilebilmektedir. Örneğin; M1 ve M2 makinesi M1 makinesinde de birleştirilebilir.

Mevcut durumun analizinde olduğu gibi Senaryo-1'de de toplam üretim sisteminin olabildiğince gerçekçi değerlerini elde edebilmek için simülasyon 10 kez tekrarlatılarak ortalama toplam süreler ulaşılmıştır. Buna göre sistemde yastık ürününün işlem gördüğü son üç makine üzerinde değişiklik yapılmıştır. Bu makinelerden bir tanesi diğer iki makinenin yaptığı işi de yapabilmektedir. Oluşturulan bu değişiklik her bir ürünün sistemde kalma süresi azalmıştır. Bu da gelen ürünün üç işlemi de aynı makinede görerek sistemden çıkması sayesinde ortalama toplam süreyi kısalttığı sonucunu ortaya çıkarmıştır. Senaryo-1 de oluşan ortalama toplam süreler, varlık sayıları ve kullanım oranları aşağıdaki Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6: Ekonomik Yatak Örtüsü Takımı Senaryo-1'de Makinelerin Kullanım Miktarları Ve Oranları

Lokasyon	Toplam süre (ortalama) (saat)	Toplam varlık	Her Varlık için ort. harcanan süre (dk)	Ortalama varlık sayısı	Lokasyonda herhangi bir anda max. varlık sayısı	Kullanım oranı (%)
M2	9,41	280	1,07	0,53	1,00	52,88
M3	9,41	187	2,00	0,66	1,00	66,21
M4	9,41	187	1,99	0,66	1,00	66,09
M5	9,41	186	2,00	0,66	1,00	65,92
M7	9,41	560	0,67	0,66	1,00	66,09
M8	9,41	560	0,68	0,67	1,00	67,13
M9	9,41	69,70	5,00	0,62	1,00	61,74
M10	9,41	69,90	5,01	0,62	1,00	62,00
M11	9,41	70,10	5,00	0,62	1,00	62,14
M12	9,41	70,30	5,01	0,62	1,00	62,44
M13	9,41	280	1,00	0,50	1,00	49,59
M14	9,41	186,70	2,06	0,68	1,00	68,26
M15	9,41	187	2,07	0,69	1,00	68,70
M16	9,41	186,30	2,06	0,68	1,00	68,00

Yukarıdaki tabloda oluşturulan alternatif senaryo ile iki makine sistemden çıkarılmıştır. Bu sayede makinelerin kullanım oranlarında artış sağlanmıştır. Mevcut durum ile kıyaslandığında ortalama toplam sürede bir değişiklik gözlenmemiştir. Ancak aynı sürede daha az sayıda makine ile aynı miktarda üretim yapılabileceği görülmüştür.

Değişiklik yapılan makinelerde ortalama varlık sayısı sütununda da artışlar meydana gelmiştir. Bu değerler makinelerin verimli kullanıldığını göstermektedir. Diğer değerlerde görülen ufak değişikliklerinin nedeni ise işlem süreleri standart sapmalara sahip olmasıdır. Simülasyon 10 kez tekrarlandığında her seferinde birbirine çok yakın farklı değerler elde edilmektedir.

Tekli kapasiteye sahip olan lokasyonların işlem oranları da aşağıdaki Tablo 7'de verilmiştir. Mevcut durumda işlemde kalma oranlarına bakılarak yapılmak istenen değişiklik bu senaryoda gerçekleştirilmiştir. Bu değişiklik beraber Yukarıdaki Tablo 24'de de görüleceği üzere işlem oranları M2, M7 ve M8 makinelerinde ciddi bir artış sağlanmıştır. Aynı şekilde kurulan modeldeki diğer makinelerinde işlem oranlarında küçük değişiklikler olduğu tabloya bakarak anlaşılmaktadır. Bir ürünün ortalama çıkış süresinin, mevcut durum ile aynı olduğu gözlenmemiştir. Sistemin ortalama toplam süresi senaryo-1 ile aynı olduğu için bu değerlerde de standart sapmaların oluşturabileceği farktan başka bir fark gözlenmesi söz konusu değildir.

Tablo 7: Ekonomik Yatak Örtüsü Senaryo-1'de Tekli Kapasiteye Sahip Lokasyonların Kullanım Oranları

Lokasyon	Toplam süre (ortalama) (saat)	İşlem (%)	Boş (%)	Bekleme (%)	Duruş (%)
M2	9,41	49,37	47,12	0,00	3,51
M3	9,41	66,21	33,79	0,00	0,00
M4	9,41	66,09	33,79	0,00	0,00
M5	9,41	65,92	34,08	0,00	0,00
M7	9,41	66,09	33,91	0,00	0,00
M8	9,41	66,11	32,87	0,00	1,02
M9	9,41	61,73	38,27	0,00	0,00
M10	9,41	62,00	38,00	0,00	0,00
M11	9,41	62,14	37,86	0,00	0,00
M12	9,41	62,45	37,56	0,00	0,00
M13	9,41	49,59	50,41	0,00	0,00
M14	9,41	66,10	31,75	0,00	2,15
M15	9,41	66,38	31,30	0,00	2,31
M16	9,41	65,89	32,00	0,00	2,10

Mevcut duruma bakıldığında bu ürünün üretiminde fazladan çalıştığı tespit edilen iki makine olduğu görülmektedir. Bunun sonucuna makine kullanım oranlarından ulaşılmıştır. M1 ve M2 makinelerinin mevcut durumda işlem ve kullanım oranları %24 seviyelerindedir. Bu makineler mesai süresinin çoğu kısmını boş geçirmektedir. Bu nedenle iki makinenin birleştirilmesinde üretim akışını bozulmasına sebep olacak bir sakınca görülmemiştir ve M2 makinesinde birleştirilmiştir. Yapılan bu değişiklikle bir makine boşa çıkarılmış ayrıca herhangi bir duruş süreside ölçülmemiştir. Son durumda M2 makinesinin kullanım oranı %52,88, işlemde kalma oranı da %49,37 olmuştur.

M6, M7 ve M8 makinelerinin de işlem ve kullanım oranları diğer makinelerle kıyaslandığında düşüktür. M6 makinesi diğer iki masaya göre daha yüksek değerlere sahiptir. M7 ve M8 makineleri birbirlerinin yaptıkları işleri yapabildikleri için bu iki makine M8 de birleştirilebilmiştir. M6 makinesi yüksek değerlere sahip olmasına rağmen M8 makinesiyle arasında bir boş makine olmasın diye M7 makinesine taşınmıştır. Dolayısı ile M6 makinesi sistemden çıkarılmıştır. Bu değişiklikle beraber makinelerin işlemde kalma oranları %66 seviyelerine çıkmıştır. Yine makine kullanım oranları da aynı seviyelere kadar çıkmıştır.

Ortalama toplam sürelerde herhangi bir değişim görülmemiştir. Senaryoda makine sayılarını azaltmak ve daha az makine ile aynı miktarda ürün üretebilmek amaçlanmıştır. Ayrıca aynı miktarda ürün aynı sürede 14 makine ile de üretilmektedir. Sistem amaçlanan sonuca varmıştır. Ancak kurulan bu modelde de mesai saati içerisinde üretimi tamamlamak mümkün olmayabilir. Elde edilen veriler ışığında fabrika yöneticileri herhangi bir maliyete katlanmadan yapabilecekleri bu faydalı değişimi görebileceklerdir.

3.7.2. Senaryo – 2

Fabrika içerisindeki mevcut üretim planı ile bu ürünün istenilen miktarda mesai saatleri içerisinde üretiminin mümkün olmadığı toplam ortalama süreden görülmektedir. Yatak örtüsü üreten makineler ulaşmaları gereken sayıya yastık üreten makinelerden daha erken ulaşmaktadırlar. Daha sonra ise bu yedi makine ya boş beklemektedir ya da başka işler yapmaktadır. Bu boş bekleme engellemek amacı ile bu makinelere de iş ataması yapmanın faydalı olacağı kararlaştırılmıştır. Fabrika içerisinde bu işleme destek atma denilmektedir. Ancak sistemli bir şekilde destek atma işlemi uygulanmamaktadır. Kurulan modelde fazla çalıştığı düşünülen M6 ve M7 makineleri eklenmemiştir. Ayrıca işlemi erken biten yedi makineye de çalışma süreleri ve kullanım oranları da göz önünde bulundurularak sistemli bir şekilde iş atamaları yapılmıştır.

Modeldeki ürünler sisteme ürün giriş tankları aracılığı ile girmektedir ve bu tanktan çıktığı anda gidilecek makinelere karar vermektedir. Bu nedenle bir ürün ilk belirlenen rota dışına çıkamamaktadır. Rota dışına çıkabilmek için ikinci bir rota belirlenmelidir ve bu rotaya gidebilmesi için ürünü ilk olarak giriş tankından makinelere değil belirlenen bir dağıtım noktasından makinelere göndermek gerekmektedir. Giriş tankları sayesinde sistemden çıkması beklenen üretim miktarları takip edilmiştir. Bu tankları istenilen sayıda kapasite tanımlanmıştır ve sifıra kadar inmesi

beklenmiştir. Bu takip sonunda o lokasyondaki (yatak örtüsü üretimi) sayı sıfıra ulaştığı an diğer ürünün (yastık) o makineye gönderimi gerçekleşmektedir.

Lokasyonlarda işlem gören ürün sayısını gösteren sayaçlar bu modelde sisteme tanımlanmıştır. Bu sayede her makinenin işlem adetlerini tespit etmek mümkündür. Modelde yer alan kırmızı sayaçlar yatak örtüsünü, açık yeşil olanlar ise yastık üretimini saymaktadır.

Senaryo-1 de olduğu gibi Senaryo-2 de oluşturulan simülasyon modeli 10 kez tekrarlatılmıştır. Bu sayede amaçlanan toplam üretim sistemi süresine ulaşıp ulaşılmadığı kontrol edilmiştir. Senaryo-2 de de iki makine sistemden çıkarılmıştır. Destek atma konusunda sistemli bir iş ataması yapılmıştır. Boş kalan makineler mesai bitimine kadar çalıştırılmış ve işi bitmeyen makinelere yardım etmeleri sağlanmıştır. Ortalama toplam sürede ciddi bir azalış gözlemlenmiştir. Ayrıca lokasyonların kapasite kullanım oranları da artmıştır. Senaryo-2 de oluşan ortalama toplam süreler, varlık sayıları ve kullanım oranları aşağıdaki Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8: Ekonomik Yatak Örtüsü Senaryo-2 Makinelerin Kullanım Miktarları Ve Oranları

Lokasyon	Toplam süre (ortalama) (saat)	Toplam varlık	Her Varlık için ort. harcanan süre (dk)	Ortalama varlık sayısı	Lokasyonda herhangi bir anda max. varlık sayısı	Kullanım oranı (%)
M1	8,87	222,20	2,37	0,99	1,00	98,88
M2	8,87	221,60	2,37	0,99	1,00	98,80
M3	8,87	132,30	1,99	0,99	1,00	99,16
M4	8,87	131,90	2,00	0,99	1,00	99,14
M5	8,87	132,00	2,00	0,99	1,00	99,14
M8	8,87	362,40	1,33	0,91	1,00	90,81
M9	8,87	267,20	1,80	0,90	1,00	90,10
M10	8,87	267,60	1,76	0,88	1,00	88,38
M11	8,87	267,40	1,64	0,83	1,00	82,53
M12	8,87	126,90	3,67	0,87	1,00	87,49
M13	8,87	336,30	1,42	0,89	1,00	89,45
M14	8,87	149,20	2,00	0,56	1,00	56,15
M15	8,87	149,20	1,99	0,56	1,00	55,78
M16	8,87	149,00	2,00	0,56	1,00	55,94

Yukarıdaki tabloda oluşturulan alternatif Senaryo-2 ile iki makine sistemden çıkarılmıştır. Ayrıca M1, M2, M13, M12, M11, M10 ve M9 makinelerine yastık ürünü üretimi yapılması için ikinci bir rota belirlenmiştir. Bu yedi makine de yatak örtüsü üretimini bitirince zaman kaybetmeden yastık ürünü üretmeye başlamıştır. Tablodan da anlaşılacağı üzere ortalama toplam süre 8,87 saate düşmüştür yani 8 saat 53 dakikadır. Fabrikanın mesai saatinin 8,45 saat olduğu düşünülürse istenilen adette ürünün mesai saatleri içinde üretimine çok yaklaşılmıştır. Her varlık için harcanan ortalama sürelerin artmasının sebebi ise lokasyonlardaki toplam varlık sütunundaki değerlerin artmasıdır. Yine bu sütundaki değerlerin artması ortalama varlık sayılarını da artırmıştır. Ayrıca kapasite kullanım oranları da en yüksek seviyelere çıkmıştır. Tekli kapasiteye sahip olan lokasyonların işlem, boş kalma, bekleme ve duruş oranları aşağıdaki Tablo 9’da verilmiştir.

Tablo 9: Ekonomik Yatak Örtüsü Senaryo-2’de Tekli Kapasiteye Sahip Lokasyonların Kullanım Oranları

Lokasyon	Toplam süre (ortalama) (saat)	İşlem (%)	Boş (%)	Bekleme (%)	Duruş (%)
M1	8,87	56,94	1,12	0,00	41,94
M2	8,87	56,84	1,20	0,00	41,96
M3	8,87	99,16	0,84	0,00	0,00
M4	8,87	99,14	0,86	0,00	0,00
M5	8,87	99,14	0,86	0,00	0,00
M8	8,87	90,82	9,19	0,00	0,00
M9	8,87	90,10	9,90	0,01	0,00
M10	8,87	84,34	11,62	0,00	4,04
M11	8,87	78,07	17,46	0,01	4,46
M12	8,87	87,49	12,51	0,00	0,00
M13	8,87	73,76	10,56	0,00	15,69
M14	8,87	56,15	43,85	0,00	0,00
M15	8,87	55,78	44,22	0,00	0,00
M16	8,87	55,94	44,07	0,00	0,00

Yukarıdaki tabloda makinelerin sistem içinde işlem yapma, boş kalma, bekleme ve duruş oranları verilmiştir. İş ataması yapılan makinelerin işlem oranlarının yüksek değerlere sahip olduğu anlaşılmaktadır. Bununla birlikte diğer makinelerde de yüksek değerler görülmüştür. Boş kalma oranları ve duruş oranları da kurulacak başka bir simülasyon modelinde daha aşağıda değerlere çekilebilir.

Tablo 10’da ise Senaryo-2’de ürünlerin her biri için sistemden ortalama çıkış süreleri, sistemdeki ortalama süreleri ve ortalama duruş sürelerine yer verilmiştir.

Tablo 10 : Ekonomik Yatak Örtüsü Senaryo-2’de Ürünlerin Çıkış Süreleri

Ürünler	Toplam Miktar	Bir ürünün ortalama çıkış süresi (dk)	Ortalama duruş süresi (dk)
Yatak örtüsü	280	7,00	3,18
Yastık	560	6,84	2,89

Yukarıdaki tabloda bir ürün ortalama 7,00 dakikada (yatak örtüsü) ve 6,84 dakikada (yastık) sistemden çıkmaktadır. Yastık ürünündeki bu süre mevcut duruma göre artış göstermiştir. Bunun sebebi ise mevcut durumda 40 saniyede bir ürün çıkış gerçekleşirken Senaryo -2’de 80 saniyede bir ürün çıkışı olmasıdır. Ancak destek atma sayesinde ortalama toplam süre azalmıştır.

Mevcut durumundan edinilen lokasyonların kullanım oranlarına bakılarak iki makineye ihtiyaç olmadığı öngörülmüştür. Senaryo-2’de bu iki makine sistem dışı bırakılmış ve analizleri yapılmıştır. Ayrıca fazla mesai engellenmek için boş kalan makinelere iş ataması gerçekleştirilmiştir. Kurulan bu yeni modelde mesai saatine çok yaklaşılmıştır. Mevcut durumda ve Senaryo – 1’de 9,41 (saat) olan ortalama toplam süre, Senaryo – 2’de 8,87 (saat) değerlerine kadar düşmüştür. Hem yeni bir maliyete katlanmadan hem de mevcut makine sayılarını iki adet azaltarak, boş bekleyen makinelerin de en aktif şekilde kullanılmasını sağlayan yeni bir model oluşturulmuştur. Sürenin azalmasındaki en önemli etken destek atma işleminin gerçekleştirilmiş olmasıdır. Bu sayede makinelerin işlem içerisinde oldukları oranlar artmış ve lokasyonların kapasite kullanım oranları artmıştır. Bütün bu etkenler ortalama toplam sürenin yaklaşık %6 azalmasını sağlamıştır. Üretim için amaçlanan miktar değiştirilmeden daha kısa sürede üretim tamamlanabilmektedir. Fabrika içerisindeki makineler olabildiğince aktif şekilde kullanılmıştır. Senaryo – 2 ile daha anlamlı ve faydalı bir sonuç elde edilmiştir. Bu senaryoda bir günlük mesai saatleri içerisinde istenilen miktarda ürünün üretimini gerçekleştirmek amaçlanmıştır. Bu amaca kurulan model sayesinde ulaşılmıştır.

4. SONUÇ

Bir üretim sisteminin simülasyonunu oluşturmak için gerçek hayattaki çalışma prensiplerini çok iyi ve gerçekçi bir şekilde takip edip en doğru verilere ulaşmak gerekir. Bu süreç zorlu ve dikkat gerektirir. Simülasyon ile modellemesi yapılan fabrika üretim sisteminde birçok bölüme sahiptir. Ancak yapılan uygulama sadece dikiş bölümü ele alınarak oluşturulmuştur. Bunun sebebi fabrikanın bir ürün grubunu üç iş gününde teslimata hazır hale getirmesi ve ilk gün kesim, ikinci gün dikim ve son gün paketleme yapmasıdır. Bu sebeple asıl üretimin yapıldığı dikiş bölümü uygulama için seçilmiştir.

Uygulama için en çok üretilen ürün olan ekonomik yatak örtüsü takımı seçilmiştir. Bu ürünün parçalarının işlem gördükleri makineler, işlem süreleri ve üretim miktarları gibi değerler fabrika içerisinde tutulan gerçekçi değerler ile programa aktarılmıştır. Ekonomik yatak örtüsü takımı için mesai saatleri içerisinde üretimi tamamlayamama ve boş kalan makineler gibi sorunlarla karşılaşmıştır. Simülasyonun en önemli avantajlarından biri olan hiçbir maliyete katlanmadan deneme yanılma yapabileme özelliği sayesinde bu iki ürün içinde değişiklikler yapılmış ve en uygun olanları senaryolar halinde çalışmaya eklenmiştir. Senaryo-1 oluşturulurken mevcut durumun analizinden elde edilen makinelerin işlemde kalma oranları dikkate alınmıştır. Bu oranlar neticesinde fabrika iki makineyi üretim sisteminden çıkarsa dahi aynı işi aynı süre zarfında yapabilmektedir. Bu durum fabrikanın hem makine bakım onarım maliyetlerinden hem de o makine de çalışan işçinin maliyeti gibi etkenlerden kurtulmasını sağlayacaktır. Senaryo-2 oluşturulurken ise yine mevcut durumun analizlerine bakılarak asıl sorunun mesai saatleri içerisinde üretim yapılamadığı görülmüştür. Mevcut durum makine kullanım oranları düşük olan makineler tespit edilmiş ve yine iki makinenin sistemden çıkarılması işlemi yapılmıştır. Ancak bu senaryoda „destek atma“ olarak adlandırılan durumda modele ekleneceği göz önünde bulundurularak sistemden çıkarılan makineler Senaryo-

l'de sistemden çıkarılan makinelerle aynı olmamıştır. Hedeflenen ise mesai saatleri içerisinde üretimin tamamlanmasıdır. Bir günlük üretim süresi boyunca işlemi biten makineler boş beklemeden halen üretimi devam eden diğer ürünleri üreterek sisteme yardım etmektedirler. Bu sayede mesai saatleri içerisinde hedeflenen üretim sayısına ulaşılmaktadır. Yapılan bu senaryo ile fabrika hem iki makine ve oluşturduğu maliyetlerden kurtulmuş olur hem de işçilik maliyetlerini azaltabilir.

Uygulanan senaryolar sonucunda, her iki senaryonun da kendine özgü pozitif anlamda fabrikaya katkılarının olabileceği görülmüştür. Fabrika bu senaryolardaki gibi değişiklikler yaparak üretim sisteminde iyileştirmeler yapması, yapılan analizlerden de görüleceği üzere faydalı olacaktır.

Sonuç olarak simülasyonun en önemli avantajlarından biri olan öngörü ve tahmin yolları açması özelliği, fabrika yöneticilerine sistemin genel işleyişi ve yapılabilecek değişikliklerin analizlerini görerek hareket etme imkanı sağlar. Bu çalışmanın uygulama aşamasında sürekli olarak fabrika yöneticileri ile görüşme ve fikir alışverişi içerisinde olunmuştur. Bu süreçte fabrika yöneticileri çalışmayı takip etmişlerdir. Elde edilen sonuçlar onlara yol gösterir nitelikte olmuş ve fabrikanın üretim sisteminde makine sayılarını azaltmışlardır.

KAYNAKLAR

- Akın, N. G.,(2015). Kanepa Montaj Hattının Dengelenmesi ve Benzetim Yöntemi ile Sınanması. *Çankırı Karatekin Üniversitesi. İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*. Cilt 5. Sayı 1. 95-120.
- Aksaraylı, M., Kıdak, B. L., Güneş, M. (2009). Sağlık İşletmelerinde Yatak Kullanım Etkinliğinin Benzetim Yoluyla Optimizasyonu: Bir Eğitim Ve Araştırma Hastanesi Uygulaması. *Gazi Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*. 11(1):1-22.
- Astra, M., Nasbey, H., Nugraha, A. (2015). Development of an Android Application in the Form of a Simulation Lab as Learning Media for Senior High School Students. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 11(5), 1081-1088.
- Buchan, J. T., Robinson, M., Christie, H. J., Roach, D. L., Ross, D. K., Marks, N. A. (2015). Molecular Dynamics Simulation Of Radiation Damage Cascades In Diamond. *Journal Of Applied Physics* 117, 245901.
- Chia-Yen, L., Chien-Hung, C., Chen-Fu, C. (2014). A Simulation Analysis For Evaluating TFT-LCD Fab Capacity Expansion With a Distant Transportation Problem. *International Journal of Production Research*, Vol. 52, No. 6, 1868–1885.
- Correa, J. C. (2016). The Behavioral Interaction of Road Users in Traffic: An Example of the Potential of Intelligent agent-based Simulations in Psychology. *Revista Latinoamericana de Psicología* 48, 201-208.
- Çörekcioğlu, S. ve Sezen B. (2011). Üretim Etkinliğinin Artırılmasında Simülasyon Yaklaşımı ve Bir Üretim Atölyesinde Uygulama. *Kafkas Üniversitesi, İ.İ.B.F. Dergisi*. Cilt:1-Sayı:2, 53-75. <http://iibfdergi.kafkas.edu.tr/wp-content/pdfs/c1s2/053-075.pdf>
- Denizhan, B. (2006). *İmalat Lojistiği Benzetim Modeli ve Bir Uygulama*. (Doktora Tezi). Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Florea, N. V. (2016). Using Simulation And Modeling To Improve Career Management Processes in Organizations. *Theoretical and Applied Economics Volume XXIII, No. 3(608), Autumn*, pp. 267-282.
- Gong, L., Fan, W., Yu, M., Washing, E. M. (2016). Calibrating Microscopic Traffic Simulation Models Using Speed-flow Data. *Advances in Transportation Studies an international Journal Section A* 39.
- Gürler, İ. ve Güler M. E., (2009). Üretim Süreçlerinde Kullanılan Teknoloji İçin Seçim Kriterleri ve Süreçlerin Yeniden Yapılandırılmasında Simülasyon Uygulaması. *Ege Akademik Bakış*, 9 (2). 623-635. http://eab.ege.edu.tr/pdf/9_2/C9-S2-M12.pdf
- Hernandez, B. V., Roman, V. R., Marines, R. L., Sanchez, G. F. (2005). A Strategy For Simulation and Optimization of Gas and Oil Production. *Computers and Chemical Engineering* 30 (2005) 215–22.
- Jean-Claude, B., Jean-Pierre, L., Noël G. (2016). Airport Emergency Evacuation Planning: An Agent-Based Simulation Study of Dirty Bomb Scenarios. *Ieee Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, vol. 46, no. 10.
- Kağncıoğlu, C. H. (2012). İşletmelerde Üretim Yönetimi ve Sistemi. *Üretim Yönetimi*. (2-29), ed. C.H. Kağncıoğlu. *Anadolu Üniversitesi Yayını No: 2584*. Eskişehir.
- Karaca, S. (2007). *Simülasyon Modellemesi İle Mobilya Üretiminde Sistem Analizi ve Optimizasyonu*. (Doktora Tezi). Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Koruca, H. İ., Aydemir, E., Oktay, A., Uğurlu, N. (2011). A Research on Simulation-based Personnel Planning and Organizational Restructure in Electricity Maintenance Unit at City of Isparta. *Journal of Natural and Applied Sciences*, 15-3.118-223.

- Kurşun, S. (2007). *Tekstil Endüstrisinde Benzetim Tekniği İle Üretim Hattı Modellemesi Ve Uygun İş Akış Stratejisinin Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Lei, L., Pak, W. C. (2016). Lidar Observation And Numerical Simulation Of Vortex/Wave Shedding At The Eastern Runway Corridor Of The Hong Kong International Airport. *Meteorological Applications Meteorol. Appl.* 23: 379–388.
- Li, C., Shao, S. (2016). A Dynamic Computable General Equilibrium Simulation of China's Innovation-Based Economy Under the New Normal. *J. Shanghai Jiaotong Univ. (Sci.)*, 21(3): 335-342
- Li, L., Quan, Z., Yuebin, Y., Yaning, W., Shuguang, L. (2015). Study On Thermal Performance Of Micro-Channel Separate Heat Pipe For Telecommunication Stations: Experiment And Simulation. *International Journal Of Refrigeration* 59. 198–209.
- Li-Chih, W., Allen, W., Chun-Ya, C. (2016). Development Of A Capacity Analysis And Planning Simulation Model For Semiconductor Fabrication. *Int J Adv Manuf Technol DOI 10.1007/s00170-016-9089-z*.
- Lie, E., Tang, M., Tan, K. G. (2014). Annual Anlysis of Competitiveness, Simulation Studies and Development Perspective for 34 Greater Chine Economies: 2000-2010. *World Scientific Publishing Company*, 703953.
- Mevlütöğlü, A. (2010). Modelleme ve Simülasyon Teknolojilerinin Tedarik Süreç Yönetiminde Kullanılması ve Simülasyon Tabanlı Tedarik Yöntemi. *Savunma Sanayi Gündemi*, Sayı:11,22-26. http://www.ssm.gov.tr/anasayfa/kurumsal/SSM%20Dergisi/dergi_12.pdf
- Özdamar, K., (1988). Bilgisayar ile Benzetim Yöntemleri. *Eskişehir. Anadolu Üniversitesi Yayınları*. No.281. Fen-Edebiyat Yayınları. No.14.
- Öztürk, F., Özbek, L., (2004). *Matematiksel Modelleme ve Simülasyon*. Ankara: Gazi Kitabevi.
- Park, K. P., Ham, S., Lee, C. (2016). Application and Validation of Production Planning Simulation in Shipbuilding. *Ocean Engineering* 114 (2016) 154–167.
- Rubio-Campillo, X., Cela, J. M., Cardona, F. (2013). The Development Of New İnfantry Tactics During The Early Eighteenth Century: A Computer Simulation Approach To Modern Military History. *Journal of Simulation* 7, 170–182.
- Ruiz, N., Giret, A., Botti, V., Feria, V. (2014). An İntelligent Simulation Environment For Manufacturing Systems. *Computers & Industrial Engineering* 76 (2014) 148–168.
- Sandanayake, Y. G., Oduzoa, C. F., Proverbs, D. G. (2008). A Systematic Modelling and Simulation Approach For JIT Performance Optimisation. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 24 (2008) 735–74.
- Sedlacek, M. (2014). The Use Of Simulation Models For The Optimization Of Transport And Logistics Company Processes. *The International Journal of Transport & Logistics Issn 1451-107x*.
- Shuo-Ju, Y., Shau-Shiun, J. (2015). GBAS Airport Availability Simulation Tool. *GPS Solut* (2016) 20:283–288.
- Simurg. (01.09.2012). *Simülasyon Kullanım Oranları*. <http://www.simurg.sakar-ya.edu.tr/portal/?p=27>, (09.01.2016).
- Stephen, L. D., Dahai L. (2016). Effects of Baggage Volume and Alarm Rate on Airport Security Screening Checkpoint Efficiency using Queuing Networks and Discrete Event Simülation. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*. 26 (1) 95-109.
- Taha, H. A., (2000). *Yöneylem Araştırması*. 6. Basımdan Çeviri (Ş.A.Baray ve Ş.Esnaf). İstanbul: Literatür Yayıncılık.
- Tanrıtanır, E., Hocaoglu, F. (1999). Bir Mobilya Fabrikasında Optimal Çmalat Politikasının Belirlenmesi. *Tr. J. of Agriculture and Forestry* 23 Ek Sayı 3, 699-705.
- Teresa, G., Thomson, W. (2016). Use of Simulation in Undergraduate and Graduate Education. *AACN Advanced Critical Care Volum e 27, Num ber 1, pp. 8 6 -9 5*.
- Thomas, G., Mayr, M., Rokitansky, C. (2016). A Method for SWIM-Compliant Human-in-the-Loop Simulation of Airport Air Traffic Management. *Hindawi Publishing Corporation International Journal of Aerospace Engineering Volume 2016, Article ID 6806198, 15 pages*.
- Üner, Ö., Özkale C., Aladağ, Z., Yazgan, B. Y. (2005). Üretim Sistemi Tasarımında Konveyörlü Taşıma Alternatiflerinin Simülasyon Yöntemiyle Değerlendirilmesi, *İstanbul Ticaret Üni. Fen Bilimleri Dergisi*. Yıl: 4 Sayı: 8.49-73.
- Xiaoliang, M., Ding, L. (2016). Modeling Cyclist Acceleration Process For Bicycle Trafıc Simulation Using Naturalistic Data. *Transportation Research Part F* 40, 130–144.
- Yıldız, A. (2010). *Benzetim Modellemesi İle Üretim Sistemlerinde Süreç Optimizasyonu Ve Bir Uygulama Çalışması*. (Yüksek Lisans Tezi). İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Yiğit, A. (2012). *Bir Ofis Mobilyası Üretim Sisteminin Simülasyon İle Analizi Ve Optimizasyonu*. (Doktora Tezi). Tokat: Gaziosmanpaşa Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Yörür, B. (2005). *Tedarik Zinciri Yönetiminin Teslim Tarihlerine Olan Etkisinin Araştırılması*. (Yüksek Lisans Tezi). Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.