

YENİ BİR YÖNTEM OLAN MAT-LAYOUT YAZILIMI İLE TESİS İÇİ YERLEŞİMİ VE BİR ÖRNEK UYGULAMA

Yusuf KARADEDE*, Serkan ÇALIŞKAN, Hasan Hüseyin ÖNDER

Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Özet

*Tesis İçi Yerleşimi Tasarımı
Modelleme
Benzetim
Verimlilik Analizi
Orman Ürünleri Endüstrisi*

Tesis içi yerleşimi tasarımında mevcut alanın etkin kullanılması önemlidir. Bu çalışmada, tesis içi yerleşimi problemine çözüm bulmak için Borland C++ programlama dilinde geliştirilen Mat-Layout yazılımı ile uygun bir çözüm aranmıştır. Mat-Layout yazılımına öncelikli olarak tesis içerisinde iş akışını bozan iş istasyonu ve bu iş istasyonu ile ilişkili diğer iş istasyonları tanıtılmalıdır. Akabinde, iş akışını bozan istasyon ile ilişkili istasyonların tesis içerisindeki koordinatları, ağırlıklandırılmış matris değerleri ve tesis içindeki nihai ürünlerin ağırlıkları çarpılarak ilgili istasyon sayısına oranı prensibine göre çalışmaktadır. İş istasyonlarının koordinatlarını belirlemek için Autocad 2004 hazır paket programı kullanılmıştır. Bu yazılım örnek olarak Orman Ürünleri Endüstrisi'nde kapı üretimi yapan bir fabrikada uygulanmış ve toplam akış şiddetinde %47.59 iyileşme sağlanmıştır. Mevcut sistem ile Mat-Layout yazılımının alternatif modelleri sunularak Arena simulasyon yazılımında karşılaştırmaları yapılmıştır.

LAYOUT DESIGNING WITH MAT-LAYOUT SOFTWARE THAT IS NEW METHOD AND A EXAMPLE APPLICATION

Keywords

*Layout Design
Modelling
Simulation
Efficiency Analysis
Forest Industry Production*

Abstract

Effective using of existing area is important for layout designing. In this study, it is researched a suitable solution to design facility layout with software that is developed in Borland C++ program language by considering interaction diagram, flow of last product weight in the factory and position of work stations. In Mat-layout software primarily should be introduced that disrupts the workflow in the work station and that station facilities associated with other workstations. Subsequently, it operates according to principles as coordinates of the associated stations with station facility that disrupts the workflow in the station, weighted matrix value and weight of the last product in the plants are multiplied by the ratio of the number of stations. Autocad 2004 is used to determine work station's coordinates. In this software it is applied in Forest Industry Production factory that manufacture doors and gets 47.59 % improvement in workflow. The current system and the alternatives models of Mat-layout software was compared on the Arena simulation software.

1. Giriş

Günümüzde işletmeler arasında artan rekabet geçmiş yıllara göre daha çok olmaktadır. Buna paralel olarak işletmelerde ortaya çıkan mühendislik problemleri artmış ve bu problemleri çözmek için yeni metotlar

geliştirilmiştir (Meller vd., 2007). Tesis içi yerleşim tasarımı mühendislik problemlerinden sadece bir tanesi olup, ilerleyen zaman içerisinde çözümü gittikçe zorlaşmıştır. Bunun sebebi tesis içi yerleşim seçiminde

* İletişim yazarı: yusufkaradede@sdu.edu.tr, +90-246-211-0842

rol oynayan faktörlerin artması ve uygun bir çözüm bulmanın imkansız hale gelmesidir. Günümüzün karmaşık zor problemlerine hızlı ve kolay çözüm bulmak için yeni çözüm yöntemleri geliştirilmiştir (Yanru Chen vd., 2015). Bu yöntemlerin çoğu büyük boyutlu problemleri çözmek için tavlama benzetimi (Bozer ve Wang, 2012), genetik algoritma (Garcia-Hernandez vd., 2013), tabu algoritması (Kulturel-Konak, 2012), karınca kolonisi optimizasyonu (Kulturel-Konak ve Konak., 2011) ve parçacık sürüsü optimizasyonu (Asl ve Wong, 2015) gibi sezgisel algoritmalara dayanmaktadır.

Bu çalışmada tesis içi yerleşim problemlerinin çözümü için Borland C++ programlama dilinde Mat-Layout adlı bir yazılım geliştirilmiştir. Bu yazılımın arka planında iş istasyonlarının koordinatlarının yanı sıra iş istasyonları aralarındaki ilişki diyagramı ve nihai ürünlerin ağırlık olarak fabrika içi hareketleri esas alınmıştır. Mat-Layout yazılımı iş istasyonları arasındaki ilişki matrisine ve nihai ürünlerin ağırlık olarak tesis içi hareket değerlerine hassastır. Mat-Layout yazılımda iş akışını en kötü etkileyen istasyon tanıtılmakta ve bu iş istasyonu için en uygun konum önerilmektedir.

Bu çalışma aşağıdaki başlıklar altında sunulmuştur. İkinci bölümü bilimsel yazın taraması oluşturmaktadır. Üçüncü bölüm uygulamanın gerçekleştiği fabrikanın mevcut tesis içi yerleşim planı, ürünlerin iş akış güzergahları, iş istasyonları arasındaki ilişki diyagramı, nihai ürünlerin ağırlık olarak fabrika içi hareketi tablo ve şekiller yardımıyla incelenmiştir. Dördüncü bölümde Mat-Layout yazılımı tanıtılmış ve algoritması verilmiştir. Beşinci bölümde mevcut durum ve alternatif durumun ortaya koyduğu sonuçların projeksiyonu sunulmuştur. Son bölüm sonuç ve tartışma kısmında ise Mat-Layout yazılımının ürünlerin iş akışında oluşan tıkanıklığı önemli derecede düşürdüğü ve ileride yapılacak çalışmalara katkısı anlatılmıştır.

2. Bilimsel Yazın Taraması

Bilimsel yazın incelendiğinde tezgâh yerleşim düzenlerinin tesis planlaması veya tesis yerleşimi başlıkları adı altında araştırıldığı görülmektedir (Aksaraylı ve Altuntaş, 2009). Çalışmalarda tezgâh yerleşimi ile ilgili problemler tesis planlama problemi olarak ele alınmıştır. Tesis yerleşimi ile ilgili geliştirilmiş modeller geniş uygulama alanlarında kullanılmaktadır (Hale and Moberg Christopher, 2003). Tesis planlaması problemleri genel olarak statik ve Ayrıca yaptıkları çalışma ile literatürdeki diğer yöntemlerle karşılaştırmalı sonuçlar vermişler ve geliştirilen algoritmanın, tesis yerleşimi için incelenen problemin maliyetini daha düşük olduğunu göstermişlerdir. Benzer şekilde, Wei ve Mejabim (2008) yılında yaptıkları çalışmada 0-1 Tamsayılı doğrusal olmayan bir problem tanımlamışlar ve bu

deterministik modeller yaklaşımı ile çözülmektedir (Askin Ronald and Standridge Charles , 1993).Tesis içi tezgâh yerleşimi için literatürde “ürüne göre yerleşim”, “sürece göre yerleşim”, “sabit konumlu yerleşim” olarak bilinen yerleşim şekilleri konusundaki çalışmalar son yıllarda azalmış olmasına karşın “hücre yerleşim” olarak bilinen yerleşim şekli son yıllarda çok yoğun bir şekilde üzerinde çalışılan bir alan olmuştur. Hücre yerleşim konusunda hücre şeklinin oluşturulması, hücreler arası taşımaların en küçüklenmesi ve hücre için taşımaların en küçüklenmesini amaçlayan çalışmalar artmış ve yeni modeller önerilmiştir (Aksaraylı ve Altuntaş, 2009).

Bilimsel yazın incelendiğinde, özellikle tesis içi yerleşimi tasarımı konusunda pek çok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalardan tesis planlamasına yönelik bazı çalışmalar bu kısımda özetlenmiştir. Kulak ve Durmuşoğlu'nun (2004) yaptıkları çalışmada fonksiyonel olarak oluşturulmuş bir üretim sürecini hücre üretime dönüştürmek isteyen tasarımcılara aksiyonlarla tasarım prensiplerine göre hazırlanmış bir yöntem önermişlerdir. Önerilen yöntem, hücre üretilen sisteminin değerlendirilmesini ve geliştirilmesini sağlayan geri besleme sistemini de içermektedir. Benzer şekilde, hücre üretilen için hücre oluşturma problemini ele alan Saraç ve Özçelik (2006), alternatif rotaların varlığı durumunda hücre oluşturma problemini çözmek için bir genetik algoritma geliştirmişlerdir. Önerilen algoritma, en iyi hücre sayısını da belirleyebilmektedir. Ayrıca yaptıkları çalışma ile sadece alternatif rotaların var olduğu hücre oluşturma problemlerinde değil, genel hücre oluşturma problemlerinde de önerdikleri algoritmanın başarılı olduğunu göstermişlerdir. Lahma ve Benjaafar (2005) ise, ürünlerin ve ürün taleplerinin dönemden döneme değişebildiği ve her dönem başında yeniden yerleşimin yapıldığı ortamda dağıtılmış yerleşim dizaynı için bir prosedür göstermişlerdir. Gösterilen prosedürde amaç, her dönemdeki malzeme akış verimi ile dönemler arası yeniden yerleşim maliyetini dengede tutan bir yerleşim dizaynı etmektir. Önerilen prosedür ile talep değişkenliğinin yüksek veya ürün çeşitliliğinin düşük olduğu zamanlarda dağıtılmış yerleşimin çok önemli olduğunu göstermişlerdir. Anjos ve Vannelli (2006), tesis yerleşim problemleri için yeni bir algoritma önermişlerdir. Önerilen algoritma iki yeni matematiksel programlama modeline dayanmaktadır. İlk algoritma, ikinci algoritmada kullanılmak üzere iyi bir başlangıç çözüm noktası bulmak içindir. İkinci algoritma ise tesis yerleşim probleminin denge kısıtlarının varlığında bir içbükey matematiksel model olarak ifade edilmiştir.

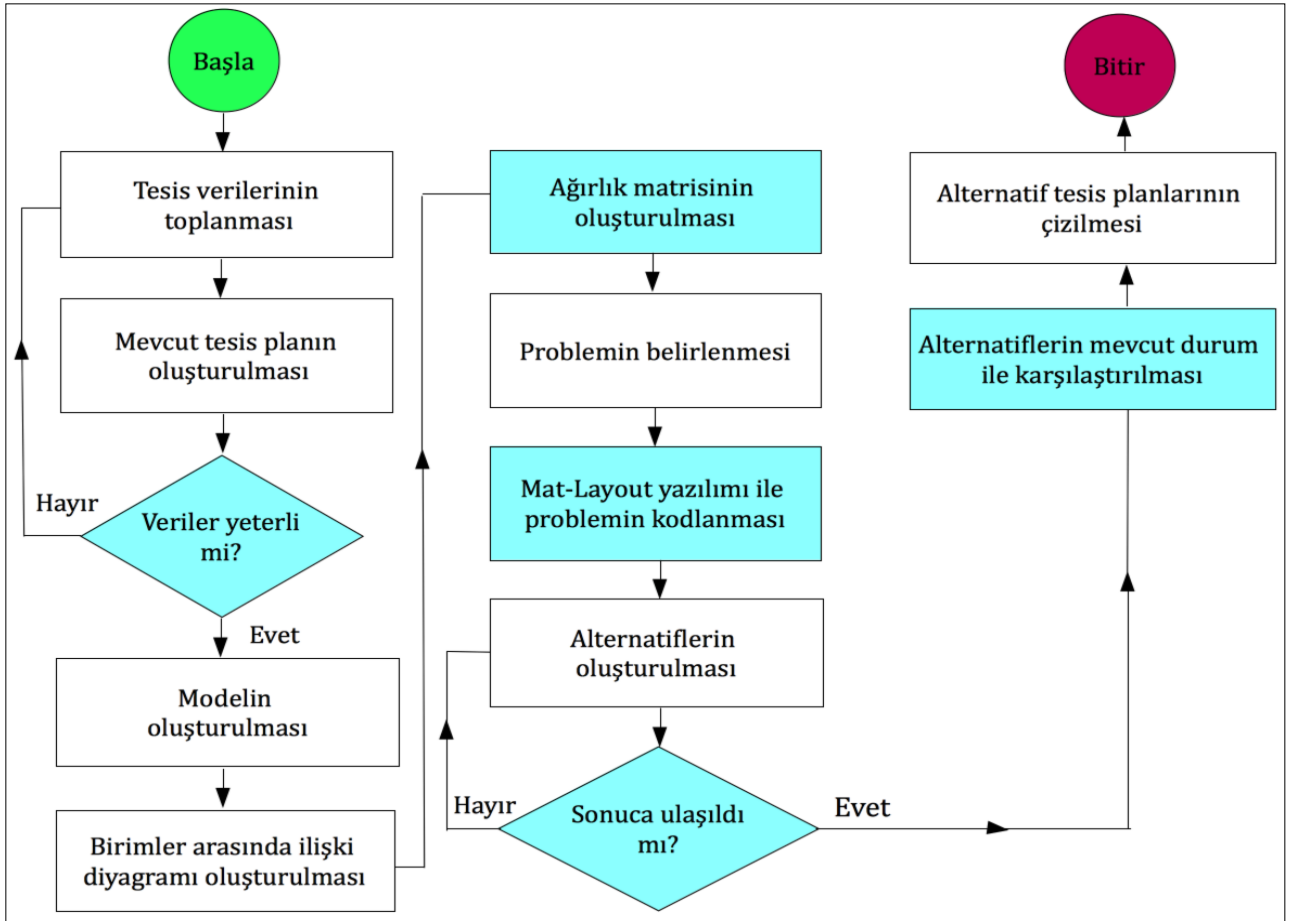
problemin çözümünü hücre içi taşımaları en küçükleyecek bir kümeleme algoritması ile vermişlerdir. Önerdikleri algoritma, tanımladıkları problem için uygun bir çözüm vermektedir. Ayrıca, geliştirdikleri algoritma özellikle makineler arası taşımaların AGV ile yapıldığı üretim sistemleri için iyi sonuçlar verdiğini tespit etmişlerdir. Hachicha vd.

(2007) çalışmalarında, benzetim tabanlı bir yöntem önermişlerdir. Önerilen yöntem hücrenel üretimde, olasılıksal bir bakış açısıyla daha iyi bir hücre yerleşimi oluşturmaya yöneliktir. Önerilen yöntem, ilk hücre yerleşimi elde edildikten sonra hücreler arası taşıma miktarını azaltacak bir yöntemdir. Daha kapsamlı bir çalışma yapan Jiang ve Nee (2013), tesis içi yerleşim (FLP) için manuel ve otomatik olacak şekilde iki modül ile desteklenmiş gerçek zamanlı arttırılmış gerçeklik (AR) teknoloji tabanlı yeni bir fabrika planlama sistemi(AFLP) sunmuşlardır. AR teknolojisi herhangi bir nesneye tutulduğunda etrafındaki nesnelere etkileşime geçerek kullanıcının konuma bağlı veri sağlamasını, yerleşim kriterlerini ve kısıtlarını gerçek zamanlı formüle edebilmektedir. AR teknolojisi ile fabrikanın bilgilerini elde etmişlerdir. AFLP sistemi etkileşim, modelleme, değerlendirme ve optimizasyon modülü olacak şekilde dört modülden oluşmaktadır. Modelleme modülü ile kullanıcı önceki modelleri kullanarak blok ve sütun gibi tesislerin yeniden yapılandırılması için hızlı gerçek zamanlı modelleme yöntemini kullanmaktadır. Değerlendirme modülü; kullanıcının tesis yerleşim kriterlerini ve kısıtlarını belirlemek için fonksiyonların ve modellerin ayarlanmasını yapabilmektedir. Ayrıca, farklı tesis yerleşim planlarının özel gereksinimlerini karşılamak için kısıtların ve kriterlerin içerikleri ve sayıları duruma göre ayarlanabilmektedir. Manuel planlama sürecinde kullanıcılar yeni tesis yerleşimi modellerini değiştirebildiği gibi, değerlendirme modülü kullanıcıların kararlar almalarına gerçek zamanlı geri dönüş sağlayabilmektedir. Otomatik planlama sürecinde ise tek amaç fonksiyonu modelini formüle etmek için kriterleri birleştirmişler ve sonuçları optimize etmek için genetik algoritma(GA) kullanarak en uygun tesis yerleşim planını oluşturabilmişlerdir. Amaral (2013) çalışmasında tesislerin sıra yerleşiminde ortaya çıkan problemi ele almıştır. Örneğin, n tane tesis arasında t tanesi ortak bazı özelliklere sahip ise aynı sıra boyunca, geriye kalan (n-t) tesisin ise bir paralel sıra boyunca düzenlenmesini söylemiştir. Temel amaç bazı maliyet fonksiyonlarını minimize eden iki sıra şeklinde tesisleri düzenleyebilmektir. Bu problem paralel sıra düzenleme (PROP) olarak adlandırılmaktadır. Sıra düzenleme (ROP) tek sıra tesis yerleşim probleminin(SRFLP) genel şeklidir. Burada SRFLP'nin karışık tamsayılı programlama(MIP) formülasyonunu genişletilerek PROP'un bir MIP formülasyonunu oluşturmuştur. Çalışmasında n tane tesis ile PROP'un n tane tesis ile SRFLP'den daha hızlı çözüm gerçekleştirdiğini söylemiştir. Sonuç olarak SRFLP ve PROP formülasyonlarının teorik ve deneysel karşılaştırmalarına yer vermiştir. Benzer bir çalışma Ou-Yang ve Utamima (2013) bir düz sıra üzerinde tesislerin yer pozisyonu problemi SRFLP olarak adlandırıldığını söylemişler ve SRFLP'nin amacı NP-tam problemi olarak bilinen tesis içi mesafeleri

toplamını minimum olacak şekilde ayarlanması olduğunu ifade etmişlerdir. Çalışmalarında dağıtım algoritma tahmini (EDA) ile birkaç iterasyon çalıştırıldığında çözüm kalitesinin zenginleştiğini aksine artan iterasyonlarda ise çözüm çeşitliliğinin giderek azaldığını belirtmişlerdir. Çeşitliliği korumak adına metasezgisel algoritmalar kullanılarak melez algoritmaların bu sınırlamanın üstesinden gelebileceğini söylemişlerdir. Çalışmalarında parçacık sürüsü optimizasyonu ve tabu araştırmasının birleşiminden oluşan (EDAhybrid) dağıtım algoritmasını geliştirmişlerdir. Ayrıca genişletilmiş yapay kromozom genetik algoritma (eACGA) adını verdiği başka bir melez algoritma da geliştirmişlerdir. EDAhybrid algoritması performansının SRFLP problemi 15 kriter üzerinden değerlendirilerek başarılı optimum çözüm elde edildiğini ve ortalama hata oranı açısından her durumda diğer algoritmalara göre en düşük kaldığını tespit etmişlerdir. Sonuç olarak, metasezgisel algoritma olan EDAhybrid melez algoritması ile temel ve zenginleştirilmiş SRFLP problemlerini çözmek için kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Yanru Chen vd., (2015) çalışmalarında bir lojistik parktaki tesis yerleşimi problemine rekabetçi çözümler elde etmek için iki matematiksel model önermişlerdir. İlk model bölünmüş hatlardan kaynaklanan farklı bölümlerdeki kısımlara fonksiyonel alanlar tahsis etmeyi içermektedir. İkinci model ise tüm fonksiyonel alanların nihai yerleşimini belirlemek için dilimleme yapı tekniğini kullanmaktadır. Ayrıca bir lojistik parkta tesis yerleşimi problemi NP-tam olduğu göz önünde bulundurulduğunda, dağılım arama ile genetik algoritmanın araştırma gücünü birleştiren bir sezgisel yaklaşım sunmuşlardır. Böylece düzenli bir şekilden ziyade düzensiz bir şekle sahip olan lojistik parklar için uygun fiziksel alanın organizasyonunu sunan bir model geliştirmişlerdir.

3. Materyal ve Yöntem

Geliştirilen yöntemlerin uygulaması Isparta Süleyman Demirel Organize Sanayi Bölgesi'nde faaliyet gösteren Orman Ürünleri Endüstrisi'nde hizmet veren bir fabrikada yapılmıştır. Fabrikanın seçilme sebebi; Organize Sanayi Bölgesi'nde kurulan ilk işletme ve bünyesinde böyle bir çalışmanın daha önce yapılmamış olmasıdır. Fabrika üç tip kapı ve kasa üretmektedir. Bunlar; Masif, Panel Amerikan ve PVC kapı ve kasalarıdır. Kapı ve kasa üretiminde aynı makineler kullanılmakta olup sadece iş akışları değişmektedir. Üretim talebe göre gerçekleşmekte ve stoğa dayalı olmaktadır. Uzun zamandır faaliyet göstermesinden dolayı eski ve yeni tip makineler bir arada bulunmaktadır. Bu sebeple fabrikadaki mevcut fiziki alan etkin kullanılamamaktadır. Ayrıca personel tam kapasitede çalışmamakta ve zaman kaybı yaşanmaktadır. Bu problemin çözümünde izlenecek iş akışı Şekil (1)'de verilmiştir.

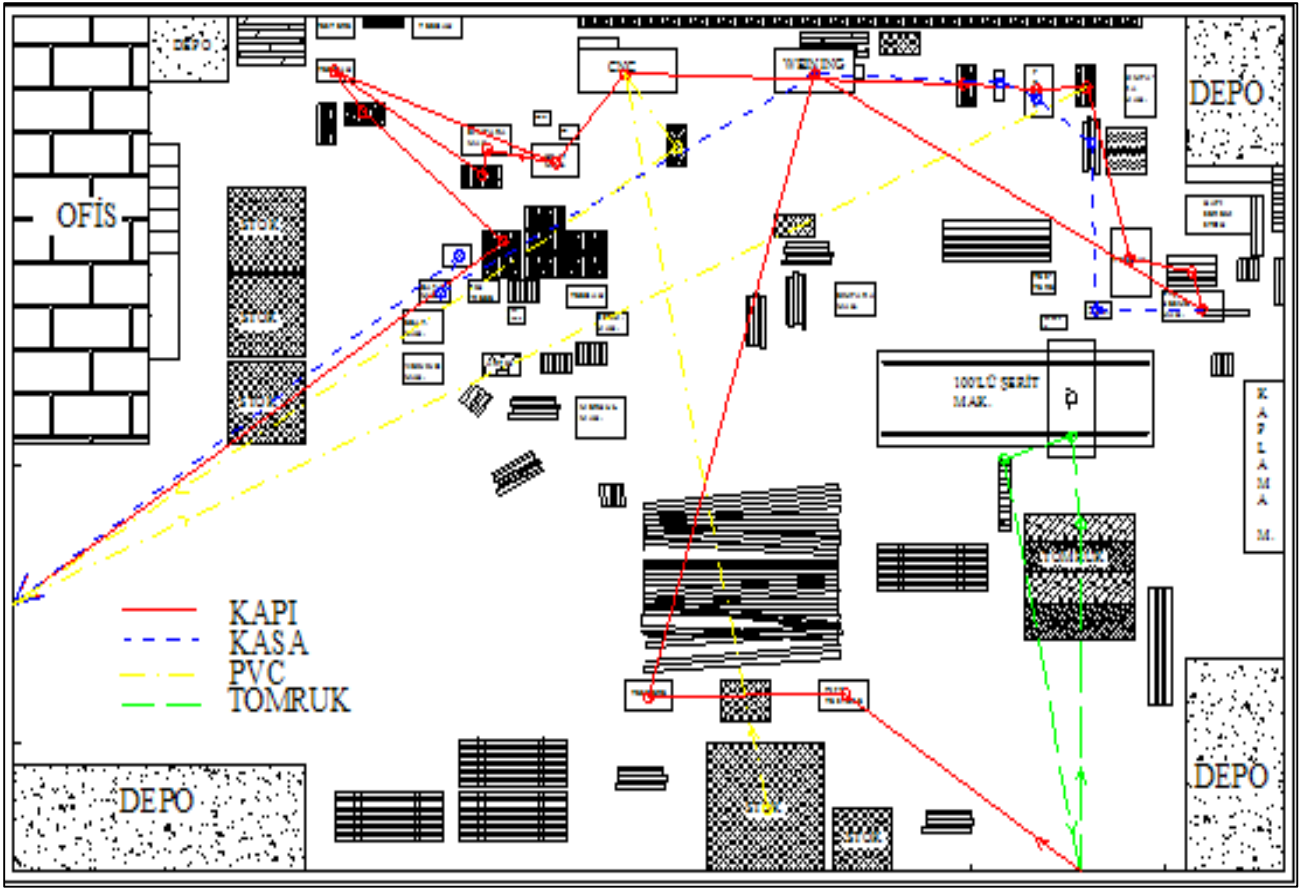


Şekil 1. İş Akış Şeması

3.1. Tesis Verilerinin Toplanması ve Yerleşim Planı Çizilmesi

Kurulacak modelin performansını test edilebilmesi için çalışmada kullanılacak verilerin doğruluğu büyük önem arz etmektedir. Uygulamanın gerçekleştiği fabrikada yapılan zaman etütleri ve önceki çalışmalardan elde edilen veriler kullanılmıştır. Yapılan çalışmada makinelerin fonksiyonları, makine işlem süreleri ve personellerin görev alanları belirlenmiştir. 1972 yılında sektöre ilk adımını atan bu fabrika 1995'ten bu yana orman ürünleri alanında aile şirketi olarak Süleyman Demirel Organize Sanayi Bölgesi'nde hizmet vermektedir. Fabrikanın üretim sürecinde 15 personel çalışmakta ve Firma 3500 m2 kapalı alan olmak üzere toplamda 10000 m2 bir alan üzerinde kurulmuştur. Bu fabrikada Masif, Panel Amerikan ve

pvc kapı ve kasa üretimi yapılmaktadır. Üretimde kullanılan makineler sekiz ana başlık altında toplanmıştır ve makineler ürün akışına göre çeşitli fonksiyonlara sahiptir. Tesis yerleşim planı daha önce çizilmemesi nedeniyle AutoCAD 2004 paket programı yardımı ile yeni baştan çizilmiştir. Tesis yerleşim planı çiziminde esas alınan faktörler; iş istasyonlarının koordinatları, birbirlerine olan uzaklıkları ve kapladıkları alanlar göz önüne alınmıştır. Ayrıca stoklar, ürün atıkları ve kullanılmayan makineler de çizime dahil edilmiştir. Fabrikanın mevcut tesis içi yerleşim planı ve ürünlerin tesis içindeki ürün akış güzergâhları Şekil (2)'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Mevcut Tesis İçi Yerleşim Planı ve Ürün Akış Güzergahları

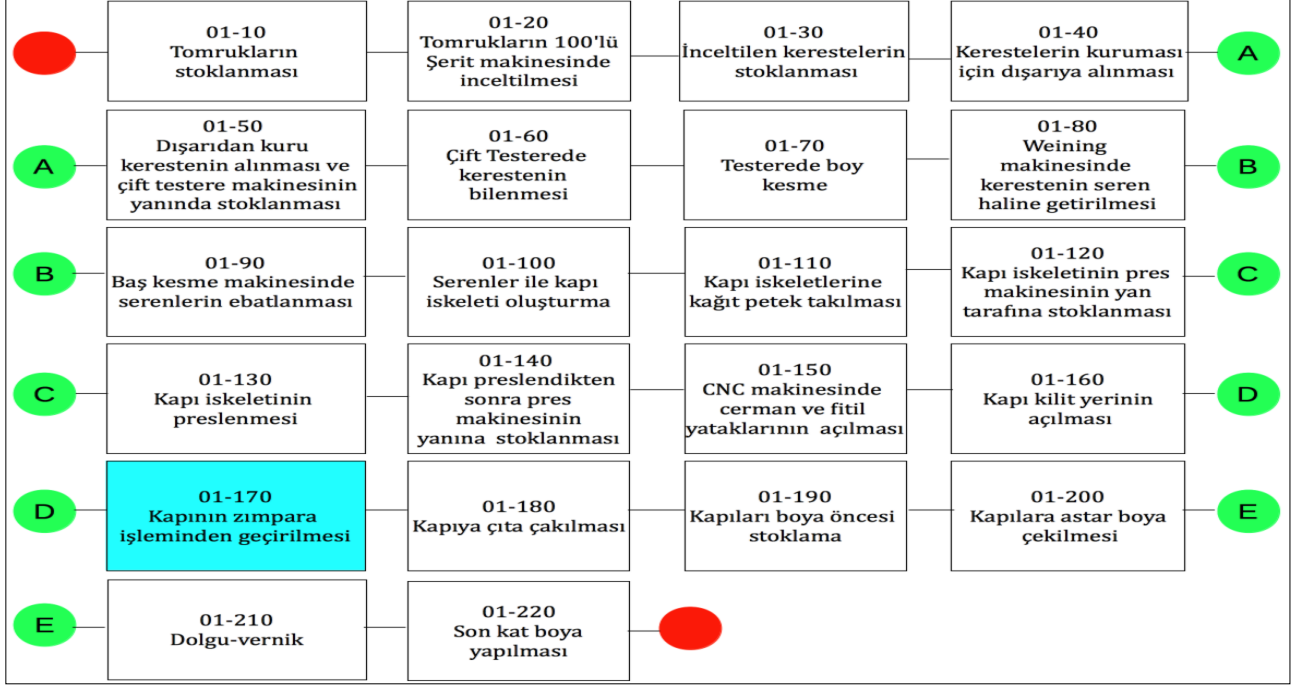
3.2. Model Oluşturma

Çalışmanın yapıldığı fabrikada makinelerin fonksiyonları, makine işlem süreleri ve personellerin görev alanları belirlenmiştir. Mevcut tesis içi yerleşim planı çizildikten sonraki en önemli adım fabrikanın modelinin oluşturulmasıdır. Üç tip kapı üretilen fabrikada tesis içi yerleşim şekli temel yerleşim şekillerinden herhangi birine uymamaktadır. Ancak mevcut tesis içi yerleşim planı incelendiğinde en uygun olan yerleşim şekli ürüne göre yerleşim olduğu söylenebilir. Günlük otuz kapı üretim kapasitesinde olan fabrikada üretim sırasıyla; imalat ve boyahane bölümlerinden oluşmaktadır. Masif ve Panel Amerikan kapıları için genel iş akışı şu şekildedir: Doğu yönünde yer alan kapıdan alınan tomruklar yüzlü şerit makinesinde kesilerek kereste haline getirilmektedir. Akabinde bu keresteler kapı imalatına hazır hale gelebilmesi için dışarıda stoklanarak yaklaşık üç ay bekletilmektedir. Dışarıdan alınan hazır kuru keresteler çift testerede bilenecek testere makinesinde boyaları kesilmektedir. Sonra weining (serenleme) makinesinde seren (hazır mamul) haline getirilerek baş kesme makinesinde ebatlanmaktadır. Ebatlanan serenlerden kapı iskeleti oluşturulmaktadır. Akabinde pres makinesinde çift taraflı preslenmektedir ve pres sonrası iki saat bekletilen kapılar CNC makinesine gönderilmektedir. Burada kapılar cerman, fitil yatakları

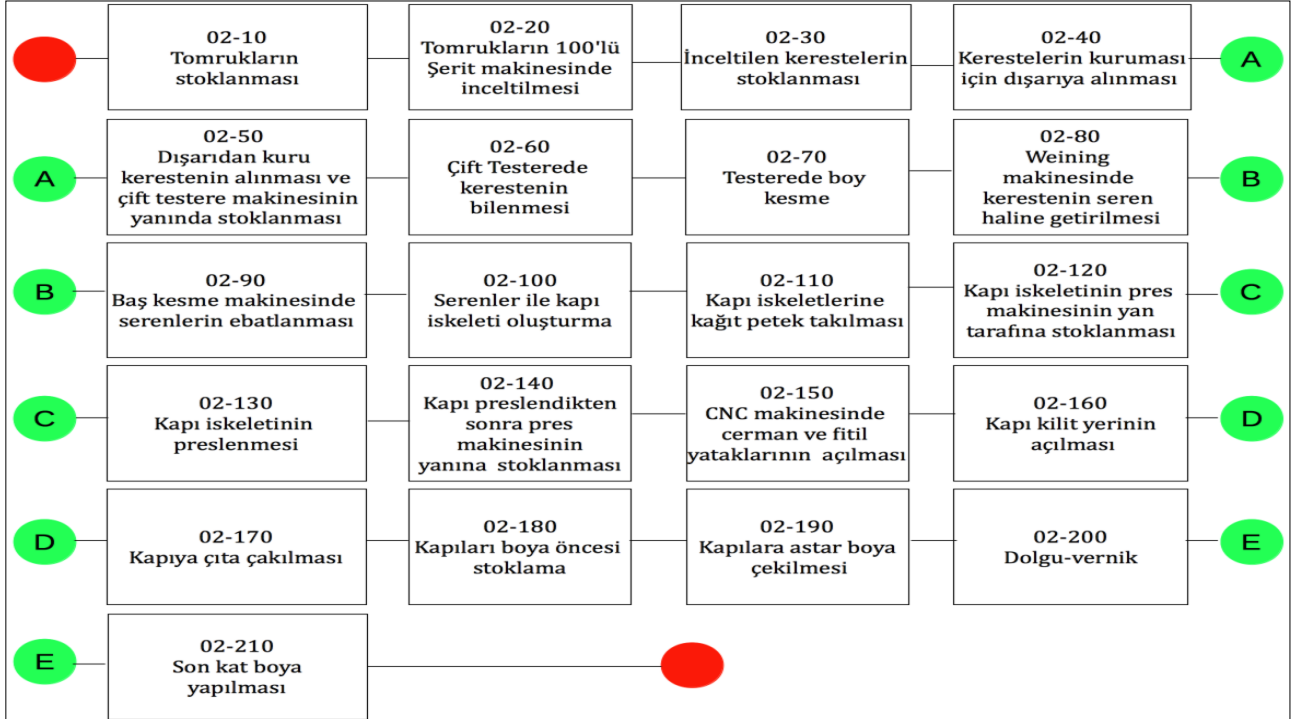
vb. işlemlerinden geçerek kilit yerinin açılması için kilit makinesine gönderilmektedir. Kilit yeri açılan kapılar eğer masif kapı ise ek olarak zımpara makinesine gönderilmektedir. Eğer cam yeri açılmış kapılar var ise imalat bölümünde en son işlem olan çita çakma tezgâhına gönderilmektedir. Böylece işlemleri biten kapılar ilk önce stoklanmakta akabinde boyahane kısmına alınmaktadır. Boyahane bölümünde, ilk önce cila vernik yapılmakta daha sonra astar boya çekilmektedir. Bu kapılar kurumaları için iki saat bekletilmeye bırakılmaktadır. Boyası kuruyan kapılar ters çevrilerek diğer yüzü için aynı işlemler yapılmaktadır. Masif ve Panel Amerikan kapılar için genel iş akışı sırasıyla Şekil (3) ve Şekil (4)'te gösterilmiştir. Ancak kapı ve kasaların iş akışları birbirinden farklı olduğundan tesis içindeki güzergahları da birbirinden farklı olduğu Şekil (2)'den görülmektedir. PVC kapının iş akışı diğer kapılara göre farklılık göstermektedir. Bu farklılık pres öncesi CNC makinesinde mdf üzerine kapı deseni çizilmekte ve başka bir fabrika olan mobilya fabrikasında membran makinesinde ince plastik tabaka mdf üzerine yapıştırılmaktadır. Bu işlemden sonra kapı fabrikasına geri getirilmektedir. İşlenmiş mdf malzemesi kapı iskeletiyle birlikte pres makinesinde preslenerek diğer işlemlere devam edilmektedir. Fakat Pvc kapıların

üzeri plastik malzeme ile kaplı olduğundan boyama gerektirmez. Pvc kapı için iş akışı Şekil (5)'te gösterilmiştir. Kasa imalatı bazı kısımlarda kapı imalatından farklılık göstermektedir. Bu farklılık genel iş akışına şu şekilde yansımaktadır: Serenler (hazır mamul) bir araya getirilerek kasa iskeleti oluşturulur ve prese gönderilir. Preslenen kasalar kapılarda olduğu

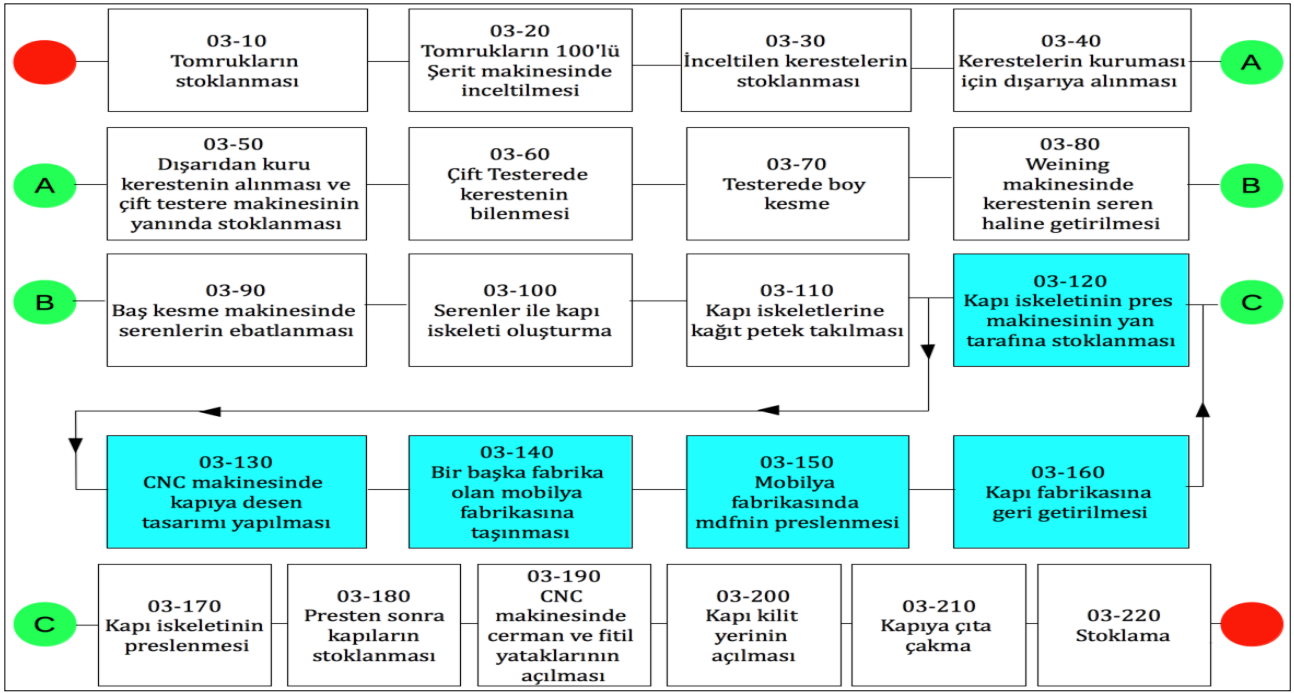
gibi iki saat bekletilir. Daha sonra weining (serenleme) makinesinde cerman, fitil yatakları vb. açılmakta ve baş kesme makinesinde boyları kesilmektedir. En son boyama işlemleri için boyahane bölümüne gönderilmektedir. Pvc kasalarının iş akışı pvc kapılarının iş akışı ile aynı olmaktadır.



Şekil 3. 01-Masif Kapı İş Akışı



Şekil 4. 02-Panel Amerikan Kapı İş Akışı

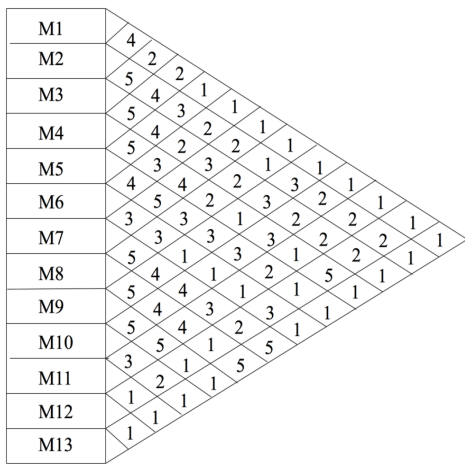


Şekil 5. 03-Pvc Kapı İş Akışı

3.3. Problemin Belirlenmesi

Model kurulduktan sonra fabrikanın mevcut durumu incelenerek bazı makinelerin konumları, üretim için dış hizmet satın alınımı ve ürün güzergâhlarında problem olduğu tespit edilmiştir. Şekil 2'de görüldüğü gibi tesis içinde gereksiz yol kayıpları ürünlerin izlenebilirliğini azaltmaktadır. Gereksiz yol kayıpları nedeniyle de meydana gelen zaman kayıpları makinelerin tam verimli çalışmalarına engel olmaktadır. Bu nedenle iş istasyonları arasında ilişki seviyelerini belirlemek için

ilişki diyagramından faydalanılmıştır. Aralarında ilişkisi en kuvvetli istasyonlar için beş, en zayıf olanlar için ise bir puan ölçeği kullanılmış ve 1-5 arasında puanlama Şekil (6)'daki gibi yapılmıştır. Elde edilen ilişki diyagramı kullanılarak puanlar normalleştirilmiş ve istasyonlar arasındaki ilişkiler 0-1 arasında değişen değerler olarak Tablo (2)'de gösterilmiştir. Ayrıca çalışmamızda karmaşıklığı gidermek için iş istasyonları ve makineler Tablo (1)'de harflendirilmiştir.



Şekil 6. İş İstasyonları Arasındaki İlişki Diyagramı

Tablo 1. İş İstasyonları ve makinelerin adlandırılması

M	MAKİNELER
M1	YÜZLÜ ŞERİT MAKİNESİ
M2	ÇİFT TESTERE MAKİNESİ
M3	TESTERE MAKİNESİ
M4	WEİNING MAKİNESİ
M5	BAŞ KESME MAKİNESİ
M6	ZIMBA
M7	PRES MAKİNESİ
M8	CNC MAKİNESİ
M9	KİLİT MAKİNESİ
M10	ZIMPARA MAKİNESİ
M11	TEZGAH
M12	BAŞ KESME
M13	MEMBRAN MAKİNESİ

Tablo 2. İş İstasyonları Arasındaki İlişki Matrisi

Makineler	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13
M1		0.8	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
M2			1	0.8	0.6	0.4	0.4	0.2	0.6	0.4	0.4	0.4	0.2
M3				1	0.8	0.4	0.6	0.4	0.6	0.4	0.4	0.4	0.2
M4					1	0.6	0.8	0.4	0.2	0.6	0.2	1	0.2
M5						0.8	1	0.6	0.6	0.6	0.4	0.2	0.2
M6							0.6	0.6	0.2	0.2	0.2	0.6	0.2
M7								1	0.8	0.8	0.6	0.4	1
M8									1	0.8	0.8	0.2	1
M9										1	1	0.2	0.2
M10											0.6	0.4	0.2
M11												0.2	0.2
M12													0.2
M13													

Benzer şekilde çalışmamızda iş istasyonları arasındaki nihai ürünlerin ağırlık olarak fabrika içi hareketi Tablo (3)'te gösterilmiştir.

Tablo 3. Nihai Ürünlerin Ağırlık Olarak Fabrika İçi Hareket

Makineler	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13
M1													
M2			35	6				2					
M3				6									
M4					30							2	6
M5				2		32							
M6							32						
M7								38					6,5
M8		2							37				
M9										36,5			
M10											36,5		
M11													
M12													
M13				6			6,5						

Elde edilen ağırlık matrisi ve **Rockwell Inc. Arena 10.0**'da yapılan simülasyon sonuçlarına göre alternatifler geliştirilmiş ve tesisin mevcut modeline üç öneri sunulabileceği kanaatine varılmıştır. Bunlar:

- Mat-layout metoduna göre serenleme makinesinin yerinin değiştirilmesi.
- Diğer fabrikada yapılan pvc kaplama işlemi için membran makinesinin satın alınması ve Mat-layout metodu ile optimum bir yere yerleştirilmesi.
- Üretim sürecindeki boyama işleminin gerçekleştiği boyahane deposuna yeni güzergâh belirlenmesi şeklindedir.

4. Mat-Layout Yazılımı

Mat-Layout yazılımı mevcut iş istasyonları arasındaki ilişki puanlarını, nihai ürünlerin ağırlık olarak fabrika içi hareketi ve iş istasyonlarının konum koordinatlarını girdi olarak almakta ve her bir iş istasyonu için optimum uzaklığı Eşitlik (1) ile hesaplamaktadır. Böylece, konumunda iyileştirme yapılmak istenen iş istasyonu seçilmekte ve alternatif konum önerilmektedir. Mat-Layout yazılımında kullanılan parametreler:

- $G(x_i, y_i)$: İş istasyonlarının konum koordinatlarını göstermektedir.
- n : Problem olduğu tespit edilen iş istasyonu ve bu istasyon ile ilişkili diğer istasyonların toplam sayısını göstermektedir.

- w_i : Problem olduğu tespit edilen iş istasyonu ile bu istasyonla ilişkili diğer iş istasyonları arasındaki ilişki matrisi değerlerini göstermektedir.
- q_i : Problem olduğu tespit edilen iş istasyonu ile bu istasyonla ilişkili diğer iş istasyonları arasında ürünlerin ağırlık olarak fabrika içi hareketini göstermektedir.

Mat-Layout yazılımının formülasyonu Eşitlik (1) ile verilmiştir.

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n G(x_i, y_i) * w_i * q_i \quad n = 1, 2, \dots, n \quad (1).$$

Mat-Layout yazılımının algoritması aşağıdaki gibidir:

Algoritma:	
Başla	Ağırlık Matrisini Hesapla;
{	}
For	For
{	{
Her bir iş istasyonunun diğer iş istasyonları arasındaki ilişki puanlarını gir;	Her bir iş istasyonunun konumlarını gir.
İlişki Diyagramını Göster;	İş istasyonlarının konumlarını göster;
İlişki Matrisini Hesapla;	}
İlişki Matrisini Göster;	For
Ağırlık Matrisini Göster;	{
If	Her bir iş istasyonunun optimum konuma olan uzaklığı göster;
{	Optimum Yapılacak İş İstasyonunu Seç;
Eğer nihai ürün parametresi kullanacaksa her bir iş istasyonunun diğer iş istasyonlarına olan nihai ürün ağırlıklarını gir;	Seçilen İstasyonun Yeni Konumunu Göster;
Nihai Ürün Matrisini Göster;	}
}	Bitir.
}	}

5. Alternatiflerin Oluşturulması ve Değerlendirilmesi

Mat-Layout yazılımı iş istasyonlarının optimum yerini tespit edebilmesi için iş istasyonları arasında seçim yapmanızı ister. Bu sayede belirlenen iş istasyonun konumu, ilişki matrisi ve ağırlık matrisi sonuçlarına göre iş istasyonun optimum yeri bulunmaktadır. Yerleşim yerleri sıkıntılı olduğunu düşündüğümüz istasyonlar gerçek de Mat-Layout yazılımından elde ettiğimiz sonuçlara göre optimum yerler olmadığı Şekil 7'de görülmektedir. İlk tahminimizde serenleme makinesinin yerinin değiştirilmesi yönünde yapılmıştır. Serenleme makinesinin mevcut

konumunun diğer iş istasyonlarına olan uzaklıkları, ilişki matrisi ve nihai ürünlerin ağırlık olarak fabrika içi hareketi göz önüne alınarak optimum konumu belirlenmiştir. İkinci tahminimizde ise mobilya fabrikasında yapılan pvc kaplama işlemini için membran makinesi satın alınması ve optimum bir yere konuşlandırılması yönünde yapılmıştır. Membran makinesinin mevcut konumunun diğer iş istasyonlarına olan uzaklıkları ve ağırlıkları göz önüne alınarak optimum konumu da Mat-layout yazılımı ile belirlenmiştir. Mevcut sistemdeki weining(serenleme)

Mevcut sistem ve Önerilen Mat-Layout yazılımının karşılaştırma parametresi olarak ürün akış şiddeti kullanılmıştır. Bunun için tüm kapı tiplerinin **Rockwell Inc. Arena 10.0** simülasyon yazılımından üretim miktarları tespit edilmiştir. Alternatif durumun iş

istasyonları arasındaki mesafesi Tablo (5)'te verilmiştir.

Tablo 5. Alternatif İş İstasyonları Arasındaki Mesafe (Metre)

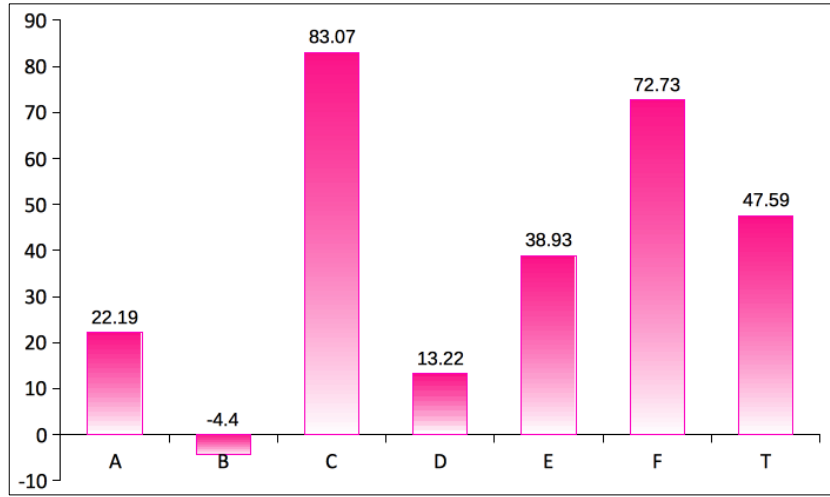
Makineler	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13
M1		16,7	24,4	15,1	9,2	6,08	15,1	26,8	27,8	31,3	39,9	32,1	6,56
M2			10,1	14,8	25,7	22,3	29,8	31,2	28,9	31,4	39,1	27,9	27,0
M3				15,9	33,6	29,2	34,6	29,1	25,5	26,9	33,4	21,6	29,6
M4					22,1	16,8	19,2	16,4	15,3	18,4	26,9	17,6	13,7
M5						5,39	13,2	31,5	33,7	37,3	45,7	38,9	18,6
M6							10,7	26,5	28,5	32,0	40,5	33,5	14,2
M7								17,3	24,8	28,2	35,9	31,9	10,5
M8									5,43	7,84	14,8	13,8	13,2
M9										3,55	12,1	8,45	16,8
M10											8,98	7,14	20,4
M11												11,7	28,1
M12													23,8
M13													

Akış şiddeti; ürün miktarı, ağırlığı ve tesis içindeki hareket mesafesinin çarpılması işlemi ile hesaplanmaktadır.

Yıllık toplam akış şiddeti: $\sum \text{Miktar} * \text{Ağırlık} * \text{Hareket Mesafesi}$ denklemi ile hesaplanır (Eşkin, 2008).

Tablo 6. Mevcut ve Alternatif Durum İçin Yıllık Toplam Akış Şiddeti

Harf Temsili	Kapı/Kasa	MEVCUT DURUM				ALTERNATİF DURUM			
		Miktar (adet)	Ağırlık (kg)	Hareket (m)	Akış şiddeti	Miktar (adet)	Ağırlık (kg)	Hareket(m)	Akış şiddeti
A	P.Amerikan Kapı	4272	25	173,33	18511644	4128	25	139,57	14403624
B	Masif Kapı	1140	25	174,33	4968405	1476	25	140,57	5187033
C	Pvc kapı	804	25	953,33	19161933	780	25	166,28	3242460
D	P.Amerikan Kasa	552	10	163,52	902630,4	576	10	135,98	783244,8
E	Masif Kasa	528	10	165,99	876427,2	372	10	143,88	535233,6
F	Pvc Kasa	360	10	963,52	3468672	492	10	192,23	945771,6
T	Toplam	7656	105	2594,02	47889711,6	7824	105	918,51	25097367



Şekil 8. Ürünlerin Yüzde Akış Şiddeti İyileşme Grafiği

Her bir ürün için yıllık akış şiddeti hesaplanarak Tablo (6)'da gösterilmiş ve Şekil (8)'de projeksiyonu sunulmuştur. Sırasıyla A ürünü için yıllık akış şiddeti 18511644 kg.m den 14403624 kg.m azalarak % 22.19 bir iyileşme sağlanmıştır. B ürünü için hareket mesafesinde 174,33 m den 140,57 m ye düşmesiyle % 19.36 bir iyileşme sağlanmasına rağmen akış şiddeti 4968405 kg.m den 5187033 artarak % -4.40 bir negatif iyileşme sağlamıştır. Yani akış şiddetinde artış olmuştur. Bunun sebebi Fabrikada daha fazla B ürünü stoku bulundurma isteğidir.Kapı/Kasa sayısı mevcut durumda toplam 7656 iken alternatif durumda toplam 7824 olması ile üretimde de artış olmuştur. C ürünü için akış şiddeti 19161933 kg.m den 3242460 kg.m azalmasıyla % 83.7 bir iyileşme sağlanmıştır. Benzer şekilde D ürünü için akış şiddetinde 902630,4 kg.m den 783244,8 kg.m azalmasıyla % 13.22 bir iyileşme olduğu akış şiddeti iyileşme grafiğinden anlaşılmaktadır. Benzer şekilde E ve F ürünlerinde sırasıyla % 38.93 ve % 72.73 bir iyileşme olduğu Şekil (8)'den görülmektedir. Son olarak tüm ürünlerin toplam yıllık akış şiddetinde oransal olarak mevcut sistem için 47889711,6 kg.m alternatif sistem için 25097367 kg.m azalmasıyla toplam % 47.59 bir iyileşme olduğu Şekil (8)'den görülmektedir.

Sonuç olarak; Mevcut sistemle alternatif sistem karşılaştırıldığında akış şiddetinde % 47.59 bir iyileşme olduğu ve daha az maliyetle işletmenin faaliyet gösterebileceği saptanmıştır.

KAYNAKLAR

Aksaraylı, M., ve Altuntaş, S., 2009. Malzeme Taşıma Odaklı Planlama için Üretim Sistemlerindeki Tezgah Yerleşim Düzenlerinin Benzetim Analizi ile Karşılaştırılması. Pamukkale Üniversitesi

6. SONUÇ VE TARTIŞMA

Tesis içi yerleşimin optimum tasarımı için esnek modeller geliştirmek günümüz işletmelerin verimliliğini sürdürebilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada fabrikada tespit edilen sıkıntılı iş istasyonları (iş akışını kötü etkileyen ve gereksiz yol kayıplarına neden olan) için alternatif senaryolar ortaya konulmuştur. Böylece gerçek verilerinden yararlandığımız fabrika için Mat-Layout yazılımı geliştirilmiştir. Mat-Layout yazılımında girdi olarak kullanılmak üzere tüm iş istasyonları için puanlama matrisi yapılmıştır. Daha sonra problem olduğu tespit edilen iş istasyonlarının koordinat noktaları, nihai ürünlerin ağırlık olarak fabrika içi hareketi ve puanlamaları dikkate alınmıştır. Böylece iş istasyonu için optimum yer bulunmuştur. Mat-Layout yazılımı tesis içi yerleşim problemleri için genel bir model olarak kullanılabilir. Gelecek çalışmalar için Mat-Layout yazılımı ile sezgisel algoritmaların araştırma gücü birleştirilerek yüksek boyuta sahip tesis içi yerleşimi problemlerine daha hızlı çözüm bulunabilir.

Teşekkür: Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde imalat sistem verilerini kullanmamıza izin veren *Peksan Orman Ürünleri Endüstrisi* işletmesine teşekkür ederiz.

Conflict of Interest / Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

No conflict of interest was declared by the authors.

- Amaral, André R.S., 2013. A parallel ordering problem in facilities layout, *Computers & Operations Research*, 40,2930–2939.
- Anjos, M. and Vannelli, A., 2006. A new mathematical-programming framework for facility layout design, *Journal On Computing*. 18(1), 111-118.
- Askin Ronald, G. and Standridge Charles, R. 1993. *Modeling and analysis of manufacturing systems*, John Wiley&Sons, Inc, Inc, New York, 205.
- Asl, A. D., & Wong, K. Y., 2015. Solving unequal-area static and dynamic facility layout problems using modified particle swarm optimization. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 1–20(in press).
- Bozer, Y. A., & Wang, C. T., 2012. A graph-pair representation and MIP-model-based heuristic for the unequal-area facility layout problem. *European Journal of Operational Research*, 218(2),382–391.
- Eşkin S., 2008. Bir İmalat Sisteminin Yerleşim Düzeninin İyileştirilmesi: Bir Benzetim Çalışması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Garcia-Hernandez, L., Pierreval, H., Salas-Morera, L., & Arauzo-Azofra, A., 2013. Handling qualitative aspects in unequal area facility layout problem: An interactive genetic algorithm. *Applied Soft Computing*, 13(4), 1718–1727.
- Hachicha, W., Masmoudi, F., Haddar, M., 2007. An improvement of a cellular manufacturing system design using simulation analysis. *Int j simul model*. (64), 193-205.
- Hale, T.S., Moberg Christopher, R., 2003. *Location science research: A Review of Operations Research*. (123), 21-35.
- Jiang, S. and Nee, A.Y.C., 2013. A novel facility layout planning and optimization methodology, *CIRP Annals - Manufacturing Technology* ,62, 483–486.
- Kulak, O. ve Durmuşoğlu, B., 2004. Hücreli üretim sistemleri tasarımı için aksiyomlarla tasarım prensiplerine dayalı bütünsel bir yöntem, *İTÜ dergisi/d mühendislik*. 3(6), 33-46.
- Kulturel-Konak, S., 2012. A linear programming embedded probabilistic tabu search for the unequal-area facility layout problem with flexible bays. *European Journal of Operational Research*, 223(3), 614–625.
- Kulturel-Konak, S., & Konak, A., 2011. Unequal area flexible bay facility layout using ant colony optimisation. *International Journal of Production Research*,49(7),1877–1902.
- Lahma, M. and Benjaafar, S., 2005. Design of distributed layouts, *IIE Transactions*. (37),303-318.
- Meller, R. D., Chen, W., & Sherali, H. D., 2007. Applying the sequence-pair representation to optimal facility layout designs. *Operations Research Letters*, 35(5), 651–659.
- Ou-Yang, C. and Utamima, A., 2013. Hybrid Estimation of Distribution Algorithm for solving Single Row Facility Layout Problem, *Computers & Industrial Engineering*,66,95–103.
- Saraç, T. ve Özçelik, F., 2006. Alternatif rotaların varlığında üretim hücrelerinin genetik algoritma kullanılarak oluşturulması. *Endüstri Mühendisliği Dergisi* 17(4), 22-36.
- Wei, N-C. ve Mejabim, O-O., 2008. A clustering approach for minimizing intercell trips in cell formation. *J Intell Manuf.* (19), 13-20.
- Yanru Chen., Yangsheng Jiang., M.I.M. Wahab., Xiaoqiang Long., 2015. The facility layout problem in non-rectangular logistics parks with split lines *Expert Systems with Applications*, 42 (21), 7768-7780.