

## **BİLGİSAYAR DESTEKLİ MODÜLER İMALAT İÇİN TASARIM METODU**

**Özdoğan Karaçalı<sup>1</sup>, Mustafa Kurt<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> [ozdogank@hotmail.com](mailto:ozdogank@hotmail.com), <sup>2</sup> [mkurt@marmara.edu.tr](mailto:mkurt@marmara.edu.tr)

Marmara Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Bölümü, İstanbul

### **Özet**

Bu çalışmada, yeni bir uygulama olan modüler imalat için tasarım metodu ele alınarak imalat hücrelerinin yapılandırılmasına örnek teşkil edecek genel bir yapının temelleri incelenmiştir. Bu kapsamda imalat hücresinde operasyon proses modeli olarak adlandırılan enformasyon yapılandırılıp modellenmiştir. Proses modelleri, modüler imalat için tasarım uygulamalarına genel yapılandırılmış bilgi kaynağı teşkil etmektedir. Modüler tasarımda geliştirilen veri modeli imalat için tasarım bakış açısı ile üretilmiş bilgiyi kullanmaktadır. Sisteme giriş (input) olarak girilen bu bilgi bir uzman sistem yardımı ile analiz edilerek detaylı imalat planları üretilmesine katkıda bulunmaktadır. Modüler tasarım hızlı ürün gelişimi, kolaylaştırılmış montaj, ürün servisi, ürünün yeniden kullanımı ve diğer ürün ömür çevrimi amaçları için ayrıştırılabilen bilgisayar yazılımından oluşan yapıları geliştirmeyi amaçlamaktadır. İmalat hücreleri üzerine yapılan araştırmada kullanılan bu modüler imalat için tasarım sisteminde iş parçasının fiziksel büyüklükleri göz önünde bulundurularak detaylı tasarımı gerçekleştirilmiştir. Prototip sistem otomatik planlama modülü ve interaktif alt sistem planlama modülü ile tamamlanmıştır. İnteraktif planlama modülü kullanıcıya ürün verisini elde edip modelleme olanağını vermekte ve otomatik olarak bu sistemle imalat hücrelerinde kullanılacak imalat kaynak ve prosesleri sunmaktadır. Kullanıcıyı destekleme ve güvenini arttırmada, *modüler imalat için tasarımla* otomatik olarak yapılan hücre sistemlerinin kontrolünü, klasik *imalat için tasarım* sistemlerinde yarı otomatik olarak üretilen bilgilerle kıyaslandığında bu metot yeni bir alandır.

*Anahtar Terimler: Modüler Sistem, İmalat Hücresi Yapılandırılması, İmalat İçin Tasarım*

### **Abstract**

This study as a new application establishes basics which utilizes design for manufacturing cell modeling. The aim is to construct operation process model called as information model in manufacturing cell. The process models are information resources for modular design for manufacturing. The system takes the modular design information with design for manufacturing point of view as the input. This input is analyzed by the system using intensive built-in knowledge to yield detailed manufacturing plans. Modular design aims to develop software architectures for easing assembly, service, re-use of product and other life cycle considerations. The detailed designs are build on the component physical dimensions on manufacturing cell building research. The prototype system has an automatic planning module and interactive planning sub-system that complements it. The interactive planning module also allows to user to capture the product information and to present the process/resource information to be used in manufacturing cell. As fully automatic modular design for manufacturing is a new field, comparison of automatically generated results with those the semiautomatic classic design for manufacturing help to evaluate the system and build up user confidence.

Key Words: Modular System, Manufacturing Cell Modelling, Design For Manufacturing

## 1. GİRİŞ

Bu çalışmada yeni bir uygulama olarak imalat için tasarım metodunun imalat hücrelerinin yapılandırılmasına odaklanmıştır. İmalat için tasarım metodu tanımını kapsayan imal edilebilirlik bakış açısını merkeze alınıp ve bunu imalat endüstrisinde imalat hücrelerinin yapılandırılmasında kullanılırsa birden fazla imalat işlemine sahip bir iş parçasının bir hücrede işlenmesi aşamalarına uygulayabilir. İmalat atölyelerinde hala hataların ve yanlışların oluşması yapılmış olan operasyon planların modifikasyonunu gerektirir. CAD/CAM bilgisayarlı sistemlerinde üretilmiş planlara bağlı olarak yapılan ve fonksiyonel gereksinimleri giderilmiş operasyonları üretmek imalatta daha çok başarı sağlayacaktır.

Literatürde imalat hücreleri konusunda yapılmış bir çok araştırma [1-6] mevcuttur. Bu çalışmalar incelendiğinde bir modüler imalat için tasarım metodunun imalat hücrelerinde uygulama alanı olarak bir araştırmaya rastlanmamıştır. Korves [1] imalat hücrelerinin planlama ve uygulamasında sanal gerçeklik yaklaşımını kullanarak bir sistematik yayma planlamasını (systematic layout planning) (SLP) incelenmiştir. SLP planlamayı bir döngü prosesi olarak ele alınarak genel ve detaylı olarak döngüsel düzenlemedir. Korves detaylı planlamayı CAD kullanarak gerçekleştirmiştir [1]. Rao [2] imalat hücrelerinin 'sentaks modelleme tanımlaması' (syntactic pattern recognition) ve sinir ağı yaklaşımını kullanarak iş parçası verilerine dayanarak yapılandırılmıştır. Monfared [3] CIM-OSA, Petri nets, EXPRESS, STEP and CIM-BIOSYS fabrika modelleme sistemlerine dayalı olarak entegrasyon ve modelleme ile imalat hücrelerinin yeniden kullanılabilmesini araştırmıştır.

İmalat için tasarım yaklaşımı ile ilgili olarak Aktürk'ün [4] çalışması örnek verilebilir. CNC tezgahlarında minimum maliyetlerle optimum talaş kaldırma ve kesme takımı seçiminde eşzamanlı olarak karar verebilen bir yaklaşımla takımların sağlanabilirliği ve kesme takımı aşınmasını kontrol eden çözümü sunmuştur. Burada. talaş kaldırma sırasında bir iş parçası kesme derinliğine bağlı olarak kesme takımını seçme, kesme takımı ömrünü belirlemede önemli veri desteğinde bulunmuştur. Ratchev [5] imalat ortamı oluşturma, imalat planlama ve tasarımı destekleyen ve bu sistemler arasında veri alışverişine dayalı bir sistem geliştirmiştir. Gazi Üniversitesinden Usta [6] robotlu bir imalat hücresinde, imalat hücresini oluşturma işlemlerini gerçekleştiren, iş parçalarının tezgahlara hangi sıra ile yerleştirilmesi gerektiğini ve robotun bu taşıma işlemleri için hangi zamanlarda hangi işlemleri yapması gerektiğini belirleyen bir uzman sistem geliştirmiştir. Bu çalışmada ise verinin nasıl modellendiği hakkında bir bilgi sunulmamıştır.

Bu çalışma yeni bir uygulama olarak modüler imalat için tasarım metodunu ele alarak imalat hücrelerinin yapılandırılmasına örnek teşkil edecek genel bir yapının yapılandırılmasının temellerini incelemek için yapılmıştır. Modüler tasarımda geliştirilen veri modeli imalat için tasarım bakış açısı ile üretilmiş bilgiyi kullanmaktadır. Modüler tasarım hızlı ürün gelişimi, kolaylaştırılmış montaj, ürün servisi, ürünün yeniden kullanımı ve diğer ürün ömür çevrimi amaçları için ayrıştırılabilen bilgisayar yazılımından oluşan yapıları geliştirmeyi amaçlanmıştır.

## 2. MODÜLER SİSTEMLERİN TASARIMI

Modüler kavramı dinamik değişimleri gerçekleştirebilen proses ve kompleks sistemleri tanımlamak için kullanılmaktadır [7]. Amacı bir fonksiyonu oluşturmada sistemler arasında esnekliği, standartlığı ve bağımsızlığı sağlamaktır. Bi [8] modüler bir imalat hücresi için taksonomiler geliştirmiştir: Kavram, enformasyon ve fiziksel nesnesi her seviyede bütünleştirilebilir. Bu seviyeleri makro, midi makro ve mikro üretim sistemlerinde iş parçası tanımından başlayarak üretimine kadar gelişmeleri içine alabilen bir sistem olarak tanımlamıştır. Diğer bir tanımda Kamrani [9] "bir dizi aday modüllerin fonksiyonel gereksinimler ve sınırlardan oluşan tasarımı üretmesi" olarak yapılmıştır.

Pahl [11] fonksiyonel modül ile üretim modüllerinin birbirinden ayrılmasını fonksiyonel modellerin temel oluşturup bir prensibe bağlı olarak bir çok fonksiyonun beraber çalıştığı, diğer taraftan da üretim modellerinin fonksiyonlarından bağımsız olarak ve üretim sınırlarına bağlı olarak tanımlamıştır. Rogers [10] bu düşünceyi iki modülü birleştirerek eşzamanlı mühendisliği destekleyen bir yapı oluşturmuştur. Modüler üretim sistemlerinde yeni bir paradigmayı geliştiren [10] optimum imalat için tasarım sistemlerinin tasarım ile imalat arasında bir bağlantı kurulamadığından modüler yaklaşımın eş zamanlı mühendisliğin yanında uygulanması gerektiğini vurgulamaktadır.

Ürün ömür çevrimi boyunca, yapısal modüler sistemde ürün analizi enformasyon modellerinden elde edilir [12]. Modüler sistemde ürün analizinden amaç ürünün önce tanımlanması sonra ilgili prosesin seçilmesi ve bu ikisi arasında uygun eşleme yapılmasıdır [13]. Ürün reprezentasyonunda modüller, tasarım kararlarını desteklemede, önemli bir ortam hazırlamada ve enformasyon entegrasyonunda duplikasyonları engellemektedir. Modüler sistemlerin kullanılması sonucunda ürün geliştirme zamanı kısılır, tüm ürünlerin yüksek kalitede üretilmesi sağlanır, üretim maliyet ve süreleri tahmin edilebilir [7, 10, 14]. Yeniden tasarımda modülerlik, maliyetleri düşürmede ve ürünün modüller vasıtasıyla tasarımı oluşturulurken enformasyon kaybına uğramadan paylaşımı imalat için tasarımda çok önemli olduğu görülmüştür. Bu araştırmada yukarıda anlatılan kavramlar yeni bir imalat için tasarım metoduna uygulanarak iki modül geliştirilip eşzamanlı mühendislik yaklaşımı ile Rogers'ın [10] yaklaşımını daha ileri götürüp modüler imalat için tasarım sistemi geliştirilmiştir.

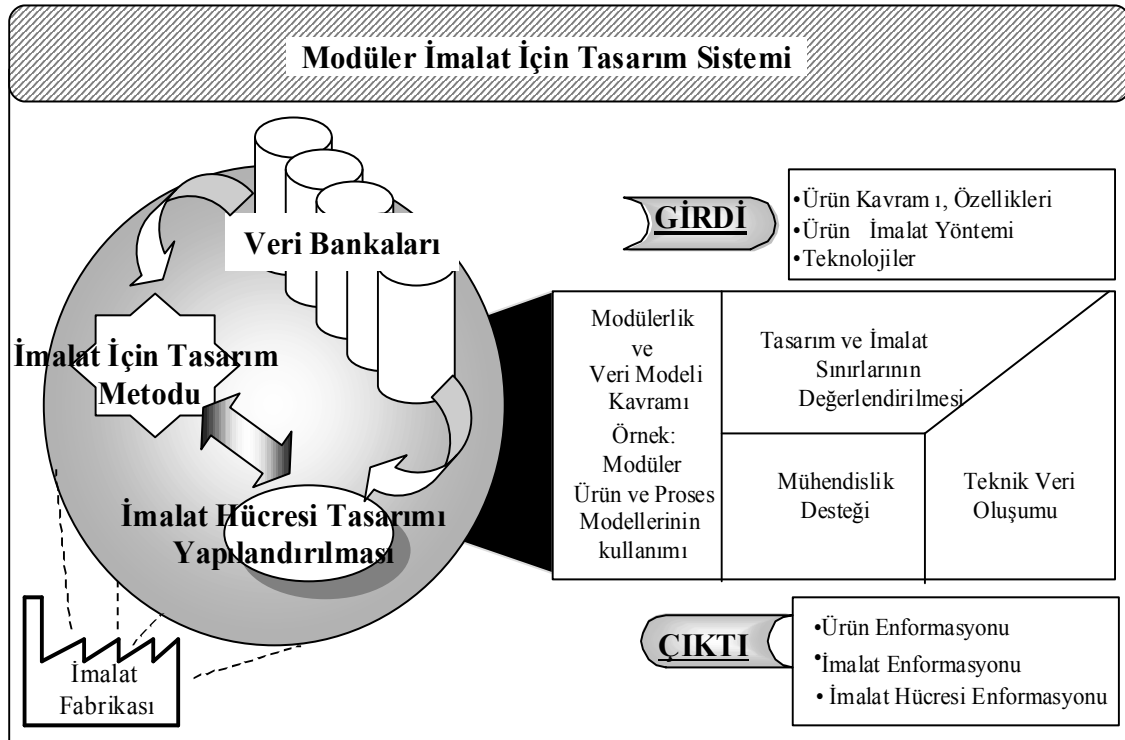
### **3. PROTOTİP SİSTEMİ TANIM VE UYGULAMASI**

İmalat İçin Tasarım, imalat ile ilgili tüm yönleri bir ürünün tasarımı sırasında göz önünde bulundurulmasını destekleyen bir metottur [14]. Amaç, ürünü kolay ve ekonomik şekilde imal edilebilir olmasını sağlayacak şekilde tasarlamaktır [15]. İmal edilebilirlik ana hatlarının dikkate alınması, İmalat İçin Tasarım 'ın temel parçasıdır [16]. Bu İmalat İçin Tasarım düşüncesinin örnekleri; dövülmüş bileşenlerdeki makul büyüklükteki kavis yarıçaplarının özelliklerini, enjeksiyonla kalıplanan bileşenlerin cidar kalınlıklarındaki geniş değişmelere, sapmalara müsahabayı ve delik çaplarının mevcut matkap büyüklüklerine eşleştirilmesini kapsar [17].

İmalat İçin Tasarım, imalat tezgahı takımları, tasarım kılavuz hattı, maliyet, şekil, şekil büyüklüğü, imalat hacmi, malzemelerin ekonomik yönlerini inceler [18, 11]. Özgün imalat prosesleri için özel teknikler geliştirilmiştir ve bunlar, iş parçalarının kimyasal ya da fiziksel özelliklerinin değiştirilmesiyle üretim prosesini göz önüne alarak üretilebilirlik için tasarım ya da imal edilebilirlik için tasarım olarak adlandırılmaktadır [19]. İmalat İçin Tasarım, tasarıma öneri verebilmek için maliyetlere, makine ile üretilebilirliğe, dövme yapılabilirliğe ve bunun yanı sıra malzeme özelliklerine, ürünün sınırlarını ve fonksiyonellik analizini inceler. [14, 20, 21].

Şekil 1'de bir imalat fabrikasında karar verme proseslerini etkileyen mekanizma ve metotları özetleyen Modüler İmalat İçin Tasarım sistemi sunulmuştur. Burada İmalat İçin Tasarım Metodu kullanılacak tasarım yöntemini belirlemede ve imalat hücresi de uygulama alanı olarak ele alınmıştır. Her iki alanda da bir çok ayrı uygulama bulunmaktadır ve bir birinden bağımsız olarak ele alınmıştır [7-13]. Diğer taraftan da tasarımda alınan kararlar doğrudan imalat hücresinin yapılanmasını etkilediği göz ardı edilerek bir çok tasarım tekrarı, zaman gecikmeleri, ve dolayısıyla maliyetleri etkilemektedir. Şekil 1'de sistemde girdi verileri için kullanılan veri bankaları temelde veri tabanlarının oluşturduğu ve ürün ve imalat yöntem ve kaynaklarının modellendiği alandır. Bu sistemde ürünün ömür çevrimi gözden geçirilerek tasarımın her safhası tanımlanarak ürün bir bütün olarak ele alınır. Her proses tanımlanırken yeni bir problem oluşur ve bunun içinde yeni alternatifleri bulunabilir. Problemler beraberinde sınırlamaları getirirken bu sınırlamalar analiz ve seçme prosesini etkiler ve bunlara örnek olarak da maliyet ve zamanı verebiliriz. Tasarım çözümünün son aşamasında elde edilen bilgi çok

önemlidir ve bu imalat işlemi açısından literatüre, standartlara ve patent haklarına uyumlu olmak zorundadır.



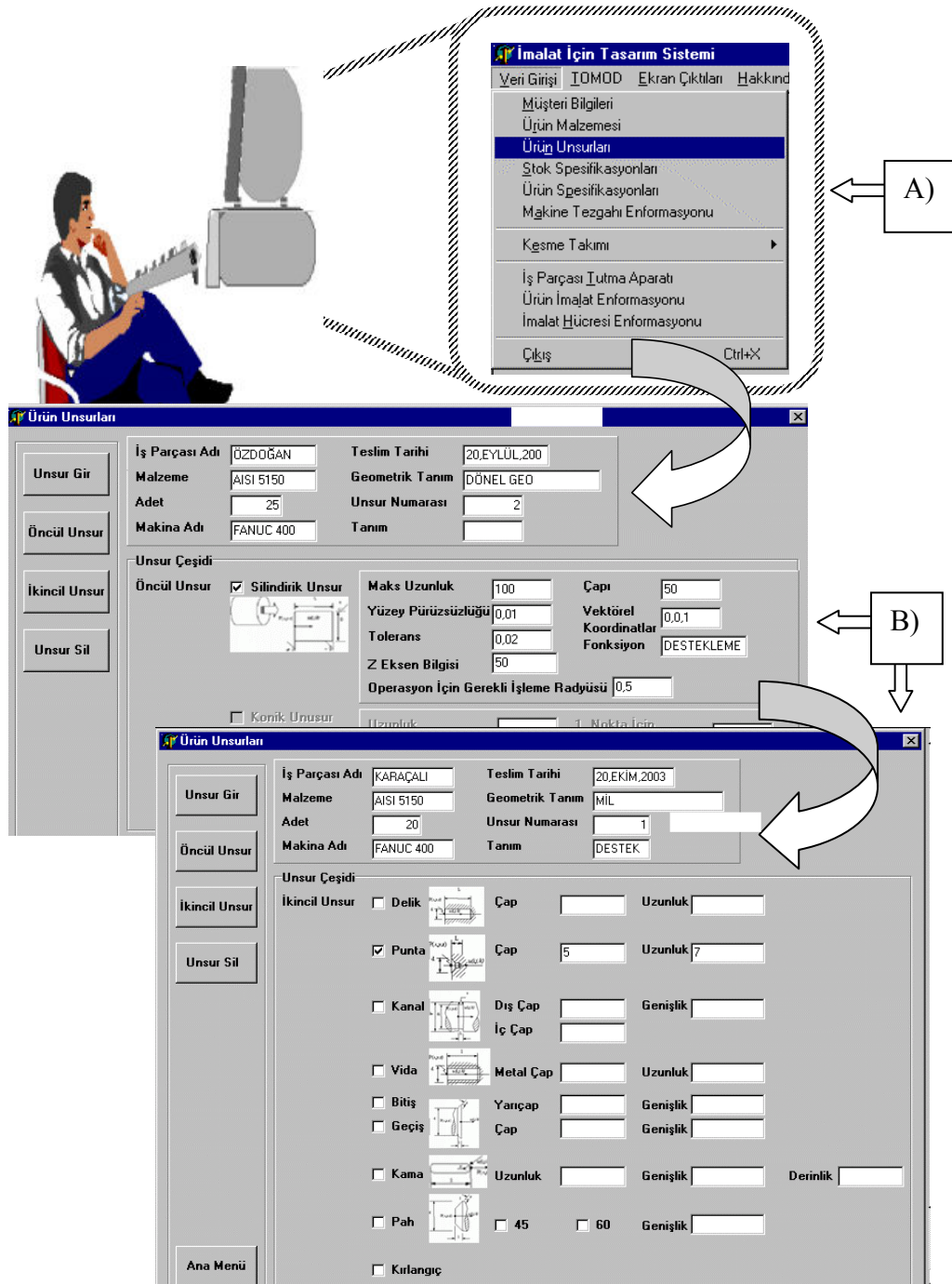
Şekil 1. Modüler İmalat İçin Tasarım Sistemi

Şekil 1.'de ürün ve imalata dayalı faktörlerin tasarıma etkisi ele alınarak detaylı tasarım ile gerekli olan entegrasyonu sağlayan planlamada kullanılacak alternatif imalat hücrelerinin oluşumunu etkileyen sistem etkenleri 'girdi ve çıktı' sunulmuştur. Ürün kriter ve imalat metodunun belirlediği sınırlamalar ve faktörlerin gösterildiği bu şekilde hiçbir özellik yalnız başına düşünülemez. Karar verme mekanizmalarını devreye sokan uzman sistem [6] işlerken bu kriterlerin birbirine bağlı olması ve malzeme gibi önemli bir faktörün doğrudan iş parçası tasarımını etkilerken iş teslimatı gibi verilerinde dolaylı etkisi göz önünde bulundurulmuştur.

Şekil 1'de gösterilen Modüler İmalat İçin Tasarım ortamı, bütünleştirilmiş bir çerçevede çeşitli metod ve aletlerin bir bilgisayar programında yönetilen bir analiz ve veri edinme uygulaması olarak bu çalışmada ele alınmıştır. İmalat için tasarım ortamı ürün hakkında bilgi sunarak tasarımcıyı ömür çevrimi süresince desteklemektedir. Bu alan bir araştırma konusu olarak bir ürünün tasarım süresince çok önem arz eder [22].

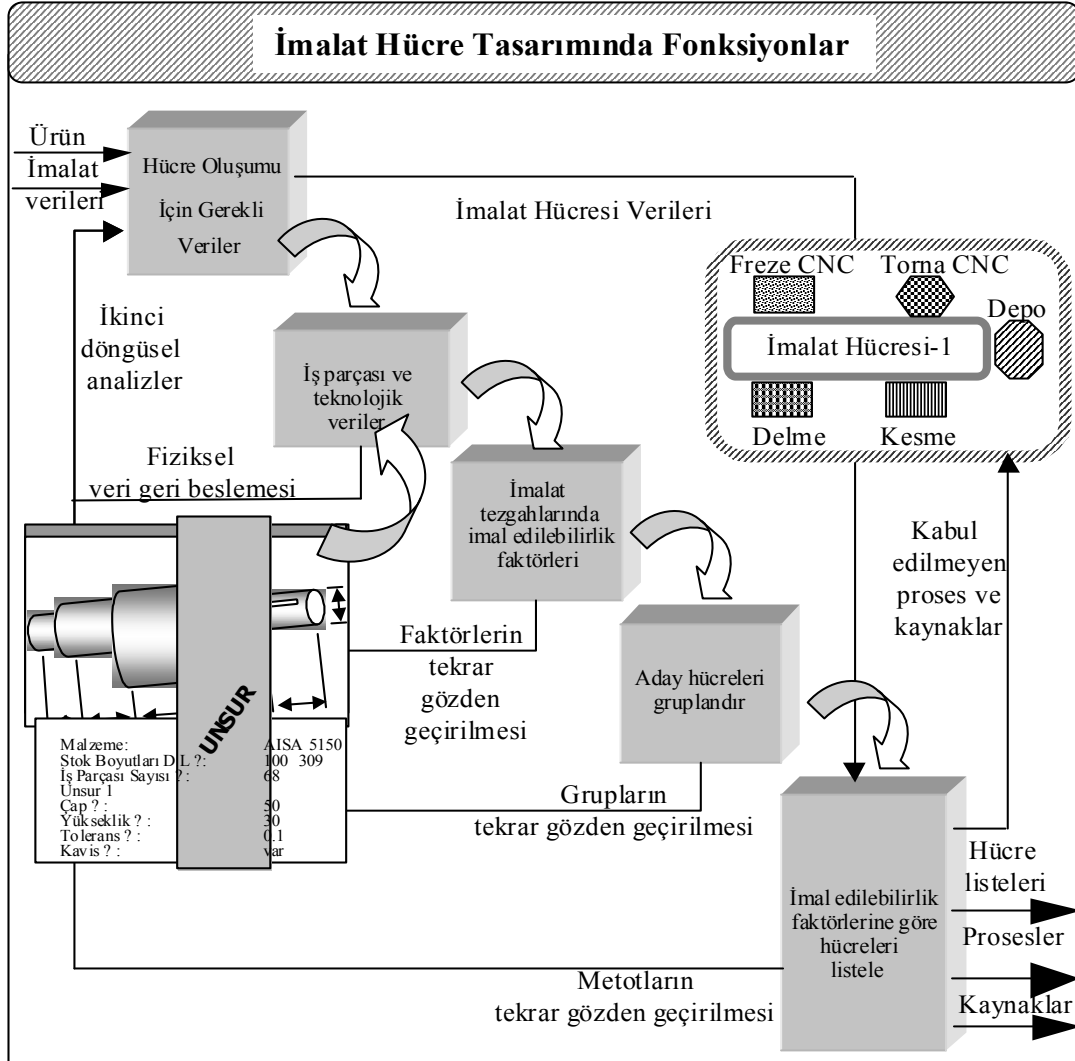
Genel çerçevesi verilen araştırmanın temel özellikleri Şekil 1.'de verildiği gibi şöyle özetlenebilir; *ürün kavramı, özellikleri*: Kullanıcı ürüne ait bu bilgileri sisteme girer ve bu ürün modeli iskeletini oluşturmada ürünün genel yapısı hakkında bilgi verdiği için önemlidir; *imalat yöntemi*: bir fabrikada imalat yöntemleri önceden belirlenmiştir ama hangi ürünün hangi imalat yöntemi ile yapılacağı değişebilir nedeni ile tekrar gözden geçirilmelidir; *teknolojiler*: ürüne ve imalat yöntemlerine göre kullanılması gereken uygun standartlar örnek olarak İSO, Türk standartları; *Veri Modelleri*: ürün ve proses verilerinin iskelet modeli, burada model yapısı 'is-part-of' konfigürasyon ve modeldeki elementler arasındaki ilişkiler kullanılmıştır; *tasarım ve imalat sınırlarının değerlendirilmesi*: geliştirilen sistem içerisinde kullanılan uzman sistem aracılığı ile sınırların analizi; *mühendislik desteği*: mühendislik hesap ve bilgisi; *teknik veri oluşumu*: detaylı veriler için kullanılan kataloglar, cetveller ve bunların bir veri tabanında oluşturulması.

Modüler imalat için tasarım: bir önceki bölümde açıklandığı gibi tasarım metodunun belirlendiği ve seçilecek imalat için tasarım yönteminde montaj, çevre gibi önemli faktörlerin göz önünde bulundurulması gereken ve imalat hücresi yapılanmasını etkileyecek fiziksel büyüklüklerin analiz edildiği bir uygulamadır; imalat hücresi tasarımı yapılandırılması: unsurların toplam yapısı olarak adlandırılan bir ürünün üretilmesi için manuel yada otomatik tezgahların toplu halde buldukları bir sistem olarak tanımlanmıştır. İş parçası otomatik olarak taşıyıcılar üzerinden hareket etmektedir.



Şekil 2. Modüler İmalat İçin Tasarım Sisteminde Ara Yüzler kullanarak Veri Girişine Örnek

Şekil-2.A.'da modüler imalat için tasarım sisteminde kullanıcı ara yüzü yukarıda sunulan Şekil-1.'deki deney özelliklerini kapsamaktadır. Bu modül ara yüzü, tasarımı gerçekleştiren kullanıcıya kolaylık sağlaması için dizayn edilmiştir. Şekil 2.B.'de bir tasarımın gereksinimleri için gerekli olan enformasyonu içeren bir iş parçasına ait unsur verilerinin modellere girilmesine izin veren ara yüz yapısı ve modülün ara yüzü sıralamasında unsurların oluşturulması ekran çıktılarıyla gösterilmiştir.



Şekil 3. İmalat Hücrelerinin Oluşumundaki Fonksiyonlar

Bu modüler sistemde geliştirilen modüller kendi başlarına fonksiyonlarının yanı sıra interaktif olarak modellerle ve tasarımcı ile bir ara yüzü oluşturmaktadır. Uzman sisteme dayalı olarak geliştirilen modüller kurullarla işlemektedir. Dinamik yapıları olan bu modüller önceden tanımlanarak tasarım sırasında gerekli fonksiyonları (Şekil-3.) kullanıp problem çözme gücünü arttırmaktadır.

Parametrik yapıya sahip olan ve eşzamanlı olarak geliştirilen iki modül şu şekilde özetlenebilir: **1-** (Otomatik Modül) Tasarımcı Modüler İmalat İçin Tasarım ortamı aracılığıyla ürünle ilgili tüm detaylı verileri ürün modeli yapısına girer ve ürün iskeletini *otomatik* olarak oluşturur. **2-** (İnteraktif Modül) Tasarımcı *interaktif* olarak, fonksiyonel gereksinimlere dayalı olarak imalat hücresini gerekli takım tezgahını ve ekipmanları için seçilen imalat hücresini kontrol eder ve istenilen değişiklikler yapılır. Ürün yapısı oluşturulmuş ürünün elde edilen verileri

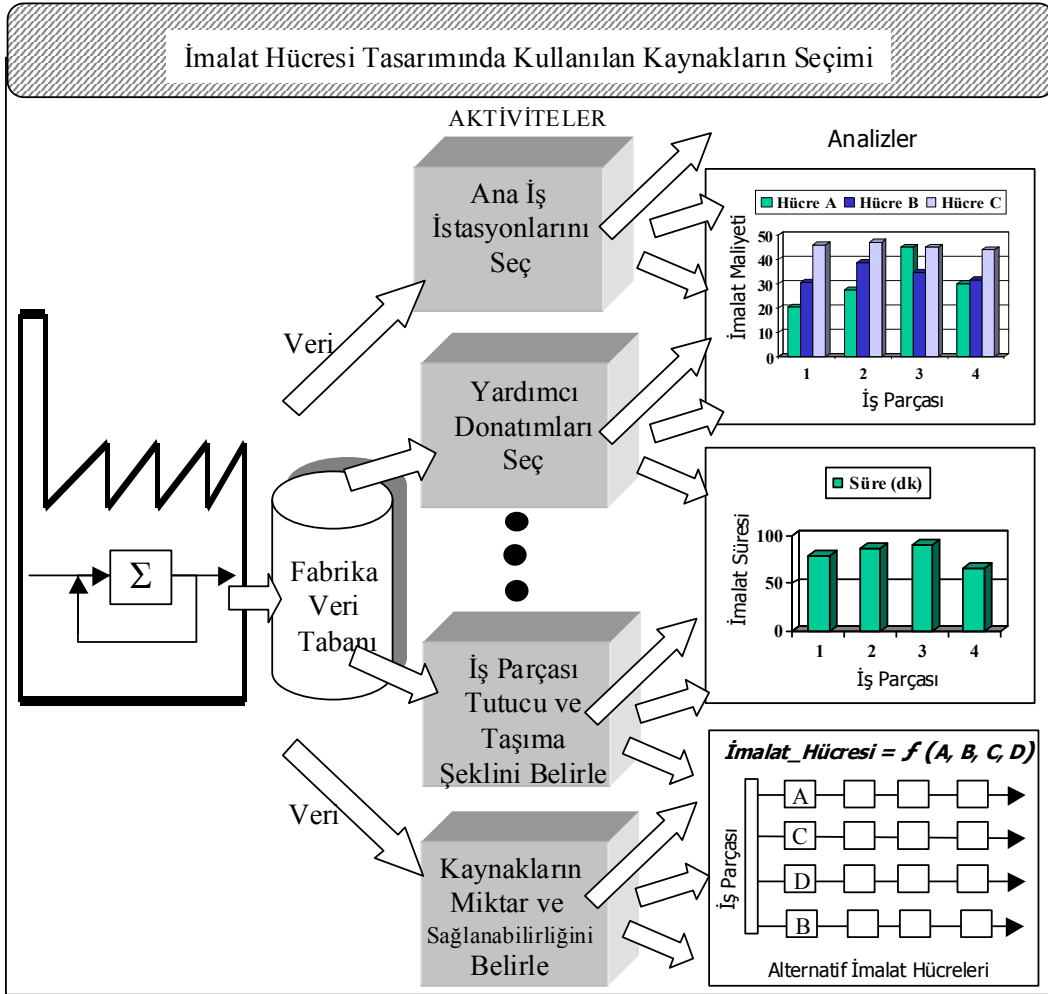
ve iş parçası tasarım parametreleri seçilerek imal edilebilirlik analizine tabi tutulur ve 'Seçilen unsurlar hangi imalat hücresinde üretilebilir?', 'Kesme takımları?' gibi imalat ile ilgili göz önünde tutulan sorulara 'yüzey kalitesi', 'toleranslar', 'fiziksel sınırlar' gibi bir dizi set kurallar uygulayarak yanıtlar aranır.

Şekil-3.'de gösterildiği gibi amaç imalat hücrelerinin oluşumunda örnek olarak bir talaş kaldırma işlemi olan tornalama prosesinin verilerinin hesaplanmasının bir yolu matematiksel yaklaşım kullanılmıştır. Literatürde [23, 14, 24] operasyonların optimizasyonu için bir çok faktörlerin bulunduğunu göstermişlerdir. Altı faktör bu optimizasyonu gerçekleştirmek için göz önünde tutulmuştur. Bunlar malzeme, tezgahta işleme maliyeti, takım değiştirme maliyeti, genel gider masrafları, takım maliyeti ve işçilik maliyetidir. Amaç, üretim maliyetini ve süresini düşük tutma ve kâr marjını yükseltmektir. Minimum maliyet şartlarında bir iş parçasına ait toplam maliyet aşağıda sunulmuştur [25]:

$$C_a = \sum_{a=1}^N C_a^{aktivite}$$

$$C_a = \sum_{a=1}^N (C_a^{proses} + C_a^{setup} + C_a^{tutma} + C_a^{yükleme} + C_a^{işçilik} + C_a^{envanter})$$

Burada:  $C_m$  = imalat maliyeti,  $a$  = indeks ve  $N$  = aktivite sayısıdır. Bu teknik, uyumlu veri gereksinimi ve yüksek CPU süresi gerektiren katsayı ve değişkenlere sahiptir.



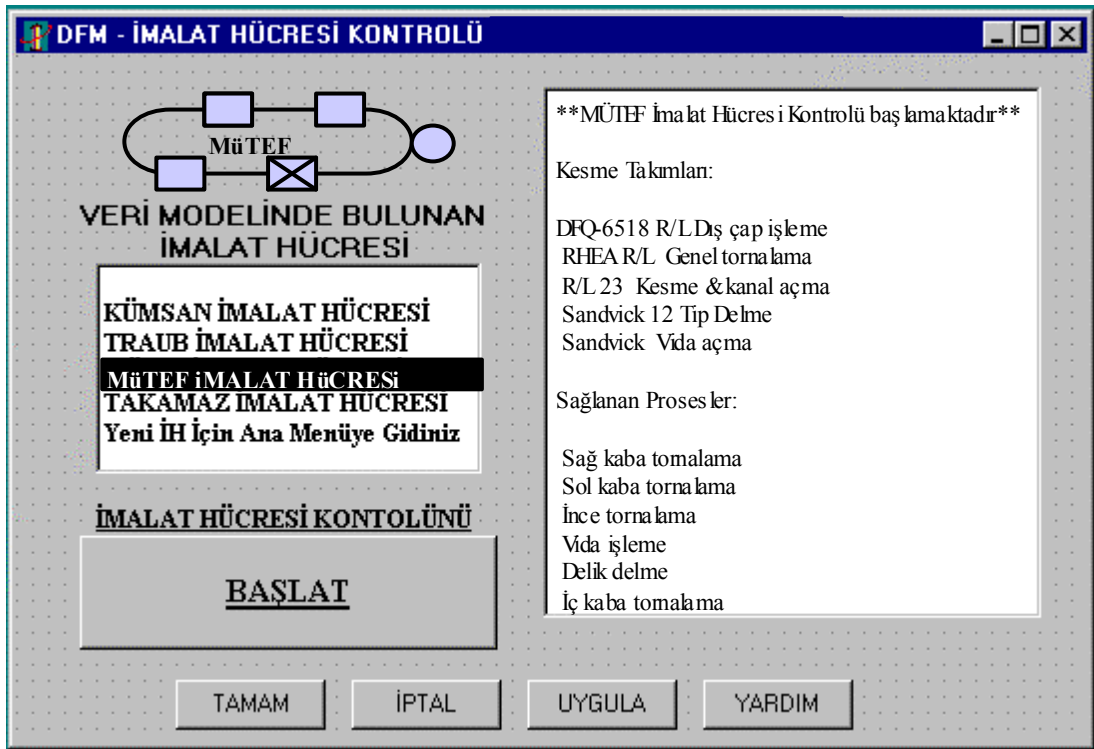
Şekil 4. İmalat Hücrelerinde Veri Akışı

Şekil-4.'de imalat hücresi oluşumunda seçme kriteri olarak kullanılan bazı fonksiyonlar verilmiştir. 'Ana İş İstasyonlarını Seç': bu fonksiyon seçilecek iş istasyonunun teknolojik yapısı ve özelliklerine göre seçiminde önem taşır ayrıca proses çeşitliliğini sunar; 'yardımcı donatımları Seç': iş istasyonlarında kullanılacak ek teçhizat, mengene yada robot gibi gerekli elemanlar hakkındadır; 'İş Parçası tutucu yada taşıma Sistemini Belirle': sistemde iş parçasını tutma yöntemi otomatik ayna yada diğer yöntemler ve otomatik taşıma bantı varsa AGV gibi otomatik taşıma robotları hakkında bilgiler sunulmaktadır; 'Kaynakların Miktar ve Sağlanabilirliğini Belirle': fabrikada bulunan yada temin edilebilecek malzeme çeşitleri, bulunan tüm tezgahlar ve ek donatımları sunmaktadır. Modüler imalat için tasarım sisteminin alt modülünde bulunan bu fonksiyonlar hücre oluşumunu sağlamıştır.

Şekil 4.'de İmalat hücrelerinde veri akışı gösterilmektedir. Burada ana iş istasyonunun seçim kriterlerinden ilk üç faktör belirleyici kabul edilmiştir ve şu şekilde özetlenebilir:

$$\text{İmalat\_Hücresi} = f \left( \underset{\text{maks}}{\text{İş\_Parçası\_Stok}}_{\text{min}}, \underset{\text{maks}}{\text{Yüzey\_Kalitesi}}_{\text{min}}, \underset{\text{maks}}{\text{Boyut\_Toleransı}}_{\text{min}} \right)$$

Burada kullanılan minimum ve maksimum iş parçası stok boyutu, yüzey kalitesi ve boyutlar göz önüne alınarak optimum imalat hücresi seçimi gerçekleştirilmiştir. İlk faktör olan stok çapı ayna aparatının tutma parametreleri, stok uzunluğu ise tezgah işleme uzunluk parametreleri için analiz yapılmıştır. Yüzey kalitesi ve tolerans faktörleri ise kesme takımı ve tezgah işleme parametreleri analizinde değerlendirilmiştir.



Şekil 5. Deneysel İmalat Hücresi Kontrolü

Şekil-5.'de dört imalat hücresine bağlı kaynak ve proseslerden biri olan Marmara Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesinde geliştirilen otomatik MÜTEF imalat hücresi gösterilmektedir. Günümüzün modern hücre imalat sistemleri bilinen klasik hücre sistemlerinden daha esneklerdir. MÜTEF imalat hücresi buna örnek verilebilir. Şekil 4.'de MÜTEF hücresine ait yapılan analiz sonucunda kabul edilmiş ve tekrar kullanıcıya kontrol edilmek üzere sunulmuş imalat hücresinde kullanılacak proses ve kaynaklar gösterilmiştir. Bu hücreye tornalama merkezi



ve bir taşıma makinesi dahil edilmiştir. MÜTEF iş parçasının yeniden aynaya takmak için bir ürün taşıma sistemi modellenmiştir.

Şekil 5.'de ekran çıktısı görülen interaktif diyalog ara yüzü kullanıcıya sistemde bulunan ve otomatik olarak planlanarak meydana getirilmiş imalat hücrelerini göstermektedir. Örnek olarak gösterilen sistemde bulunan hücrelerden birini kullanıcı seçtiğinde bu imalat hücresi için otomatik olarak veri modellerinden seçilen kesme takımları, prosesler ve detaylı veriler kontrol için sunulmuştur. Görsel olarak sunulan bu veriler kullanıcı tarafından 'tamam' tuşu ile kabul edilebilir yada 'iptal' edilebileceği gibi yada 'uygula' deyip sistemin işlemeye hazır hale getirilmesi için emir komutu verilebilir. 'Yardım' komutu ile de sisteme girilen açıklama yada ilgili bilgiler kullanıcıyı destekleme mahiyetinde sunulmuştur.

#### 4. SONUÇLAR

Bu çalışmada modüler imalat için tasarımın imalat hücrelerinin yapılandırılmasında uygulanan yeni bir metodoloji teklif edilmiştir. Bu araştırmanın bilimsel teknolojiye katkısı modüler kavramının detaylı bir şekilde uygulanması ve stratejik olarak imalat hücrelerinin yapılandırılmasında imalat için tasarım bakış açısının kullanılmasıdır. Bunun içinde ürün ve imalata dayalı faktörler incelenip hücrelerin oluşmasında kullanılmıştır. Genel bir CAE (Bilgisayar Destekli Mühendislik) sistemi oluşturulmuş ve bu sisteme ait iki modül geliştirilmiştir. Bilgisayar destekli proses planlama (CAPP) otomatik olarak geliştirilmiş ve fonksiyonel gereksinim özellikleri tanımlanmıştır. Proses planlama sistemi akış diyagramları, uzman sistem kurallarının tanımlanması, veri modellerine dayalı olarak yapılandırılmıştır ve kullanıcıya sistem üzerinde örnek bir kontrol ve planlama kapasitesi sunulmuştur.

#### 5. KAYNAKÇA

- [1] KORVES, B., LOFTUS, M., "The application of immersive virtual reality for layout planning of manufacturing cells" Proc. Instn. Mech. Engrs. Vol. 213 Part B, *ImechE* 1999
- [2] RAO M.A., RAO, M.S., SRİNİVAS, J., KRISHNA, P.V.G., "Recognition of machine cells in a group technology layout using self-organizing neural networks" Proc. Instn. Mech. Engrs. Vol. 215 Part B, *ImechE* 2001
- [3] MONFARED, R.P., WESTON, R.H., "The-engineering and reconfiguration of manufacturing cell control systems and reuse of their components" Proc. Instn. Mech. Engrs. Vol. 211 Part B, *ImechE* 1997
- [4] AKTÜRK, S.M., "An exact tool allocation approach for CNC machines" International Journal *Computer Integrated Manufacturing*, Vol. 12. No.2. 129-140, 1999
- [5] RATCHEV, S.M., SHIAU, J., VALTCHANOV, G., "Distributed product and facility prototyping in extended manufacturing enterprises" International Journal of *Product Research* Vol. 38, No. 17, 4495-4506, 2000
- [6] USTA Y., "Robotlu bir imalat hücresindeki taşıma işlemleri için modele dayalı bir uzman sistem geliştirilmesi" Gazi Üniversitesi, *Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 20, No 2, 275-288, 2005
- [7] Lİ, Y., SHAO, X., Lİ, P., LİU, Q., "Design and implementation of a process-oriented intelligent collaborative product design system" *Computers in Industry*, No 53, 205-229, 2004
- [8] Bi, Z. M., Zhang, M., "Modularity technology in manufacturing, taxonomy and issues" *Int. J. Adv. Manuf. Technology*, 18,381-389, 2001
- [9] KAMRANI, A. K., "Product design for modularity" Kluwer Ac. Publisher, Boston, ISBN 0-7923-8554-3, 2001
- [10] ROGERS, G. G., BOTTACI, L., "Modular production systems, a new manufacturing paradigm" *Journal of Intelligent Manufacturing*, 8, 147-157, 1997

- [11] PAHL, G., BEİTZ, W., "Engineering Design a Systematic Approach", The Design Council, London, 1996
- [12] GU, P., "An integrated modular design methodology for life-cycle engineering" CIRP, 46,1, 1997
- [13] GERSHEN, J., PRASAD, G.J., ALLAMNENI. S., "Modular product design, a life-cycle view" Journal of integrated design and proces science, v 3, No 4, 1999
- [14] BOOTHROYD, G., "Design for manufacture and assembly, the B & D experience" edited by Huang G Q "Design for X, concurrent engineering imperatives" Chapman and Hall, 1996
- [15] CHUNG, C., PENG, Q., "The selection of tools machines on web-based manufacturing environments"  
International Journal of *Machine Tools & Manufacture*, No. 44, 317-326, 2004
- [16] YAN, X-T., BORG, J. C., JUSTER, N. P., "Concurrent modelling of components and realization systems to support proactive design for manufacture/assembly" Journal of *Mechanical Engineers. Part B*, Vol. 208, 235-244., 2001
- [17] NALBANT, M., "Bilgisayarlarla bütünleşik tasarım ve imalat" BetaB A.Ş., 1997
- [18] BRALLA, J.G., "Handbook of product design for manufacturing", McGraw-Hill, ISBN 0-07-007130-6,1986
- [19] MURSEC, B.,CUS, F., "Integral model of selection of optimal cutting conditions from different databases of tool makers" Journal of *Materials Processing Technology*, 133, 158-165, Elsevier, 2003
- [20] GEBREZENBET, T., JAIN, P. K., JAIN, S. C., "Peliminary manufacturability analysis using feature-function-resource considerations for cylindrical machined parts" Journal of *Computer Integrated Manufacturing*, vol. 15, no. 4, 361-378, Taylor & Francis, 2002
- [21] MIAO, K. H., SRIDHARAN, N., SHAH, J. J., "CAD-CAM integration using machining features" Journal of *Computer Integrated Manufacturing*, vol. 15, no. 4, 296-318, Taylor & Francis,2002
- [22] ÇETİNKAYA, K., "Toplam Tasarım" Gazi kitapevi Ankara, Türkiye, ISBN, 975-7313-51-3, 2000
- [23] AKKURT, M., "Talaş kaldırma yöntemleri ve takım tezgahları" 18-148, Birsen Yayınevi , ISBN 975-511-083-6, 2000
- [24] DEGARMO, E. P., BLACK, J. T., KOSHER, R. A., "Materials and processes in manufacturing" Cllier MacMillan Publishers, 1998
- [25] PARK, S., KİM, G., "An economic evaluation model for advanced manufacturing systems using activity based costing" Journal of *Manufacturing Sytems*, Vol. 14, No. 6, pp. 439-451., 1995