

# Dağıtık İmalat Teknolojilerinde KOBİ'lere Yönelik Sanal Fabrika Sisteminin Geliştirilmesi

Burak SARI

Tümleşik İmalat Teknolojileri Araştırma Grubu (TİTAG), Makina Mühendisliği Bölümü

S. Engin KILIÇ

Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü

Tayyar ŞEN

Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

## ÖZET

Günümüzün rekabetçi piyasa koşulları altında artan ürün çeşidi ve karmaşıklığı, imalatçı firmaların stratejik ortaklıklar kurarak müşteriye kısa zamanda, düşük fiyatta ve yüksek kalitede ürün sunmalarını zorunlu kılmaktadır. Sanal fabrika bu yeni tipte ortaklıkların kurulması ve işletilmesi için önerilen bir kavramdır. Sanal fabrika imalat firmalarının, yazılım ajanlarının ve insanların belli bir amaç doğrultusunda biraraya gelerek oluşturdukları bir geçici görev takımıdır. Sanal fabrika, bağımsız şirket ya da kurumların çekirdek yeteneklerini biraraya getirerek pazar paylarını artırmak için oluşturulan geçici bir ağ olarak da tanımlanabilir. Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeler (KOBİ), eğimli yapılarla, pazar değişimine karşı adaptasyon özelliğine, insan kaynaklarının aktif katılımına, teklif alma yeteneklerine ve ürünlerinin iyi teknolojik düzeye sahip olmasından dolayı sanal fabrika ortaklığı için uygun yapıya sahiptirler. Bu makale, ürün maliyeti ve üretim zamanını düşürmek için, web tabanlı uygulama ve araçların kullanılarak mekanik üretim sektöründe çalışan KOBİ'lere yönelik dağıtık bir sanal fabrika sistemi geliştirilmesi çalışmalarını kapsamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Sanal kurum, sanal fabrika, üretim ağı, dağıtık imalat, UML, IDEF

## GİRİŞ

Hızla değişen dünya düzeni içinde, dağıtık imalat sektöründeki rekabet ortamı, şirketleri yeni yapısal değişikliklere zorlamaktadır. Şirketler rekabette başarılı olmak için, üretkenliği, imalat esnekliğini, ürün kalitesini yükseltmek ve maliyet ile üretim süresini düşürmek zorundadırlar [1].

Günümüzün rekabetçi piyasa koşulları altında artan ürün çeşidi ve karmaşıklığı, imalatçı firmaların stratejik ortaklıklar kurarak müşteriye kısa zamanda, düşük fiyatta ve

## ABSTRACT

Under today's competitive marketing conditions, manufacturing firms are forced to set up strategic partnerships in order to provide the customers with high quality products with low price in a very short time. Virtual factory is a concept, which is suggested in order to set up this type of partnerships and run them. Virtual factory is a temporary action team that is formed by the collaboration of manufacturing firms with the software agents and other people to achieve a certain aim. Virtual factory can also be defined as a temporary network that is formed to increase the market share of the independent firms or establishments by gathering their core capabilities. Small and Medium-size Enterprises (SME) have suitable structures in terms of Virtual factory partnership due to having flexible structures, ability to adapt to market change, active participation in human resources, ability to get the copyright, and products with high technological level. This article comprises the studies of forming a separate Virtual factory for SMEs that work in mechanical manufacturing industry to reduce the product cost and manufacturing time by using web-based applications or tools.

**Keywords:** Virtual establishment, virtual factory, manufacturing network, separate manufacturing, UML, IDEF.

yüksek kalitede ürün sunmalarını zorunlu kılmaktadır [2]. Bu koşullarda, Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeler (KOBİ) yeni üretim, bilgi ve iletişim teknolojilerinin etkin kullanımıyla müşteri taleplerini karşılayabilmektedir. Son yıllardaki üretim, bilgi ve iletişim teknolojilerindeki gelişmeler gerçek zamanlı ortaklıkların kurulması için ucuz, gerçekçi ve hızlı ağ oluşumu sağlamaktadır. Firmaların biraraya gelerek farklı tipte ortaklıklar kurması için literatürde farklı tipte organizasyon çeşitleri önerilmiştir. Bunlardan bazıları üretim ağı, kesirli fabrika ve sanal fabrikadır.

Sanal fabrika bu yeni tipte ortaklıkların kurulması ve işletilmesi için önerilen yeni bir kavramdır [3]. Sanal fabrika sisteminin diğer organizasyon tiplerinden en önemli farkı müşteri yönelimli, dağıtık ve dinamik bir yapıda olmasıdır. Kısa vadede müşteri taleplerine cevap vermek için kurulan sanal fabrikanın ömrü istenen ürünün üretilme süresine bağlıdır. Ürün tamamlandıktan sonra sanal fabrika dağılır ve sonra başka bir müşteri talebiyle farklı firmalarla tekrar kurulur. Sanal fabrika sisteminin dağıtık ve dinamik bir yapıda olması, ortaklarını temsil eden firmaların farklı bölgelerde ya da ülkelerde yer alabilmelerini ve sisteme yeni firmaların eklenmesi ya da mevcut firmaların fabrikadan çıkarılmasını mümkün kılmaktadır. Kısaca, sanal fabrika imalat firmalarının, yazılım ajanlarının ve insanların belli bir amaç doğrultusunda biraraya gelerek oluşturdukları bir görev takımındır. Literatürde, sanal fabrika sisteminin birçok farklı tanımı yer almaktadır. Sanal fabrika bağımsız birey ya da kurum ağı olarak tanımlanabilir. Sanal fabrika ürün yönelimli bir sistemdir ve kalıcı bir konsorsiyum yapısına sahip değildir. Müşteriden ürün isteği geldiğinde kurulur, işletilir ve ürün tesliminden sonra dağılır, bu yüzden çalışma süresi ürünün üretim zamanına bağlıdır [4]. Sanal fabrikayı oluşturan elemanlar aynı zamanda bu sanal konsorsiyumun ortakları rolünü üstlenmektedirler. Bu sanal fabrika çatısı altında çalışan ortaklar yetenek, maliyet, kar, risk ve pazar paylarını paylaşmaktadırlar.

Ortaklar belli bir ürünün üretim safhalarında beraber çalıştıktan sonra, başka bir sanal fabrika sisteme geçerek yine aynı ya da farklı bir görevi yerine getirebilirler. Sanal fabrika ortakları daha çok ortak hedeflere sahip takımın bireyleridir ve bu ortak amaçları yerine getirmekle yükümlüdürler. Bu yüzden, sanal fabrikanın başarısı tamamıyla ortaklarının sorumluluklarına, performansına ve ürünü belirlenen zamanda teslim etme yeteneklerine bağlıdır [5]. Sanal fabrika sisteminde çalışacak firmaların sadece uzman oldukları görevleri yürütecek olmalarından ve sanal fabrika kaynaklarının (maliyet, risk, insan gücü, vs.) ortak bir havuzda toplanacak olmasından dolayı bireysel KOBİ'lerle

kıyaslandığında sanal fabrika sistemi daha esnek, süratli ve atak bir yapıya sahip olacaktır.

KOBİ'ler, değişen pazar taleplerine çabuk uyum sağlayabilmelerinden, ürünlerinin iyi teknolojik düzeyde olmasından, tedarikçilerle iyi ilişki kurabilme yeteneğine sahip olmalarından ve insan kaynaklarını aktif olarak verilen görevlerde kullanabilmelerinden dolayı sanal fabrika ortaklığı görevini yürütebilecek en uygun birim olarak görünmektedir [6]. KOBİ'lerin geleneksel olarak tek başlarına karar verme ve davranma alışkanlıkları ortaklıkların kurulması için bir dezavantajdır [7]. Bireysel davranma özelliklerine sahip olmaları, bu firmaları satın alma, tasarım, mühendislik ve teknolojik yenilenme problemleriyle karşı karşıya getirecektir. Ayrıca, KOBİ'ler arasındaki güvensizlik ve birbirleriyle rekabet etmeleri ortaklıkların kurulmasına yönelik en önemli problemlerden birisidir. Gerçekleştirilecek sanal fabrika sistemiyle, KOBİ'lerin birer takım olarak hareket etmeleri ve birbirlerine güven duymaları sağlanacaktır.

Literatürde sanal fabrika sistemi üzerine yapılan çeşitli çalışmalar vardır. Bunlardan birisi "VEBA-Wohnen" şirketine yönelik bir sanal servis ağı kurulmasıdır. Bu firma evlerin onarımı ve tadilatı işleriyle uğraşmaktadır [8]. Firmaya günde yaklaşık 5000 tane farklı arıza (su boruların arızalanması da dahil olmak üzere) mesajı gelmektedir. Evde bir arıza oluşması durumunda, ev sahibi ya da kiracı "VEBA-Wohnen" ana bilgisayarına mesaj göndermektedir. Bu mesajlar taşeron firmalar için bir iş teklifine dönüşür. Belirlenen görevler (problem tipine, müşterinin oturduğu bölgeye, hesaplanan maliyete göre) yaklaşık 400 taşeron firmaya elektronik posta ile gönderilir. Üretim durumlarına göre birbirinden bağımsız ortak firmalar önerilen işi kabul eder ya da reddeder. Teklifin kabul edilmesi durumunda ana veritabanı güncellenir. İş bitiminden sonra yapılan işin faturası merkez veritabanına yollanır ve bilgisayar sistemi müşteriden faturayı onaylamasını ve ödemeyi yapmasını bekler.

Bir diğer sanal fabrika sistemi örneği Berlin'deki SONY-Center'in kurulması gibi büyük projeleri gerçekleştirmek için

üretim ve servis firmalarının geçici ortaklığıdır [9]. Sanal üretim ağı kavramını göstermek için iyi bir örnektir. Yukarıda belirtilmiş sanal fabrika sisteminin ismi “AMBRA”dır. AMBRA, IBM'in bir yan şirketidir ve Raleigh, North Carolina'da 80 çalışanıyla işe başlamıştır. Bu ağ elemanının ana görevi kişisel bilgisayarın tamamlayıcı parçalarını ve servislerini üreten 6 bağımsız firma arasında koordinasyonu sağlamaktır. Aynı zamanda, bu firmalar eş zamanlı başka projelerde görev almışlardır. Bu firmalardan biri Singapore'dadır. Ürün tasarımını geliştirmiş, bileşenleri üretmiş ve tedarikçileri organize etmiştir. İkinci firma montaj görevini yürütmüştür. Diğer firmalar sırasıyla reklam, ürünün dağıtımını ve servis görevlerini gerçekleştirmiştir. Bu sanal fabrikanın karakteristiği pazar kavramıdır: ek bir ücret talep etmeden donanım ve yazılım opsiyonlarının uyarlanması için bütün istekleri karşılamaktadır.

Bu çalışmanın amacı, KOBİ'lerin çekirdek yeteneklerini ortak bir havuzda toplayarak bireysel olarak daha kısa zamanda ve düşük maliyette sağlayamayacakları ürünleri gerçekleştirmelerine olanak sağlayacak web tabanlı bir sanal fabrika sisteminin geliştirilmesidir. Geliştirilmekte olan bu sanal fabrika sistemi içinde yaratılacak sinerjiyle, OSTİM'de farklı yeteneklere sahip KOBİ'ler ortak bir çatı altında toplanarak global anlamda daha rekabetçi düzeye geleceklerdir.

## MODELLEME ÇERÇEVESİ

Bu bölümde, sanal fabrika sisteminin geliştirilmesi sürecinde kullanılmak üzere geliştirilen sanal fabrika modelleme çerçevesi anlatılmaktadır. Modelleme çerçevesi, yüksek seviyede süreç modeli ile başlayan ve veritabanı modeli ile sonlanan 7 temel modelleme adımından oluşmaktadır.

Sanal fabrika modelleme çerçevesi, sanal fabrika içinde yer alan kurumların ve rollerinin modellenmesinden kurumlar arasındaki çalışma süreçlerinin tanımlanmasına kadar sanal fabrika sistemini çalıştırmaya yönelik çeşitli modelleme aracını desteklemektedir. Bu çerçeve sanal

fabrika içinde yer alan bileşenlerin entegrasyonu modelleme dillerini kullanarak sağlamaktadır. Modelleme çerçevesi sanal fabrika sisteminin geliştirilmesinde kullanılan modellerinin analizi, tasarımı ve kullanımına yönelik süreçleri desteklemektedir.

Modelleme çerçevesinde, farklı modelleme tekniklerinin ya da dillerinin kombinasyonu kullanılmıştır. Var olan metodolojiler yeterli değildir ve bazen kullanımı çok karmaşıktır. Bu yüzden, sanal fabrika sisteminin modellenmesinde var olan tekniklerin kombinasyonunun kullanımı önerilmiştir. Bu çalışmada IDEF0, IDEF1X ve UML tekniklerinin bir kombinasyonu önerilmiştir. Fonksiyon Modelleme için Entegrasyon Tanımı (IDEF0) A.B.D.'nin Federal Bilgi İşleme Standardı olarak 1981 tarihinde ilan edilmiştir [10]. Bu modelleme standardı sistemin yapılandırılmış grafiksel gösteriminin geliştirilmesi için IDEF0 modelleme dilini (semantik ve sentaks), ilgili kuralları ve tekniklerini açıklar. Bu standardın kullanımı sistem fonksiyonlarını (aktiviteler, eylemler, süreçler, operasyonlar), fonksiyonel ilişkileri, ve sistem entegrasyonunu destekleyen verileri (bilgi veya objeler) içeren modellerin oluşturulmasına izin verir. Bilgi Modelleme için Entegrasyon Tanımı (IDEF1X) A.B.D.'nin Federal Bilgi İşleme Standardı olarak Kasım 1985 tarihinde ilan edilmiştir [11]. Bu modelleme standardı ise verinin mantıksal modelinin geliştirilmesi için IDEF1X modelleme dilini (semantik ve sentaks), ilgili kuralları ve tekniklerini açıklar.

IDEF1X, sistem içinde yer alan bilginin anlamını ve yapısını ifade eden grafiksel bilgi modelinin oluşturulmasında kullanılır. Bu standardın kullanımı, veri yönetimine, bilgi sistemlerinin entegrasyonuna, ve özellikle yeni veritabanlarının oluşturulmasına yardımcı olan anlamlı (semantik) veri modellerinin hazırlanmasına izin verir. Birleştirilmiş Modelleme Dili (UML) bilgi sistemlerinin tanımlanmasında kullanılan bir nesne yönelimli modelleme dilidir. UML nesne yönelimli terimler sözlüğü ve analizden uygulamaya kadar herhangi bir sistemin modellenmesine yetecek kadar zengin şema teknikleri sağlar [12].

Modelleme çerçevesinin şematik gösterimi Şekil 1'de ve ana adımları hakkında bilgi aşağıda verilmiştir.

**Adım 1:** Sanal KOBİ ağı ve sanal fabrikanın kurulması ve yönetime yönelik aktiviteleri içeren yüksek seviyede süreç modellemenin oluşturulması.

**Adım 2:** Adım 1'de yüksek seviyede oluşturulan süreçler IDEF0 kuralları kullanılarak fonksiyonların sıralı akışı şeklinde dönüştürülür ve gösterilir. Böylece yüksek seviyede aktivite modelleri oluşturulur.

**Adım 3:** Her bir yüksek seviyede süreç/aktivite/fonksiyon bir ya da birden fazla kullanım durumlarına bölünür. Bu süreç bütün istenilen kullanım durumları belirlenip gereksiz olanlar modelden çıkartılana dek devam eder. Kullanım durumları sistemin fonksiyonel tanımı ve önemli süreçleri hakkında bilgi sağlar ve çözülecek problemin sınırlarını tayin eder. Ayrıca sistem içinde rol alacak kullanıcılar ve hangi tipde kullanıcılar arası ilişkilerin beklendiği hakkında grafiksel bir gösterim sağlar.

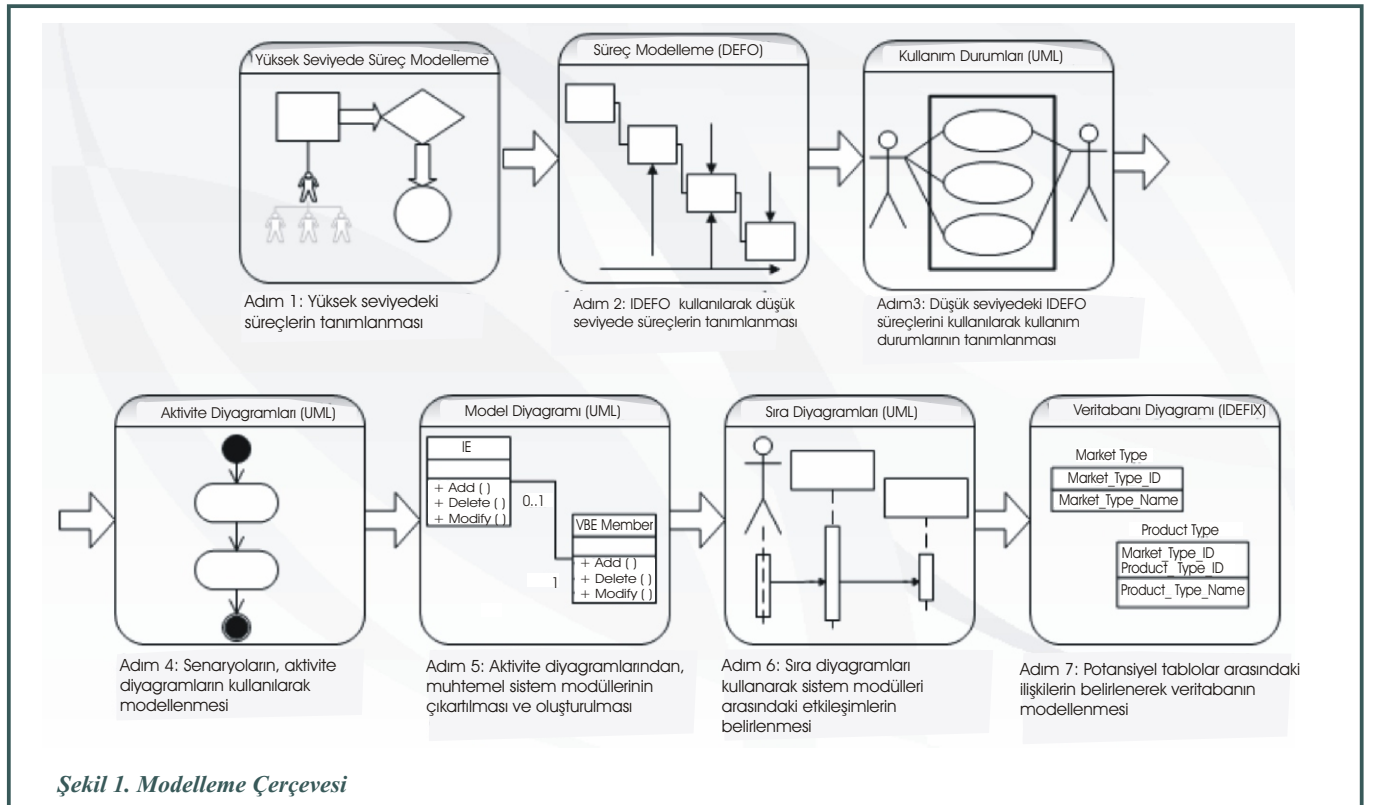
**Adım 4:** Sistem içindeki senaryolar aktivite diyagramları kullanılarak modellenir. Aktivite diyagramları prosedür

içinde yer alan aktivite akışının modellenmesi için kullanılır. Bu diyagramlar iş süreçlerinin çok geniş gösterimini sağlar veya kullanım durumları içinde yer alan aktivitelerin bölünmesi için kullanılırlar.

**Adım 5:** Kullanım durumlarının metin açıklamaları kullanılarak isim-öbeği analizi gerçekleştirilir. Asıl amaç, sistemin işleyebilirliğini sağlayan ana aktörlerin (isimlerin) ve süreçlerin (öbekler) belirlenmesidir. Gereksiz modüllerin atılması ve benzer modüllerin gruplanması ana sistem modüllerinin basit gösterimini sağlar.

**Adım 6:** Önceden belirlenen sistem aktörleri ve süreçleri kullanılarak, kullanım durumları güncellenir ve sıra diyagramları (her bir kullanım durumu için en az bir tane) oluşturulur. Bu diyagramlar sistem modülleri arasındaki etkileşimi ve birbirlerine yolladıkları mesajları açıklar.

**Adım 7:** Sanal fabrika sistem tasarımının amaçlarından bir tanesi de sistemin dinamikliğini artıran bilginin dağıtılarak veri saklanması ve yerel hale getirilmesidir. Bu adım oluşturulan sistem modüllerine göre verilerin ve aralarındaki



ilişkilerin tanımlanması için IDEF1X tekniği kullanılarak veritabanı modelinin oluşturulması çalışmalarını kapsamaktadır.

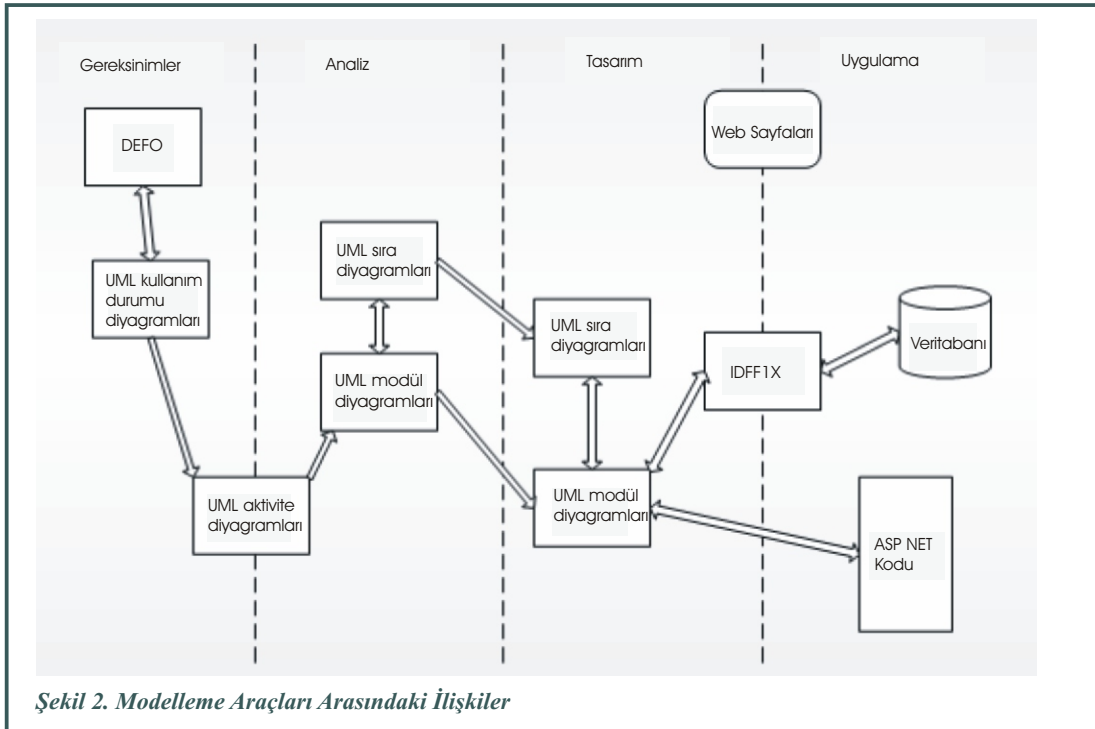
Modelleme araçları arasındaki ilişkiler Şekil 2'de gösterilmiştir. Özet olarak, ilk olarak sistemin ne yapacağı ve sistemi kimin kullanacağı cinsinden geliştirilecek sistemin kapsamı ve gereksinimleri tanımlanır. Bu bütün sisteme genel bir bakış kazandırır. Analiz süreci boyunca, sistem geliştiricisi uygulamayı düşünmeden sistem gereksinimlerini karşılayacak biçimde sistemin analizi çalışmalarını yürütür. Tasarım süreci boyunca, yapılan işler gerektiği takdirde değiştirilir ve fiziksel olarak sistem yapılandırılır. Kod aşaması boyunca, oluşturulan sistem modülleri çerçevesinde kodlar yazılır. Sonrasında sistemin farklı durumlar için denemesi gerçekleştirilir. Bu modelleme çerçevesi kapsamında, IDEF0, IDEF1X diyagramları ve ilgili UML modelleri geliştirilmiştir.

## SANAL FABRİKA SÜREÇ VE AKTİVİTE MODELİ

Sanal KOBİ ağının ve sanal fabrikanın kurulması ve yönetimine yönelik aktiviteleri içeren yüksek seviyede süreç modeli geliştirilmiştir. Bu model, sistem geliştiricisine sanal

KOBİ ağının ve sanal fabrikanın nasıl kurulması ve çalıştırılması hakkında bir yönerge sağlar. Şekil 3'de verilen yüksek seviyede süreç modelinin geliştirilmesinde Microsoft Visio programı kullanılmıştır [13]. Şekil 4 sanal KOBİ ağı ve sanal fabrikanın kurulması ve çalıştırılmasına yönelik aktiviteleri içeren yüksek seviyeli aktivite modelini göstermektedir. Yüksek seviyeli aktivite ve anahtar karar noktalarının gösterimine ek olarak, model aktivite veya kararların yürütülmesini sağlayan veri tiplerini de belirtir. Şekil 4'de üç ayrı kullanıcı profili verilmiştir: müşteri, sanal fabrika yöneticisi ve üye firmadır. Şeklin sol tarafı üye, sağ tarafı müşteri ve orta kısmı sanal fabrika yöneticisinin aktivitelerini ve karar noktalarını gösterir. Geliştirilen süreç modeli kapsamında:

- ◆ Bölüm 3.1'de sanal KOBİ ağının kurulumu ve yönetimi hakkında bilgi verilmektedir ve aşağıdaki süreçleri içerir:
  - Sanal KOBİ ağının hedeflerinin belirlenmesi
  - Sanal KOBİ ağı üyelerinin seçilmesi
  - Bölüm 3.2'de sanal fabrikanın kurulumu hakkında bilgi verilmektedir ve aşağıdaki süreçleri içerir:
    - Müşteri isteklerinin tanımlanması
    - Ürün verilerinin çıkartılması
    - Ürünün iş paketlerine ayrıştırılması



Şekil 2. Modelleme Araçları Arasındaki İlişkiler



- Sanal KOBİ ağı üyeleri ile müzakere
  - Sanal fabrika ortaklarının belirlenmesi
  - Müşteri ile müzakere
  - Ortaklar ve müşteri ile sözleşmelerin imzalanması
- ◆ Bölüm 3.3 sanal fabrikanın çalıştırılması ve yönetimi hakkında bilgi vermektedir ve aşağıdaki süreçleri içerir:
- Müşteri ile müzakere
  - İş takibi
  - Faturalandırma
  - Performans değerlendirme
- ◆ Son olarak bölüm 3.4'de sanal fabrikanın kapanışı hakkında bilgi verilmektedir ve aşağıdaki süreçleri içerir:
- Anket yapılması ve değerlendirme
  - Kapanış

### Sanal KOBİ Ağının Kurulumu ve Yönetimi

Sanal KOBİ ağının ana amacı müşteriden gelen ürün talepleri doğrultusunda sanal fabrikanın hızlı oluşturulmasına yönelik bir üye havuzunun oluşturulmasıdır. Bu üye havuzu içinde toplanmak isteyen firmalar sistem tarafından sunulan üyelik sözleşmesini kabul ederek çekirdek yeteneklerine uygun sanal endüstri gruplarına katılırlar. Sanal fabrika ile kıyaslandığında, sanal KOBİ ağının çalışma süresi daha uzun ve kalıcıdır. Sanal fabrika ise müşteriden gelen talep doğrultusunda oluşturulan gelip geçici bir konsorsiyumdur.

Sanal KOBİ ağı üyeleri KOBİ ağına katılmak isteyen aday firmalardan seçilen firmalardır. Sanal fabrika ortakları ise müşteri tarafından talep edilen bir ürünü istenilen zamanda ve fiyatta karşılamakla yükümlü ve sanal KOBİ ağı üyelerinden belli kriterler çerçevesinde seçilmiş firmalardır. Kısaca bu ortaklar sanal KOBİ ağında mevcut sanal endüstri grupları içinden seçilirler. Bu kapsamda değişik ürün taleplerine hızlı yanıt vermenin en kesin yolu mevcut endüstri grupları içinde yeterli sayıda üye barındırmaktır.

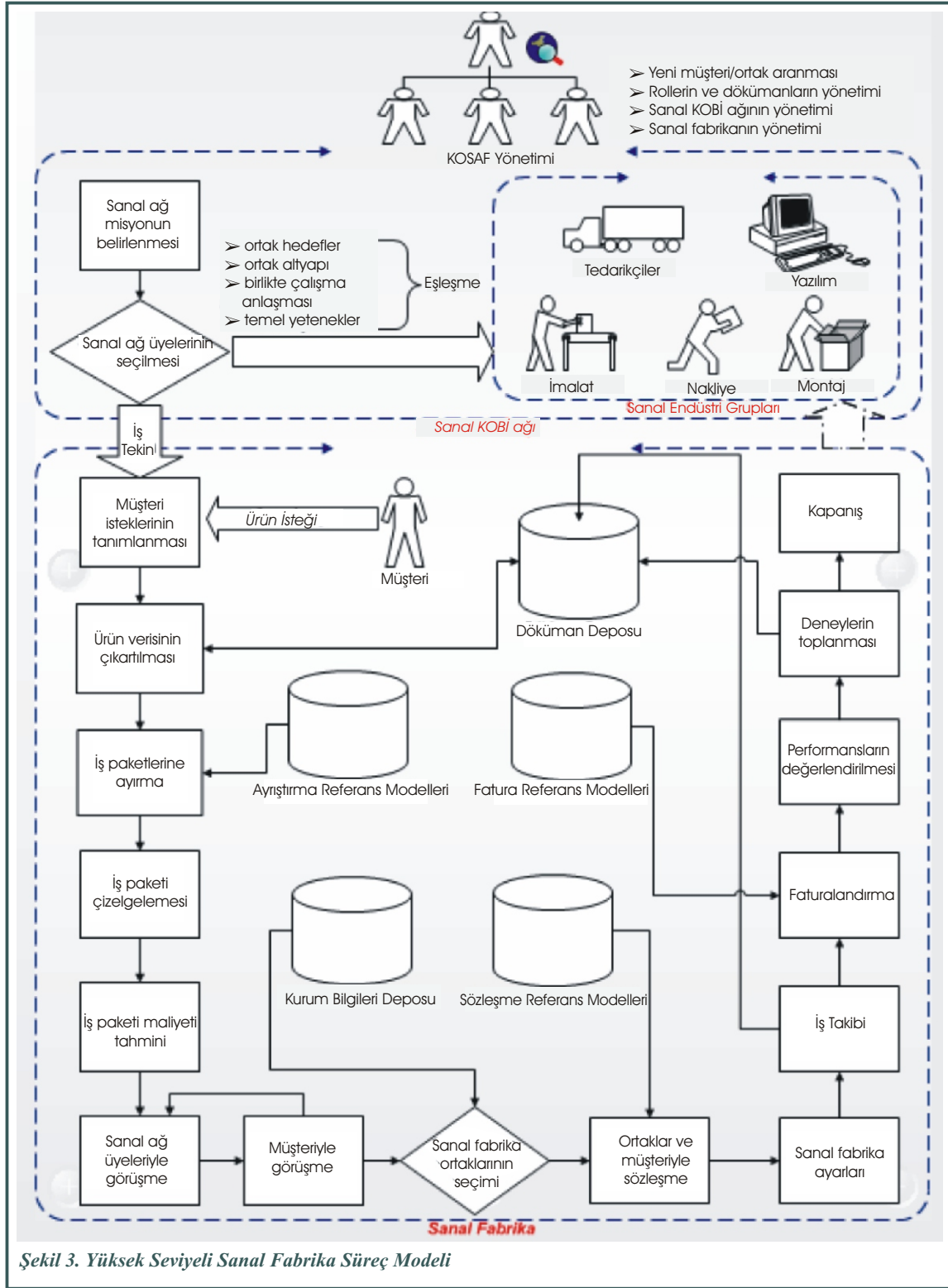
Kurulacak sanal fabrika ya da fabrikaların, ne çeşit ürünlerle hangi tip pazarlara hizmet vereceğinin tanımlandığı ve bu çerçevede sanal fabrikada yer alacak muhtemel ortakların belirlendiği sanal bir KOBİ ağı oluşturulması ve yönetimi çalışmalarını kapsamaktadır. Bu kapsamda, üretilmesi düşünülen ürünün bağlı bulunduğu sektör (örn.

otomotiv), ürün tipi (örn. jant kapağı) ve bu ürünün üretilmesi için gerekli muhtemel üretim aşamaları (örn. talaşlı imalat, kaplama, boya, montaj..vs) belirlenmektedir. Bu aşamadan sonra, ilgili firmalar verilen web adresine bağlanarak istenen firma bilgilerini (isim, adres, firma yetenekleri, rol almak istedikleri sektör-ürün-üretim grubu..vs) eksiksiz doldurarak sisteme üyelik taleplerini iletirler. Sistem yöneticisi, firmaların üyelik taleplerini incelemeye alır ve firmalara bir bilir kişi göndererek firma tarafından sisteme girilmiş bilgilerin doğruluğunu araştırır. Gerekli incelemeler sonucunda firmanın üyelik talebi kabul ya da reddedilir. Sistem yöneticisi tarafından üyelik talepleri onaylanan firmalara e-posta ile içinde yollanan linkle firmalar sisteme girmek için gerekli olan kullanıcı adı ve şifrenin bulunduğu sayfaya erişirler. Bu aşamadan sonra, doğru kullanıcı adı ve şifreyle sisteme bağlanırlar ve ilan edilmiş ürün ya da ürün görevi için teklif verirler. Sanal KOBİ ağının oluşturulmasının en önemli amacı müşteri isteklerine daha hızlı cevap verebilmek için potansiyel ortak adaylarını önceden belirleyerek firmanın sahip olduğu yeteneklerine göre farklı sanal endüstri grupları oluşturmaktır. Böylece, bir ürün isteği (örn. jant kapağı) geldiği zaman sistem yöneticisi işi daha detaylı görevlere ayırıştırıp, her bir görevi ilgili sanal endüstri grubundaki (örn. talaşlı imalat grubu) firmaya (örn. EMCO firması) belli bir değerlendirme prosedürünün uygulanmasından sonra atamaktadır.

### Sanal Fabrikanın Kurulumu

Sanal fabrika, müşteriden gelen ürün talebini tek başlarına zamanında ve istenen fiyata karşılayamayacak birbirinden bağımsız firmaların yeteneklerini biraraya getirerek oluşturduğu geçici bir ürün yönelimli konsorsiyumdur. Sanal fabrikanın en önemli aşamalarından biri müşteri talebini karşılayacak sanal fabrikanın kurulumudur.

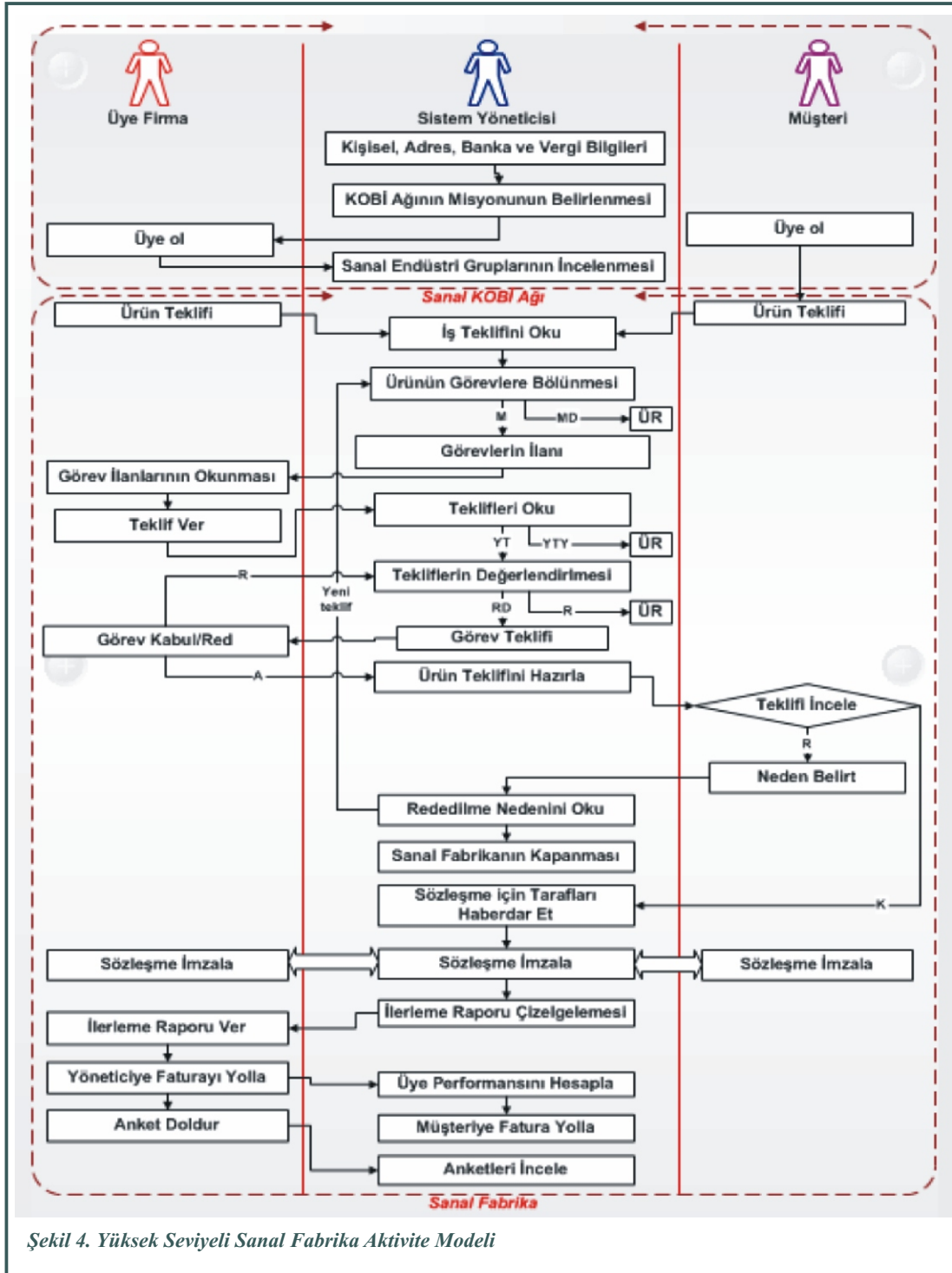
Sanal fabrikanın kurulum aşaması müşteriden gelen ürün talebi ile başlamaktadır. Müşteri sisteme üye olduktan sonra, ürün istem sayfasından ürün talebinde bulunur. Ürün istem sayfasında, ilgili ürüne ait bilgilerin (ismi, teknik şartname, bitiş tarihi...) eksiksiz verilmesi gerekmektedir. Ayrıca, müşteri ürünün teknik çizimini sunucuya yükledikten sonra eğer ürün



Şekil 3. Yüksek Seviyeli Sanal Fabrika Süreç Modeli

birden çok parçadan oluşuyorsa, her parçasını ayrı ayrı tanımlar ve ilgili teknik çizimlerini ürün istem sayfasındaki gibi sunucuya yükler. Eğer, talep eksiksiz yapıldıysa, sistem yöneticisi gelen ürün talebini değerlendirmeye alır. Değerlendirme süreci, sanal KOBİ ağındaki mevcut firmalar

yeteneklerinin ürünün gerçekleştirilmesi için gerekli yeterliliğe sahip olup olmadıklarını kapsamaktadır. Eğer istenilen yeterlilikte firma olduğuna karar verilirse, sistem yöneticisi talep edilen ürünü ya da parçasını ilgili görevlere ayırır. Bu ayrıştırma işleminde, her görev için kaba bir maliyet ve bitirme



zamanı hesaplanır ve ileriki teklif verme aşamasında firmaların bu sınırlamalara uymaları beklenir. Ayrıca her görevin birbiriyle olası ilişkileri belirtilir. Örneğin, bir görevin başlaması için başka bir görevin bitmesi ya da iki görevin aynı anda başlaması ya da iki görevin aynı anda bitmesi ya da bir görevin bitmesi için diğer görevin başlaması gerekebilir.

Ürünün iş paketlerine ayrıştırılmasından sonra, ürün sistem

yönetici tarafından sanal KOBİ ağında yer alan bütün firmalara elektronik posta ilan edilir. Firmalar sisteme bağlanarak, teklif verme sayfasından yetenekleri doğrultusunda ilgili iş paketleri için teklif verirler. Firmalar sadece kendi yetenekleriyle eşleşen iş paketlerini görebilir. Örneğin, “montaj” sanal endüstri grubunda yer alan LECO firması, sadece montaj işlemi içeren iş paketi ya da paketlerini görebilir ve teklif verebilir. Her iş



paketi için belirlenmiş teklif kapanma zamanı aşımından sonra teklifler sistem yöneticisi tarafından değerlendirilir. Değerlendirme işlemi çoklu amaç algoritması (analytic hierarchy process) temel alınarak yapılır.

Bu algoritmada, ortakların belirlenmesinde etkili olacak amaç fonksiyonlar (örneğin önerilen ürün fiyatı, performanslar, önerilen teminat, görevi bitirme olasılığı) tanımlanır ve her amacın birbiri üzerindeki etkisi belirlenir. Algoritmanın çalıştırılmasıyla, firmalar verdikleri teklif sonucunda aldıkları puana göre büyükten küçüğe sıralanır ve her iş paketi için en yüksek puana sahip firma iş paketini yürütmeye hak kazanır. Örneğin, en iyi performansla, en düşük iş paketi fiyatı, en yüksek teminatı ve görevi bitirme olasılığı en yüksek olan firma ilk sırayı alır.

İş paketlerini yürütmeye hak kazanan firmalardan e-posta içinde yollanan linkle verdikleri teklifleri teyit etmeleri beklenir. Eğer vermiş oldukları teklifleri teyit etmeyen firmalar olursa, yerlerine başka firmalar seçilir ve aynı prosedür tekrar uygulanır. Ürünün mevcut görevlerini yürütmeye hak kazanan firmalar verdikleri teklifleri teyit etmesinin ardından müşteriye ürünün toplam bedeli ve bitiş tarihi gibi bilgileri kapsayan bir teklif gönderilir. Bu aşamada, müşteri teklifi kabul edebilir ya da örneğin ürün bedelini fazla bularak önerilen teklifi reddedebilir. Reddetme aşamasında müşteri ürün bedelinin düşürülmesini isteyebilir ya da ürün teklifinden vazgeçebilir. Şayet daha düşük ürün bedeline sahip yeni bir teklif isterse, sistem yöneticisi firmaları müşterinin bu fiyat isteğinden haberdar eder ve firmalar tekliflerini yenilemek (tekrardan tanımlanmış iş paketi bedeli sınırlamasına göre) şartıyla tekrardan müşteriye yeni bir ürün teklifi sunulur. Eğer, müşteri teklifi kabul ederse, müşteri-sistem yöneticisi ve ortaklar-sistem yöneticisi arasında önceden hazırlanmış sözleşme taslağı kullanılarak sözleşmeler imzalanır. Müşteri yada ortaklar sözleşmeyi sisteme giriş için kullandıkları şifreyi ilgili yere girerek onaylarlar. Sözleşme sayfasında teknik ve idari şartname ve sözleşme taslakları yer alır. Sözleşmelerin hukuki yaptırımı vardır ve ihlali durumunda sözleşmede belirtilen yaptırımlar uygulanır.

### Sanal Fabrikanın Çalıştırılması ve Yönetimi

Sanal fabrikanın kurulumundan sonraki aşama, müşteri taleplerini karşılamak üzere sanal fabrikanın çalıştırılmaya başlanmasıdır. Bu süreç içinde, sanal fabrika içinde yer alan firmaların yönetimi yürütülmesi gereken bir diğer görevdir.

Sözleşmeler imzalandıktan sonra, sanal fabrika ortaklarına belirli sayfalara erişim hakkı verilir. Bu sayfalar iş takibi, gelişme raporları gibi sadece sanal fabrika sistemi içinde çalışan firmaları ve müşteriye ilgilendiren sayfalardır. Ortaklar önceden belirlenen çizelge kapsamında belli tarihlerde işin durumunu, yüzde kaçının tamamlandığını ve herhangi bir olası gecikmeyi gelişme raporu sayfasında belirtirler. Sistem yöneticisi de verilen bu bilgiler doğrultusunda müşteriye benzer formatta bir ürün ilerleme raporu sunar.

Görev bitiminden sonra iş parçasının kalitesine, teslim tarihine ve ortaklardan talep edilen ilerleme raporlarının istenilen adette olup olmamasına göre sanal fabrika içinde görev alan her ortak için bir performans değeri hesaplanır ve veritabanına kaydedilir. Bir firmanın görev performansı, neural network algoritması içinde kullanılarak hesaplanmaktadır. Firmaların önceki görevlerde gösterdikleri performans değerleri göz önüne alınarak hesaplanan genel performans değeri, firmaların sonraki işlerde rol almalarını doğrudan etkilemektedir.

### Sanal Fabrikanın Kapanışı

Sanal fabrika içinde çalışan ortaklara yapılacak anket taslaklarının hazırlanması çalışmalarını içermektedir. Anketler, sanal fabrikada çalışan firma ortaklarının sistemin işleyişi hakkında düşüncelerinin alınması ve karşılaştıkları problemlerin belirtilmesi konularını kapsar. Anket hazırlanmasında ve sunulmasındaki ana neden, tasarlanan sistemin işleyişinin eleştirisi ya da öneriler kapsamında kusursuz bir hale getirmektir. Sistem yöneticisi, yapılan anketleri değerlendirerek gerekli iyileştirme çalışmalarını yerine getirir. Örneğin, gelişme raporlarının sunulma periyodunun artırılması ya da azaltılması önerisi gelebilir ve bu kapsamda sistem yöneticisi sonraki işlerde bu önerileri dikkate alarak gelişme raporu periyodunu artırır ya da azaltır.

## SİSTEM VERİTABANI

Sanal fabrika sisteminin veritabanı, SQL (Yapısal Sorgulama Dili) Sunucusu 2000 kullanılarak oluşturulmuştur. SQL Sunucusu, Microsoft'un bir ürünü olup, kurumsal düzeyde verinin saklanması ve bu verilerin sorgulanması yeteneğini sağlar. Ayrıca, SQL sunucusu ilgili veritabanlarının sistematik ve kullanımı kolay ortamlarda oluşturulmasına yardım eder. SQL veritabanlarını sorgulamak, güncellemek ve yönetmek için kullanılan bir dildir. SQL spesifik verinin veritabanından çekilmesi, sıralanması, ve filtre edilmesi için de kullanılır. SQL ifadeleri DEĞİŞTİRMEK (ALTER), YARATMAK (CREATE), SİLMEK (DELETE), YERLEŞTİRMEK (INSERT), SEÇMEK (SELECT) ve GÜNCELLEMEK (UPDATE) şeklinde sıranabilir. Bu ifadeler veritabanında tabloların yapılarını değiştirmek, yeni bir tablo yaratmak, tablodan kayıtları silmek, tabloya yeni bir kayıt eklemek, veritabanından tarama yapmak ve veritabanından bazı değerleri değiştirmek için kullanılırlar. Örneğin, Product tablosundan Product\_ID=20001 ile bütün

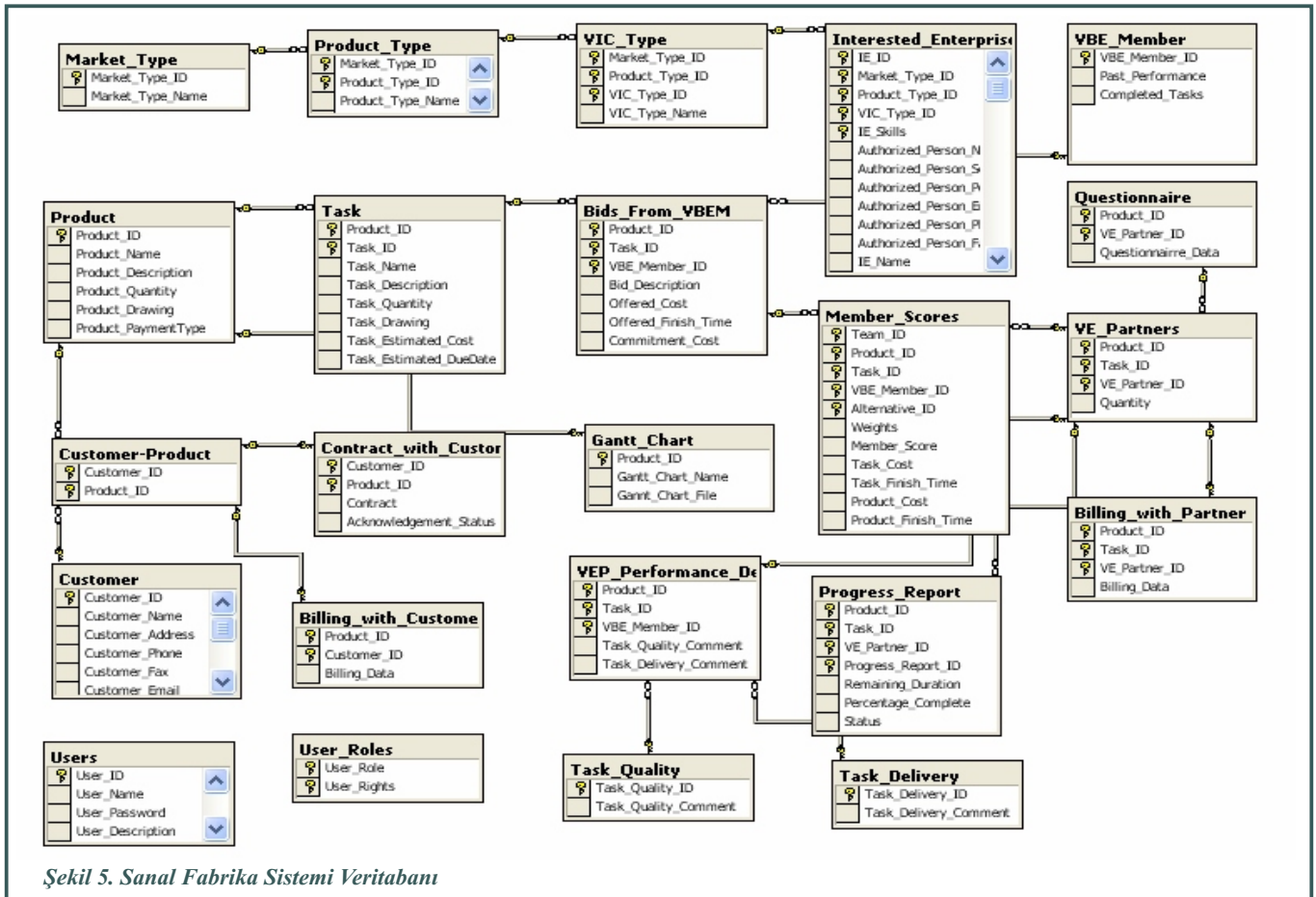
ürün verisini çekmek için aşağıda gösterildiği gibi SQL ifadesi gerekmektedir:

```
SELECT * FROM Product WHERE Product_ID=20001
```

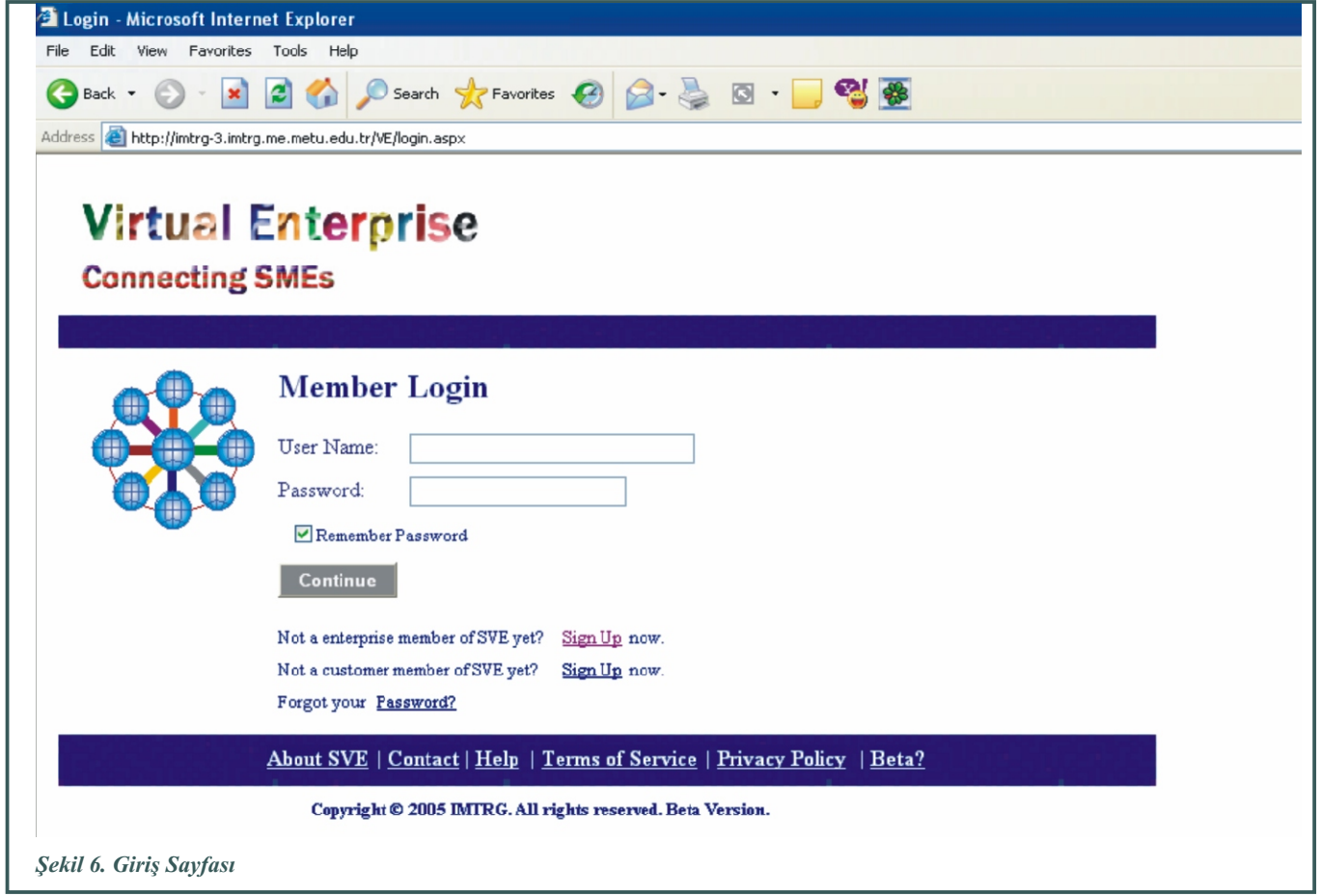
Sanal fabrika sistem tasarımının amaçlarından birisi sistemin verimliliğini artırmak için veri saklanması lokalize etmektir. İmalat kurumlarında, entegrasyon probleminin üstesinden gelmek için veritabanı teknolojisinin iki unsuru ayırt edilmelidir; entegre veri ve proses modelleme ve dağıtık veri yönetimi [14]. Sanal fabrika sistemi veritabanı, IDEF1X modelleme tekniği kullanılarak modellenmiştir. SQL Server 2000'de oluşturulmuş sistem veritabanının tasarım görüntüsü Şekil 5'de verilmiştir.

## SİSTEM ARAYÜZÜ

Sistemin web tabanlı arayüzü ASP. NET programlama dili kullanılarak oluşturulmuştur. Sayfalarda VB skripti kullanılmıştır. Düğmeler, şekiller, liste ve yazı kutuları gibi



Şekil 5. Sanal Fabrika Sistemi Veritabanı



Şekil 6. Giriş Sayfası

görsel araçlar kullanılarak kullanımı kolay bir arayüz yaratılmıştır.

Sanal fabrika ürün maliyeti ve üretim zamanını düşürmek için, web tabanlı uygulama ve araçların kullanılarak mekanik üretim sektöründe çalışan KOBİ'lere yönelik tasarlanmış ve oluşturulmuş dağıtık sistemdir. Sistemin dağıtık bir yapıda tasarlanmış olması, farklı şehirlerde, bölgelerde hatta ülkelerde faaliyet gösteren firmaların eş zamanlı çalışarak müşteri taleplerini karşılamasına imkan vermektedir. Sistemin web sitesine ana giriş "Login.aspx" sayfasındandır. Giriş sayfası Şekil 6'da gösterilmiştir. Kullanıcı web sitesine girmek için geçerli kullanıcı ismi ve şifre kullanmakla zorunludur. Böylece, giriş yapan insanın kimliği belirlenmiş ve sisteme izinsiz girişler denetlenmiş olur. Sanal fabrika sisteminde üç farklı kullanıcı profili vardır. Bunlar sırasıyla sistem yöneticisi, üye firma ve müşteridir. Sistem yöneticisi, gelen ürün talebinin incelenmesi, ürünün ilgili iş paketlerine bölünmesi, iş paketlerini yürütecek sanal fabrika ortaklarının seçilmesi,

sözleşme taslaklarının hazırlanması gibi projenin bütün organizasyon işlerinden sorumludur. Üye firma, ilan edilen iş paketlerine en uygun teklifi vermek ve şayet teklifi geçerli görülüp işi yüklenirse işin zamanında istenilen fiyata bitirilmesi ve sistem yöneticisine belirlenen tarihlerde işin ilerleme durumu hakkında bilgi verme işlerinden sorumludur. Müşteri, sanal fabrika sistemi içinde ürün talebinde bulunan firma ya da kuruluştur. Sistem içinde yer alan web sayfalarına erişim kullanıcıların profillerine göre sağlanmaktadır.

Sanal fabrika sisteminin test amaçlı kullanılan web adresi: "http://imtrg-3.imtrg.me.metu.edu.tr/VE". Tümlşik İmalat Teknolojileri Araştırma grubunun web sayfasına "http://www.imtrg.me.metu.edu.tr" adresinden erişebilirsiniz.

## SONUÇ

Bu çalışmanın genel amacı, ürün maliyeti ve üretim zamanını düşürmek için, web tabanlı uygulama ve araçların

kullanılarak mekanik üretim sektöründe çalışan KOBİ'lere yönelik dağıtık bir sanal fabrika sistemi geliştirilmesidir. Şu aşamada sistemin modelleme ve arayüz çalışmaları tamamlanmıştır. Sistemin farklı durumlar için test edilerek gerekli iyileştirmeler yapıldıktan sonra KOBİ'lere yönelik ilk pilot uygulamasının Ankara OSTİM sanayi bölgesinde gerçekleştirilmesi planlanmaktadır. Bu kapsamda sanal fabrika sisteminin verimli ve etkin bir şekilde modellenmesi ve bu sonuçların araştırmanın öncelikli hedef katmanında olan Küçük ve Orta Ölçekteki İşletmeler (KOBİ) için ekonomik ve esnek yazılım modülleri sağlanarak test edilmesi konu kapsamında en üst düzeyde bir teknoloji olan dağıtık imalat teknolojilerine geçişe imkan vermektedir. Bu henüz bütün dünyada araştırma safhası devam eden, en ileri dağıtık imalat teknolojisi sayılan, özellikle küçük ve orta ölçekli firmaların, değişken ve kaygan dünya piyasalarında rekabet edebilmelerini sağlamaları açısından büyük önem taşıyan bir araştırma konusudur.

Ayrıca oluşturulan sanal fabrika sisteminde sağlanan sanal KOBİ ağı, KOBİ'lere özel bilgi havuzunun yada bankasının oluşturulmasına olanak sağlanmaktadır. Sistemin pilot uygulamaları tamamlandıktan sonra, özellikle Türkiye açısından, geniş bir KOBİ kitlesine hitap edecektir. KOBİ'lere sunacağı yeni iş fırsatları yakalama ve pazar payını artırma gibi çözümler açısından, sistemin pazar boyutu büyüktür. Ayrıca, sistemin dağıtık bir yapıya sahip olması, KOBİ ortaklarının ve müşterilerin yurt dışından bulunmasına olanak verecek ve yurt içindeki KOBİ'lerin küreselleşmesinde önem teşkil edecektir.

## TEŞEKKÜR

Türkiye Devlet Planlama Teşkilatına, TÜBİTAK'a ve ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsüne bu araştırma boyunca vermiş oldukları destekten ötürü teşekkür ederiz.

## KAYNAKÇA

1. **M. T. Martinez, P. Fouletier, K. H. Park, J. Favrel**, "Virtual Enterprise-organisation, evolution and control", Int. J. Production Economics, 74, 2001, pp. 225-238
2. **S.E. Bleeker**, "The virtual organization", Futurist 28, 2, 1994
3. **J.A. Byrne**, "The Virtual Corporation", Business Week, 3304, 1993
4. **H.C. Lucas, J. Baroudi**, "The Role of Information Technology in Organization Design", J. Management Information Systems, 10, 4, 1994
5. **M. Hardwick, D. Spooner**, "An Information Infrastructure for a Virtual Manufacturing Enterprise", Proceedings of Conference A Global Perspective CE95, Mclean, VA, USA, 1995, pp. 417-429
6. **J. Browne, P. Sackett, H. Wortmann**, "Industry Requirements and Associated Research Issues in the Extended Enterprise", Proceedings of the European Workshop on Integrated Manufacturing Systems Engineering, IMSE'94, Grenoble, pp. 9-16, 1994
7. **J.B.Quinn**, "Intelligent Enterprise", The Free Press, 1992
8. **R. Strohmeyer**, "Die Strategische Bedeutung des elektronischen Datenaustauschs, Dargestellt am Beispiel von VEBA-Wohnen", Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung, 44, 5, 1992, pp. 462-475
9. **A. Tuma**, "Configuration and Coordination of Virtual Enterprises", Int. J. Production Economics 5657, 1998, pp. 641-648, 1998
10. **IDEF0**. Integration Definition for Function Modeling, (Draft Federal Information, Processing Standards Publication 183); 1993
11. **IDEF1/X**. Integration Definition for Information Modeling, Federal Information, (Processing Standards Publication 184); 1993
12. Rational Software Co. UML Notation Guide, www.rational.com/uml; 1997
13. **B. Sari, S.E. Kılıç**, "Development of an SME-based Virtual Enterprise", 11th International Machine Design and Production Conference, Antalya, Turkey, 2004; pp. 79-93