

# **BULUT ÜRETİM İÇİN ENDÜSTRİ 4.0'DA BİR KOLEKTİF FARKINDALIK SİSTEMİ**

## **A COLLECTIVE AWARENESS SYSTEM FOR CLOUD MANUFACTURING IN INDUSTRY 4.0**

**GÖZDE KIRAN**

**PROF. DR. MURAT CANER TESTİK**

**Tez Danışmanı**

Hacettepe Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin  
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı için Öngördüğü  
YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır.

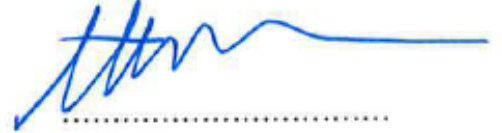
2018

**GÖZDE KIRAN**'ın hazırladığı “**Bulut Üretim İçin Endüstri 4.0’da Bir Kolektif Farkındalık Sistemi**” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ DALI**’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Yusuf Tansel İÇ  
Başkan



Prof. Dr. Murat Caner TESTİK  
Danışman



Doç. Dr. Oumout CHOUSEINOGLU  
Üye



Dr. Öğr. Üyesi Banu YÜKSEL ÖZKAYA  
Üye



Dr. Öğr. Üyesi Güldal GÜLERYÜZ  
Üye



Bu tez Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. Menemşe GÜMÜŞDERELİOĞLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## YAYINLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanması zorunlu metinlerin yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

- ☒ **Tezimin/Raporumun tamamı dünya çapında erişime açılabilir ve bir kısmı veya tamamının fotokopisi alınabilir.**

(Bu seçenekle teziniz arama motorlarında indekslenebilecek, daha sonra tezinizin erişim statüsünün değiştirilmesini talep etmeniz ve kütüphane bu talebinizi yerine getirirse bile, tezinin arama motorlarının önbelleklerinde kalmaya devam edebilecektir.)

- ☐ **Tezimin/Raporumun ..... tarihine kadar erişime açılmasını ve fotokopi alınmasını (İç Kapak, Özet, İçindekiler ve Kaynakça hariç) istemiyorum.**

(Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin/raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir, kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı ve ya tamamının fotokopisi alınabilir)

- ☐ **Tezimin/Raporumun ..... tarihine kadar erişime açılmasını istemiyorum, ancak kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı veya tamamının fotokopisinin alınmasını onaylıyorum.**

- ☐ **Serbest Seçenek/Yazarın Seçimi**

04 /06 / 2018

(İmza)

Öğrencinin Adı Soyadı

Gözde KIRAN

## ETİK

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversitede veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

04/06/2018

GÖZDE KIRAN

## ÖZET

### **BULUT ÜRETİM İÇİN ENDÜSTRİ 4.0'DA BİR KOLEKTİF FARKINDALIK SİSTEMİ**

**Gözde KIRAN**

**Yüksek Lisans, Endüstri Mühendisliği Bölümü**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Murat Caner Testik**

**Haziran 2018, 103 sayfa**

Bulut teknolojileri; kaynakların ve uygulamaların internet üzerinden kullanıcıların hizmetine sunulmasını sağlayan yeni nesil bilgi teknolojileridir. Bu nedenle, hem sistem performansını artırması hem de maliyetleri düşürmesi nedeniyle Endüstri 4.0'da gittikçe daha önemli bir konum almakta ve kullanım oranı artmaktadır. Üretim sanayisinde rekabet gücünü arttırmak için bilgi teknolojileri kullanılırken karşılaşılan en önemli kavramlardan biri ise “Bulut Üretim” dir. Bulut üretim; bulut teknolojileri kullanılarak, düşük maliyetli kaynak paylaşımına imkan sağlayan yeni bir üretim modudur.

Bu çalışmada bulut üretim kavramı kapsamında bir farkındalık sistemi oluşturulması amaçlanmış, üretim sürecinin tam zamanlı ve verimli kullanımı için kaynakların kullanıcılara uygun bir şekilde tahsis edilmesi sağlanmıştır. Farkındalık sistemleri, farklı bölgelerde aynı faaliyetlerde bulunan katılımcıların etkinlikleri veya durumları hakkında farkındalık yaratmalarına yardımcı olan sistemlerdir. Bu kapsamda; çeşitlilik ve coğrafi dağılım gibi özelliklere sahip olan üretim kaynakları bir çatı altında toplanarak tüm kullanıcıların taleplerini karşılamak için uygun çözüm sağlayan bir sistem tasarımı yapılmıştır.

Tezin birinci kısmında, sistem altyapısı belirlenerek sistem mimarisi oluşturulmuştur. Sistem tasarımı yapılırken kullanım senaryosu diyagramları, varlık-ilişki diyagramları, aktivite diyagramları ve etkileşim diyagramları kullanılmıştır. İlgili analizler ve tasarımlar yapıldıktan sonra bu çalışmalara dayanarak bir web uygulaması yazılmış, daha sonra bu uygulama bulut ortamına taşınarak kullanıcıların bu sistemi çevrimiçi olarak

kullanabilmesi sağlanmıştır. Sistem testleri yapılırken laboratuvar ve inşaat sektörlerinden iki farklı senaryo tasarımı kullanılmıştır. Bu kapsamda, birinci senaryoda üniversitelerin sahip olduğu laboratuvar kaynakları sisteme tanıtılarak kullanıcıların kaynakları talep etmeleri sağlanmıştır. İkinci senaryoda ise inşaat sektörüne ait hizmetler sistemde tanımlanmıştır.

Sistem daha sonra nesne yönelimli petri ağı ve renkli petri ağı modellemeleri kullanılarak tekrar tasarlanmıştır. Renkli petri ağları temel alınarak yapılan model tasarımının temel amacı, sistem performansı için en uygun modellemeyi seçmek ve bu modelin performansını tartışmaktır.

Renkli petri ağlarının nesne yönelimli petri ağlarına göre en önemli avantajı zaman kavramını kullanabilmesi ve bunun sonucunda performans değerlendirilmesinin yapılmasına izin vermesidir. Bu bağlamda, tedarik zinciri yönetiminde bulunan malzeme akışı, bilgi akışı ve finansal akış kavramları ele alınarak iki model tasarımı yapılmış ve bu iki modelin standart davranış özellikleri hakkında bilgileri içeren durum-uzay raporları incelenerek uygun olan model seçilmiştir. Daha sonra seçilen modelin simülasyona dayalı performans analizinin yapılabilmesi için; sistemin performansı ile ilgili verilerin toplandığı simülasyonlar yapılmıştır. Simülasyon sırasında modelde meydana gelen durumlar incelenmiş ve simülasyon sonucunda ortaya çıkan sayısal veriler ile modelin güvenilirliği ölçülmüştür. Çalışma sonucunda, işbirlikçi kullanıcıların bulunduğu tüm sistemlere uyarlanabilecek ve bulut teknolojileri aracılığıyla tüm kullanıcıların kolaylıkla ulaşabileceği bir uygulama örneği elde edilmiştir. Uygulamanın örnek bir senaryosu çıkarılarak, bu senaryo üzerinde tasarlanan model üzerinden petri ağı yaklaşımı ile simülasyona dayalı performans analizlerinin yapılabileceği görülmüştür. Sistem mimarisi oluşturulurken sistemin daha bağımsız ve akıllı çalışabilmesi için algoritmaların kullanılabileceği ve bu sistemin başka alanlara da uyarlanabileceği konusunda çeşitli örnekler verilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Endüstri 4.0, Bulut Üretim, Bulut Bilişim, Petri Ağı, Renkli Petri Ağı

## **ABSTRACT**

### **A COLLECTIVE AWARENESS SYSTEM FOR CLOUD MANUFACTURING IN INDUSTRY 4.0**

**Gözde KIRAN**

**Master of Science, Department of Industrial Engineering**

**Supervisor: Prof. Dr. Murat Caner Testik**

**June 2018, 103 pages**

Cloud technology is a new generation information technology that provides the resources and applications for users over the internet. Hence, it is taking an increasingly important position in Industry 4.0 implementations and its utilization rate is increasing. Consequently, one of the most important concepts encountered in the manufacturing industry to increase competitive power is "cloud manufacturing". Cloud manufacturing is a new mode of manufacturing that enables low-cost resource sharing using cloud technologies. The main objective of this study is to create an awareness system within the concept of cloud manufacturing and allocate resources in the most appropriate way for full-time and efficient use of the production processes. Awareness systems help raise the awareness about the activities of participants in different regions. In this scope; a system is designed to gather the diversity and geographical distribution under one roof and to provide a suitable solution to meet the demands of all users.

In the first part of this thesis, system architecture is established by determining the system infrastructure. Use case diagrams, entity-relationship diagrams, activity diagrams and interaction diagrams are used in the system design. After analyzes and designs, a web application is implemented in the cloud environment. Two different application domains, a laboratory machines scenario and a construction equipment scenario are used to test the system. In the first domain, laboratory resources of the universities are considered and the

lab resources are provided to the demanding users. In the second domain, services belonging to the construction sector are defined in the system.

The system is then redesigned using object-oriented petri nets and colored petri net models. The main purpose of model design based on colored petri nets is to select the most appropriate model for system performance and to discuss its performance.

The most important advantage of colored petri nets is that they can use the concept of time, which allows performance evaluation to be done. In this context, two models are designed by considering the concepts of material flow, information flow and financial flow in supply chain management. State-space reports containing information about standard behavior characteristics of these two models are examined and an appropriate model is selected. In order to perform analysis based on simulation of the selected model, data related to the performance of the system are collected after the simulations. The states of the model during the simulation are investigated and the reliability of the model is measured by the numerical data generated as a result of the simulation.

By taking a sample scenario, it is seen that simulation based performance analysis can be done with the Petri Net approach. Various examples that can be adapted to other fields are given.

**Keywords:** Industry 4.0, Cloud Manufacturing, Cloud Computing, Petri NET, Coloured Petri NET

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans çalışması süresince sağladığı tüm katkı ve desteği için danışmanım sayın Prof. Dr. Murat Caner TESTİK'e, destek ve önerilerini hiçbir zaman esirgemeyen sayın hocam Öğretim Görevlisi Dr. Reza VATANKHAH'a, bilgi ve deneyimlerini benden esirgemeyen Bilgisayar Mühendisi Mesut Sinan KAZANCI'ya, manevi desteklerini her zaman hissettiğim sevgili arkadaşlarıma, ayrıca tüm yaşamım boyunca sağladıkları destek ile tüm çalışmalarına büyük katkıda bulunan başta ablam Doç. Dr. Fadime KIRAN olmak üzere tüm aileme sonsuz teşekkür ederim.



# İÇİNDEKİLER

|                                                       | <u>Sayfa</u> |
|-------------------------------------------------------|--------------|
| ÖZET .....                                            | i            |
| ABSTRACT .....                                        | iii          |
| TEŞEKKÜR .....                                        | v            |
| İÇİNDEKİLER .....                                     | vi           |
| ÇİZELGELER .....                                      | ix           |
| ŞEKİLLER .....                                        | x            |
| SİMGELER VE KISALTMALAR .....                         | xii          |
| 1. GİRİŞ .....                                        | 1            |
| 1.1. Motivasyon .....                                 | 2            |
| 1.2. Amaç ve Hedef .....                              | 5            |
| 1.3. Tezin Organizasyonu .....                        | 7            |
| 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI VE TEMEL BİLGİLER .....      | 7            |
| 2.1. Bulut Bilişim .....                              | 7            |
| 2.1.1. Bulut Bilişim Hizmet Türleri .....             | 9            |
| 2.1.2. Bulut Bilişim Dağıtım Modelleri .....          | 9            |
| 2.2. Bulut Üretim Kavramı .....                       | 10           |
| 2.2.1. Bulut Üretim Özellikleri .....                 | 14           |
| 2.2.2. Bulut Üretim Etkileri .....                    | 16           |
| 2.2.3. Bulut Üretim Sınıflandırması .....             | 16           |
| 2.2.4. Bulut Üretim Kullanıcıları .....               | 17           |
| 2.2.5. Bulut Üretim Katmanları .....                  | 18           |
| 2.2.5.1. Üretim Kaynak Katmanı .....                  | 18           |
| 2.2.5.2. Sanal Hizmet Katmanı .....                   | 20           |
| 2.2.5.3. Küresel Hizmet Katmanı .....                 | 22           |
| 2.2.5.4. Uygulama Katmanı .....                       | 22           |
| 2.2.6. Bulut Üretim Hizmetlerinin Oluşturulması ..... | 22           |
| 2.3. Endüstri 4.0 ve Bulut Üretim .....               | 25           |
| 2.4. Petri Ağı Kavramı .....                          | 28           |
| 2.4.1. Davranışsal Özellikler .....                   | 29           |
| 2.4.2. Petri Ağları Tipleri .....                     | 30           |
| 2.4.3. Analiz Metotları .....                         | 30           |
| 2.4.4. Petri Ağı Uygulamaları .....                   | 30           |
| 2.5. Yazılımların Bulut Ortamına Taşınması .....      | 32           |

|                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.5.1. Uygulamanın Değerlendirilmesi .....                             | 32 |
| 2.5.2. Kurulum ve Yapılandırma.....                                    | 33 |
| 2.5.3. Bulut Ortamına Geçiş.....                                       | 33 |
| 2.5.4. Test .....                                                      | 34 |
| 3. METODOLOJİ.....                                                     | 34 |
| 3.1. Bulut Üretim İçin Bir Kolektif Farkındalık Sistemi Tasarımı ..... | 34 |
| 3.1.1. Gereksinimler .....                                             | 34 |
| 3.1.1.1 Sistem Gereksinimleri .....                                    | 35 |
| 3.1.1.2 .Fonksiyonel Olmayan Gereksinimler .....                       | 37 |
| 3.1.2. Sistem Mimarisi .....                                           | 38 |
| 3.1.3. İş Akışları .....                                               | 40 |
| 3.1.4. Veritabanı Tasarımı.....                                        | 45 |
| 3.1.5. Araçlar, Metotlar ve Teknikler .....                            | 47 |
| 3.2. Petri Ağı İle Sistem Modellemesi .....                            | 47 |
| 3.2.1. Kullanıcı Kimlik Modülü .....                                   | 47 |
| 3.2.2. Makina Odaklı Arama Modülü .....                                | 50 |
| 3.2.3. Proses Odaklı Arama Modülü .....                                | 52 |
| 3.2.4. Sektör Odaklı Arama Modülü .....                                | 54 |
| 3.2.5. Makina Ekleme Modülü.....                                       | 57 |
| 3.2.6. Aktivite Ekleme Modülü .....                                    | 59 |
| 4. BULUT ÜRETİM İÇİN BİR KOLEKTİF FARKINDALIK SİSTEMİ.....             | 62 |
| 4.1. Yazılımın Gerçekleştirilmesi .....                                | 62 |
| 4.1.1. Bileşenlerin Ayrıntılı Açıklanması.....                         | 62 |
| 4.1.2. Kullanıcı Arayüzü Açıklamaları .....                            | 63 |
| 4.1.2.1. Kullanıcı Kimlik Modülü .....                                 | 63 |
| 4.1.2.2. Makina Odaklı Arama Modülü .....                              | 64 |
| 4.1.2.3. Proses Odaklı Arama Modülü .....                              | 67 |
| 4.1.2.4. Sektör Odaklı Arama Modülü .....                              | 68 |
| 4.1.2.5. Makina Ekleme Modülü .....                                    | 71 |
| 4.1.2.6. Aktivite Ekleme Modülü .....                                  | 72 |
| 4.2. Renkli Petri Ağları İle Performans Analizi.....                   | 75 |
| 4.2.1. Model Tasarımları .....                                         | 76 |
| 4.2.2. Durum Uzayı Raporu .....                                        | 79 |
| 4.2.2.1. Sınırlılık Özellikleri .....                                  | 80 |
| 4.2.2.2. Canlılık Özellikleri .....                                    | 81 |

|                                              |     |
|----------------------------------------------|-----|
| 4.2.3. Performans Analizi.....               | 82  |
| 4.3. Yazılımın Bulut Ortamına Aktarımı ..... | 86  |
| 5. SONUÇ VE TARTIŞMA.....                    | 89  |
| KAYNAKLAR.....                               | 91  |
| EKLER .....                                  | 95  |
| ÖZGEÇMİŞ.....                                | 103 |



## ÇİZELGELER

### Sayfa

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| Çizelge 3.1 Gereksinim Matrisi.....                                      | 39 |
| Çizelge 3.2 Kullanıcı Kimlik Modülü Petri Ağı Konum Açıklamaları.....    | 48 |
| Çizelge 3.3 Makina Odaklı Arama Modülü Petri Ağı Konum açıklamaları..... | 50 |
| Çizelge 3.4 Proses Odaklı Arama Modülü Petri Ağı Konum açıklamaları..... | 52 |
| Çizelge 3.5 Sektör Odaklı Arama Modülü Petri Ağı Konum açıklamalar.....  | 54 |
| Çizelge 3.6 Makina Ekleme Modülü Petri Ağı Konum açıklamaları.....       | 57 |
| Çizelge 3.7 Aktivite Ekleme Modülü Petri Ağı Konum açıklamaları.....     | 59 |
| Çizelge 4.1 10 Replikasyon Sonrası Performans Raporu.....                | 84 |
| Çizelge 4.2 % 95 Güven Aralığı Değerleri.....                            | 85 |

## ŞEKİLLER

|                                                                  | <u>Sayfa</u> |
|------------------------------------------------------------------|--------------|
| Şekil 2.1 Bulut Üretim Modeli Katmanları .....                   | 18           |
| Şekil 2.2 Endüstrinin Tarihsel Gelişimi .....                    | 26           |
| Şekil 3.1 Yönetici Kullanım Senaryosu Diyagramı .....            | 35           |
| Şekil 3.2 Müşteri Kullanım Senaryosu Diyagramı.....              | 36           |
| Şekil 3.3 Firma Temsilcisi Kullanım Senaryosu Diyagramı.....     | 37           |
| Şekil 3.4 Makina Seçimi Etkileşim Diyagramı .....                | 40           |
| Şekil 3.5 Proses Seçimi Etkileşim Diyagramı .....                | 41           |
| Şekil 3.6 Aktivite Seçimi Etkileşim Diyagramı .....              | 42           |
| Şekil 3.7 Makina Ekle Etkileşim Diyagramı .....                  | 43           |
| Şekil 3.8 Aktivite Ekle Etkileşim Diyagramı .....                | 44           |
| Şekil 3.9 Kullanıcı ER Diyagramı .....                           | 45           |
| Şekil 3.10 Makina ER Diyagramı .....                             | 46           |
| Şekil 3.11 Sektör ER Diyagramı .....                             | 46           |
| Şekil 3.12 Kullanıcı Kimlik Modülü Petri Ağı Modellemesi.....    | 49           |
| Şekil 3.13 Makina Odaklı arama modülü Petri Ağı modellemesi..... | 51           |
| Şekil 3.14 Proses Odaklı Arama Modülü Petri Ağı Modellemesi..... | 53           |
| Şekil 3.15 Sektör Odaklı Arama Modülü Petri Ağı Modellemesi..... | 56           |
| Şekil 3.16 Makina Ekleme Modülü Petri Ağı Modellemesi .....      | 58           |
| Şekil 3.17 Sektör Ekleme Modülü Petri Ağı Modellemesi .....      | 61           |
| Şekil 4.1 Sistem Yapısı.....                                     | 62           |
| Şekil 4.2 Anasayfa.....                                          | 63           |
| Şekil 4.3 Giriş Sayfası .....                                    | 63           |
| Şekil 4.4 Müşteri Anasayfası.....                                | 64           |
| Şekil 4.5 Firma Temsilcisi Anasayfası .....                      | 64           |
| Şekil 4.6 Makina Odaklı Arama Sayfası .....                      | 64           |
| Şekil 4.7 Makina Odaklı Arama Sayfası – Özellik Listesi.....     | 65           |
| Şekil 4.8 Kategori ve Model Listesi .....                        | 65           |
| Şekil 4.9 Makina Listesi .....                                   | 66           |
| Şekil 4.10 Makina Program Takvimi .....                          | 66           |
| Şekil 4.11 Tarih Giriş Sayfası.....                              | 67           |
| Şekil 4.12 Proses Odaklı Arama.....                              | 67           |

|                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------|----|
| Şekil 4.13 Sektör Odaklı Arama Sayfası .....              | 68 |
| Şekil 4.14 Servis ve Aktivite Listesi .....               | 69 |
| Şekil 4.15 Aktivite Listesi .....                         | 69 |
| Şekil 4.16 Aktivite Program Takvimi .....                 | 70 |
| Şekil 4.17 Tarih Giriş Sayfası.....                       | 70 |
| Şekil 4.18 Makina Ekleme Sayfası.....                     | 71 |
| Şekil 4.19 Yeni Makina Kategorisi .....                   | 71 |
| Şekil 4.20 Makina Kayıt Ekranı .....                      | 72 |
| Şekil 4.21 Aktivite Ekleme Sayfası.....                   | 73 |
| Şekil 4.22 Yeni Sektör Kategorisi .....                   | 73 |
| Şekil 4.23 Yeni Servis Kategorisi.....                    | 74 |
| Şekil 4.24 Yeni Servis Kategorisi.....                    | 74 |
| Şekil 4.25 Aktivite Kayıt Ekranı .....                    | 75 |
| Şekil 4.26 1. Renkli Petri Ağı Modeli .....               | 76 |
| Şekil 4.27 2. Renkli Petri Ağı Modeli .....               | 77 |
| Şekil 4.28 Model Değişkenleri .....                       | 78 |
| Şekil 4.29 İstatistik Değerleri .....                     | 79 |
| Şekil 4.30 Jeton Sayısı Sınırlılık Özellikleri .....      | 80 |
| Şekil 4.31 Jeton Tipleri Sınırlılık Özellikleri .....     | 81 |
| Şekil 4.32 Canlılık Özellikleri .....                     | 81 |
| Şekil 4.33 Veri Toplayıcı Günlük Dosyası.....             | 83 |
| Şekil 4.34 Replikasyon Log Dosyası.....                   | 84 |
| Şekil 4.35 Gnuplot Grafiği .....                          | 86 |
| Şekil 4.36 Microsoft Azure Portalı.....                   | 87 |
| Şekil 4.37 Microsoft Azure SQL Veritabanı .....           | 87 |
| Şekil 4.38 Microsoft Azure Uygulama Hizmet Kaynağı .....  | 88 |
| Şekil 4.39 Bulut Ortamında Bulunan Uygulama Arayüzü ..... | 88 |

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Kısaltmalar

|        |                                                                                            |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| AM     | Agile Manufacturing (Çevik Üretim)                                                         |
| ASP    | Application Service Provider (Uygulama Hizmet Sağlayıcı)                                   |
| CMfg   | Cloud Manufacturing (Bulut Üretim)                                                         |
| CPN    | Coloured Petri NET (Renkli Petri Ağı)                                                      |
| GSYİH  | Gayrisafi Yurt İçi Hasıla                                                                  |
| IaaS   | Infrastructure as a Service (Hizmet Olarak Altyapı)                                        |
| IoT    | Internet of Things (Nesnelerin İnterneti)                                                  |
| KOBİ   | Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeler                                                           |
| MCS    | Manufacturing Cloud Service (Üretim Bulut Hizmeti)                                         |
| MS SQL | Microsoft Structured Query Language (Microsoft Yapısal Sorgulama Dili)                     |
| NIST   | National Institute of Standards and Technology (Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü) |
| NM     | Network Manufacturing (Ağ Üretim)                                                          |
| PaaS   | Platform as a Service (Hizmet olarak Platform)                                             |
| RFID   | Radio Frequency Identification (Radyo Frekanslı Tanımlama)                                 |
| SaaS   | Software as a Service (Hizmet olarak Yazılım)                                              |
| XML    | Extensible Markup Language (Genişletilebilir İşaretleme Dili)                              |
| VM     | Virtual Manufacturing (Sanal Üretim)                                                       |

# 1. GİRİŞ

Günümüzde üretim; küresel rekabet, ekonomi ve kaynak küreselleşmesi ve bilgi teknolojilerinin gelişmesi nedeniyle büyük bir değişime uğramıştır. Yüksek kaliteli ürünlerin düşük maliyeti ve hızlı teslimatı önem kazanmıştır. Bununla birlikte, üretim kapsamında gerçekleştirilen işlerin çeşitliliği artmış ve rekabet kapsamında üretim aciliyet kazanmıştır. Müşteriler hızlı teslimat ve düşük maliyetle, yüksek kaliteli ürünler talep etmeye başlamıştır. Dolayısıyla; üretim sürecine giren ürün çeşitliliği artmış ve süreçlerin tamamlanması acil hale gelmiştir. Bu noktada; üretimde bilgisayar ve bilgi teknolojilerinin tanıtımı, internet teknolojilerinin hızlı gelişimi ve uygulamaları da üretimin gelişmesini hızlandırmıştır. Yaklaşmakta olan endüstriyel devrim Endüstri 4.0 ise internet bağlantılı akıllı elektronik sistemler (Siber-Fiziksel Sistemler) aracılığıyla insanların yanısıra makinalar arasındaki iletişimi sağlayan internet ile tetiklenmiştir [1]. İnternet kullanımı işletmelerin; web siteleri, elektronik pazarlama ve elektronik ticaret yoluyla yeni pazarlara girmelerini sağlamıştır. Sonuç olarak; Endüstri 4.0; küresel üretim anlayışının bir sonucu olarak, özellikle gelişmiş dünyanın üretim endüstrisinin yakın gelecekteki değişimini tanımlayan popüler bir terim olmuştur.

Küresel üretim ortamı; işletmelerin değişikliklere ve müşteri ihtiyaçlarına hızlı ve etkili bir cevap için üretim kapasitesini genişletmesini ve bunu kolaylaştırmak için de ortak bir yaklaşıma sahip olmalarını gerektirmektedir. Üretim işletmelerinde işbirliğinin desteklenmesi; etkin tedarik zinciri işlemlerini kolaylaştırmak ve üretim ağlarında ürün döngü süresini azaltmak için önerilmektedir. Böylece, farklı üretim ağları ve farklı üretim birimleri arasında büyüyen bir işbirliği sağlanmaya çalışılmaktadır. Bu işbirliğinin en önemli amacı; piyasa koşullarındaki değişim, müşteri davranışlarındaki değişiklikler, sınırlı kaynaklara erişim ve teknolojik gelişimlere etkili bir şekilde cevap vermeyi sağlamaktır [2]. Bu işbirliği ile, üretim işletmeleri piyasa taleplerine etkili tepki verme ve rekabet avantajlarına sahip olmaktadır. Bu işbirliği ortamlarında, bir üretim sürecini oluşturan her bir görevin coğrafi olarak farklı yerlerde dağıtılan farklı tesislerde gerçekleştirilmesi olanağı bulunmaktadır. Üretim maliyetlerini düşürmek ve kapasiteyi artırmak gibi belirli hedefleri gerçekleştirmek için her bir görev en uygun sağlayıcıya atanabilmektedir [2]. Üretim sürecinde işbirliği yapan işletmeler bilgi alışverişinde bulunmak zorundadır. Bu işbirliğinin en önemli amaçlarından biri de; dağıtık kaynakların etkin bir şekilde kullanılmasını sağlayarak müşteri ihtiyaçlarına hızlı ve etkili bir şekilde

cevap vermektir. Böylelikle, belirli bir üretim işlevi için gereken prosesler daha kısa zamanda gerçekleşerek müşteri odaklı kaynak tahsisi gerçekleştirilebilmektedir. Kaynak tahsisi, üretim süreçlerindeki gereklilik ve üretim kaynaklarının kapasitesi arasındaki dinamik eşleşme ile belirli bir zaman içinde üretim süreçlerini tamamlamak olarak tanımlanmaktadır [3]. Kaynak tahsisi, sistem kullanımını ve genel performansı maksimuma çıkaracak şekilde verimli yapılmalıdır.

Üretim süreçlerinde, kaynakların taraflı seçimi kaynakların dengesiz kullanımına yol açmaktadır. Bu durum ise bazı kaynakların kullanım eksikliği nedeniyle boşta kalmasına neden olmakta ve düşük üretkenliğe sebebiyet vermektedir. Kaynak seçiminde karar, kaynakların durumu ve ihtiyaç duyulan kaynakların teknik gereksinimleri dikkate alınarak yapılmalıdır. Mevcut üretim modellerinde dinamik kaynak paylaşımını destekleyen sistem ihtiyaçları bulut üretim kavramının ortaya çıkmasına yol açmıştır. Bulut üretim, düşük maliyetli kaynak paylaşımına dayalı yeni bir üretim modu olup, üretim odaklı imalattan hizmet odaklı imalat sanayisine yeni bir hareket olarak ele alınmaktadır. Bulut üretim modunun temeli, bulut bilişim anlayışına dayanmaktadır. Bulut bilişim, bir bilgi işlem merkezi kurmakta ve sanallaştırma teknolojisi kullanarak farklı yerlerde bulunan kaynaklar için bir kaynak saklama havuzu oluşturmaktadır. Böylelikle, birden fazla kaynak birleşmekte ve kaynaklar ağ üzerinden talep üzerine kullanıcıya paylaştırılmaktadır [3]. Bulut üretim ise, dağıtılmış üretim kaynaklarının bulut hizmetlerine dönüştürüldüğü ve merkezi bir biçimde yönetildiği etkili bir yaklaşım önermektedir [4]. Bu da, üretim kaynaklarını daha düşük destek ve bakım maliyetleri ile hizmet olarak paylaştırarak, firmalara uygun maliyetli, esnek ve ölçeklenebilir çözümler sağlamaktadır.

### **1.1. Motivasyon**

Günümüzde küresel pazarın hızla değişen ihtiyaçları, imkanları ve değişen üretim taleplerinin gerçek zamanlı olarak karşılanmasının gerekliliği; işletmeleri tek bir tedarik zincirine dahil etmek ve bunları tek bir merkezden yönetmek için tek bir platform oluşturulması ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Bu ihtiyaç sonucu işletmelerin bir araya gelerek oluşturduğu işbirlikçi üretimde, kaynakların kullanılmasında yüksek verimin alınması temel sorunlardan biridir. Üretim kaynaklarının işbirliği içindeki işletmeler arasında nasıl paylaşılacağı, kaynaklara ve kapasitelerine nasıl ulaşılabileceği önemli zorluklar arasında yer almaktadır.

Üretim sanayisinin önemli bir parçasını oluşturan küçük ve orta ölçekli işletmeler (KOBİ), Gayrisafi Yurt İçi Hasılanın (GSYİH) büyümesinin hızlandırılmasında ve ekonomik yapıyı optimize etmede önemli bir rol oynamaktadır. KOBİ'lerin birçoğu araştırma ve geliştirme, işletme yönetimi yetenekleri ve sanayi zincirinin koordinasyonu eksikliğinden muzdariptir. Mevcut KOBİ'ler temel teknolojiler olmadan oldukça az kazanç elde edebilmektedir. Bu durum ise birçok KOBİ'nin değer zincirinin düşük ucunda olmasının ana nedenlerinden biri olarak belirtilmektedir [5]. Ayrıca, üretim kapasitesi talep edenleri ve sağlayıcıları için işletmelerin uygun üretim kaynaklarını bulmaları için karşılıklı güvene dayanan bir işbirliği ilişkisi kurmaları uzun zaman almakta ve bu nedenle, çeşitli kaynaklar arasında en uygun kaynağın nasıl aranacağı ve eşleşeceği KOBİ'ler için önemli bir sorun oluşturmaktadır. Bu aşamada ise, tüm kaynakları entegre etmek ve işletmelerin rekabet gücünü yükseltmek için en son teknoloji gerekli olmaktadır.

Tüm kullanıcıların taleplerini karşılamak için uygun çözüm aranırken en önemli nokta; nasıl bir kaynak yönetimi sağlanacağıdır. Üretim kaynaklarını bir çatı altında toplama süreci; çeşitlilik ve coğrafi dağılım gibi özelliklere sahip olan dinamik bir süreçtir. Mevcut Kurumsal Kaynak Planlama (ERP) çözümleri ise belirtilen bu nedenlerden dolayı çoklu tesislerin ve tedarikçilerin desteklenmesi için gerekli çözümlerden yoksundur. Bu nedenle, bazı kaynaklar sıklıkla kullanılırken bazılarındaki kullanım eksikliği üretimde düşük verimliliğe neden olmakta ve üretimi gereken süre içinde tamamlamak zorlaşabilmektedir. Kaynakların tahsisi, sistem kullanımını ve genel performansı en yükseğe çıkarmak için verimli bir şekilde yapılmalıdır. Üretim verimliliğinin artması için kaynakların iş yükü de dikkate alınmalıdır. Kaynakların seçimi ise kaynakların özelliklerine ve görevlerin teknik gereksinimlerine göre yapılmalıdır. Mevcut imalat modelleri belirli bir oranda kaynak paylaşımı sağlıyor olsa da, çevik üretim, uygulama hizmeti sağlayıcısı, ağ üretim (NM) gibi geleneksel üretim modelleri yüksek performans ve düşük maliyet hedefini gerçekleştirmek için kaynak paylaşımını belli bir oranda başarmıştır. Ancak, hala belli bir oranda üretim kaynaklarının paylaşımı ve optimal tahsisi sorunu, kaynak ve görev arasında mantıklı ve dinamik eşleşme problemi içermektedir. Ayrıca, kurum içi paylaşım gibi sınırlamaları bulunmaktadır [6]. Bunlar, kaynakların dinamik olarak paylaşımını göz önünde bulundurmaksızın sadece kaynakların ağa nasıl bağlanacağı ile ilgilenmektedir. Mevcut NM belirli bir oranda kaynak paylaşımı sağlamakta, kaynak paylaşımı ve dağıtımı üzerine tamamen bağımsız bir sistemi yansıtmakta ve sabit sayıda kaynak veya çözüm ile

kullanıcılara hizmet sağlamaktadır. NM konusunda mevcut araştırmalar kaynakların nasıl yayınlanacağı ve araştırılacağı konusunda büyük miktarda çalışma içermektedir [6]. Daha geniş üretim kaynaklarının ve kapasitelerinin daha geniş bir yelpazede nasıl paylaşılacağı ve bu kaynakların kullanıcıların isteğine göre nasıl kullanılacağı; üretim ağı modelinin geliştirilmesi ve uygulanmasına ilişkin mevcut zorluklar arasında yer almaktadır. Kullanıcılara verilen hizmetlerin sayısı, kapasitesi ve kullanım biçimleri sınırlıdır.

Kaynak kullanımında bugünün sınırlarını aşmak için web tabanlı ve servis odaklı bir çözüme ihtiyaç duyulmaktadır. Bilgi teknolojileri kullanılarak dağıtılmış üretim işlemlerini desteklemek ve kaynakların optimum tahsisini sağlamak için gerçekleştirilen birçok araştırma bulunmaktadır. Bu aşamada “Bulut retim” kavramı ortaya çıkmaktadır. Bulut teknolojisini kullanılarak yapılan işbirliği, Mc Kinsey tarafından ortaya çıkarılan bir ticaret eğilimidir [3]. Bulut teknolojileri benimsenerek yapılan kurumsal işbirliği, çok daha geniş bir ölçekte gerçekleşebilmektedir. Bu durumda bulut, daha etkin işbirliği yaparak insana çeviklik, daha fazla şeffaflık ve yetkilendirme sağlayacak bir işbirliği ortamı sağlamaktadır [7]. Bulut retim; mevcut gelişmiş üretim modellerinden (Uygulama Servis Sağlayıcı, evik retim, Ağ retim gibi), bulut bilişim desteği altındaki kurumsal bilgi teknolojilerinden, IoT; sanallaştırma, hizmet odaklı teknolojiler ve gelişmiş bilgi işlem teknolojilerinden geliştirilen, bilgi işlem ve hizmet odaklı bir üretim modeli olarak tanımlanmaktadır [8]. Bulut retim sisteminin maliyeti düşüreceği, kaynakların kullanım oranını ise arttıracaağı ngrlmektedir. Bulut retim, hem “dağıılmış kaynakların entegrasyonu” kavramını hem de “entegre kaynakların dağıtımı” kavramını birlikte yansıtmaktadır [7]. Bulut retim; üretim için gerekli olan tüm işlemleri ve kaynakları hizmetler şeklinde tanımlamaktadır. Bu hizmetler, dağıtılmış üretim acentelerinin dağınık coğrafi bölgelerde birbirleriyle işbirliği yapmalarını mümkün kılmaktadır [6]. Bulut retimde, hem maddi hem de maddi olmayan kaynaklar tüm tedarik zincirini desteklemek için üretim bulutuna dahil edilmektedir. Buluta eklenen pahalı kaynaklar ağ üzerinde paylaştırılmaktadır. Böylelikle pahalı olan ancak nadir olarak kullanılan kaynakların kullanım oranı yükseltilmekte ve şirketler için kullanım maliyeti azaltılmaktadır. Daha fazla üretim kaynağı, kullanıcılar arasında paylaştırılmakta, engelsiz bir şekilde üretim kaynak ve kapasitelerinin hareketi gerçekleştirilmekte ve bunların kullanımının isteğe bağlı olması sağlanmaktadır.

Bulut üretim ile ilgili araştırmalar henüz başlangıç aşamasındadır. Bu araştırmalar genellikle temel teori, konsept ve genel mimari üzerine odaklanmaktadır.

## **1.2. Amaç ve Hedef**

Küresel üretim paradigmasının gereklilikleri ve ihtiyaçları dikkate alınarak son yıllarda IoT, servis odaklı mimari ve bulut bilişim gibi yeni teknolojiler ortaya çıkmıştır. Modern üretim; yoğun küresel rekabet, ekonominin ve kaynakların küreselleşmesi, üretim, bilgi ve bilgisayar teknolojilerinin hızlı bir şekilde gelişimi nedeniyle önemli ölçüde değişmiştir. Bu nedenle, mevcut üretim modellerinde ortaya çıkan açık ve esnek mimariyi, dinamik kaynak paylaşımını destekleyen etkin operasyonel mekanizmalar ve güvenilir güvenlik çözümleri ihtiyaçları bulut üretim kavramının ortaya çıkmasına yol açmıştır.

Bulut üretim, mevcut gelişmiş üretim modellerinden, bulut bilişimden, sanallaştırmadan, servis odaklı hizmetlerden ve gelişmiş bilgisayar teknolojilerinden geliştirilen yeni bir üretim paradigmasıdır. Büyük bir üretim bulutu oluşturmak ve kullanıcıların talebi üzerine onları dağıtmak için üretim, simülasyon, bilgisayar kaynakları ve yeteneklerinin tümünü üretim servislerine dönüştürmektedir. Böylece, bulut bilişimde olduğu gibi her şey bir hizmet olarak ele alınmaktadır. Kaynak sanallaştırma yöntemiyle, dağıtılmış üretim kaynaklarının bulut hizmetleri olarak tanımlandığı ve merkezi bir şekilde yönetildiği uygun bir çözüm sunulmaktadır [9]. Bulut bilişim kavramının en önemli özelliklerinden biri, dağınmık bir ortamda kullanıcılara talep üzerine bilgi işlem hizmetleri sunmaktır. Bulut üretim kavramı da, dünya çapında dağıtmık halde bulunan üretim acentelerini desteklemek için hizmet odaklı bir yaklaşım önermektedir. Bu işbirliği, üretim işletmelerinin piyasa taleplerine etkili tepki verme ve rekabet avantajı elde etme gibi sonuçları nedeniyle gerekli olmaktadır. Rekabetçi ortamlarda, üretim işletmelerinde bir işbirliği yaklaşımının benimsenmesi ise müşteri ihtiyaçlarını etkili ve hızlı bir şekilde karşılamak üzere üretim kapasitelerini genişletmek için gerekli olmaktadır. Bulut üretim, aynı zamanda doğru üretim kaynağı bulmak için, talep eden ve sağlayıcılar arasında bir işbirliği ilişkisi kurmak için de önemli bir platform sağlamaktadır. Bu platform, ortak bir üretim ortamını kolaylaştırmak için bilgi paylaşımını desteklemektedir.

Bulut üretimi hedef alan bu çalışmanın amacı, işletmelerin kullandığı kaynakları sanallaştırarak, bu kaynakların paylaşımını sağlayan web tabanlı bir sistem tasarlamaktır. Sistemi kullanan kullanıcılara kaynak atamasının optimal bir şekilde yapılması ve kullanıcıların satın almadan dağıtık biçimde bulunan bütün kaynakları kullanabilmesi sağlanacaktır. Böylece; kaynaklar, kullanıcıların isteğine bağlı olarak internet üzerinden bulut servisleri ile verimli olarak paylaştırılmış olunacaktır. Üretim ve kaynak optimizasyonu ile daha fazla kullanıcı ortaklaşa çalışma ortamına sahip olacaktır. Temel olarak, bulut bilişim kavramı kapsamında bir farkındalık sistemi oluşturularak; üretim sürecinde, tam zamanlı ve verimli kullanım için kaynakların kullanıcılara en uygun şekilde tahsis edilmesi amaçlanmıştır. Kaynaklar; bir bulut üretim ortamında verimli tahsis edilmelidir. Bunun için, talep edilen kaynakların nitel analizinden sonra optimum kaynak tahsisi üzerine bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu aşamada; zaman, maliyet ve hizmet kalitesi gibi faktörler üzerinde durulmuştur.

Bu araştırmada çalışılan alanlar aşağıdaki belirtilen üç başlık altında toplanmıştır;

- a. Sistem altyapısının belirlenmesi ve sistemin konseptinin tasarlanması
- b. Sistem mimarisinin kurulması
- c. Web tabanlı bir uygulama geliştirilmesi

Sistemin özellikleri:

- Arama, akıllı eşleştirme, öneri ve bir hizmetin yürütülmesi gibi faaliyetleri gerçekleştirmelidir.
- Kullanıcıların ihtiyaçları, sistem aracılığıyla kaynakların yetenekleri ile eşleştirilmelidir.
- Hizmet odaklı bir platform olmalıdır.
- Veritabanında kaynakların yapısı ve özellikleri gibi çok detaylı veriler bulunmalıdır.
- Sistemin kullanıcı arabirimi internet olmalıdır.
- Yazılım her zaman güncel olmalıdır.
- Kullanıcılar bu sisteme kısıtlama olmaksızın internet üzerinden erişebilmelidir.
- Platform, internet üzerinden aynı anda birden fazla şirkete ve kullanıcıya destek olabilmelidir.
- Kaynakların tahsisi için, verimli bir akıllı algoritma sunulmalıdır.
- Üretim kaynakları ve üretim kapasiteleri gibi ortak bir kaynak havuzu sunulmalıdır.

- Bulut üretiminde işbirliğini artırmak için, kaynakların yapısı ve özellikleri üzerinde durulmalıdır.

### 1.3. Tezin Organizasyonu

Bu tezin diğer bölümleri şu şekilde düzenlenmiştir. Bölüm 2’de ilgili literatür araştırması sunulmakta, bulut bilişim ve bulut üretim kavramlarından bahsedilmekte ve bulut üretimin Endüstri 4.0 üzerindeki etkisi açıklanmaktadır. Ayrıca, sistem tasarımında kullanılan bir diğer yöntem olan Petri ağları anlatılmakta ve geliştirilen uygulamanın bulut ortamına geçirilmesi için gereken teorik yaklaşım tanımlanmaktadır. Bölüm 3, bu çalışmada kullanılan metodolojiyi sunmaktadır. Sistem gereksinimleri bu bölümde açıklanarak; use-case diyagramları, ER diyagramları, activity diyagramları ve sequence diyagramları ile sistem tasarımı ve sistem Petri Ağ modellemesi kullanılarak tekrar tasarlanması sunulmaktadır. MVC yazılım şablonu kullanılarak geliştirilen web uygulaması Bölüm 4’te belirtilmektedir. Renkli Petri Ağları kullanılarak sistemin performans ölçümü gösterilmektedir. Son olarak; geliştirilen uygulamanın bulut ortamına geçiş süreci tanımlanmaktadır. Sonuçlar ve yorumlar ise Bölüm 5’te sunulmaktadır.

## 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI VE TEMEL BİLGİLER

### 2.1. Bulut Bilişim

Bulut bilişim, bilgi teknolojisi ve hizmetlerinin sağlanmasında oldukça büyük öneme sahip olan ve kullanımı giderek yaygınlaşan bir bilgi işlem modelidir. Bu terim, ilk olarak Google CEO’su Eric Schmidt’in 2006 yılında bir konferansta kullanmasıyla ortaya çıkmıştır [10]. Google’dan sonra Salesforce, Amazon, Microsoft, IBM ve Intel gibi şirketler de bu teknolojiyi kullanıcının hizmetine sunmuştur [10]. Bulut bilişim; Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü (NIST) tarafından, düşük yönetim çabası ve servis sağlayıcı etkileşimi ile hızlı alınıp verilebilen ve bilişim kaynaklarının paylaşılmasına izin veren bir havuza istenildiğinde ve uygun bir şekilde ağ erişimi sağlayan bir model olarak tanımlanmaktadır [11]. Bulut bilişim teknolojisi, hizmet haline getirilen kaynakların, uygulamaların ve yazılımların internet üzerinden kullanıcının hizmetine sunulmak üzere bir bulut altında saklanmasını sağlamaktadır. Bulut sözcüğü dosyaların sağlandığı konumu

işaret etmektedir. Bulut hizmetlerine abone olan kullanıcılar; bir web arayüzü üzerinden veya bir servis sağlayıcıdan bulutta var olan sanal kaynaklara fiziksel olarak varmış gibi erişebilmektedirler [10].

Kramer [7] bulut bilişimini yeni bir bilgisayar paradigması olarak tanımlamaktadır. Kramer'e göre; bulut bilişim, bilgi teknolojisinin tedarik, bakım ve imha sürecini değiştirmektedir. Tam mülkiyetteki varlıklara yapılan büyük yatırımlar yerine bir kaynak havuzundaki kaynaklar talep üzerine kiralanmaktadır. Bu kaynaklar, uzmanlaşmış veri merkezlerinde barındırılmaktadır. Bulut bilişim; internet üzerinden, isteğe bağlı olarak ve konumdan bağımsız olarak satın alınabilmekte ve ölçeklenebilmektedir.

Bulut bilişiminin en önemli avantajlarından biri erişilebilirliktir [12]. Bulut bilişim, internet üzerinden erişilebilen bulut servislerinden oluşmaktadır. Bu teknoloji, kullanıcıların bulut hizmetlerine herhangi bir yerden erişebilmelerini sağlamaktadır. Ancak, bulut bilişim hizmetleri için kaliteli ve güvenilir internet bağlantısı gerekmektedir. Diğer bir avantajı ise ölçeklenebilir olmasıdır. Abone olan bulut kullanıcıları, talepleri doğrultusunda ödeme yapmakta ve ödemelerine göre kullandıkları kaynaklar ölçeklendirilmektedir [12]. Yapılan ölçeklendirmedeki verim, kaynak havuzunun büyüklüğü ile doğru orantılıdır. Bu kapsamda bir fiyatlandırma mekanizmasının kullanılması gerekmektedir. Fiyatlandırma mekanizması ise hizmet taleplerinin nasıl ücretlendirildiğine karar vermektedir. Bulut içerisinde bulunan kaynakların ve hizmetlerin destek ve bakım gibi ek bir maliyeti bulunmadığından, bulut bilişim teknolojisi maliyet etkin olarak tanımlanmaktadır [12]. Bir bulut yapısı ile, yazılım kolayca korunabilmekte ve bulut sunucusunda kullanılmaktadır. Sürüm güncelleme, bakım ve entegrasyon, sağlayıcı tarafından uzaktan yapılabilmektedir. Ayrıca abonelik bazında hizmet sunulduğundan başlangıçta bir sermaye yatırımına ihtiyaç duyulmamaktadır.

Bulut bilişimin genel özellikleri aşağıda belirtilmektedir [13]:

1. İsteğe bağlı self servis: Kullanıcılar, kaynakları herhangi bir yönetici yardımına gerek duymadan ihtiyaç duydukça kullanabilmektedir.
2. Geniş ağ erişimi: Hizmetler standart ağlar ve dağıtık cihazlar üzerinden sağlanmaktadır.
3. Hızlı esneklik: Kaynaklar dışarıya, hızlı bir şekilde ve gerektiğinde ölçeklendirilebilmektedir.
4. Kaynak havuzu: Kaynak ve hizmetler kullanıcılar arasında tahsis edilmemiş bir şekilde bir bulut içerisinde paylaşılmaktadır.

5. Ölçülen hizmet: Bulut faturalandırmasının yapılabilmesi için, kullanıcıların kaynak kullanımını izlenmektedir.

### 2.1.1. Bulut Bilişim Hizmet Türleri

Bulut bilişim, başlıca üç hizmet türüne sahiptir. Bu hizmetler, katmanlı bir sistem yapısının oluşmasını sağlamaktadır.

**Bir Hizmet Olarak Altyapı (IaaS):** Hizmet olarak donanım adı da verilmektedir. Altyapı kaynaklarını sunan katmandır. Bu katman aracılığıyla, kullanıcılar kendi çalışma ortamlarını kurabilmektedir. Fiziksel ve sanal makineler, bilgisayar sunucuları, depolama ve ağ donanımları bu katmanda sunulan kaynaklar arasında yer almaktadır.

**Hizmet Olarak Platform (PaaS):** Bulut uygulamalarını ve hizmetlerini, geliştirme ortamında geliştirmek, test etmek ve dağıtmak için sanallaştırılmış araçlar sağlamaktadır. İşletim sistemi, yürütme ortamı, programlama dili, veritabanı ve web sunucusu bu araçlar arasında yer almaktadır. Platform hizmeti sağlayıcılarından en önemlileri arasında; Amazon Elastic Beanstalk, IBM Bluemix, Google App Engine ve Microsoft Azure yer almaktadır [14].

**Hizmet Olarak Yazılım (SaaS):** Hizmet olarak uygulama adı da verilmektedir. Yazılım uygulamalarının, isteğe bağlı olarak internet veya özel ağlar üzerinden abone bazında veya ücretsiz kullanılmasını sağlayan katmandır. Uygulamalar genellikle bir web tarayıcısı aracılığıyla son kullanıcılara sunulmaktadır. Yazılım hizmetine örnek olarak Google Apps, Quickbooks online, Salesforce.com ve Microsoft Office 365 verilebilir [14].

### 2.1.2. Bulut Bilişim Dağıtım Modelleri

Bulut bilişim altında bulunan başlıca bulut dağıtım modelleri aşağıda sunulmaktadır.

**Kamu Bulutu:** Hizmet ve kaynaklar, internet üzerinden halka açık olarak sunulmaktadır. Bu dağıtım modeli, endüstriler ve işletmeler tarafından yaygın şekilde kullanılmaktadır.

**Özel Bulut:** Hizmet ve kaynaklar, bir kuruluş veya belirlenmiş bir hizmet sağlayıcısı tarafından sunulmaktadır. Bu kaynak ve hizmetler, sadece bir kuruluş veya organizasyon tarafından kullanılabilir.

**Topluluk Bulutu:** Hizmet ve kaynaklar, bir araya gelen birden fazla kuruluş tarafından paylaşılmakta ve yönetilmektedir.

**Karma Bulut:** Hizmet ve kaynaklar, özel veya kamu bulut ortamında kullanılabilir şekilde sunulmaktadır. Farklı bulutlar, tek başına veya birbirine bağlı olarak bulunmaktadır.

## 2.2. Bulut Üretim Kavramı

Üretim endüstrisindeki küresel genişleme, üretim acentelerinin aralarında daha fazla işbirliği yapmalarına neden olmuştur. Bu durum ise üretim işletmelerinin; değişen gereksinimlere uyum sağlaması ve taleplere cevap verebilecek çözümler üretmesi, müşteri odaklı üretim, hizmet kalitesinin ve rekabet gücünün artırılması gibi zorluklarla karşılaşmasına neden olmuştur. Gelişmiş üretim teknolojileri veya modelleri her ne kadar üretim endüstrisinin geliştirilmesinde önemli bir rol oynasa da gelişmiş üretim sanayilerinde yaygın olarak uygulanmaları için birçok engel bulunmaktadır.

Bu üretim teknolojilerinden bazıları aşağıdaki sunulmaktadır.

**Bilgisayar Bütünleşik Üretim:** Tüm üretim sürecini kontrol etmek için bilgisayarları kullanan üretim yaklaşımıdır. Bireysel süreçlerin birbirleriyle bilgi alışverişi yapmasına ve işlem başlatmasına olanak tanımaktadır [15].

**Sanal Üretim (VM):** Herhangi bir ürünün üretim ve montajının bilgisayarda simüle edilebileceği bir modelleme ve simülasyon ortamı sağlamaktadır [7].

**Izgara Üretim:** Dağıtık üretim kaynaklarının paylaşılmasına ve farklı şirketler arasında iş birliği yapılmasına izin vermektedir [6].

**Uygulama Hizmet Sağlayıcı (ASP):** Bir ağ üzerinden müşterilere bilgisayar tabanlı hizmetler sağlayan bir iş modelidir.

**Çevik Üretim (AM):** Tüm üretim süreci için ortak bir veritabanı sağlayan ve bu veritabanı ile veri paylaşımını mümkün kılan bir modeldir.

**Ağ üretimi (NM):** Farklı yerlerde dağıtık halde bulunan üretim kaynaklarının tam paylaşımını sağlamayı amaçlamaktadır [16]. Bu üretim modu, öncelikle dağıtık üretim kaynaklarının ağa nasıl bağlanacağına odaklanmaktadır. Farklı fiziksel konumlardaki çok sayıda üretim kaynağı, sanal bir kaynak havuzu oluşturmak için paylaşım ağı ile birbirine

bağlanmakta ve daha sonra bu kaynakların paylaşımı sağlanmaktadır. Ağ üretim modu, sabit sayıda kaynak veya çözüm ile kullanıcılara hizmet vermektedir. Bu da kaynakların optimal tahsisi ve akıllı eşleşme sorununu ortaya çıkarmaktadır. Mevcut ağ üretim modu ile, belirli bir oranda kaynak paylaşımı sağlanmaktadır. Ancak, daha fazla üretim kaynağının nasıl paylaşılacağı ve bu kaynakların talep doğrultusunda kullanıcının isteğine nasıl sunulacağı bir sorun olarak kalmıştır.

Günümüzde bilgisayar ve internet teknolojilerinin hızla gelişimi; işbirliğine dayalı ürün geliştirme süreçlerini gerçekleştirmek ve müşterilerin yüksek beklentilerini ele almak için yeni bilgi teknolojilerinin kullanılması gerekliliğine yol açmıştır. Son zamanlarda küçük işletmeler için bulut bilişim hizmetleri büyük bir destek sağlayıcı olmuştur. Bu teknoloji yardımıyla; küçük işletmeler, daha büyük muadilleriyle benzer teknolojilere erişebilmekte ve böylece rekabet avantajları artmaktadır. Küçük işletmeler için bulut bilişimin en büyük avantajı maliyet etkin olmasıdır.

Bulut bilişim, teknoloji sektöründe son yıllarda popüler hale gelen bir terimdir. Bu teknoloji, içerisinde üretim sektörünün de bulunduğu birçok sektörde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır [7]. Üretim sektörü, içerisinde bulut bilişimin de bulunduğu birçok akıllı teknolojiden etkilenecek büyük bir dönüşüm geçirmektedir. Bulut bilişim teknolojisi; maliyet etkinliği, kaynak paylaşımı ve üretim ölçeklenebilirliği gibi bir takım özellikleri üretim sektörüne getirmektedir. Bu özellikler, endüstrilerin ve işletmelerin işlerini yapma biçimlerini değiştirmekte ve onlara yeni fırsatlar sunmaktadır. Bulut bilişim, birden fazla şirketin internet üzerinden servislere erişmesini ve onlardan yararlanmasını aynı zamanda o servisleri yönetmesini sağlayan yeni nesil servis odaklı bir teknoloji olarak ortaya çıkmıştır. Bulut bilişim kavramı, internet üzerinden işlem servislerini sunan bir bilgi sistemini tanımlamak için kullanılmakta ve isteğe bağlı olarak tüketicilere yazılım, veri erişimi, ağ ve depolama sağlamaktadır. Bu konsept, ilk olarak 1960'larda John McCarthy tarafından tanıtılmıştır. Donanım ve yazılım kaynaklarının bir havuz modelinde toplandığı ve yönetildiği sistemlerin sanallaştırılması, bu kaynakların gerektiğinde birden fazla kullanıcı tarafından kullanılmasına izin vermektedir.

Üretim sektöründe iki tip bulut bilişim benimsemesi bulunmaktadır. Bunlar; bulut bilişim teknolojilerinin doğrudan benimsenmesi ile üretim ve bulut üretimi (bulut bilişim üretim versiyonu) olarak tanımlanmaktadır. Bulut bilişime dayalı olarak, bulut üretim; daha az destek ve bakım maliyeti ile karmaşık üretim yazılımlarını paylaşarak KOBİ'lere düşük

maliyetli ve esnek yapılı bir çözüm sağlamaktadır. İşletmeler kaynaklara, bağımsız yazılım ve donanımlara herhangi bir zamanda herhangi bir yerden internet üzerinden erişebilmektedir.

Bulut üretim terimi; bir teknoloji olarak kullanılmadan önce, bu teknolojinin temelini oluşturan bazı çalışmalar yapılmıştır. Krothapalli [17] tasarım, imalat ve atölye kontrol faaliyetlerini bütünleştirmek için ajan tabanlı eşzamanlı bir tasarım ortamı önermiştir Akıllı ajanlarla Radyo Frekansı ile Tanımlama (RFID) teknolojisini birleştirerek, yer algılama sistemi geliştirmiştir. 2000'li yıllarda, bir açıdan bulut üretime benzer olan grid üretim kavramı önerilmiştir. Grid üretim fikri; ürün tasarımı, üretim kaynak entegrasyonu ve tahsisi, kurumsal bilgi yönetimi ve planlamada grid hesaplama uygulamaktır. Quirky [18] kullanıcılara dağıtık üretim kaynaklarını kullanmak üzere internet üzerinden sanallaştırılmış bir ortam sunmuştur [18]. Yin ve arkadaşları [19] dağıtık üretim kaynaklarını paylaşmak için Extensible Markup Language (XML) kullanarak kaynakların kaydını tutmayı önermiştir. Pappas ve arkadaşları (2006), sanal gerçeklik teknikleri kullanarak ürün ve süreç tasarımı değerlendirmesi için web tabanlı bir işbirliği platformu üzerinde araştırma yapmıştır. Dong ve arkadaşları [20]. web tabanlı kaynak keşiflerini gerçekleştirmek için kaynak semantik modeli kullanan hizmet odaklı bir yaklaşım sunmuşlardır. Ponoko[21], tasarımcıların ürünlerini gerçekleştirmek için ihtiyaç duyduğu kaynaklara erişim olanağı sağlayan bir web sitesidir. Bu sitede, ihtiyaç duyulan makina sürelerine göre fiyatlandırma yapılmaktadır. MFG.com [22], tüketicileri 50 eyalette 200.000'in üzerinde üreticiye bağlayan bir bulut üretim şirketi olarak ortaya çıkmıştır. Tüketiciler, uygun tedarikçilere bildirilmek üzere teknik ürün özelliklerini bilgi olarak vermekte ve hizmet talep etmektedirler.

ManuCloud, Avrupa Araştırma Komisyonu tarafından Yedinci Çerçeve Programı (FP7) kapsamında 2010 yılında finanse edilen bir araştırma projesidir [23]. Proje, servis odaklı olup birden fazla işletmeyi kapsayan üretim ağlarının oluşturulmasına olanak sağlamaktadır [24]. Kullanıcılara; bulut özellikli, sanallaştırılmış üretim ağlarında bulunan üretim yeteneklerini kullanabilme olanağı sunmaktadır. Yüksek performanslı bilgi işlem teknolojisinin uygulanması ve geliştirilmesi, daha karmaşık üretim sorunlarının çözülmesi ve büyük ölçekli kooperatif üretimin başlatılmasına imkan sağlamaktadır. Bu nedenle, Çin Mühendislik Akademisi akademisyeni Prof. Bohu Li, yeni bir hizmet odaklı ağ üretim modu olan “bulut üretimi” önermiştir [25]. Bulut üretim; bulut bilişim, IoT, sanallaştırma,

gelişmiş bilgisayar teknolojileri ve hizmet odaklı teknolojilerin desteği altındaki mevcut gelişmiş üretim modlarından (ör: uygulama servis sağlayıcı, çevik üretim, ağ üretim ve ızgara üretim) ve kurumsal bilgi teknolojilerinden geliştirilen bir bilişim ve hizmet odaklı üretim modudur [26]. Bulut üretimi, bulut bilişim kavramını genişleten ve benimseyen yeni bir konsept olarak tanımlanmıştır. NIST'in bulut bilişim terimine dayanarak, bulut üretim terimi ilk defa 2010'da Li ve arkadaşları tarafından kullanılmıştır [15]. Bu tanıma göre bulut üretim; verimliliği arttıran, ürün yaşam döngüsü maliyetlerini düşüren ve değişken talepli müşteri tarafından üretilen görevlere yanıt olarak optimum kaynak yüklemeye izin veren, yeniden yapılandırılabilir üretim hatlarını oluşturmak için çeşitlendirilmiş ve dağıtılmış üretim kaynaklarının paylaşılmış bir koleksiyonuna isteğe bağlı erişime izin veren müşteri odaklı bir üretim modelidir [15]. Li'nin bulut üretim terimini kullanmasından sonra bu kapsamda çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. Zhang Lin ve arkadaşları[15]., bulut üretim ile diğer üretim biçimleri arasındaki ilişkiyi araştırmış ve daha sonra bir bulut üretim sisteminin oluşturulmasında kullanılacak temel teknikleri ortaya koymuşlardır. Ardından, üretim bulut yapısı açısından; üretim kaynaklarının çeşitleri, dinamik algılama ve donanım/yazılımın erişimi ve bulut üretimdeki bilgi alışverişi yöntemi irdelenmiştir. Xu [28]., bulut yoluyla kullanıcılara sunulan sanallaştırılmış üretim kaynakları olan bulut üretim hizmetlerinin oluşturulması ile ilgili çalışmış, bulut üretim sistemlerinin sistematik gereksinimlerini gözden geçirmiştir. Bu gereksinimleri yerine getirmek için ileri üretim teknolojilerini araştırmıştır. Xu'ya göre bulut üretimin temeli; bulut üzerinden tüketicilere sunulan, sanallaştırılmış üretim kaynakları olan bulut üretim hizmetlerinin oluşturulmasıdır. Bulut üretim servislerinin oluşturulması; maddi ve maddi olmayan kaynakların tanımlanması, sanallaştırılması ve paketlenmesi ile mümkün olmaktadır. Xu dağıtık kaynakların belirlenmesi için RFID, kablosuz sensör ağları, ve Küresel Konumlama Sistemi (GPS) gibi teknolojiler de dahil olmak üzere çok sayıda metodoloji sunmaktadır. Tao ve arkadaşları [29], gelecekteki bulut üretim sistemleri için önemli avantaj ve zorlukları tartışan bir bulut üretim çerçevesi önermiştir. Bu çalışmada, üretim kaynaklarının akıllı izleme sistemleri vasıtasıyla internet üzerinden kontrol edildiği dört aşamalı bir bulut üretim modeli önerilmektedir. Bu kaynaklar sanallaştırılmış ve üretim bulutu içine kapsüle edilmiştir. Bu MCS'ler, temsil ettikleri gerçek fiziksel kaynakların aksine, buluttan ulaşılabilir ve çağrılabilir özelliktedirler. Mevcut üretim kaynaklarına dayalı birçok farklı MCS oluşturulmasından sonra, MCS'ler çeşitli kurallar ve algoritmalar kullanılarak kategorize edilmekte ve benzeri servisler üretim bulutları içinde düzenlenmektedirler. Kullanıcılar daha sonra kullanmak

istedikleri servisleri üretim bulutu içinde aramakta ve ihtiyaçlarına uygun MCS'leri birleştirebilmektedirler. Shi ve arkadaşları [30], üretim kaynaklarını toplamak ve paylaşmak için bir kaynak katmanı ve kaynak arayüzünden oluşan hiyerarşik bir model sunmuşlardır. Wu ve Yang [31], bulutta üretim kaynaklarını tanımlamak ve ölçeklendirmek için bir yöntem önermiştir. Hu ve arkadaşları [20] bulut üretiminde sanal kaynakların sınıflandırılmasını etkileyen faktörleri analiz etmişlerdir. Yin Chao ve arkadaşları [27] küçük ve orta büyüklükteki işletmelere (KOBİ) yönelik bulut üretim platformu üzerinde çalışmıştır. Küresel üretim kabiliyetlerine sahip olmak için işletmeler arasında ortak çalışmaya odaklanan bulut bilişim ortamındaki kaynak paylaşımı Lei [32] tarafından araştırılmıştır.

### **2.2.1. Bulut Üretim Özellikleri**

Bulut üretim, üretim kaynaklarının kullanımını düzenlemek için internet ve hizmet platformunu kullanan ve müşterilerin taleplerine göre hizmet sunan yeni bir hizmet odaklı üretim modudur. Ağ bağlantılı ve servis odaklı ağ bağlantılı üretim (NM) alanında yeni fırsatlara odaklanan, bulut bilişim platformlarının ortaya çıkması ile etkinleşen bir üretim modeli olarak tanıtılmıştır [11]. Bu model, şirketlerin birçok başka şirket ile internet üzerinden üretim işlemlerini yapmaları ve yönetmelerini destekleyen yeni jenerasyon servise dayalı bir yaklaşımdır. Bulut üretim, daha düşük destek ve bakım maliyetleri ile servis gibi karmaşık üretim yazılım araçlarını paylaşarak şirketlere düşük maliyetli, esnek ve ölçeklenebilir çözümler sunmaktadır. Bu üretim modu ile; geleneksel üretim odaklı üretim, hizmet odaklı üretim haline gelmiştir. Bulut üretim hizmet platformu, mevcut ASP hizmet platformu ve NM platformu ile karşılaştırıldığında; kaynak çeşitliliği, kaynak dağıtımının kolaylığı, talep üzerine yüksek kaliteli ve düşük fiyatlı üretim hizmeti özelliklerine sahiptir [5]. NM ve bulut üretim platformlarını birbirinden ayıran en önemli nokta, bulut hizmetinde belirli kural ve algoritmalara uyulmasıdır. NM'de bazı görevleri tamamlamak için dağıtık kaynaklar kapsüllenmiştir. Ancak bu kaynaklar tüm üretim modu için değil sadece o görevi tamamlamak için sisteme dahil edilmektedir. Bulut üretimde, kapsüllenerek bulut üretim hizmeti haline gelen kaynaklar büyük bir bulut hizmeti kaynak havuzu oluşturmak üzere toplanmaktadır. Bulut üretim ortamının kullanılabilirliği, kullanıcı talepleri doğrultusunda yönlendirilmektedir. Geleneksel üretim modlarının aksine, bu ortam üretim kaynaklarının kullanılabilirliği için eşit bir yük paylaşımı sağlamaktadır. Web teknolojileri ile entegre olan bulut üretim, işbirliğine dayalı ürün

geliştirmeyi desteklemek için web tabanlı bir platform sağlamakta ve diğer web tabanlı üretim modlarıyla karşılaştırıldığında; bulut üretim sistemi, işletmeler arasında daha dağınık ve esnek bir ortam sağlamaktadır. Akıllı bulut üretimiyle, kaynak havuzunda gerekli olanakları bulmak kolaylaşmaktadır. Böylelikle, pahalı tesislere ve uzmanlığa yatırım yapmadan gerekli kaynak ve yetenekler elde edilebilmektedir.

Bir bulut üretim ortamının temel amacı; ihtiyacı olan kullanıcıları, bu ihtiyaçları en iyi maliyet ve en iyi kalite ile karşılayabilen kaynak sağlayıcılar ile ilişkilendirmektir. Bulut üretim ortamı; kaynakları, verimli zaman planlaması yaparak yeniden kullanabilme ve kullanıcıların taleplerine anında cevap verebilme özelliğine sahip olmalıdır. Böylece kaynaklar en yüksek verimlilikte çalışabilmektedir. Üretim kaynaklarının ve üretim yeteneklerinin tam paylaşımını sağlamak ve onları yönetilebilir ve işletilebilir üretim hizmetlerine dönüştürmek için ağ, bulut bilişim ve üretim teknolojilerini kullanmaktadır.

Maliyetli kaynakları paylaşmak için bulut üretimin en büyük ihtiyacı, tedarikçileri bir araya getirmektir. Herhangi bir kişi, enstitü veya kuruluş üretim kaynaklarını, yeteneklerini veya bilgilerini bulut üretim platformuna ekleyebilmektedir. Platforma talep gönderen kullanıcı, üretim hizmetlerini bulut üretim platformu kapsamında yer alan kaynakları, yetenekleri veya bilgiyi kullanarak gerçekleştirebilmektedir. Kullanıcılar, bulut üretim vasıtasıyla hizmet talep etmektedirler. Platforma sunulan görev taleplerine göre platform; arama, eşleşme, zamanlama kriterlerine göre talebin ihtiyaçlarını karşılayan hizmetleri aramakta ve kullanıcıya sunmaktadır.

Bulut üretim, bir talebi karşılamak için gerekli olan kaynakların miktarını dinamik olarak ayarlama yeteneğine sahiptir [28]. Büyük bir kaynak havuzu aracılığıyla kullanıcılara birden fazla zaman ve maliyet senaryosu sunulmakta ve kullanıcıların bu senaryolara uygun kaynak planlaması yapmasını sağlamaktadır. Böylelikle, büyük talepler aksamadan havuzdaki farklı kaynakların kullanımı ile daha küçük talepler karşılanabilmektedir. Kaynak havuzuna isteğe bağlı olarak her yerden ve her zaman ulaşabilmek mümkün olmaktadır. Havuzda bulunan kaynak ve yetenekler daha düşük bakım maliyeti ile üretim şirketlerine paylaşılmış olmaktadır. Ayrıca paylaşılan yetenekler ile, kullanıcılar tek bir işletmenin yerine getiremeyeceği daha büyük ve zorlu üretim görevlerini, daha kısa zamanda ve daha iyi coğrafi konuma sahip kaynak tedarikçisini bularak kaynak sıkıntısı yaşamadan yerine getirebilmekte ve üretim maliyetlerini düşürebilmektedirler.

Bulut üretim, dinamik olarak sürekli değişen üretim ortamlarına zamanlama, kalite ve maliyet uyumluluğu konularında destek sağlaması için esneklik ve çeviklik özelliklerine sahip olmalıdır [33]. Bulut üretimdeki esneklik, üretim ortamlarındaki değişiklikleri karşılamak ve değişen piyasa koşullarına uyum sağlamak için bir gerekliliktir. Bulut üretim ortamları, pazardaki ve üretim ortamındaki değişikliklere izin vermelidir. Bulut üretimdeki çeviklik ile; tüketici üretim sanayisine internet üzerinden doğrudan erişebilmekte ve değişen talebe gerçek zamanlı olarak tepki verebilmektedir.

### 2.2.2. Bulut Üretim Etkileri

Bulut üretim; tasarım, üretim ve pazarlama olmak üzere üç ana faaliyet alanı üzerinde etkiye sahiptir [9].

**Tasarım Üzerindeki Etkisi:** Tasarım bilgilerine ve uygun maliyetli kaynaklara her yerden ulaşılabilir. Bu sayede coğrafi olarak dağıtık ortamlarda işbirliği tasarımları ortaya çıkmaktadır. İşbirlikçi tasarımda en önemli çalışmalar, web tabanlı tasarımlardır.

**Üretim Üzerindeki Etkisi:** Kaynak paylaşımının hızlı yapılması ve düşük maliyetli olmasıdır.

**Pazarlama Üzerindeki Etkisi:** Hizmet veya ürünün piyasaya sürülme zamanının azalmasıdır. Bulut üretim, bilgi ve kaynak paylaşımı için yeni pazarlama kanalları oluşturma potansiyeline sahiptir.

### 2.2.3. Bulut Üretim Sınıflandırması

Bulut üretim platformları, hizmet kapsamının farkından dolayı genel bulut ve özel bulut olarak sınıflandırılabilir [6].

**Genel Bulut Üretim Platformu:** Topluma yönlendirilmiş kamu üretim bulut hizmet platformunu ifade etmektedir. Bir alanda veya meslekte KOBİ'ler arasındaki üretim kaynaklarının ve yeteneklerinin paylaşımını ve işbirliğini sağlamaktadır.

**Özel Bulut Üretim Platformu:** İşletme veya organizasyonların kendi içinde oluşturulan üretim bulut hizmet platformunu ifade etmektedir. Karları artırmak ve kaynak kullanımını

iyileştirmek için, kurumlar özel bulut platformuna dayalı kaynak paylaşımı ve birlikte çalışabilirlik sağlamayı amaçlamaktadır.

#### 2.2.4. Bulut Üretim Kullanıcıları

Wu ve arkadaşları [9], bulut tüketicisi, bulut sağlayıcısı, bulut komisyoncusu ve bulut taşıyıcılarından oluşan bir Bulut Tabanlı Tasarım ve Üretim (CBDM) modelini önermektedir. Bulut tüketicileri bulut hizmetlerinden faydalanırken, sağlayıcılar bulut hizmetlerini sunmaktadırlar. Bulut komisyoncusu, tüketiciler ve sağlayıcılar arasındaki ara rol olup, hizmetlerin kullanımını, performansını ve dağıtımını yönetmektedir. Bulut taşıyıcıları, ulaşım ağlarının sağlanması yoluyla sağlayıcılar ve tüketiciler arasında hizmet alışverişini mümkün kılmaktadır. Sağlayıcı-tüketici etkileşimi rol modeline sahip bulut üretim, genel olarak üç grup kullanıcı arasında etkileşimi gerektirmektedir [18]. Bunlar; tüketiciler, uygulama sağlayıcıları ve fiziksel kaynak sağlayıcılarıdır. Bu üçlü grup modeli, bulut üretim içindeki arz-talep dengesini temsil etmektedir.

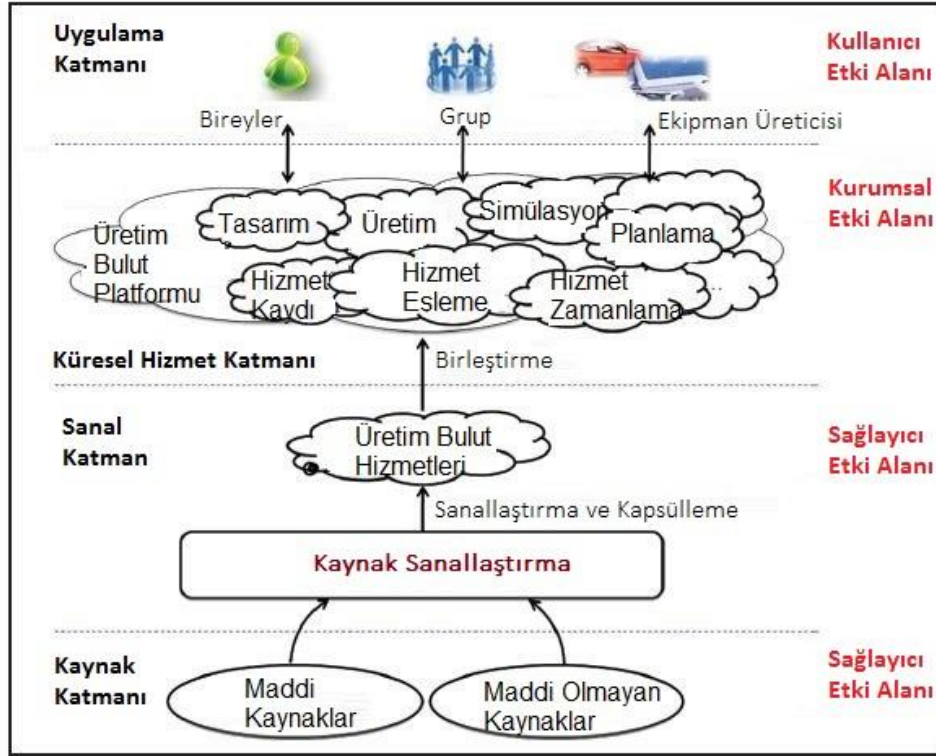
**Tüketiciler;** ürün tasarımı, üretim, test, yönetim ve bir ürünün yaşam döngüsünün diğer tüm aşamalarına kadar çeşitli servis taleplerinde bulunabilen bir müşteri veya bir kuruluştur. Tüketicinin talebi akıllı bulut yöneticisi tarafından alınmakta, olası tüm çözümler araştırılmakta ve sonuçlar tüketiciye geri gönderilmektedir. Tüketici çözümü özgün ihtiyaçlarına göre optimize edebilmekte ve servis talebini sonuçlandırabilmektedir. Tüketicilerin ihtiyaçları; uygulama sağlayıcıları aracılığıyla fiziksel kaynak sağlayıcılarının platforma dahil ettiği kaynak ve yeteneklerle karşılanmaktadır. Bulut üretim içinde yer alan tüketiciler, bir şeyler üretme ihtiyacı duyan ancak bunu yapmak için kaynak veya yeteneğe sahip olmayan kişilerdir.

**Fiziksel Kaynak Sağlayıcıları;** sadece üretim kaynaklarına sahip olan veya bu kaynaklara sahip olmakla birlikte bu kaynaklardan faydalanabilecek yeteneğe de sahip olan kişilerdir. Bu kullanıcılar, coğrafi bölge ile sınırlı değildir ve tüketicilerin bulut üretim aracılığıyla dağıtık olan bu kaynaklara erişimini sağlamaktadırlar.

**Uygulama Sağlayıcıları;** fiziksel kaynak sağlayıcılarının sisteme girdiği kaynakları yönetmekte ve tüketicilerin ihtiyacı olan gerekli kaynakları bulmakta sorumludurlar.

## 2.2.5. Bulut Üretim Katmanları

Hem Xu [7] hem de Tao [9] tarafından önerilen bulut üretim modeli dört katmandan oluşmaktadır. Bu model; üretim kaynak katmanı, sanal hizmet katmanı, küresel hizmet katmanı ve uygulama katmanını içermektedir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Bulut Üretim Modeli Katmanları [34]

### 2.2.5.1. Üretim Kaynak Katmanı

Üretimin tüm yaşam döngüsü boyunca gerekli olan fiziksel üretim kaynaklarını ve yeteneklerini içermektedir. Bulut üretim sistemindeki kaynaklar, fiziksel kaynaklar ve yetenekler olmak üzere iki formda yer almaktadır. Fiziksel kaynaklar; maddi (hard) ve maddi olmayan (soft) üretim kaynakları olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Bir ürünün tüm yaşam döngüsü boyunca yer alan üretim ekipmanları gibi kaynaklar maddi kaynakları, insan kaynakları, üretim bilgisi gibi kaynaklar ise maddi olmayan kaynakları oluşturmaktadır.

**Maddi Olmayan Kaynaklar:** Yazılım: tasarım, analiz, simülasyon, süreç planlaması gibi ürün ömrü boyunca yazılım uygulamaları içermektedir.

**Bilgi:** Bir üretim görevini tamamlamak için ihtiyaç duyulan mühendislik bilgisi, ürün modelleri, standartlar, değerlendirme prosedürleri ve sonuçları, müşteri geribildirimini vb. kaynaklardır.

**Beceri:** Belirli bir üretim görevinin yerine getirilmesinde gereken uzmanlıktır.

**Personel:** Üretim sürecinde çalışan insan kaynağıdır (tasarımcılar, operatörler, yöneticiler, teknisyenler, proje ekipleri, müşteri hizmetleri, vb.)

**Deneyim:** Performans, kalite, müşteri değerlendirmesi vb.gibi durumlardır.

**İş Ağı:** Bir işletmede bulunan ticari ilişkiler ve iş fırsatı ağlarıdır.

### **Maddi Kaynaklar:**

**Üretim ekipmanları:** Bir üretim görevini tamamlamak için ihtiyaç duyulan kaynaklardır (takım tezgahları, kesiciler, test ve izleme ekipmanları ve diğer üretim araçları vb.).

**İzleme/kontrol kaynağı:** Diğer üretim kaynaklarını tanımlamak ve kontrol etmek için kullanılan cihazlardır [(RFID (Radyo Frekansı Tanımlama), WSN (Kablosuz Algılayıcı Şebekesi), sanal yöneticiler ve uzaktan kumandalar vb.).

**Hesaplamalı kaynak:** Üretim süreçlerini desteklemek için kullanılan bilgi işlem cihazlarıdır (sunucular, bilgisayarlar, depolama ortamları, kontrol cihazları vb.).

**Malzemeler:** Bir üretim sistemindeki girdi ve çıktılardır (hammadde, devam eden ürün, bitmiş ürün, güç, su, kayganlaştırıcılar vb.).

**Taşımacılık:** Üretim girdilerinin/çıktılarının bir yerden diğer yere taşınmasıdır. Hava, demiryolu, yol, su, kablo, boru hattı ve boşluk gibi ulaşım modları, ilgili fiyat ve alınan zaman gibi.

**Yetenekler:** Üretim yeteneği bir üretim görevini yerine getirmek için kaynaklar, insanlar veya organizasyonlar ve bilginin bir araya getirilmesidir [6]. Her üretim yeteneği ilgili üretim kaynak veya kaynaklarından destek istemektedir. Zhang ve arkadaşları [29] üretim yeteneğini bir çeşit kaynak olarak tanımlamıştır ve yeteneğin tanımı için dört boyutlu bir dizi kullanmıştır Bunlar; görev, kaynak, katılımcı ve bilgidir. Görev, bir üretim mesleğini; kaynak, görevi yapmak için ihtiyaç duyulan üretim kaynaklarını; katılımcı, iş için gerekli olan insan kaynaklarını, bilgi ise işi yapmak için gereken tüm bilgileri temsil etmektedir.

Üretim Yeteneği: Bir üretim siparişini yerine getirmek için bir çıktı, yani ürün veya hizmet yaratmanın hızı ve kalitesine dayanmaktadır. İlgili üretim kaynakları vasıtasıyla gerçekleştirilmektedir.

Tasarım Yeteneği: Alana özgü tasarım bilgisi, organizasyonun uzmanlığı ve önceki tasarım faaliyetlerine ait geçmiş deneyimi ifade etmektedir.

Deney Yapma Yeteneği: Deney bilgi ve uzmanlarını gerektirmektedir.

Yönetim Yeteneği: Bir organizasyonun planlanması, organize edilmesi, çalışması, yönlendirilmesi ve kontrol edilmesini içermektedir.

İletişim Yeteneği: Uygulamalar/cihazlar arasındaki veri değişimini ifade etmektedir.

#### **2.2.5.2 . Sanal Hizmet Katmanı**

Sanal hizmet katmanı; üretim kaynaklarını belirlemekte, bu kaynakları sanallaştırmakta ve bulut üretim hizmetleri olarak paketlemektedir. Üretim kaynaklarını tanımlamak için RFID, kablosuz sensör ağı (WSN), IoT, Cyber Fiziksel Sistemler, GPS, sensör veri sınıflandırması, kümeleme ve analiz ve adaptör teknolojileri gibi bazı teknolojiler kullanılabilmektedir [7]. Üretim kaynaklarının sanallaştırması, fiziksel kaynakların soyutlanmasını ifade etmektedir. Bulut üretim hizmetleri, gerçek fiziksel kaynakları temsil etmekte ve bulutta erişilebilir olmaktadır.

Bir üretim bulut hizmetinin oluşturulma süreçleri aşağıdaki gibidir [15].

- IoT ve sanallaştırma teknolojilerine dayanarak dağıtılmış kaynaklar, önce ağ üzerinden bulut üretim platformuna bağlanmaktadır.
- Daha sonra erişilebilir ve isteğe bağlı olarak kullanılabilen sanal kaynaklar havuzu oluşturmaktadır.
- Sanal kaynaklar üretim bulut hizmeti içine kapsüllenir, yayınlanır ve bulut üretim platformuna kaydedilmektedir.

Bulut üretim ortamı, üretim bulut hizmetlerinin oluşturulmasıyla etkinleştirilmektedir [9]. Bu üretim bulut hizmetleri kategorize edilmekte ve benzer hizmetler bir araya getirilebilmektedir.

Üretim kaynaklarının sınıflandırılmasına göre bulut üretimde yer alan üretim hizmetleri; üretim kaynak hizmeti, hesaplama kaynak hizmeti ve web hizmeti olarak sınıflandırılmaktadır.

**Üretim Kaynak Hizmeti:** Maddi üretim kaynakları için, bu kaynakların kapsüllenmesi sonucu oluşmaktadır.

- Tasarım Hizmeti: üretim hizmeti, test hizmeti, simülasyon hizmeti gibi hizmetleri içermektedir.
- Hizmet Paketleme Hizmeti: Satış hizmeti, bakım hizmeti ve onarım hizmeti gibi hizmetleri içermektedir.
- Lojistik Hizmeti: Lojistik ile ilgili hizmet anlamına gelmektedir.

**Hesaplamalı Kaynak Hizmeti:** Bulut üretim, bulut bilişim teriminin üretimde uygulanmasıdır. Bu nedenle, bulut bilişimdeki hizmetler bulut üretim hizmetlerine uyarlanmaktadır.

- Hizmet Olarak Altyapı (IaaS): Üretimin tüm yaşam döngüsü boyunca gerekli depolama ve hesaplama yetenekleri gibi altyapı hizmetleridir.
- Hizmet Olarak Platform (PaaS): Üretim uygulamalarının geliştirilmesi ve uygulanmasını sağlayan hizmettir.
- Hizmet Olarak Yazılım (SaaS): Uygulamanın bulut üzerinde çalışmasını sağlayan hizmettir.

**Web Hizmetleri:** İnternet üzerinden hizmet olarak sağlanan, üretim kaynak hizmetleri ve hesaplamalı kaynak hizmetlerine destek vermek amacıyla kullanılan hizmetlerdir.

Bir üretim kaynağı ve üretim hizmeti arasında haritalama ilişkisi bulunmaktadır.

**Bire Bir Haritalama:** Bir kaynak tarafından sağlanan işlev tektir ve bu işlev sonucunda yalnızca bir hizmet üretilmektedir.

**Çoğa Bir Haritalama:** Her biri belirli bir işlevi sağlayan birden fazla kaynak birleştirilmekte ve bu kaynakların birleşiminde yalnızca bir hizmet üretilmektedir.

**Bire Çok Haritalama:** Bir kaynak tarafından sağlanan işlev tektir ve bu işlev sonucunda birden fazla hizmet üretilmektedir.

### **2.2.5.3 . Küresel Hizmet Katmanı**

Küresel hizmet katmanı, sanal hizmet katmanı tarafından paketlenen kaynakları yönetmektedir. Çeşitli talepleri karşılamak için PaaS gibi bir bulut bilişim teknolojisine dayanmaktadır. Örneğin; bulut hizmeti yönetimi, bilgi yönetimi, işbirliği yönetimi, platform yönetimi, işlem yönetimi, arıza yönetimi, enerji yönetimi vb.

### **2.2.5.4 . Uygulama Katmanı**

Uygulama katmanı, kullanıcılara uygulama arayüzleri sağlanmaktadır ve böylece kullanıcılar istedikleri anda bulut hizmetlerine erişerek bu hizmetleri kullanabilmektedirler. Bu katman aracılığıyla tüketici, kendi kullanımına sunulan ve fiziksel kaynakları temsil eden sanal üretim kaynaklarını kendi taleplerini karşılamak için kullanmaktadır. Tasarım, üretim, deneme, simülasyon, yönetim, bakım, geri dönüşüm vb. dahil olmak üzere üretimin tüm yaşam döngüsü boyunca çeşitli bulut üretim hizmetlerinin talep üzerine kullanımını ifade etmektedir.

### **2.2.6. Bulut Üretim Hizmetlerinin Oluşturulması**

Tao ve arkadaşları [15], bulut üretim ortamının üretim bulut hizmetlerinin oluşturulmasıyla etkinleştirildiğini belirtmişlerdir. Üretim bulut hizmetleri, üretim kaynakları sanallaştırıldığında ve kapsüllendiğinde oluşturulmuş bulut servisleridir. Üretim bulut hizmetlerinin kategorize edilebileceğini ve müşterilerin gerekli üretim tesislerini oluşturmak için belirli üretim bulut hizmetlerini seçebilecekleri ilgili üretim bulutlarına birleştirilebileceğini açıklamışlardır. Bulut üretim hizmeti, kullanıcının taleplerini karşılamak için kendi içinde, yapılandırılabilen isteğe bağlı bir üretim hizmeti paketidir. Bir üretim bulutu platformu, bulut hizmetlerinin bir koleksiyonunda üretim görevlerini yerine getirmektedir. Kullanıcılar, bulut hizmetlerini ihtiyaçlarına göre kullanabilmektedirler. Bir bulut üretim hizmet platformu, bir hizmetin arama, yayınlama, eşleşme ve yürütme işlemlerini gerçekleştirmektedir. Bulut hizmet bilgileri bilgi veritabanına taşınmakta ve ağ üzerinden kullanıcılara isteğe bağlı uygulamalar sunularak bulut hizmetlerinin verimli bir şekilde kullanılması sağlanmaktadır. Buluttaki hizmetler, üretim kaynaklarına ve yeteneklerine göre farklı sağlayıcılar tarafından sağlanmaktadır.

Farklı üretim gereksinimlerine bağı olarak, çok sayıda bulut hizmeti toplanmakta ve bir üretim bulutu oluşturmak için entegre olmaktadır. Hizmet kullanıcıları, bulut üretim işletim platformunun destekleriyle isteğe bağı her türlü dinamik uygulama hizmeti kullanabilmekte ve işbirliğine dayalı etkileşim gerçekleştirebilmektedir.

Bir üretim hizmeti aşağıdaki üç aşamaya ayrılabilir [35].

1. Çeşitli üretim kaynaklarının ve yeteneklerin akıllı algısı ve bağlantısına dayalı hizmet üretimi
2. Hizmet tanımı, eşleşme ve arama, kompozisyon, değerlendirme, zamanlama, işlem vb. gibi üretim hizmetleri yönetimi
3. Hizmet çağırma

Bulut üretim sisteminde kaynak paylaşımı ve işbirliği için sunulan bulut üretim hizmetlerinin oluşturulması; maddi ve maddi olmayan kaynakların, yeteneklerin tanımlanması ve IoT teknolojileri kullanılarak kontrol edilmesi, sanallaştırılması ve kapsüllenmesi aşamalarından oluşmaktadır [7]. Üretim bulut hizmetleri, belirli kurallara veya algoritmalara göre sınıflandırılmakta, toplanmakta ve farklı üretim bulutları oluşturulmaktadır. Tüketiciler, ihtiyaçlarına göre bu farklı üretim bulutlarını kullanmaktadırlar.

**Kaynak ve Yeteneklerin Algılanması ve Tanımlanması:** Bulut üretim, maddi ve maddi olmayan kaynakların tüm çeşitlerini üretim bulutuna almakta ve özellikle maddi üretim kaynaklarına ulaşım imkanı sağlamaktadır. Kaynaklar, statik bilgileri (kaynak tedarikçisi, kaynak ad vb.) ve dinamik bilgileri (çalışan kaynak durumu vb.) algılanarak tanımlanmalıdır. Yeni bir teknoloji olan IoT ile kaynakların algılanması ve erişimi için yeni bir yaklaşım meydana gelmektedir. Statik ve dinamik bilgiler; RFID, kablosuz sensör ağları ve Global Konumlandırma Sistemi (GPS) gibi IoT teknolojileri kullanılarak algılanır ve daha geniş ağlara bağlanmaktadır. Böylece, toplanan bilgiler otomatik olarak kontrol edilebilmektedir. Xu [7], Yeni Zelanda'dan, RFID, kablosuz sensör ağları ve GPS gibi teknolojileri içeren bazı yöntemleri sunarak dağıtılan kaynakları belirlemiştir [7].

Bulut üretim sistemlerinde, üretim kaynaklarını tahsis etmek ve kontrol etmek için üretim kaynaklarını gerçek zamanlı olarak izlemek gittikçe önem kazanmaktadır. Bu nedenle, RFID gibi IoT teknolojilerinin kullanılarak gerçek zamanlı veri toplanması ve bu verilerinin depolanması bulut üretim sistemlerindeki en kritik noktadır. Amerikan Federal

Ticaret Komisyonu tarafından “günlük hayatta kullanılan nesnelerin internete bağlanarak veri gönderip alması yeteneği” olarak tanımlanan IoT kavramı, ilk olarak 1995’te yayınlanan “The Road Ahead” adlı kitapta yer almıştır [8]. İlk zamanlarda donanımsal ve yazılımsal teknoloji eksiklikleri nedeniyle ilgi görmeyen IoT kavramı RFID teknolojisinin gelişmesiyle daha fazla ilgi görmüştür. IoT, RFID teknolojisinin desteği ile fiziksel bilgilerin bağlılığını sağlamaktadır. Bu, birbirine bağlı üretim kaynak paylaşım platformu oluşturmak için imkan sunmaktadır [35]. RFID ise farklı nesnelerin tanımlanmasında radyo dalgalarını kullanan teknoloji olarak adlandırılmaktadır. RFID’nin geleneksel bilgi sistemlerine karşı üstünlüğü aşağıdaki gibi açıklanmaktadır [36].

1. RFID sistemleri, uygulama çalıştığı anda veriyi elde etmektedir.
2. RFID sistemleri,kullanıldıkları bilgi sistemlerinden küçük bir gecikme dahi olmadan sürekli veri aktarımı yapmaktadır.
3. RFID sistemleri, sisteme gelen veriyi doğrulayabilme yeteneğine sahiptir.

Bu nedenlerden dolayı RFID, yalnızca kaynakların durumunu ve konumunu izlemek için değil aynı zamanda yüksek çözünürlüklü bir tedarik zincirinin üretim sürecini kontrol etmek ve kaydetmek için tüm çalışma talimatlarını da içerebilmektedir.

**Kaynakların Sanallaştırılması ve Kapsüllenmesi:** Üretim sürecinde, bulut üretim platformu kullanıcıların isteklerini analiz etmekte ve görevlere bölmektedir. Daha sonra bulut hizmeti sağlayıcıları tarafından ağ üzerinden paylaşılan üretim kaynak hizmetleri ve üretim kapasitesi hizmetleri arasından otomatik olarak en uygun bilgiyi, kullanılabilir üretim cihazlarını ve işlem kaynakları aramakta, bunları entegre etmekte ve kullanıcılara sağlamaktadır. Kullanıcılar; satın almadan, uzaktaki büyük ekipmanları ve kaynakları kiralayabilmekte ve bütün görev yürütme sürecini izleyebilmektedir. Bir bulut üretim ortamında, bir üretim işlemini başarıyla tamamlamak için tedarikçiler arasında işbirliği gerekmektedir. Bu nedenle, bulut üretiminde kaynak paylaşımı ve dinamik kaynak tahsisi için sanallaştırma büyük önem taşımaktadır. Üretim kaynaklarının statik ve dinamik özelliklerini içeren bir sanal tanımlama modeli oluşturulmaktadır. Model, çeşitli üretim uygulamaları için kapsamlı bir üretim kaynağı görüntüsü ve bilgisini sağlamakta ve böylelikle fiziksel kaynaklar mantıksal kaynaklara dönüştürülmüş olmaktadır. Büyük bir üretim bulutu oluşturmak ve kullanıcıların talebi üzerine onları dağıtmak için üretim,

simülasyon, işlem kaynakları ve yeteneklerinin tümünü üretim servislerine dönüştürmektedir. Bütün bu kaynaklar ve özellikler çeşitli üretim görevlerini yürütmek için internet aracılığıyla otomatik olarak yönetilmekte ve “bulut” içine algılanmaktadır. Yani değişik yerlerde bulunan dağıtık kaynakların sanallaştırılmasıyla bulut üretimde büyük bir kaynak havuz oluşturulmaktadır [37]. Sanallaştırılan kaynak ve yetenekler eşleştirilerek kapsüllenmekte ve bulut üretim hizmeti oluşmaktadır. Büyük ölçekli sanal üretim kaynak havuzu oluşturmakta ve hizmet eşleştirmesi yoluyla görev gereksinimini karşılayan en iyi hizmet kaynağını sağlamaktadır. Böylelikle; fiziki kaynaklardan mantıksal kaynaklara ve sanal bulut üretim servisine, yüksek kullanılabilirlik, yüksek çeviklik, yüksek güvenlik ve yüksek güvenilirlik ile aktarılarak fiziksel kaynak ve üretim uygulaması arasındaki bağlantı azaltılabilmektedir [7].

Kapsülleme, bir nesnenin bileşenlerini alıp bunları görünüşten gizlemek için düzgün bir pakete dönüştürülmesi anlamına gelmektedir. Böylece kullanıcı, parçaların karmaşıklığı hakkında endişelenme ihtiyacı duymamaktadır. Ayrıca; kapsüllemenin genel amacı, kaynakların merkezi olarak yönetiminin kolaylaştırılmasıdır. Sanallaştırma, yedeklemeye izin vererek arıza durumunda dahili kurtarma yapmanın yanı sıra dahili yedeklilik sağlayarak üretim sistemi güvenilirliği üzerinde birçok avantaj getirmektedir. Bulut uygulamaları, bu özellikleri varsayılan olarak sunmakta ve doğrudan benimsenebilmektedir. Sanallaştırma, fiziksel kaynaklar ile yazılım bilgi sistemi arasında bir ayrım yapmaya olanak tanımaktadır. Ayrıştırma ile ortaya çıkan en önemli avantaj, farklı iş yapılandırmalarına sahip birden fazla yazılım yüklemesi yapabilme ve bunları gerektiği gibi değiştirme imkanıdır.

### **2.3. Endüstri 4.0 ve Bulut Üretim**

Son yıllarda bilgi ve iletişim teknolojisi; özellikle de internet ve gömülü sistem teknolojileri, CPS, IoT, bulut bilgi işlemi ve büyük veri analizi gibi bir takım yeni teknolojilere yol açan hızlı bir gelişme kaydetmektedir. Bu hızlı gelişim endüstriyel üretime de etki etmiş ve günümüz üretim ihtiyaçlarının karşılanabilmesi için üretimde de bu gelişmelerden yararlanılmaya başlanmıştır. Geçmişteki üç endüstri devrimi de teknik yenilikler tarafından tetiklenmiştir (Şekil 2.2). 18. yüzyılın sonundan 19. yüzyılın ortalarına kadar süren su ve buhara dayalı mekanik imalatın getirilmesi ile ortaya çıkan makinalaşma çağında demir ve kömür asıl enerji kaynağı ve hammadde olarak

kullanılmıştır. 20. yüzyılın başındaki iş bölümleri ve çelik, elektrik, petrokimyasal maddelerin üretim sürecine sokulması ile ikinci endüstri devrimi ortaya çıkmıştır. 1900'lerin sonlarında üretimde otomasyonun bilgisayarlarla güçlendirilmesi ile dijital bir çağa girilmiştir [38] .

|                                                                                                   |                                                                                                       |                                                                                                                                             |                                                                                             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                   |                                                                                                       | İlk programlanabilir mantıksal denetleyici (PLC), Modicon 084 1959                                                                          | <b>4. Endüstriyel Devrim :</b><br>Siber- fiziksel sistemlere dayalı üretimin devreye girişi |
|                                                                                                   | İlk üretim hattı, Cincinati Mezbahaları 1870                                                          | <b>3. Endüstriyel Devrim :</b><br>İmalatın otomasyonunu ileri safhalara taşımayı başaran elektronik vebilgi teknolojilerinin devreye girişi | Karmaşıklık ↑                                                                               |
| İlk Endüstriyel Dokuma Tezgahı 1784                                                               | <b>2. Endüstriyel Devrim :</b><br>İşbölümüne dayalı elektrik enejili kitlesel üretimin devreye girişi |                                                                                                                                             |                                                                                             |
| <b>1. Endüstriyel Devrim :</b><br>Su ve buhar enerjili mekanik üretim tesislerinin devreye girişi |                                                                                                       |                                                                                                                                             |                                                                                             |
| Zaman →                                                                                           |                                                                                                       |                                                                                                                                             |                                                                                             |
| <b>18. yüzyılın sonu</b>                                                                          | <b>20. yüzyılın sonu</b>                                                                              | <b>1970'lerin başı</b>                                                                                                                      | <b>Bugün</b>                                                                                |

Şekil 2.2 Endüstrinin Tarihsel Gelişimi [1]

Günümüz üretim anlayışı, ürün değişkenliğinin artması ve ürün ömrünün kısaltılması nedeniyle yeni ürün taleplerine hızlı bir şekilde cevap verebilecek esnek bir üretim yapısına ihtiyaç duymaktadır. Bu nedenle; yeni teknolojilerin keşfi, günümüzün dinamik pazar ihtiyaç ve taleplerine cevap verebilmek ve uyarlanabilmek için sanayi gelişimine eşlik etmiştir. Bu durum ise bugünkü fabrikaların daha kısa ürün ömrü, son derece özelleştirilmiş ürünler ve global rekabette mevcut zorlukları gidermek ve aşmak için tasarlanmış akıllı fabrikalara dönüştürülmesi anlamına gelmektedir. Radziwon ve arkadaşları [39], akıllı bir fabrikayı “hızla değişen ve karmaşıklığı sürekli artan koşullara sahip olan bir üretim tesisinde ortaya çıkan problemleri çözecek ve esnek üretim süreçleri sağlayabilecek bir üretim çözümü” olarak tanımlamıştır. Akıllı bir fabrikada, ürünler ve makinalar birbirleriyle iletişim kurarak, birlikte üretim yapmaktadırlar. Bu da, IoT temelli Siber-Fiziksel Sistemler (CPS)’den oluşan modüler fabrika yapılarının oluşturulması

anlamına gelmektedir. Saha cihazları, makinalar, üretim modülleri ve ürünler CPS teknolojisi ile ortak bir topluluk olarak bağlanabilmeli, veriler sistematik olarak belirsizlikleri açıklayabilen ve böylece daha akıllı kararlar verebilecek bilgiye dönüştürülebilmelidir [40].

Almanya, Siber-Fiziksel-Sistem özellikli endüstriyel devrime yönelik bir dönüşüme öncülük etmektedir ve bu dönüşüm 4. Endüstri Devrim yani kısaca Endüstri 4.0 olarak adlandırılmaktadır. Endüstri 4.0, 2011 yılında “Yüksek Teknoloji Stratejisi 2020 Eylem Planı”nın bir parçası olarak kabul edilen Alman hükümetinin stratejik bir girişimidir [38]. Almanya’da, Endüstri 4.0 hakkındaki büyük tartışma başlamış ve bu durum ABD ve Kore gibi diğer ülkelere de yayılmıştır. Mekanizasyon, elektrik ve bilgi teknolojileri sonucunda ortaya çıkan ilk üç endüstriyel devrim ile IoT ve CPS’nin üretim ortamına girişi 4.0 Endüstri devriminin oluşmasına temel oluşturmuştur. Ayrıca; endüstri ve araştırmacılara göre; yaklaşmakta olan bu devrim, geniş ağlar boyunca Siber-Fiziksel-Sistemlerde, makinalar kadar insanlar arasındaki iletişimi de sağlayan internet tarafından tetiklenecektir [1].

IoT; cihazların, birbirlerini algılayabilen ve birbirleriyle iletişime geçebilen nesneler aracılığıyla akıllı bir bağlantı sağlayabilmesi şeklinde tanımlanmaktadır [41]. Siber-Fiziksel Sistemler ise, Endüstri 4.0 ile birlikte üretilen ve iki unsurdan oluşan kavramlardan birisidir. Bu unsurlardan birincisi; birbirleri ile internet üzerinden, kendilerine atanmış bir internet adresi aracılığıyla haberleşen nesne ve sistemlerin oluşturduğu ağdır. İkincisi ise; gerçek dünyadaki nesnelerin ve davranışların, bilgisayar ortamında simüle edilmesiyle oluşan sanal ortamdır [41]. IoT teknolojisindeki son gelişmeler ve algılama (CPS) teknolojisinin ortaya çıkışı, sistemleri ve insanları birbirine bağlayan, makinaların birbirinden haberdar olmasını sağlayan bir bilgi ağını ortaya çıkarmaktadır. CPS’nin yaygın uygulanması, veri analizinin yapılabilmesi için bulut teknolojisi ve depolama gerektiren büyük verilerin üretilmesine neden olmaktadır. Bulut teknolojileri, şirket sınırları boyunca artan veri paylaşımı, gelişmiş sistem performansı ve sistemleri çevrimiçi hale getirerek maliyetlerin düşürülmesi için Endüstri 4.0’da yaygın şekilde kullanılabilmektedir [16]. Bu nedenle; üretim sanayisinde rekabet gücünü artırmak için bilgi teknolojileri kullanılırken karşılaşılan diğer bir önemli kavram “Bulut Üretim”dir. Endüstri 4.0 endüstri devrimlerinin devamı niteliğinde; bulut üretim ise ileri üretim modellerinin devamı niteliğinde ortaya çıkmıştır.

Endüstri 4.0'ın temel fikri, farklı akıllı fabrikaların üretim sistemlerini bir değer zinciri boyunca CPS biçiminde entegre etmektir. Böylece, gerçek zamanlı ve doğru karar vermeyi mümkün kılan tüm değer zinciri boyunca gerçek zamanlı veri ve bilgi elde edilebilmektedir. Bulut üretimin temel fikri ise, farklı fabrikaların üretim kaynaklarını buluta bağlamak ve entegre etmektir. Böylelikle büyük ölçekli kaynak paylaşımı ve işbirliğinin gerçekleştirilmesi sağlanabilmektedir. Endüstri 4.0 ve bulut üretim, müşterilerin kişisel gereksinimlerine daha iyi cevap verebilecek şekilde bir araya gelmektedir. Bulut üretim, işletmelerin paylaşım ve işbirliği gereksinimlerini uygun ve çevik bir şekilde karşılarken; Endüstri 4.0, işletmelerin dijital üretim ve işbirliği gereksinimleri ile iş ortakları arasındaki memnuniyeti sağlayan dijital ve ağa bağlı bir üretim paradigmasını temsil etmektedir [42]. Endüstri 4.0 için temel teknolojiler; CPS, IoT, RFID ve Bulut Teknolojileri'dir. Bulut teknolojileri denildiğinde ise ilk akla gelen bulut bilişim ve bulut bilişimi temel alan bulut üretimdir. Bulut üretim için temel teknolojiler; IoT, sanallaştırma, bulut bilişim ve servisle ilgili teknolojilerdir. Servis, hem Endüstri 4.0 hem de bulut üretim için önemli bir kavramdır. Endüstri 4.0'da, hizmetler (servisler) CPS ile ilişkilidir. Endüstri 4.0'da en sık belirtilen hizmet konsepti, ürünle ilgili hizmetlerdir. Bulut üretimde ise her şey hizmet olarak alınır, hizmet olarak üretim kavramı benimsenmektedir. Bu nedenle, hizmetlerin kapsamı ve çağrışımı, Endüstri 4.0'dakinden çok daha geniştir.

Gelecekte, Endüstri 4.0 daha büyük ölçekli ticari işbirliğini başarmak için, bulut üretimin "hizmet olarak üretim" konseptine başvurabilir. Bulut üretim ise, kaynak algılama ve bağlantısını kolaylaştırmak ve bulut üretim fabrikalarının kurulması için Endüstri 4.0'daki akıllı fabrika kavramını kullanabilir. Bu nedenle, Endüstri 4.0 ve bulut üretimin gelecek dönemde üretim sanayinin tam potansiyelini açığa çıkaracağı düşünülmektedir [43]. Ayrıca, Endüstri 4.0 kapsamında işbirlikçi kullanıcıların bulunduğu tüm sistemlere uyarlanabilecek ve bulut teknolojileri aracılığıyla tüm kullanıcıların kolaylıkla ulaşabileceği bir uygulama ile optimal kaynak tahsisinin yapılması sağlanabilecektir.

#### **2.4. Petri Ağı Kavramı**

Petri Ağı, sistem davranışlarında görülen eşzamanlılık, dağıtıklılık ve senkronizasyonu tanımlamak için kullanılan grafiksel ve matematiksel bir modelleme aracıdır [44]. Durum geçiş (state-transition) diyagramlarına benzemektedir. Modellemede konumlar (place)

koşulları, geçişler (transition) ise olayları temsil etmektedir. Bir geçiş, olayın ön-koşullarını ve son koşullarını temsil eden belli sayıda girdi ve çıktı konumuna sahiptir. Konumlar veri öğelerinin veya kaynakların mevcut olduğunu belirten  $k$  jetona (token) sahiptir. Her konum, sınırsız sayıda jeton barındırabilmektedir. Bu tür bir Petri Ağı bir sonsuz kapasite ağ olarak adlandırılmaktadır. Bir Petri Ağı, başlangıç işareti  $M_0$  olarak adlandırılan başlangıç durumuyla birlikte belirli bir tür yönlendirilmiş grafiktir. Petri Ağı teorisi geçiş için etkleştirme ve ateşleme olmak üzere iki temel kural içermektedir [44]. Etkin geçişte tüm girdi konumları  $p_i$  için konumun sahip olduğu jeton sayısı konumu geçişe bağlayan okun değerine eşit veya ondan büyük ise geçiş etkin olmaktadır. Ateşlemede ise etkin geçiş tetiklendiğinde, giriş konumları jetonlarının bir kısmını kaybetmektedir. Çıkış konumu geçişten kendine bağlanan okun değeri kadar jeton almaktadır.

#### 2.4.1. Davranışsal Özellikler

Petri ağlarının başlıca davranışsal özellikleri aşağıda belirtildiği gibidir.

1. Erişilebilirlik: Bir konumdan başka bir konuma erişebilme durumunu temsil etmektedir.
2. Sınırlılık: Eğer bir konumdaki jeton sayısı başka bir konumdan erişilebilen sonlu sayı  $k$ 'yı geçmiyorsa bu Petri Ağı  $k$ -sınırlı veya sadece sınırlandırılmıştır.
3. Canlılık: Petri Ağlarında kilitlenme durumunun yokluğu ile alakalıdır. Bir Petri Ağında hangi ateşlenme seçilirse seçilsin canlı bir ağda kilitlenme olmamaktadır.
4. Tersine Çevrilebilirlik:  $p_1$  konumundan  $p_2$  konumuna gidilebilirken  $p_2$  konumundan da  $p_1$  konumuna gidilebiliyorsa bu petri ağının tersine çevrilebileceği söylenmektedir.
5. Kalıcılık: Bir Petri Ağında iki etkin geçişten birinin ateşlenmesi diğerini devre dışı bırakmazsa kalıcı olduğu söylenmektedir.
6. Adalet: İki geçişten biri ateş etmediği sürece diğerinin ateş edebileceği maksimum süre sınırlandırılırsa, sınırlı adil (B-fair) ilişkisi içinde olduğu söylenmektedir. Bir Petri Ağında her geçiş çifti için sınırlı adalet ilişkisi varsa bu ağın B-fair olduğu ifade edilmektedir.

### 2.4.2. Petri Ağları Tipleri

Petri ağlarının başlıca tipleri aşağıda sunulmaktadır.

1. Yüksek Seviye Petri Ağı: Jetonlar renklere sahiptir ve karmaşık bilgileri tutmaktadırlar. Renkli petri ağı da denmektedir.
2. Zamanlanmış Petri Ağı: Geçiş ve konumların ilgili zaman gecikmelerini de gösteren ağlardır. Bu gecikmeler sabit olabileceği gibi rastgele değişkenler şeklinde de olabilmektedir
3. Nesne Yönelimli Petri Ağı: Nesnelerin iç davranışını modellemektedir. Jetonlar sınıfların örnekleridir ve bir yerden başka yere hareket edebilmektedirler.

### 2.4.3. Analiz Metotları

Petri ağları ile ilgili başlıca analiz metotları aşağıda sunulmaktadır.

1. Erişilebilirlik Analizi: Erişilebilirlik analizi kapsayıcı (ulaşılabilirlik) ağacı çıkarılarak yapılabilmektedir. Bir petri ağında bulunan etkin geçişlerin sayısı kadar yeni işaretler elde edilebilmekte ve bu işaretler ağaç olarak gösterilmektedir. Ağacı sonlu tutmak için kullanılan özel sembol  $\omega$ , “sonsuzluk” olarak düşünülebilir.
2. Giriş Matrisi ve Durum Denklemleri: Petri ağları tarafından modellenen eşzamanlı sistemlerin dinamik davranışını gösteren matris denklemleri oluşturulmaktadır.
3. Yapısal Analiz: Büyük bir sistemin analizini kolaylaştırmak için, analiz edilecek sistem özelliklerini korurken genellikle sistem modelini daha basit bir modele indirgenmektedir.

### 2.4.4. Petri Ağı Uygulamaları

Petri ağları ilk kez 1962 yılında Carl Adam Petri tarafından tanıtılmıştır [44]. 1965 yılında ise Dijkstra tarafından “Five Dining Philosophers Problem” olarak adlandırılan, bir masanın etrafında oturan beş filozofun yemek yeme işlemindeki senkronizasyon probleminin modellenmesinde kullanılmıştır. Gerçekleştirilen çalışmalardan bir diğerinde

ise; Juan-Pablo López-Grao ve arkadaşları [45] tarafından yapılan yazılım uygulamalarında kaynak tahsis probleminin Petri Ağı perspektifinden ele alınmasıdır. Kaynak tahsis sistemlerinin amacı, hiçbir işlemin bir kilitlenme noktasına girmediğinden emin olarak, süreçler tarafından yapılan kaynaklara yönelik istekleri başarıyla yerine getirmektir. Petri Ağları, kaynak ayırma problemiyle uğraşmak için kullanılan biçimsel model aileleri arasında tartışmasız bir öncü rol oynamıştır [45]. Kaynak türü, bir konum kullanılarak, örnek sayısı ise jetonlarla modellenmiştir. Lopez-Grao'ya [45] göre Petri ağ modeli en azından aşağıdaki soyut özelliklere sahip olmalıdır.

1. Birkaç kaynak türü ve her kaynak türünün birden çok örneği olabilmelidir.
2. Süreçler kaynak sağlayabilmelidir.
3. Süreçler, kaynakların tahsis durumuna bağlı olarak kararlar alabilmelidir.

Son yıllarda petri ağları bilimsel, mühendislik ve endüstriyel alanlarda ortaya çıkan çeşitli sorunların davranışlarını öğrenmek için başarıyla kullanılmaktadır. Kullanım alanlarından bazıları aşağıda belirtilmektedir.

1. Sonlu Durum Makinaları: Sonlu durum makinaları Petri Ağlarının bir alt sınıfıyla temsil edilebilmektedir.
2. Paralel Aktiviteler: Paralel aktiviteler ve eşzamanlılık Petri Ağlarında bulunan işaretlenmiş grafikler özelliğiyle ifade edilebilmektedir.
3. Veri Akışının Gösterilmesi: Veri akışı konumlar içerisinde kullanılan jetonlar aracılığıyla gösterilmektedir.
4. İletişim Protokolleri: Petri Ağlarında bulunan canlılık ve güvenlik özellikleri iletişim protokollerinin modellenmesinde doğruluk kriteri olarak kullanılabilir.
5. Senkronizasyon Kontrolü : Kaynak paylaşımı yapılan sistemlerde, sistemin doğru çalışması için kaynak paylaşımının senkronizasyonu Petri Ağları ile modellenebilmektedir. Üretici-tüketici sistemleri bu sistemlere bir örnektir.

## 2.5. Yazılımların Bulut Ortamına Taşınması

İşletmeler tarafından uygulamaların bulut ortamına geçirilmesi; kolay erişim, geliştirilmiş güvenlik, hızlı yanıt verme ve kolay kullanılabilirlik nedeniyle fayda-maliyet açısında daha uygun hale gelmektedir. Bulut ortamı ile; müşteri katılımının artırılması, yeni ortaklıkların artırılması ve rekabet avantajının artırılması sağlanmaya çalışılmaktadır. Bir uygulamayı bulut ortamına taşırken temel amaç; uygulamayı yerel veri merkezinden uygun bir bulut platformuna taşırken yapılacak değişiklikleri veya performans zayıflıklarını en aza indirmektir. Bunun için de uygulanması gereken bir takım adımlar bulunmaktadır.

### 2.5.1. Uygulamanın Değerlendirilmesi

Bulut ortamına geçmeden önce uygulamanın ve geçilecek bulut platformunun analizinin yapılması ve anlaşılması gerekmektedir. Uygulamada bulunan hangi verinin bulut ortamına taşınacağı, taşınabilecek verinin bulut ortamına kolayca taşınıp taşınamayacağı, hangi modüllerin bulunduğu, hangi modüllerin buluta uyum sağlayıp hangilerinin sağlamayacağı, hangi modelin (kamu, özel veya karma) kullanılacağı analiz edilmelidir [46]. En az müşteri verisi ve hassas bilgi içeren uygulamalar ile çalıştırıldığında önemli bilgi işlem kaynakları gerektiren uygulamalar buluta geçirmek için en uygun uygulamalardır. Buluta geçirilemeyen bir veritabanına sıkça giden veya bulut sağlayıcıları tarafından desteklenmeyen eski platformlarda çalışan uygulamalar ise buluta geçirilmesi uygun olmayan uygulamalardır. Verinin hassasiyeti, gizliliği, entegrasyonu, bütünlüğü ve kullanılabilirliği; uygulamanın diğer sistemler ve uygulamalarla bağımlılığı; bulut sağlayıcısı tarafından sağlanabilecek güvenlik kontrolleri bu aşamada ele alınacak en önemli hususlardır.

Bir uygulamanın bulut ortamına geçirilmesine karar verildiğinde kapsamlı bir maliyet analizi yapılmalıdır. Yazılım maliyetleri; maddi maliyetler (donanım ve yazılım maliyetleri), idari maliyetler ve geliştirme maliyetlerini içermektedir. Bunlardan en önemlisi; efor maliyetidir [23]. Bu aşamada en büyük zorluk, ilgili yazılımın buluta aktarılması sırasında ilave maliyet giderlerini belirlemektir. Bu aşamada; Fonksiyon Noktası Analizi [46] tam fonksiyonlu bir uygulamada, boyut karmaşıklığını ve geliştirme maliyetini tahmin etmek için uygulanabilmektedir.

Taşımayı etkileyen maliyet faktörleri aşağıda belirtilmektedir [46].

1. Proje ekibinin yetenekleri
2. Uygulamanın karmaşıklığı
3. Bulut sağlayıcıları ve teknolojileri hakkında mevcut bilgi
4. Doğru bulut platformunun seçilmesi: Seçilen bulut platformu uygulama ortamına ne kadar çok benzerse, o kadar az değişiklik gerektirmektedir.
5. Veritabanı özellikleri
6. Lisans yönetimi: Lisans sözleşmeleri incelenmelidir.
7. Uygulamanın testi: Uygulama tasarım değişiklikleri tamamlandıktan sonra, bulut ortamında yapılandırılmalı, konuşlandırılmalı ve test edilmelidir.
8. Uygulama bakımı ve yönetimi: Bulut tabanlı uygulamanın devam eden bakım ve yönetimi, müşterinin sorumluluğunda kalmaktadır.

### **2.5.2. Kurulum ve Yapılandırma**

Bu aşamada uygulamanın bileşenlerini incelemek ve gerekli tüm kod değişikliklerini yapmak için uygulamanın geliştirme araçları kurulmalıdır. Hedef bulut IaaS bulut ise; bulut sunucusunda uygulamanın yerel ortam ayarlarına benzer bir ortam oluşturulmalıdır. Hedef bulut PaaS ise; ortamlar ve platformlar bulut sağlayıcıları tarafından sağlanmakta ve yönetilmektedir.

### **2.5.3. Bulut Ortamına Geçiş**

PaaS bulut ortamlarında, sağlanan ortama uyması için özel kod gerekmektedir. Önce veritabanı bulut ortamına geçirilmekte, ardından uygulama bulut veritabanı içerisindeki veritabanıyla test edilmektedir. Test sonucu başarılı ise uygulama bulut ortamına taşınmaktadır. PaaS ortamlarda, uygulama bulut ortamlarının gerektirdiği belirli bir formatta paketlenmelidir.

IaaS bulutları, PaaS bulutlarına kıyasla daha esnek bir ortam sağlamaktadır. IaaS bulut ortamı yerel sunuculara benzer şekilde kurulmuş ve yapılandırılmışsa, önemli bir kod

değişikliği yapılmasına gerek duyulmamaktadır. Ancak; veritabanı bağlantı dizesinin yeni veritabanı sunucusuna bağlanmak için değiştirilmesi gerekmektedir.

Uygulamaların bulut ortamına taşınması için 2 farklı strateji bulunmaktadır [47]. Forklift Göç Stratejisi, web uygulamaları, bu stratejiyi kullanarak buluta taşınabilen sistemlere örnektir. 3 katmanlı bir web uygulamasının bileşenleri; web, uygulama ve veritabanı sunucuları da dahil olmak üzere tüm uygulama bir kerede buluta taşınabilmektedir. Hibrid Göç Stratejisi ise uygulamaların buluta aktarımı için riski düşük bir yaklaşım sunmaktadır. Bütün uygulamayı bir kere de buluta taşımak yerine, uygulamanın bölümlerini teker teker taşımaktadır.

#### **2.5.4. Test**

Uygulamada kod değişiklikleri veya yapılandırma değişiklikleri gibi değişiklikler yapıldığında, test aşaması en önemli ve gerekli faaliyetlerden biri haline gelmektedir. Uygulama buluta taşındıktan sonra, gerekli testler yapılmakta ve her şeyin beklendiği gibi çalıştığına emin olunmaktadır.

### **3. METODOLOJİ**

#### **3.1. Bulut Üretim İçin Bir Kolektif Farkındalık Sistemi Tasarımı**

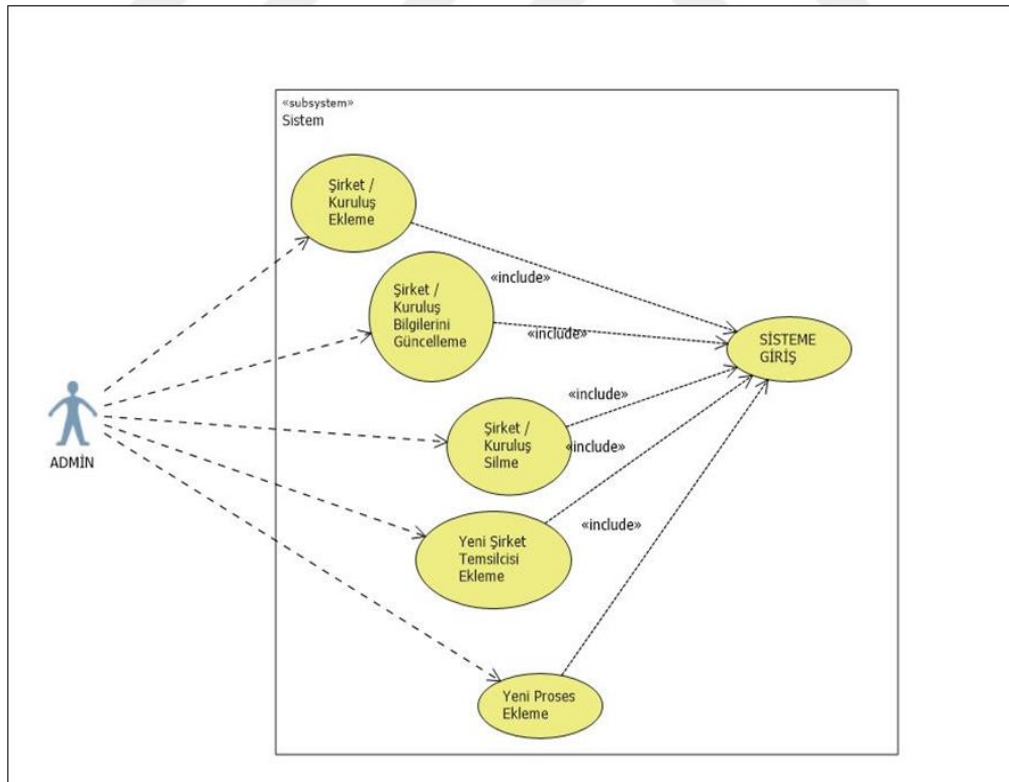
Bulut üretim için bir kolektif farkındalık sistemi tasarımı yapılırken öncelikle gereksinimler belirlenmiş, iş akışları çıkarılarak veritabanı tasarımı yapılmıştır.

##### **3.1.1. Gereksinimler**

Gereksinimler kapsamında öncelikle sistem gereksinimleri belirlenmiştir. Daha sonra sistem kullanıcıları olan müşteri ve firma temsilcisi için gereksinim listeleri çıkarılmıştır.

### 3.1.1.1 . Sistem Gereksinimleri

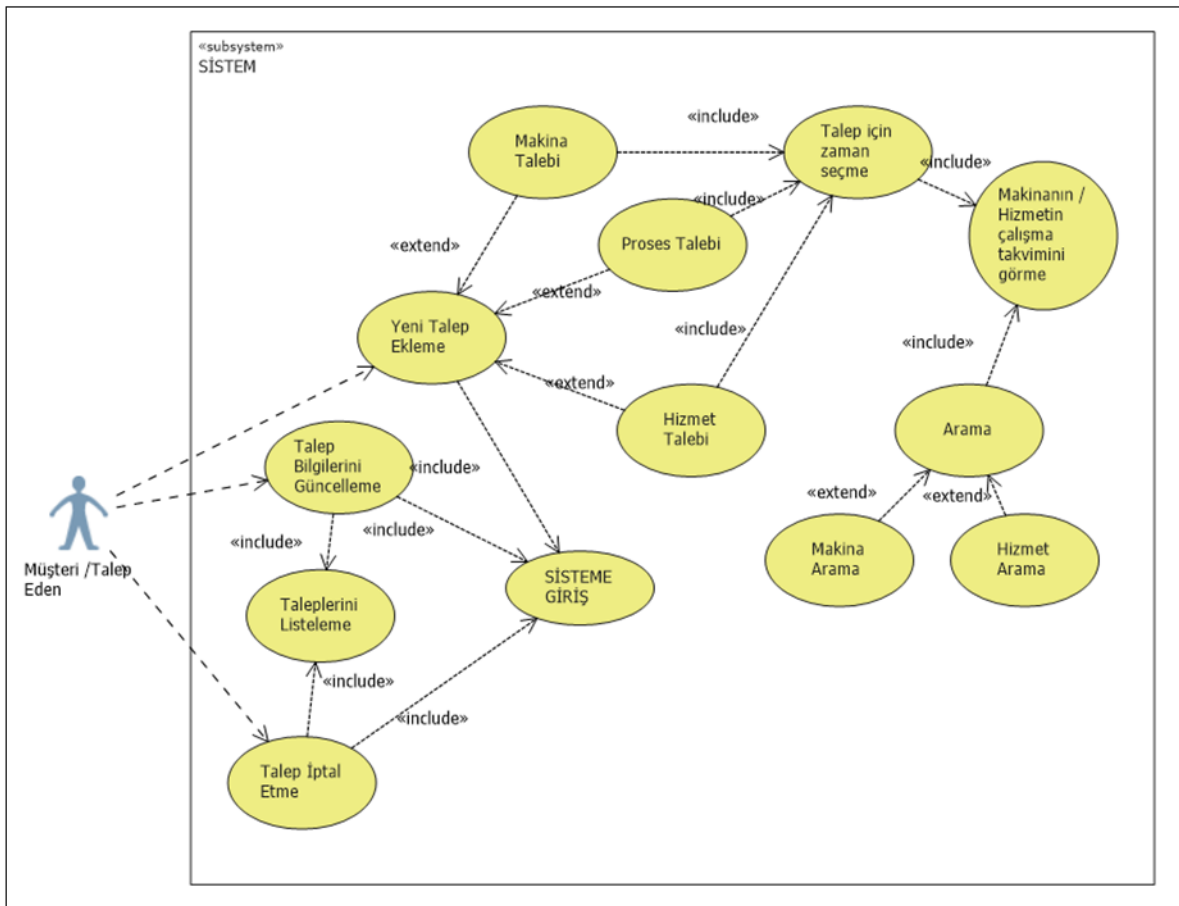
1. Yönetici; sistemin bütün kontrollerine ulaşabilen, kullanıcıların sınırlarını belirleyen ve sistemi kullanacak olan müşteri ve firma temsilcileri ile ilgili genel verileri sisteme dahil edebilme hakkına sahip olan kişidir (Şekil 3.1).
2. Müşteri ve firma temsilcisi rolleri, sistemi kullanma hakkına sahip olan kişileri belirtmektedir. Bu kişilerin kullanıcı adları ve şifreleri yönetici tarafından sağlanmaktadır. Kullanıcı yöneticinin belirlediği sınırlar çerçevesinde sistemin modüllerine ulaşabilmekte ve modüllerden faydalanabilmektedir.
3. Sistem müşteri ve firma yetkilileri tarafından kullanılacaktır.
4. Sistemde kullanıcıların girişini kısıtlamak için kullanıcı girişi kontrolü olacaktır.
5. Sistem kullanıcı adlarını ve şifrelerini kontrol edecektir.
6. Sistem müşteriye makina veya hizmetin program takvimini sunacaktır.
7. Sistem web tabanlı olacaktır.



Şekil 3.1 Yönetici Kullanım Senaryosu Diyagramı

### Müşteri Gereksinimleri (Şekil 3.2)

1. Müşteri sisteme kullanıcı adı ve şifresi ile giriş yapacaktır.
2. Müşteri sisteme giriş yaptıktan sonra makina, proses veya hizmet arama işlemini seçecektir.
3. Müşteri seçim yaptıktan sonra talebi için makina veya hizmet özelliklerini girecektir.
4. Müşteri sistem tarafından verilen listeden kendine uygun makina/hizmet seçimi yapacaktır.
5. Müşteri seçtiği makina veya hizmetin program takvimini görerek kendine uygun zaman dilimine kayıt yapacaktır.

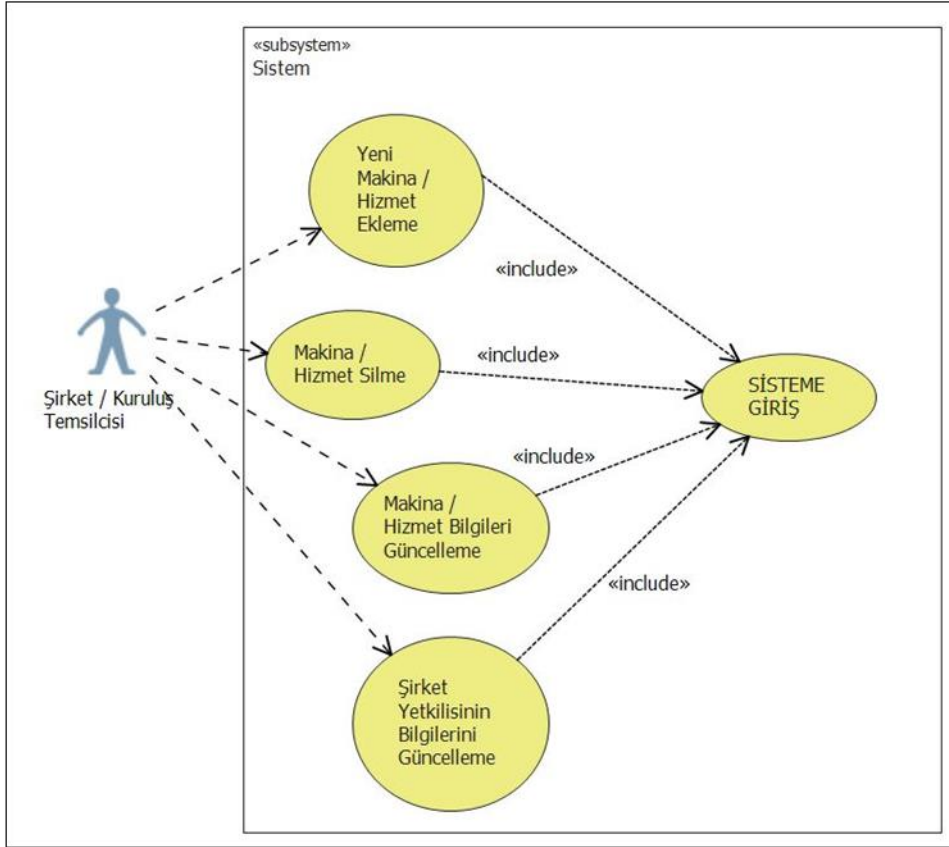


Şekil 3.2 Müşteri Kullanım Senaryosu Diyagramı

### Firma Temsilcisi Gereksinimleri (Şekil 3.3)

1. Firma temsilcisi sisteme kullanıcı adı ve şifresi ile girecektir.
2. Firma temsilcisi sisteme giriş yaptıktan sonra firmanın sahip olduğu makinaları veya verdiği hizmetleri sisteme girebilecektir.

3. Firma temsilcisi temsil ettiği firma bilgilerinde değişiklik yapabilecektir.



Şekil 3.3 Firma Temsilcisi Kullanım Senaryosu Diyagramı

### Arayüz Gereksinimleri

1. Kullanıcı dostu bir sistem geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Bu nedenle arayüzler anlaşılır ve karmaşıklıktan uzaktır.
2. Sistem müşteri ve firma temsilcisi olmak üzere çok kullanıcıli bir web uygulaması olacaktır. Bu nedenle kullanıcı girişi ve şifre gerektirmektedir.
3. Kullanıcıların ihtiyaçlarının giderilebilmesi için iki kullanıcıya farklı modüllerde yetki verilecektir.

#### 3.1.1.2 . Fonksiyonel Olmayan Gereksinimler

Fonksiyonel olmayan gereksinimler, yazılımın kalitesinde büyük rol oynayan gereksinimlerdir.

### Performans Gereksinimleri

- Sistem aynı anda birden fazla kullanıcının sistemi kullanımına izin verebilmelidir.

## **İş Kuralları**

- Firma temsilcileri sadece kendi firmalarına ait olan makina veya hizmet kayıtlarında değişiklik yapabileceklerdir.
- Müşteriler makina/hizmet özelliklerinde bir değişiklik talebinde bulunamayacaktır.
- Firmalar, diğer firmaların sahip olduğu makina veya hizmetlerin bilgilerini göremeyeceklerdir.

### **3.1.2. Sistem Mimarisi**

Bulut üretim için bir kolektif farkındalık sistemi kapsamında seçilen sistem mimarisi, veri akış modelidir. Geliştirilen projede bu modelin kullanılmasının en önemli nedeni işlemlerin belirli bir sırada ve birbirine bağlı olarak gerçekleşmesidir. Veri akış modelleri ile sistem veriyi adım adım işlemektedir. Sistem verileri işlerken veri depoları ve fonksiyonlar kullanılmaktadır. Sistemde kullanıcıların girdiği veriler kullanılarak gerekli taramalar yapılmakta ve uygun makina veya hizmetler bulunmaktadır. Bu tarama sonucunda kullanıcının karşısına bazı makina veya hizmetler çıkmakta ve kullanıcı bunlar arasından seçim yapmaktadır. Bu seçimlerin de sonucunda kullanıcıya seçtiği makina veya programın takvimi sunulmaktadır.

Ana sistem alt sistemlerden oluşmakta ve bu alt sistemler de modüllerden oluşmaktadır (Çizelge 3.1). Alt sistemler işlem yaparken başka alt sistemler ile ilişki halindedir. Alt sistemler modüllere ayrıştırma mimarisinde, modüllere ayrılırken birçok farklı stratejiler uygulanabilmektedir. Bu sistemde nesne yönelimli ayrışma yöntemi kullanılmıştır. Nesne yönelimli ayrışma, sistemi birbiri ile ilişkili bir grup nesneye ayrıştırmaktadır. Sistem; birbiri ile ilişkili olan müşteri/firma temsilcisi, firmalara ait olan makinalar/hizmetler ve bu makinaların/hizmetlerin özellikleri olarak nesne gruplarına ayrılmıştır. Bu nesne grupları alt sistemlerde işlemlere girerek bir sonuç üretmektedir.

### **Modüller:**

**Kullanıcı Kimlik Modülü:** Yönetici tarafından sisteme kayıt edildikten sonra giriş izni verilen kullanıcıların uygulamayı kullanabilmek için kullanıcı ad ve şifre bilgilerini girdiği sayfadır.

**Yönetici Modülü:** Kullanıcılar ve firmalar ile ilgili işlemleri ve yetkileri tanımlayan modüldür.

**Makina Odaklı Arama Modülü:** Sistemi kullanacak olan müşterinin, modüle ait sayfalar ile ihtiyaç duyduğu makinayı aradığı ve talep ettiği modüldür.

**Proses Odaklı Arama Modülü:** Sistemi kullanacak olan müşterinin, modüle ait sayfalar ile ihtiyaç duyduğu makina veya makinaları proses özellikleri ile aradığı ve talep ettiği modüldür.

**Sektör Odaklı Arama Modülü:** Sistemi kullanacak olan müşterinin, modüle ait sayfalar ile ihtiyaç duyduğu hizmetleri aradığı ve talep ettiği modüldür.

**Makina Ekleme Modülü:** Sisteme, firma temsilcisi tarafından makina eklemek için kullanılan modüldür.

**Hizmet Ekleme Modülü:** Sisteme, firma temsilcisi tarafından hizmet eklemek için kullanılan modüldür.

Çizelge 3.1 Gereksinim Matrisi

|    | GEREKSİNİM                    | MODÜL                      |
|----|-------------------------------|----------------------------|
| 1  | Sisteme Giriş                 | Kullanıcı Kimlik Modülü    |
| 2  | Sisteme Kullanıcı/Firma Kaydı | Yönetici Modülü            |
| 3  | Kayıt Bilgileri Düzenleme     | Yönetici Modülü            |
| 4  | Makina Arama                  | Makina Odaklı Arama Modülü |
| 5  | Makina Talebi                 | Makina Odaklı Arama Modülü |
| 6  | Proses Ait Makinaları Arama   | Makina Odaklı Arama Modülü |
| 7  | Hizmet Arama                  | Sektör Odaklı Arama Modülü |
| 8  | Hizmet Talebi                 | Sektör Odaklı Arama Modülü |
| 9  | Makina Ekleme                 | Makina Ekleme Modülü       |
| 10 | Hizmet Ekleme                 | Hizmet Ekleme Modülü       |

### 3.1.3. İş Akışları

**Konu:** Makina Seçimi (Şekil 3.4)

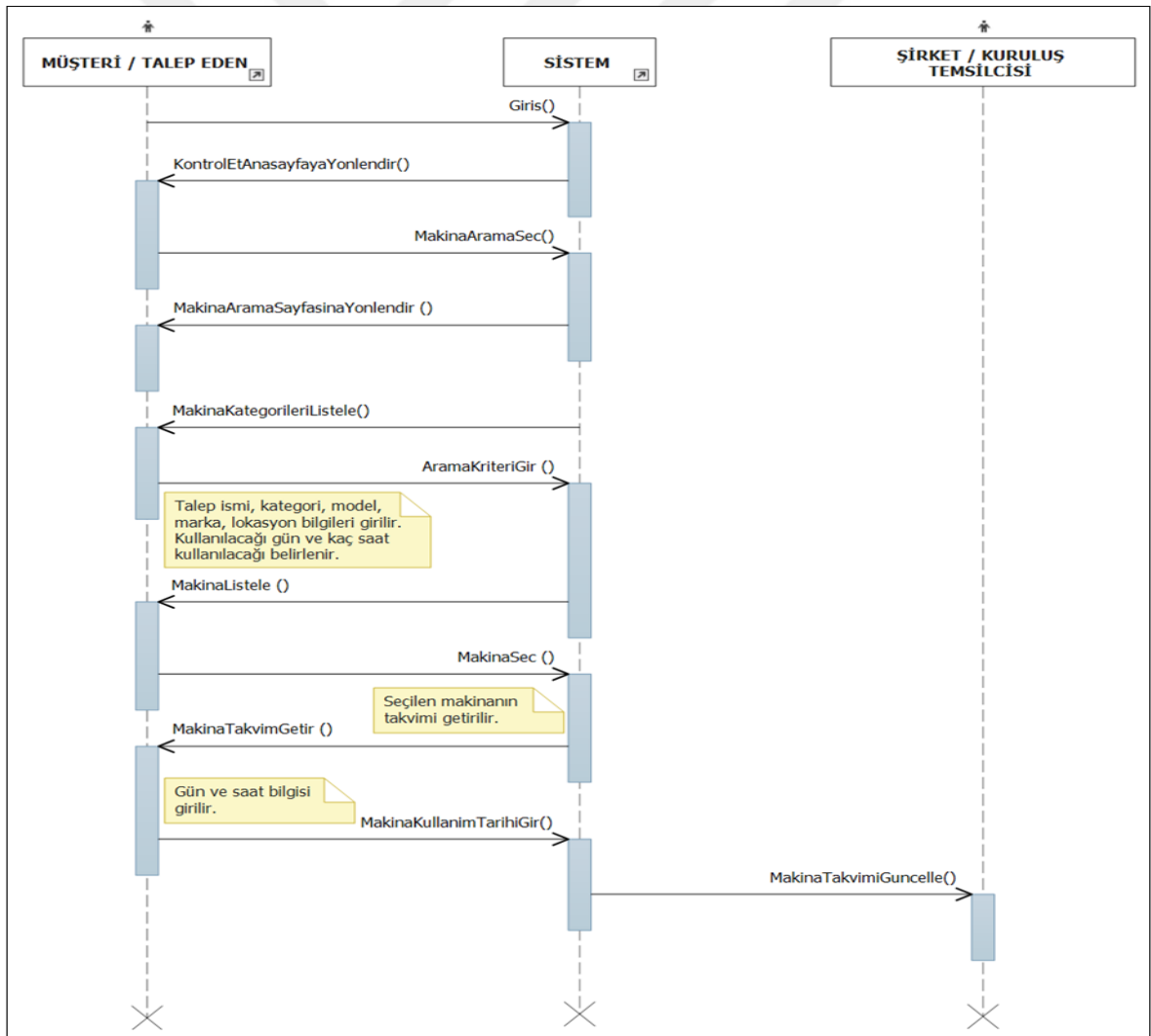
**Birincil Aktör:** Müşteri

**İlgililer ve Beklentileri:**

- Firma Temsilcisi: Firmanın sahip olduğu makinaları ve özelliklerini sisteme girme
- Müşteri: Sisteme giriş yapma, talep etmek istediği makinanın özelliklerini girme, sistemin kendine verdiği listeden uygun olanı seçme
- Sistem: Müşterinin seçtiği makinaya ait program takvimini getirmesi

**Ön Koşullar:** Müşterinin sisteme kayıt olması ve sisteme girmesi

**Son Koşullar:** Müşterinin kendine uygun olan makinaı seçtikten sonra gelen programdan kendine uygun olan zaman aralığını seçmesi



Şekil 3.4 Makina Seçimi Etkileşim Diyagramı

**Konu:**Proses Seçimi (Şekil 3.5)

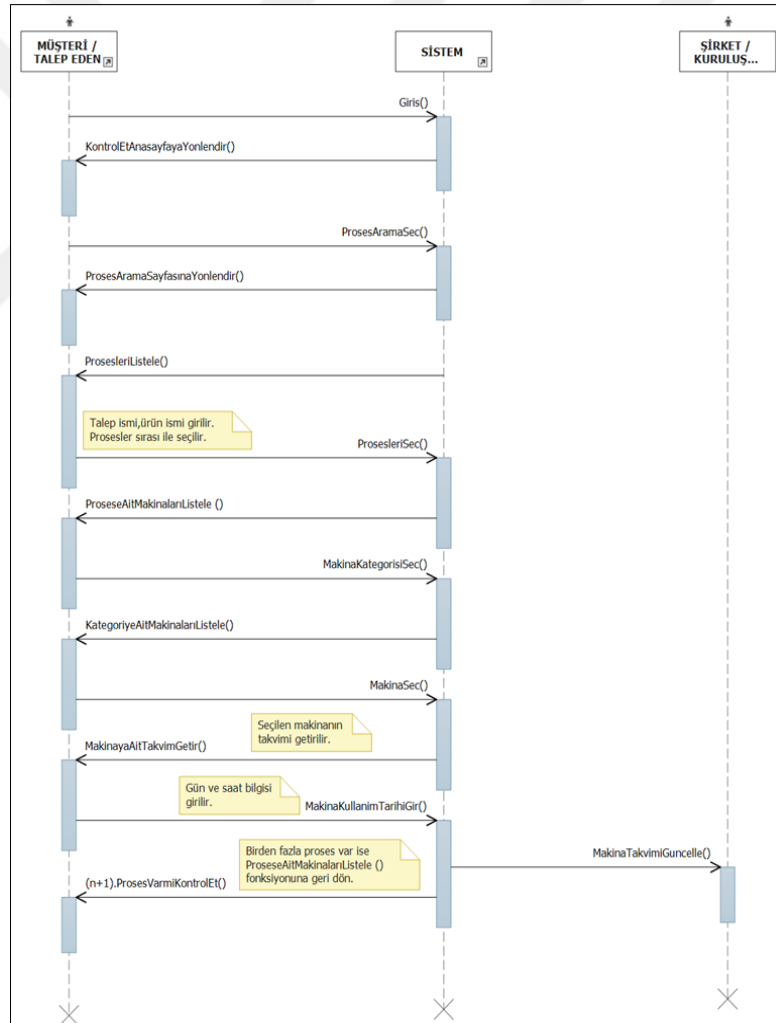
**Birincil Aktör:** Müşteri

**İlgililer ve Beklentileri:**

- Müşteri: Sisteme giriş yapma, yapmak istediği işleme ait prosesleri seçme ve o proseslerde kullanılabilecek makinanın özelliklerini girme, sistemin kendine verdiği listeden uygun olanı seçme
- Sistem: Müşterinin seçtiği proseslerde kullanılabilecek makinaları ve daha sonra müşteri tarafından seçilen makinalara ait program takvimlerini getirme

**Ön Koşullar:** Müşterinin sisteme kayıt olması ve sisteme girmesi

**Son Koşullar:** Müşterinin prosesleri belirledikten ve o proseste kullanılabilen makinaları seçtikten sonra gelen programdan kendine uygun olan zaman aralığını seçmesi



Şekil 3.5 Proses Seçimi Etkileşim Diyagramı

**Konu:** Aktivite Seçimi (Şekil 3.6)

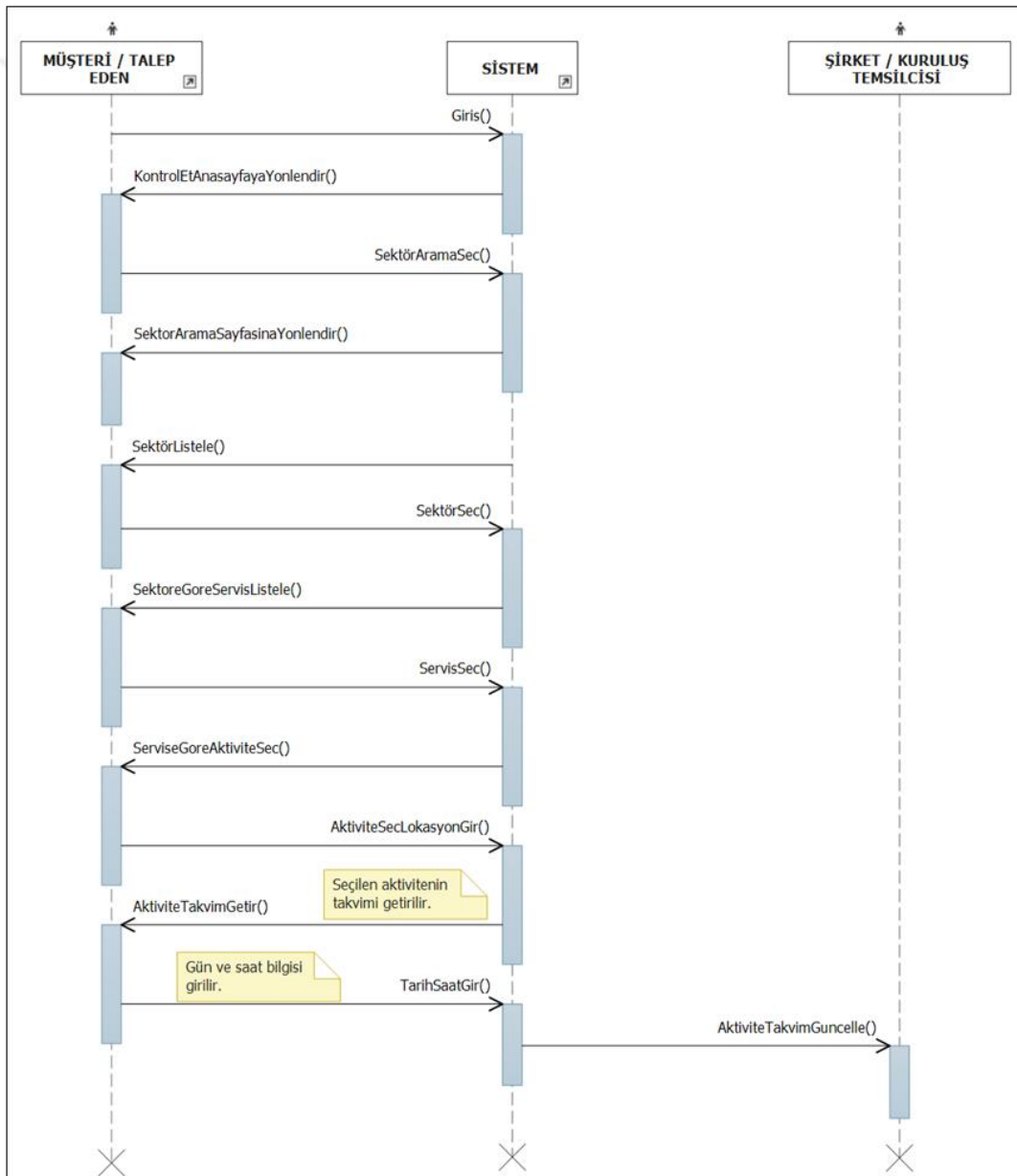
**Birincil Aktör:** Müşteri

**İlgililer ve Beklentileri:**

- Müşteri: Sisteme giriş yapma, talep etmek istediği hizmetin özelliklerini girme, sistemin kendine verdiği listeden uygun olanı seçme
- Sistem: Müşterinin seçtiği hizmete ait program takvimini getirme

**Ön Koşullar:** Müşterinin sisteme kayıt olması ve sisteme girmesi

**Son Koşullar:** Müşterinin kendine uygun olan hizmeti seçtikten sonra gelen programdan kendine uygun olan zaman aralığını seçmesi



Şekil 3.6 Aktivite Seçimi Etkileşim Diyagramı

**Konu:** Makina Ekleme (Şekil 3.7)

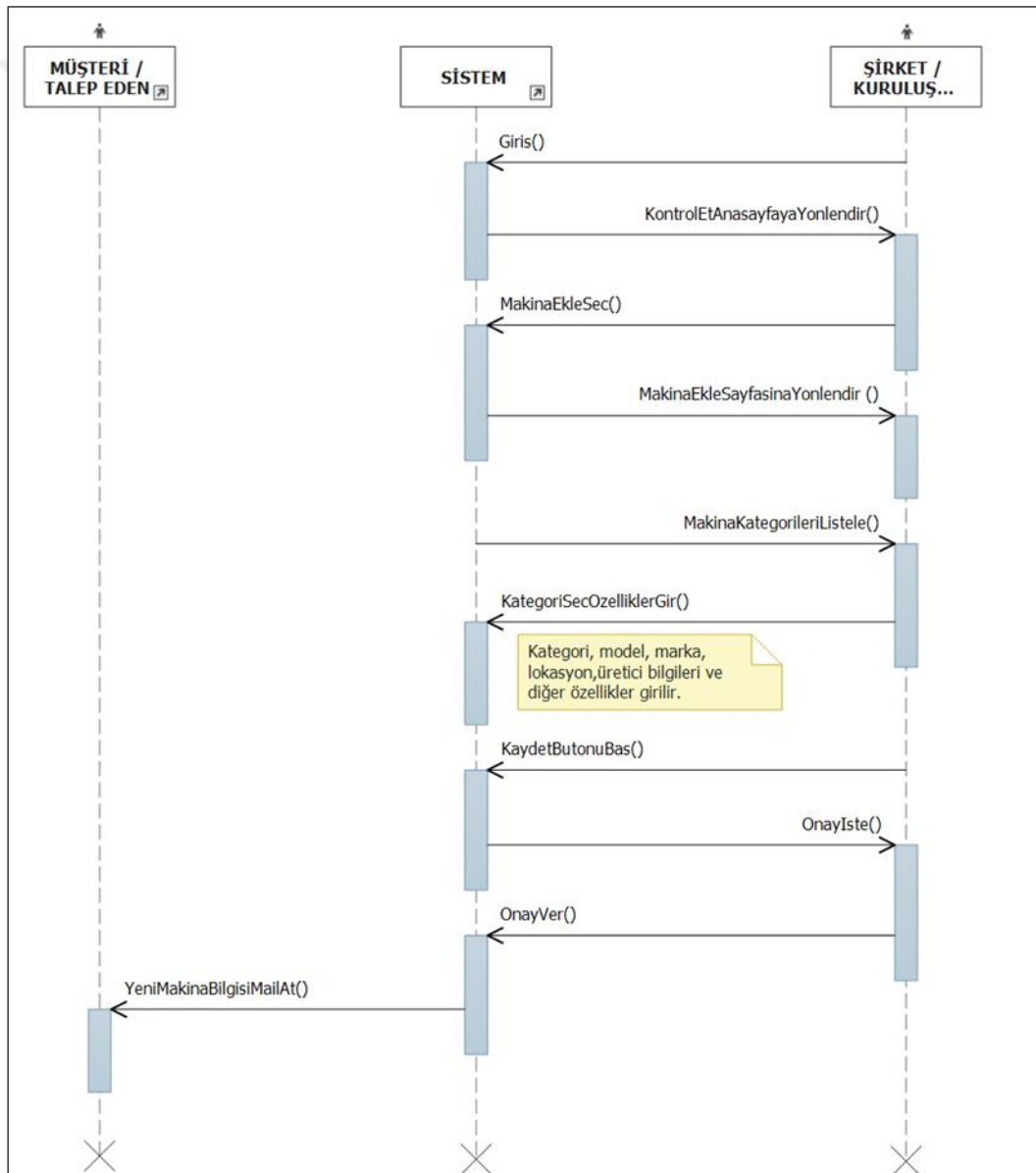
**Birincil Aktör:** Firma Temsilcisi

**İlgililer ve Beklentileri:**

- Firma Temsilcisi: Firmanın verdiği hizmetleri ve özelliklerini sisteme girme
- Sistem: Firma temsilcisinin girdiği bilgileri kaydetme

**Ön Koşullar:** Firma temsilcisinin sisteme kayıt olması ve sisteme girmesi

**Son Koşullar:** Firma temsilcisinin sisteme eklemek istediği makina kategorisini seçerek veya yeni kategori ekleyerek makinanın özelliklerini girmesi ve “Kaydet” butonuna basması



Şekil 3.7 Makina Ekleme Etkileşim Diyagramı

**Konu:** Aktivite Ekleme (Şekil 3.8)

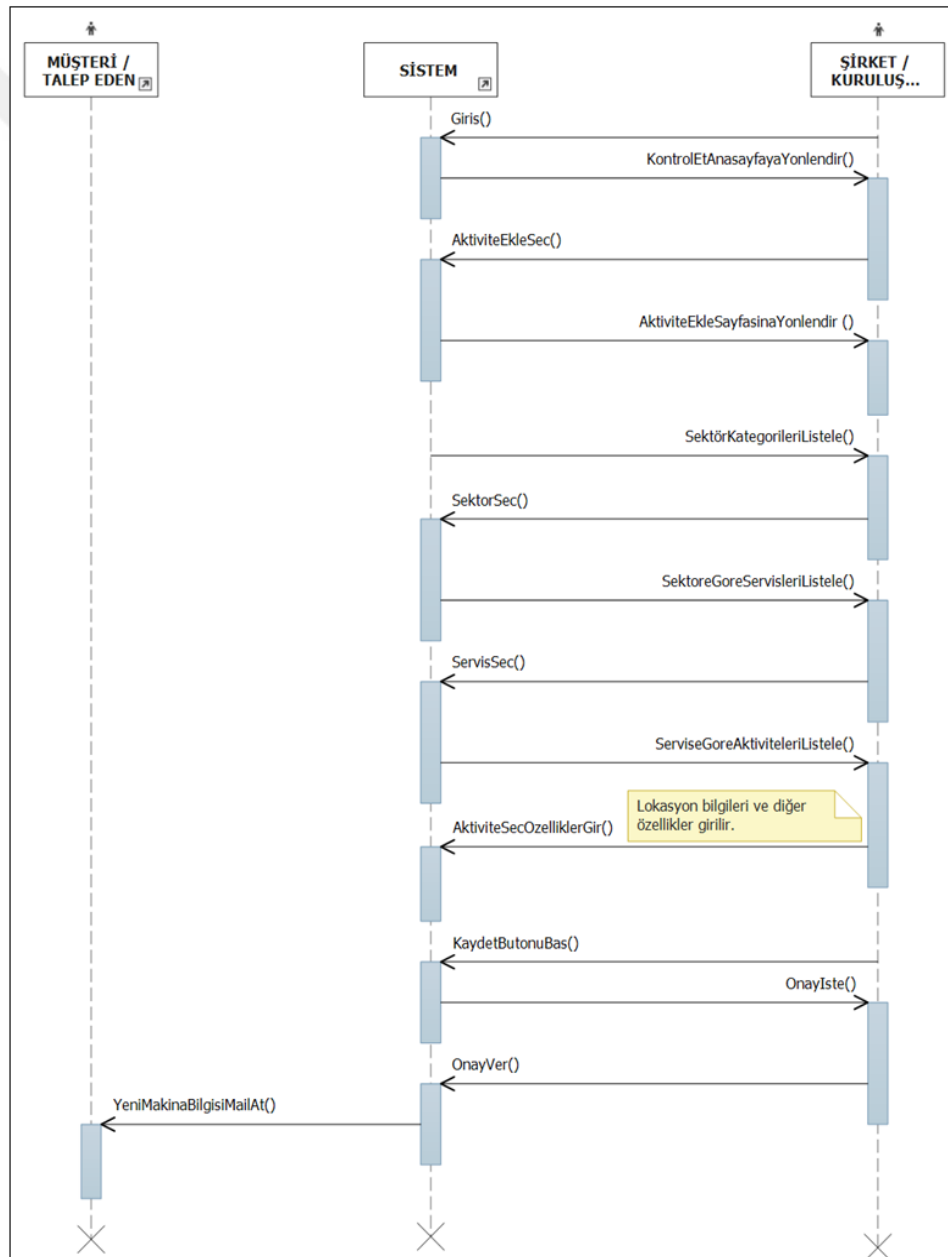
**Birincil Aktör:** Firma Temsilcisi

**İlgililer ve Beklentileri:**

- Firma Temsilcisi: Firmanın verdiği hizmetleri ve özelliklerini sisteme girme
- Sistem: Firma temsilcisinin girdiği bilgileri kaydetme

**Ön Koşullar:** Firma temsilcisinin sisteme kayıt olması ve sisteme girmesi

**Son Koşullar:** Firma temsilcisinin sisteme eklemek istediği hizmetin sektör, servis ve aktivite seçeneklerini seçerek veya yeni seçenekler ekleyerek hizmetin özelliklerini girmesi ve “Kaydet” butonuna basması



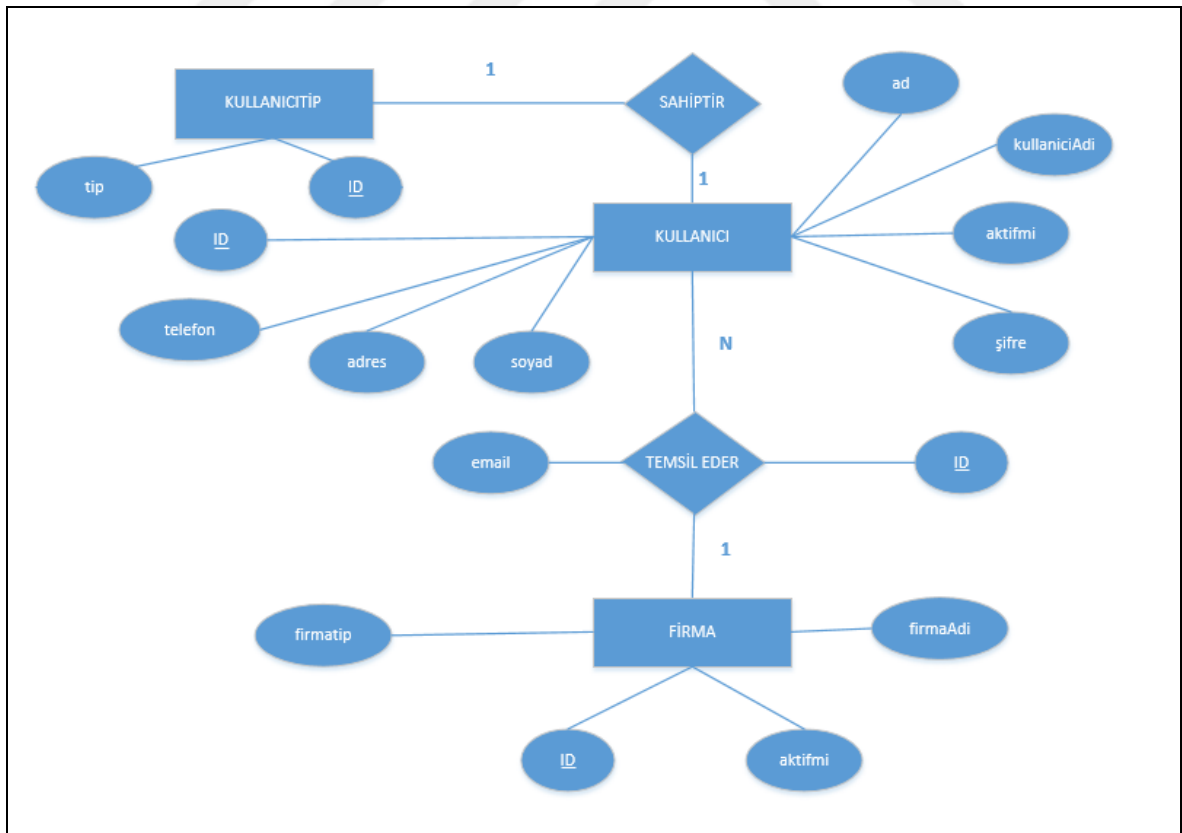
Şekil 3.8 Aktivite Ekle Etkileşim Diyagramı

### 3.1.4. Veritabanı Tasarımı

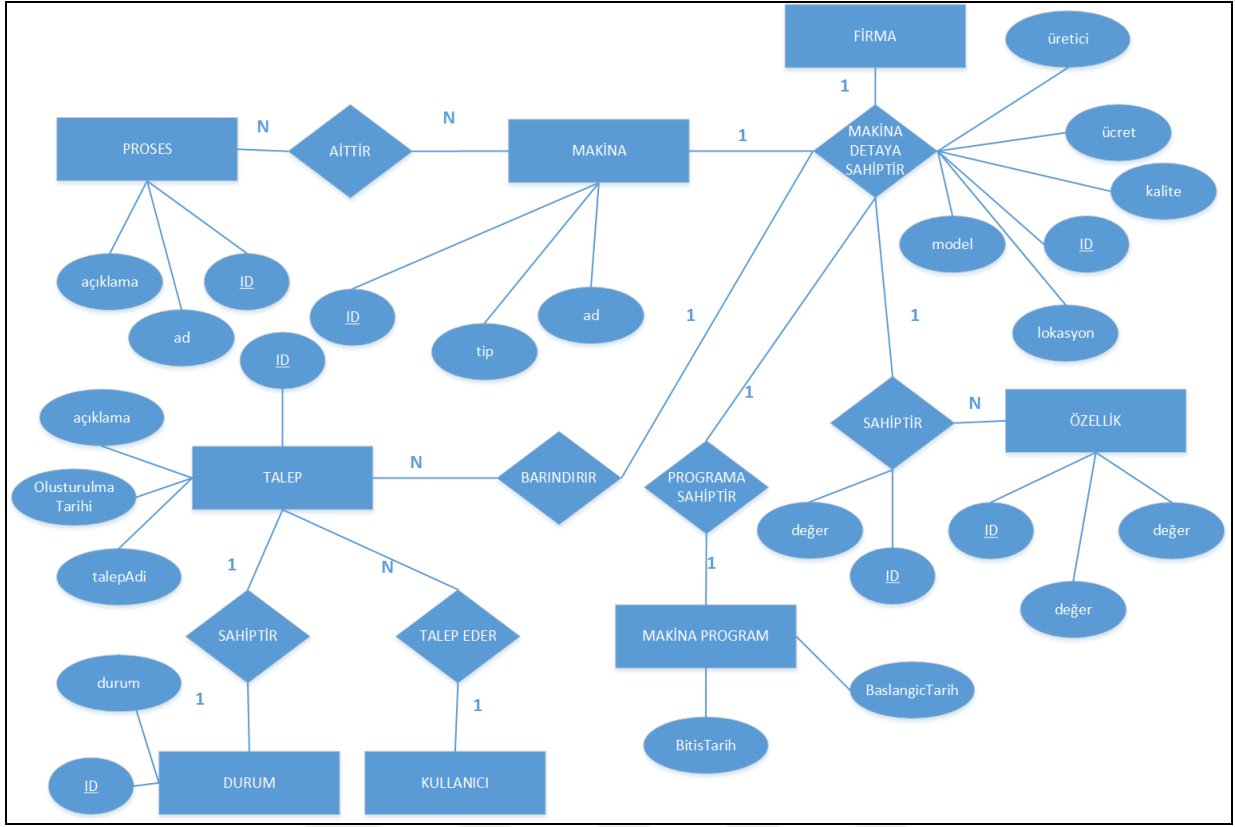
Veritabanı hazırlanırken, sistemin esas bileşenleri göz önüne alınmıştır. Daha sonra bunların ilişkileri oluşturulmuştur.

Veritabanının ana tabloları aşağıda verilmektedir (Ek- 2).

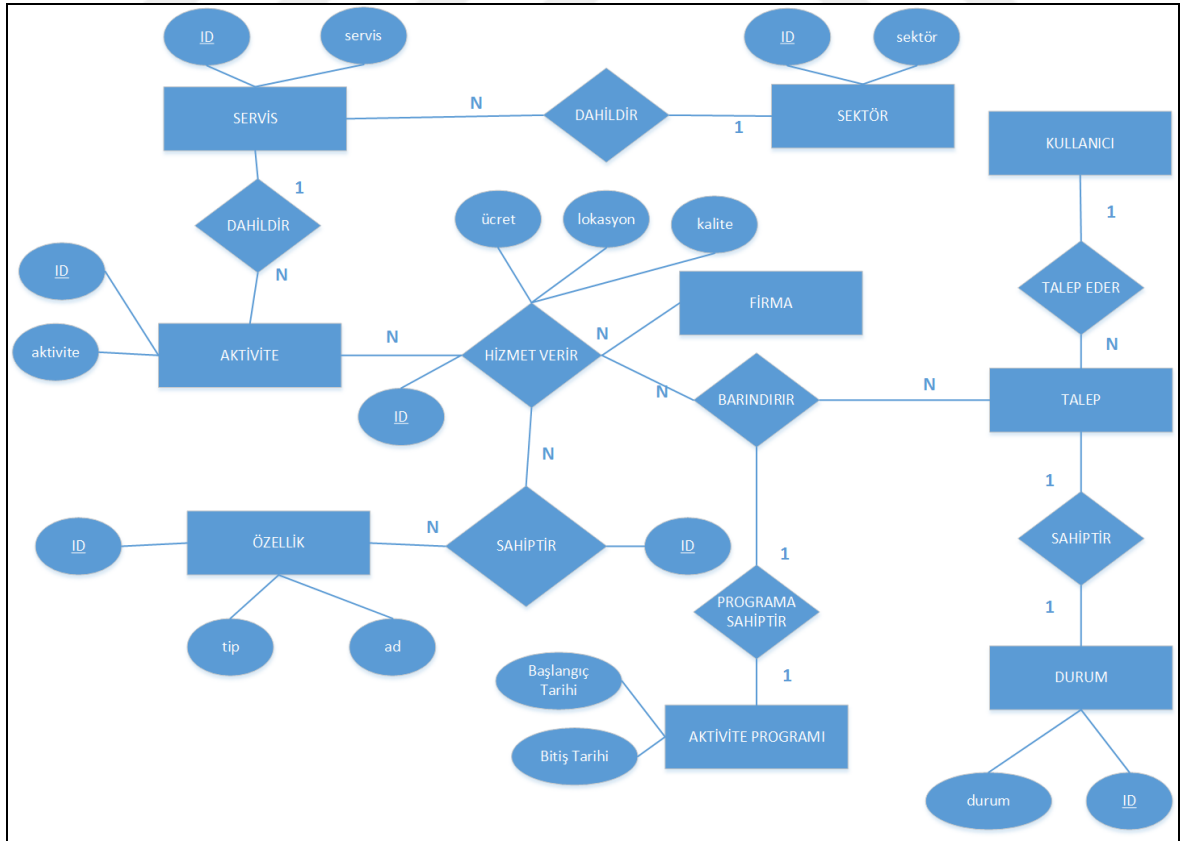
- Kullanıcılar: Makina veya talep yapmak için sisteme giriş yapan kişilerin ve firma temsilcilerinin kaydedildiği tablodur (Şekil 3.9).
- Firma: Firma temsilcilerinin bağlı olduğu firmaların tutulduğu tablodur.
- Özellik: Makina ve hizmetlerin sahip olabileceği özelliklerin tanım olarak tutulduğu tablodur.
- Talep: Müşterinin yaptığı makina veya hizmetlerin tutulduğu tablodur.
- Makina: Makina adlarının tutulduğu tablodur (Şekil 3.10).
- Makina Program: Makinaların program takviminin tutulduğu tablodur.
- Aktivite: Hizmet adlarının tutulduğu tablodur (Şekil 3.11).
- Aktivite Program: Hizmetlerin program takviminin tutulduğu tablodur.



Şekil 3.9 Kullanıcı ER Diyagramı



Şekil 3.10 Makina ER Diyagramı



Şekil 3.11 Sektör ER Diyagramı

### **3.1.5. Araçlar, Metotlar ve Teknikler**

Sistem, ASP.NET ve MVC teknolojileri kullanılarak geliştirilmiştir. Bunun için Visual Studio 2015 ortamı ve veritabanı için ise MSSQL Server teknolojisi kullanılmıştır. Diyagramlar için de yardımcı program olarak Microsoft Visio ve Visual Studio kullanılmıştır. MVC teknolojisinde genel sistem mimarisi 3 katmanlı yapıdan oluşmaktadır. Bu sistem de 3 katman üzerine kurulmuştur. Bunlar sunum katmanı, iş katmanı ve veri katmanıdır. Birinci katman olan sunum katmanı mevcut veriyi kullanıcıya göstermek için kullanılan bir katmandır. İş katmanı da veri tabanından verileri çekip ara yüzde gösterim işlemini gerçekleştirmektedir. Aynı zamanda iş katmanı birinci katmandan gelen verilerin doğruluğunu kontrol etmektedir. Son olarak veri katmanı ise veri tabanına erişim hakkına sahip olan katmandır. Ekleme, silme ve değiştirme gibi veritabanı işlemleri bu katmanda yapılmaktadır. İş katmanı, bu katmana parametre göndermektedir

### **3.2. Petri Ağı İle Sistem Modellemesi**

Sistem petri ağı ile modellenirken nesne yönelimli Petri Ağı modeli kullanılmıştır. Modelde; konumlar daire şeklinde gösterilerek olayları tanımlamaktadır. Geçiş ise dikdörtgen şeklinde gösterilerek geçişleri tanımlamaktadır.

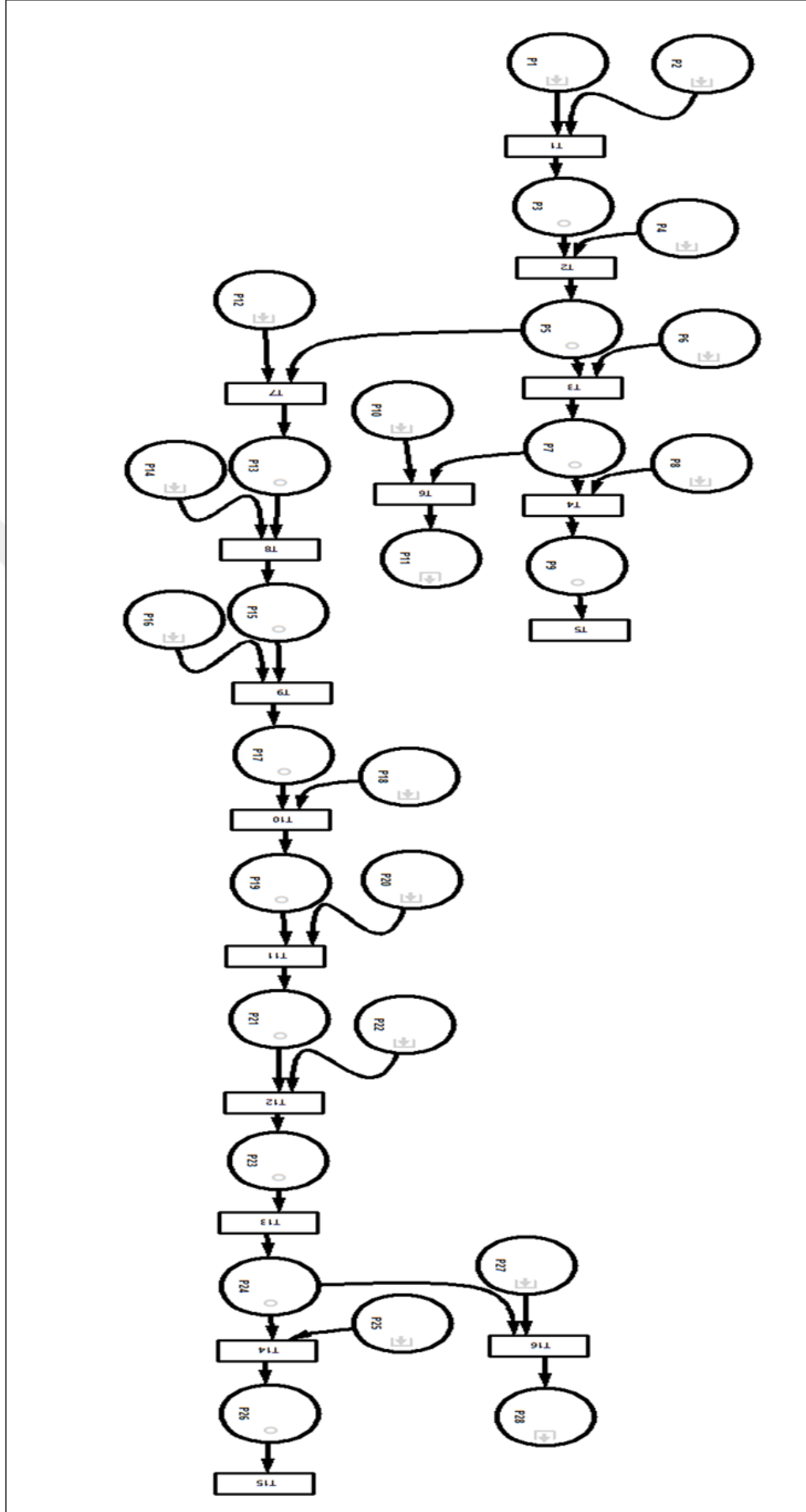
Sistemin tüm modülleri için tasarım yapılmıştır.

#### **3.2.1. Kullanıcı Kimlik Modülü**

Sisteme girişin yapıldığı, kullanıcı/firma kaydının yapıldığı ve kayıt bilgilerinin düzenlendiği modüldür. Modülün modellenmesinde kullanılan konumların açıklamaları Çizelge 3.2’de verilmiş ve modelin diyagramı Şekil 3.12’de sunulmuştur.

Çizelge 3.2 Kullanıcı Kimlik Modülü Petri Ağı Konum Açıklamaları

| Konum | Etiket                                     | Araç      |
|-------|--------------------------------------------|-----------|
| P1    | Kullanıcı                                  | input     |
| P2    | Web sitesine tıklaması                     | input     |
| P3    | Web sitesinin anasayfasına yönlendirilmesi | operation |
| P4    | Giriş linkine tıklanması                   | input     |
| P5    | Giriş sayfasına yönlendirilmesi            | operation |
| P6    | Kayıtlı kullanıcı                          | input     |
| P7    | Kullanıcı adı ve şifre istenmesi           | operation |
| P8    | Doğru kullanıcı adı ve şifre girilmesi     | input     |
| P9    | Anasayfaya yönlendirilmesi                 | operation |
| P10   | Yanlış kullanıcı adı ve şifre girilmesi    | input     |
| P11   | Hata mesajı gösterilmesi                   | output    |
| P12   | Kayıtlı olmayan kullanıcı                  | input     |
| P13   | Kayıt sayfasına yönlendirilmesi            | operation |
| P14   | Mail girişi                                | input     |
| P15   | Mailine link gönderilmesi                  | operation |
| P16   | Linke tıklanması                           | input     |
| P17   | Kayıt bilgilerinin istenmesi               | operation |
| P18   | Kayıt bilgilerinin girilmesi               | input     |
| P19   | Onay istenmesi                             | operation |
| P20   | Onay                                       | input     |
| P21   | Kayıt mailinin gönderilmesi                | operation |
| P22   | Maildeki linke tıklanması                  | input     |
| P23   | Giriş sayfasına yönlendirilmesi            | operation |
| P24   | Kullanıcı adı ve şifre istenmesi           | operation |
| P25   | Doğru kullanıcı adı ve şifre girilmesi     | input     |
| P26   | Anasayfaya yönlendirilmesi                 | operation |
| P27   | Yanlış kullanıcı adı ve şifre girilmesi    | input     |
| P28   | Hata mesajı gösterilmesi                   | output    |



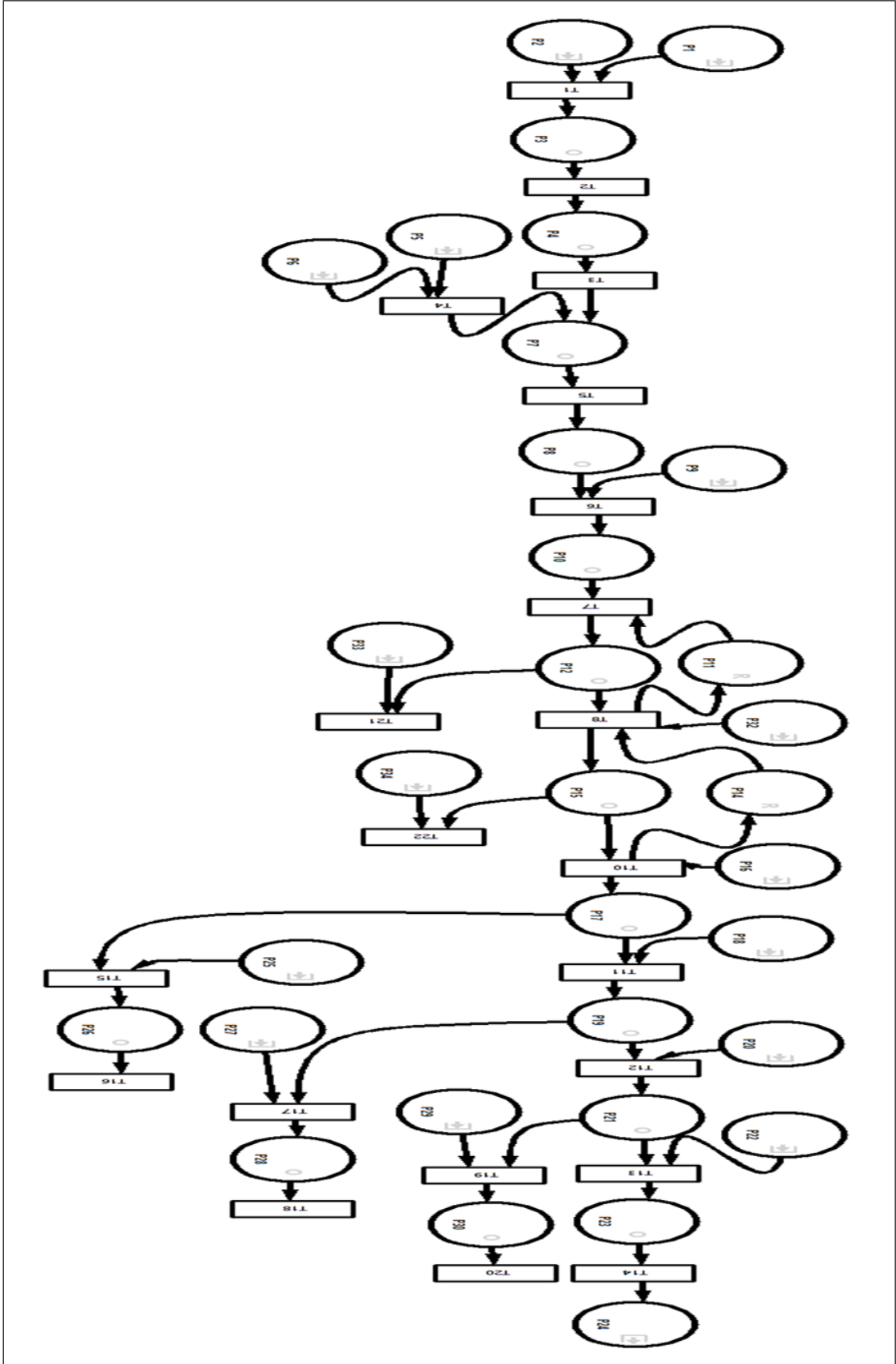
Şekil 3.12 Kullanıcı Kimlik Modülü Petri Ağı Modellemesi

### 3.2.2. Makina Odaklı Arama Modülü

Makina odaklı aramanın yapıldığı modüldür. Modülün modellenmesinde kullanılan konumların açıklamaları Çizelge 3.3’de verilmiş ve modelin diyagramı Şekil 3.13’de sunulmuştur.

Çizelge 3.3 Makina odaklı arama modülü Petri Ağı Konum açıklamaları

| Konum | Etiket                                                           | Araç      |
|-------|------------------------------------------------------------------|-----------|
| P1    | Kayıtlı Olmayan Müşteri                                          | input     |
| P2    | Yeni Kullanıcı Bilgileri                                         | input     |
| P3    | Sisteme Kayıt                                                    | operation |
| P4    | Onay maili gönderilmesi                                          | operation |
| P5    | Kayıtlı Müşteri                                                  | input     |
| P6    | Kullanıcı Adı + Şifre                                            | input     |
| P7    | Sisteme giriş                                                    | operation |
| P8    | Anasayfaya Yönlendirme                                           | operation |
| P9    | Makina Arama Talebi                                              | input     |
| P10   | Makina Arama Sayfasına Yönlendirme                               | operation |
| P11   | Veritabanında kategori kontrolü                                  | resource  |
| P12   | Kategorilerin listelenmesi                                       | operation |
| P13   | Kategori Seçimi                                                  | operation |
| P14   | Kategoriye ait makina var mı                                     | resource  |
| P15   | Kategoriye ait makinaların listelenmesi                          | operation |
| P16   | A makinasının seçilmesi                                          | input     |
| P17   | Seçilen makinaya ait program takviminin getirilmesi              | operation |
| P18   | Takvimden uygun tarih ve saatin seçilmesi                        | input     |
| P19   | Fiyat bilgisinin gösterilmesi                                    | operation |
| P20   | Fiyat Bilgisi onay                                               | input     |
| P21   | Tüm bilgiler ile son onay iste                                   | operation |
| P22   | Son onay                                                         | input     |
| P23   | Mail gönderilmesi                                                | operation |
| P24   | Talep pdf çıktısı                                                | output    |
| P25   | Takvimden uygun tarih ve saatin bulunamaması ve vazgeç seçilmesi | input     |
| P26   | Makina Arama Sayfasına Yönlendirme                               | operation |
| P27   | Fiyat bilgisi onayı verilmemesi                                  | input     |
| P28   | Makina Arama Sayfasına Yönlendirme                               | operation |
| P29   | Son onayın verilmemesi                                           | input     |
| P30   | Makina Arama Sayfasına Yönlendirme                               | operation |
| P32   | A kategorisinin seçilmesi                                        | input     |
| P33   | B kategorisinin seçilmesi                                        | input     |
| P34   | B makinasının seçilmesi                                          | input     |



Şekil 3.13 Makina odaklı arama modülü Petri Ağı modellemesi

### 3.2.3. Proses Odaklı Arama Modülü

Proses odaklı aramanın yapıldığı modüldür. Modülün modellenmesinde kullanılan konumların açıklamaları Çizelge 3.4’de verilmiş ve modelin diyagramı Şekil 3.14’de sunulmuştur.

Çizelge 3.4 Proses odaklı arama modülü Petri Ağı Konum açıklamaları

| Konum | Etiket                                              | Araç      |
|-------|-----------------------------------------------------|-----------|
| P1    | Kayıtlı Olmayan Müşteri                             | input     |
| P2    | Yeni Kullanıcı Bilgileri                            | input     |
| P3    | Sisteme Kayıt                                       | operation |
| P4    | Onay maili gönderilmesi                             | operation |
| P5    | Kayıtlı Müşteri                                     | input     |
| P6    | Kullanıcı Adı + Şifre                               | input     |
| P7    | Sisteme giriş                                       | operation |
| P8    | Anasayfaya Yönlendirme                              | operation |
| P9    | Proses Odaklı Arama Talebi                          | input     |
| P10   | Proses Odaklı Arama Sayfasına Yönlendirme           | operation |
| P11   | Talep Adı/ürün adı isteme                           | operation |
| P12   | Prosesleri listeleme                                | operation |
| P13   | Prosesleri seçme                                    | input     |
| P14   | Proseslere ait makina kategorileri                  | resource  |
| P15   | n. Prosese ait makina kategorilerini listeleme      | operation |
| P16   | Makina kategorisi seçme                             | input     |
| P17   | Kategoriye ait makina var mı                        | resource  |
| P18   | Kategoriye ait makinaların listelenmesi             | operation |
| P19   | A makinasının seçilmesi                             | input     |
| P20   | Seçilen makinaya ait program takviminin getirilmesi | operation |
| P21   | Takvimden uygun tarih ve saatin seçilmesi           | input     |
| P22   | Fiyat bilgisinin gösterilmesi                       | operation |
| P23   | Fiyat Bilgisi onayı                                 | input     |
| P24   | (n+1). Proses var mı                                | control   |
| P25   | Tüm bilgiler ile son onay iste                      | operation |
| P26   | Son onay                                            | input     |
| P27   | Mail gönderilmesi                                   | operation |
| P28   | Talep pdf çıktısı                                   | output    |
| P29   | Son onay vazgeç                                     | input     |
| P30   | Proses arama sayfasına yönlendir                    | operation |
| P31   | B makinasının seçilmesi                             | input     |

Şekil 3.14 Proses Odaklı Arama Modülü Petri Ağı Modellemesi

### 3.2.4. Sektör Odaklı Arama Modülü

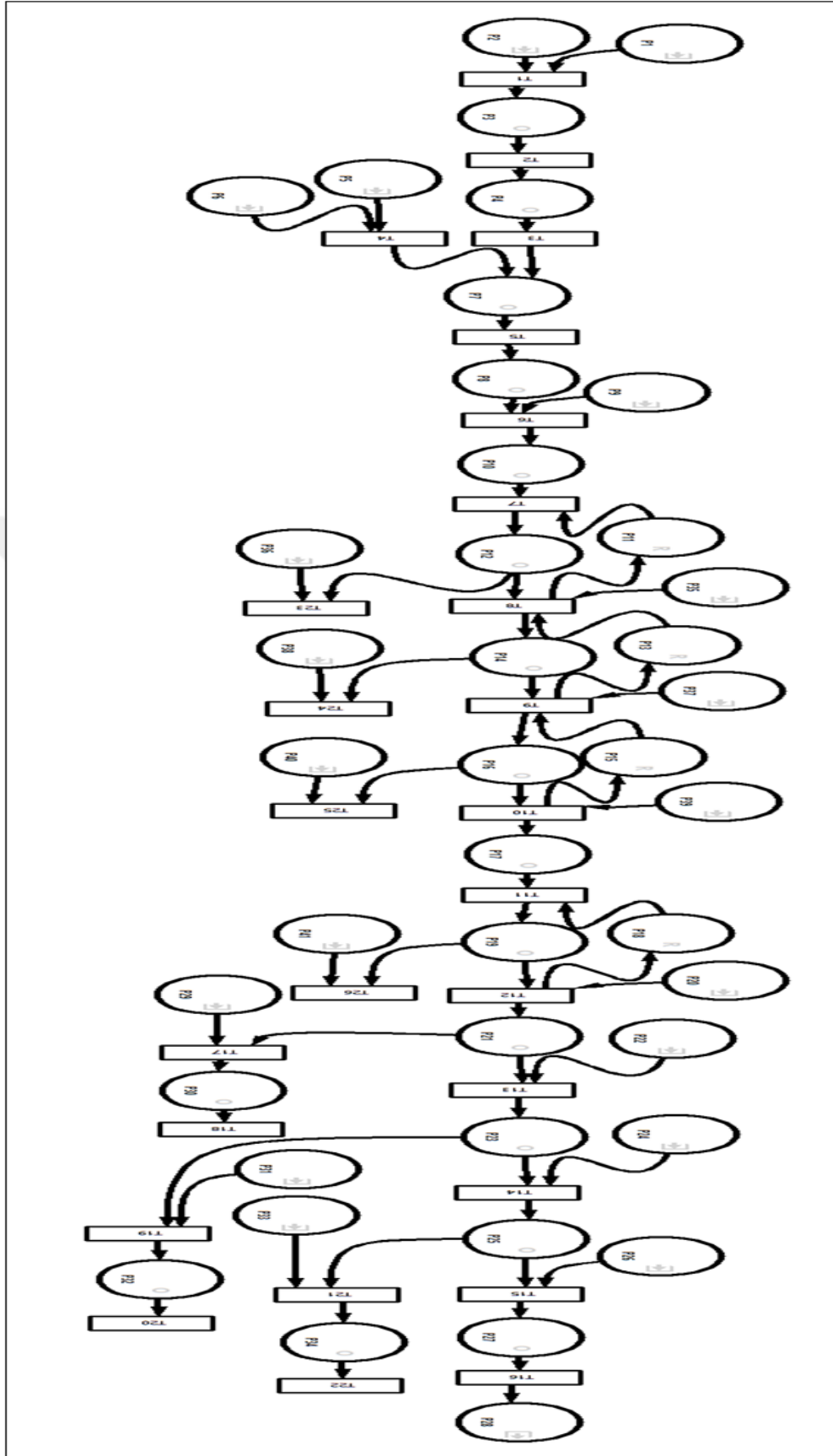
Sektör odaklı aramanın yapıldığı modüldür. Modülün modellenmesinde kullanılan konumların açıklamaları Çizelge 3.5’de verilmiş ve modelin diyagramı Şekil 3.15’de sunulmuştur.

Çizelge 3.5 Sektör odaklı arama modülü Petri Ağı Konum açıklamalar

| Konum | Etiket                                                           | Araç      |
|-------|------------------------------------------------------------------|-----------|
| P1    | Kayıtlı Olmayan Müşteri                                          | input     |
| P2    | Yeni Kullanıcı Bilgileri                                         | input     |
| P3    | Sisteme Kayıt                                                    | operation |
| P4    | Onay maili gönderilmesi                                          | operation |
| P5    | Kayıtlı Müşteri                                                  | input     |
| P6    | Kullanıcı Adı + Şifre                                            | input     |
| P7    | Sisteme giriş                                                    | operation |
| P8    | Anasayfaya Yönlendirme                                           | operation |
| P9    | Sektör Odaklı Arama Talebi                                       | input     |
| P10   | Sektör Odaklı Arama Sayfasına Yönlendirme                        | operation |
| P11   | Veritabanında sektör kontrolü                                    | resource  |
| P12   | Sektörlerin listelenmesi                                         | operation |
| P13   | Veritabanında servis kontrolü                                    | input     |
| P14   | Sektöre göre servislerin listelenmesi                            | operation |
| P15   | Veritabanında aktivite kontrolü                                  | input     |
| P16   | Servise göre aktivitelerin listelenmesi                          | operation |
| P17   | Seçilen verilere göre lokasyon listelenmesi                      | operation |
| P18   | Sektöre ait hizmet var mı                                        | resource  |
| P19   | Sektöre ait hizmetlerin listelenmesi                             | operation |
| P20   | A hizmetinin seçilmesi                                           | input     |
| P21   | Seçilen hizmete ait program takviminin getirilmesi               | operation |
| P22   | Takvimden uygun tarih ve saatin seçilmesi                        | input     |
| P23   | Fiyat bilgisinin gösterilmesi                                    | operation |
| P24   | Fiyat Bilgisi onayı                                              | input     |
| p25   | Tüm bilgiler ile son onay iste                                   | operation |
| P26   | Son onay                                                         | input     |
| P27   | Mail gönderilmesi                                                | operation |
| P28   | Talep pdf çıktısı                                                | output    |
| P29   | Takvimden uygun tarih ve saatin bulunamaması ve vazgeç seçilmesi | input     |
| P30   | Makina Arama Sayfasına Yönlendirme                               | operation |
| P31   | Fiyat bilgisi onayı verilmemesi                                  | input     |
| P32   | Makina Arama Sayfasına Yönlendirme                               | operation |
| P33   | Son onayın verilmemesi                                           | input     |
| P34   | Makina Arama Sayfasına Yönlendirme                               | operation |
| P35   | A sektörünün seçilmesi                                           | input     |

|     |                           |       |
|-----|---------------------------|-------|
| P36 | B sektörünün seçilmesi    | input |
| P37 | A servisinin seçilmesi    | input |
| P38 | B servisinin seçilmesi    | input |
| P39 | A aktivitesinin seçilmesi | input |
| P40 | B aktivitesinin seçilmesi | input |
| P41 | B hizmetinin seçilmesi    | input |





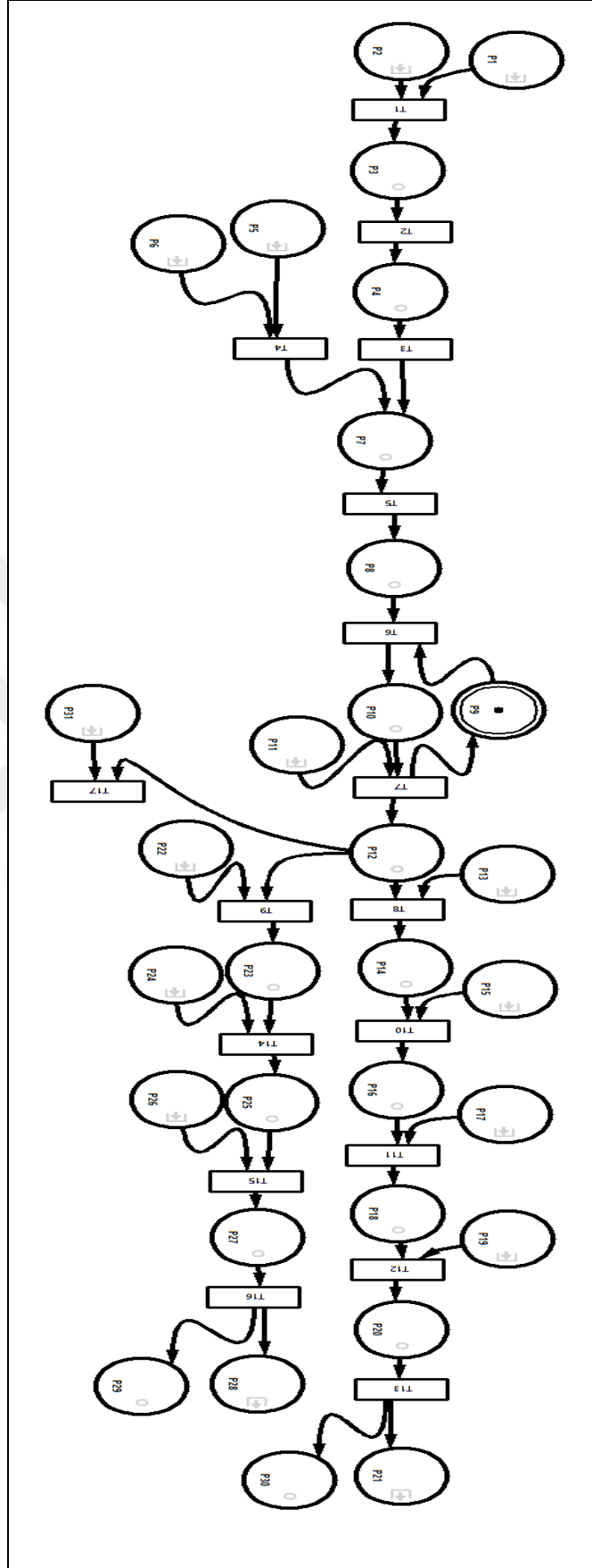
Şekil 3.15 Sektör Odaklı Arama Modülü Petri Ağı Modellemesi

### 3.2.5. Makina Ekleme Modülü

Sisteme makina ekleme işleminin yapıldığı modüldür. Modülün modellenmesinde kullanılan konumların açıklamaları Çizelge 3.6’da verilmiş ve modelin diyagramı Şekil 3.16’da sunulmuştur.

Çizelge 3.6 Makina Ekleme Modülü Petri Ağı Konum açıklamaları

| Konum | Etiket                                        | Araç      |
|-------|-----------------------------------------------|-----------|
| P1    | Kayıtlı Olmayan Müşteri                       | input     |
| P2    | Yeni Kullanıcı Bilgileri                      | input     |
| P3    | Sisteme Kayıt                                 | operation |
| P4    | Onay maili gönderilmesi                       | operation |
| P5    | Kayıtlı Müşteri                               | input     |
| P6    | Kullanıcı Adı + Şifre                         | input     |
| P7    | Sisteme giriş                                 | operation |
| P8    | Anasayfaya Yönlendirme                        | operation |
| P9    | Firma Temsilcisi                              | control   |
| P10   | Makina Ekle linki aktif hale getir            | operation |
| P11   | Makina ekle seçilmesi                         | input     |
| P12   | Makina ekle sayfasına yönlendir               | operation |
| P13   | Yeni makina kategorisi                        | input     |
| P14   | Yeni makina kategorisi ve proses bilgisi iste | operation |
| P15   | Yeni makina bilgisi                           | input     |
| P16   | Yeni kategoriye ait özellikler iste           | operation |
| P17   | Kaydet butonuna basılması                     | input     |
| P18   | Onay isteme                                   | operation |
| P19   | Onay                                          | input     |
| P20   | Kayıt işleminin yapılması                     | operation |
| P21   | Kayıt edilen makina bilgileri gösterilmesi    | output    |
| P22   | Varolan A kategorisinin seçilmesi             | input     |
| P23   | A kategorisine ait özellikler iste            | operation |
| P24   | Kaydet butonuna basılması                     | input     |
| P25   | Onay isteme                                   | operation |
| P26   | Onay                                          | input     |
| P27   | Kayıt işleminin yapılması                     | operation |
| P28   | Kayıt edilen makina bilgileri gösterilmesi    | output    |
| P29   | Kayıtlı kullanıcılara mail atılması           | operation |
| P30   | Kayıtlı kullanıcılara mail atılması           | operation |
| P31   | Varolan B kategorisinin seçilmesi             | input     |



Şekil 3.16 Makina Ekleme Modülü Petri Ağı Modellemesi

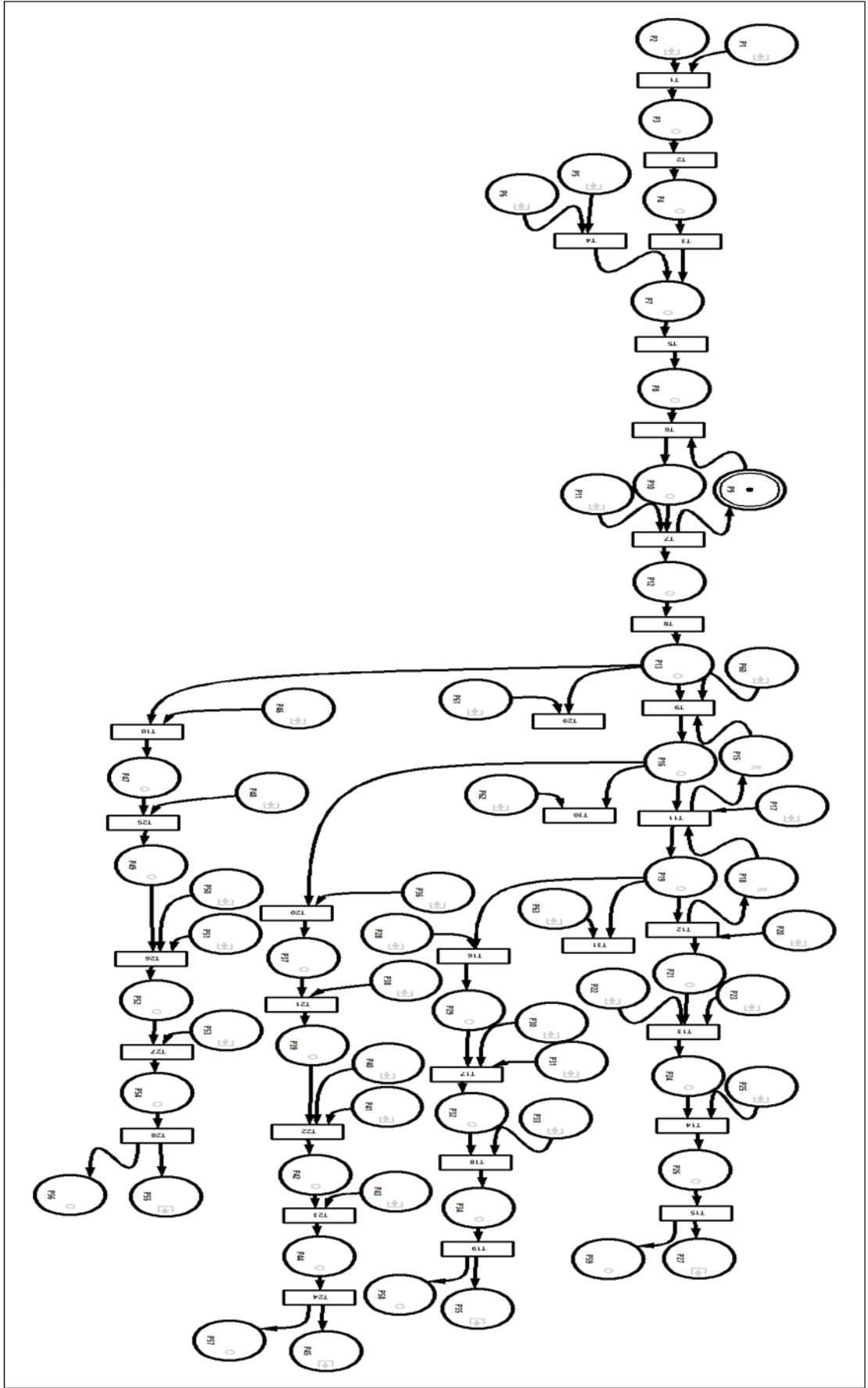
### 3.2.6. Aktivite Ekleme Modülü

Sisteme aktivite ekleme işleminin yapıldığı modüldür. Modülün modellenmesinde kullanılan konumların açıklamaları Çizelge 3.7’de verilmiş ve modelin diyagramı Şekil 3.17’de sunulmuştur.

Çizelge 3.7 Aktivite Ekleme Modülü Petri Ağı Konum açıklamaları

| Konum | Etiket                                     | Araç      |
|-------|--------------------------------------------|-----------|
| P1    | Kayıtlı Olmayan Müşteri                    | input     |
| P2    | Yeni Kullanıcı Bilgileri                   | input     |
| P3    | Sisteme Kayıt                              | operation |
| P4    | Onay maili gönderilmesi                    | operation |
| P5    | Kayıtlı Müşteri                            | input     |
| P6    | Kullanıcı Adı + Şifre                      | input     |
| P7    | Sisteme giriş                              | operation |
| P8    | Anasayfaya Yönlendirme                     | operation |
| P9    | Firma Temsilcisi                           | control   |
| P10   | Sektör Ekle linki aktif hale getir         | operation |
| P11   | Sektör ekle seçilmesi                      | input     |
| P12   | Sektör ekle sayfasına yönlendir            | operation |
| P13   | Sektörlerin listelenmesi                   | operation |
| P15   | Sektöre göre servisler                     | resource  |
| P16   | Servis listele                             | operation |
| P17   | A servisinin seçimi                        | input     |
| P18   | Servise göre aktiviteler                   | resource  |
| P19   | Aktivite listele                           | operation |
| P20   | A aktivitesinin seçimi                     | input     |
| P21   | Diğer bilgileri ve özellikleri iste        | operation |
| P22   | Bilgileri gir                              | input     |
| P23   | Kaydet butonuna basılması                  | input     |
| P24   | Onay isteme                                | operation |
| P25   | Onay                                       | input     |
| P26   | Kayıt işleminin yapılması                  | operation |
| P27   | Kayıt edilen makina bilgileri gösterilmesi | output    |
| P28   | Yeni aktivite                              | input     |
| P29   | Diğer bilgileri ve özellikleri iste        | operation |
| P30   | Bilgileri gir                              | input     |
| P31   | Kaydet butonuna basılması                  | input     |
| P32   | Onay isteme                                | operation |
| P33   | Onay                                       | input     |
| P34   | Kayıt işleminin yapılması                  | operation |
| P35   | Kayıt edilen makina bilgileri              | output    |

|     |                                                |           |
|-----|------------------------------------------------|-----------|
|     | gösterilmesi                                   |           |
| P36 | Yeni servis                                    | input     |
| P37 | Yeni servis ve aktivite bilgisi isteme         | operation |
| P38 | Yeni servis ve aktivite bilgisi                | input     |
| P39 | Diğer bilgileri ve özellikleri iste            | operation |
| P40 | Bilgileri gir                                  | input     |
| P41 | Kaydet butonuna basılması                      | input     |
| P42 | Onay isteme                                    | operation |
| P43 | Onay                                           | İnput     |
| P44 | Kayıt işleminin yapılması                      | Operation |
| P45 | Kayıt edilen makina bilgileri gösterilmesi     | Output    |
| P46 | Yeni sektör                                    | İnput     |
| P47 | Yeni sektör, servis ve aktivite bilgisi isteme | operation |
| P48 | Yeni sektör, servis ve aktivite bilgisi        | input     |
| P49 | Diğer bilgileri ve özellikleri iste            | operation |
| P50 | Bilgileri gir                                  | input     |
| P51 | Kaydet butonuna basılması                      | input     |
| P52 | Onay isteme                                    | operation |
| P53 | Onay                                           | input     |
| P54 | Kayıt işleminin yapılması                      | operation |
| P55 | Kayıt edilen makina bilgileri gösterilmesi     | output    |
| P56 | Kayıtlı kullanıcılara mail atılması            | operation |
| P57 | Kayıtlı kullanıcılara mail atılması            | operation |
| P58 | Kayıtlı kullanıcılara mail atılması            | operation |
| P59 | Kayıtlı kullanıcılara mail atılması            | operation |
| P60 | A sektörünün seçimi                            | input     |
| P61 | B sektörünün seçilmesi                         | input     |
| P62 | B servisinin seçilmesi                         | input     |
| P63 | B aktivitesinin seçilmesi                      | input     |



Şekil 3.17 Sektör Ekleme Modülü Petri Ağı Modellemesi

## 4. BULUT ÜRETİM İÇİN BİR KOLEKTİF FARKINDALIK SİSTEMİ

### 4.1. Yazılımın Gerçekleştirilmesi

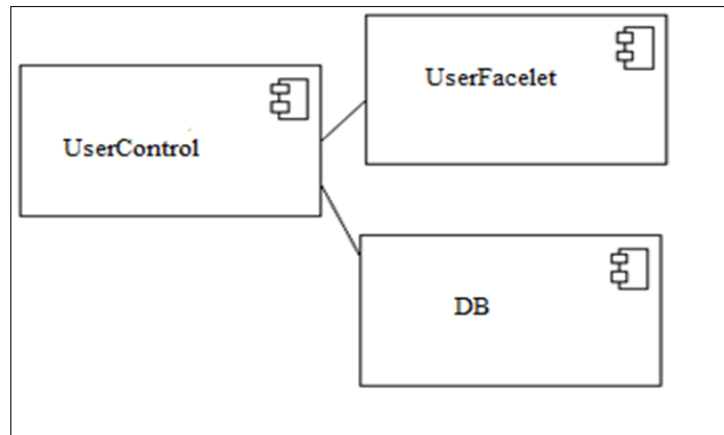
Yazılımın gerçekleştirilmesi aşamasında, öncelikle sistem yapısı tanımlanarak kullanıcı arayüzleri tasarlanmış ve bu tasarlanan arayüzler kapsamında yazılım yapılmıştır.

#### 4.1.1. Bileşenlerin Ayrıntılı Açıklanması

**Arayüzler (User Facelet):** Tasarlanan bulut üretimi için kolektif farkındalık sisteminde, kullanıcılar için sistemin kullanım amacına uygun bir şekilde arayüz tasarımları yapılmıştır. Bu arayüzler; kullanıcı giriş sayfası, uygulama anasayfası, makina odaklı arama modülü sayfaları, proses odaklı arama modülü sayfaları, sektör odaklı arama modülü sayfaları, makina ekleme modülü sayfaları ve aktivite ekleme modülü sayfaları olup mvc içerisinde html, css ve jquery kodları kullanılarak oluşturulmuştur.

**Kullanıcı Kontrolü (User Control):** Kullanıcı, sistemindeki bilgilerini denetleyebilecek, güncelleyebilecek ve ilerlemeleri takip edebilecektir. Talep edilen makina veya hizmet ile ilgili zaman seçimi programı kullanacak olan kişilere yaptırılmıştır. Böylelikle taleplerinin istedikleri zamanda ve kendi seçimlerine uygun olarak gerçekleştirilmesi sağlanmıştır.

**Veritabanı (Database):** Sistem, Sql veritabanı kullanılarak geliştirilmiştir. Sistemde veri yoğunluğu bulunmaktadır. Kullanıcılar, makinalar, hizmetler ve talepler veri tabanı birleşenlerinin ana başlıklarını oluşturmaktadır.



Şekil 4.1 Sistem Yapısı

## 4.1.2. Kullanıcı Arayüzü Açıklamaları

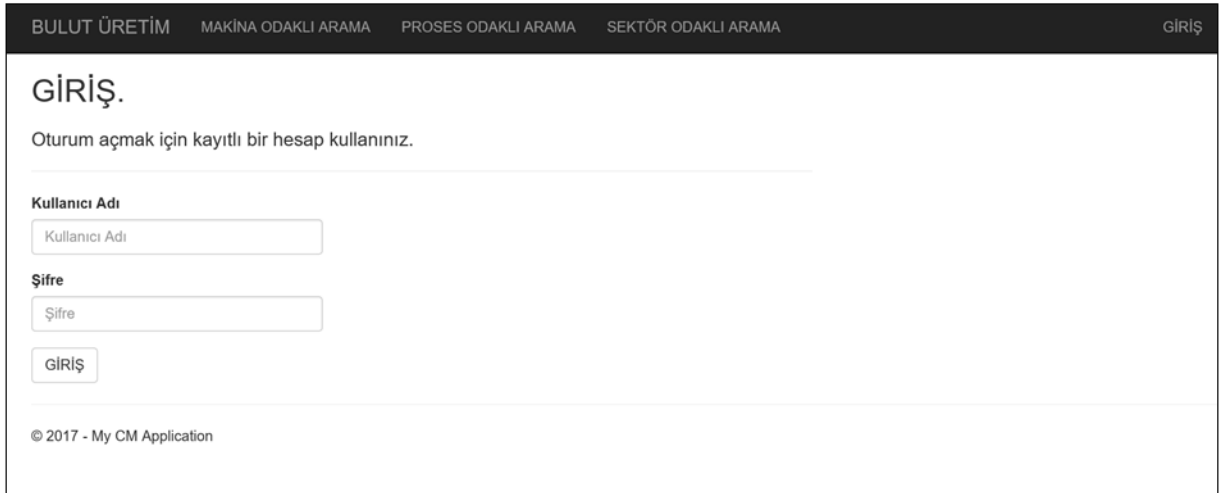
### 4.1.2.1. Kullanıcı Kimlik Modülü

Kullanıcı, web sitesine ilk girdiğinde ilk olarak “Bulut Üretim” Giriş sayfası ile karşılaşmaktadır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2 Anasayfa

Kullanıcı “**GİRİŞ**” butonuna basarak giriş yapmak için ilgili sayfaya yönlendirilmektedir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 Giriş Sayfası

Eğer giriş yapan kullanıcı müşteri ise “Makina Odaklı Arama”, “Proses Odaklı Arama” ve “Sektör Odaklı Arama” linkleri aktif olmaktadır (Şekil 4.4).



Şekil 4.4 Müşteri Anasayfası

Eğer giriş yapan firma temsilcisi ise “Makina Ekle” ve “Aktivite Ekle” linkleri aktif olmaktadır (Şekil 4.5).



Şekil 4.5 Firma Temsilcisi Anasayfası

#### 4.1.2.2. Makina Odaklı Arama Modülü

Makina arayarak belirli bir tarihe rezervasyon yaptırmak isteyen müşteri “Makina Odaklı Arama” linkine tıklamaktadır (Şekil 4.6).

Şekil 4.6 Makina Odaklı Arama Sayfası

“Talep Adı” nı giren kullanıcı daha sonra seçmek istediği makineye ait kategoriye seçmektedir. Seçilen kategoriye göre aşağıda bulunan özelliklere ait veri giriş alanları değişmektedir. Sayfada sorunlu olan alanlar “ Talep Adı” ve “ Kategori” alanlarıdır (Şekil 4.7).

Şekil 4.7 Makina Odaklı Arama Sayfası – Özellik Listesi

Kategori seçilerek, isteğe bağlı olarak o kategoriye ait model seçilmektedir (Şekil 4.8). Laboratuvar senaryosunda istenen makina/cihazın kullanımı için randevu talebi yapılmaktadır. Sistemde bulunan cihazlardan kullanılmak istenen cihazın kategorisi seçilerek kategori altında listelenen model seçilmektedir. Model seçimi zorunlu değildir.

Şekil 4.8 Kategori ve Model Listesi

“ARA” butonuna basılmakta ve sistem o kategoriye ait elindeki makinaları listelemektedir (Şekil 4.9). Bu senaryoda firma olarak verilen veriler laboratuvar cihazlarına sahip olan

okullardır. Sistemde ‘Lazer Taramalı Konfokal Mikroskop’ cihazına sahip 3 okul görülmektedir. Listede cihazların modelleri, üretici firmaları ve ücretleri de gösterilmektedir.

| Makina Adı                        | Model           | Üretici Firma | Lokasyon                            | Ücret (tl/s) | Kalite   | Büyütme Oranı | Uyarı Çizgileri | Detay                                             |
|-----------------------------------|-----------------|---------------|-------------------------------------|--------------|----------|---------------|-----------------|---------------------------------------------------|
| Lazer Taramalı Konfokal Mikroskop | LSM 510-Argon   | Zeiss         | İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ)  | İstanbul     | 360.0000 | 1             | -               | 458-477-488-514mm <a href="#">Makina Programı</a> |
| Lazer Taramalı Konfokal Mikroskop | TCS-SP5-11-AOBS | Leica         | Bilkent Üniversitesi                | Ankara       | 415.0000 | 1             | 50µm x 50µm     | - <a href="#">Makina Programı</a>                 |
| Lazer Taramalı Konfokal Mikroskop | LSM 510-HeNe/1  | Zeiss         | Ortadoğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ) | Ankara       | 375.0000 | 2             | -               | 543mm <a href="#">Makina Programı</a>             |
| Lazer Taramalı Konfokal Mikroskop | LSM 510-HeNe/2  | Zeiss         | Bilkent Üniversitesi                | Ankara       | 365.0000 | 2             | -               | 633mm <a href="#">Makina Programı</a>             |

Şekil 4.9 Makina Listesi

Müşteri kullanmak istediği makinanın programına bakmak üzere “Makina Programı” linkine tıklamaktadır.

| Lazer Taramalı Konfokal Mikroskop / LSM 510-HeNe/2- Program |     |                        |                        |           |                        |     | Makina Programı Ekle |
|-------------------------------------------------------------|-----|------------------------|------------------------|-----------|------------------------|-----|----------------------|
| December 2017                                               |     |                        |                        |           |                        |     | month week day list  |
| Sun                                                         | Mon | Tue                    | Wed                    | Thu       | Fri                    | Sat |                      |
| 26                                                          | 27  | 28                     | 29                     | 30        | 1                      | 2   |                      |
| 3                                                           | 4   | 5                      | 6                      | 7         | 8                      | 9   |                      |
| 10                                                          | 11  | 12                     | 13                     | 14        | 15                     | 16  |                      |
| 17                                                          | 18  | 19                     | 20                     | 21        | 22                     | 23  |                      |
|                                                             |     | 9a Makina<br>1p Makina | 9a Makina<br>1p Makina | 1p Makina | 9a Makina<br>1p Makina |     |                      |
| 24                                                          | 25  | 26                     | 27                     | 28        | 29                     | 30  |                      |

Şekil 4.10 Makina Program Takvimi

Müşteri makinaı kullanmak istediği tarihi seçtiğinde “Makina Programı Ekle” butonuna basmaktadır (Şekil 4.10). Gelen sayfada “Başlangıç” ve “Bitiş” için tarih ve saat bilgisini

girerek “KAYDET” butonuna basmakta ve seçtiği makinaya istediği tarih ve saat için rezervasyon yapmaktadır (Şekil 4.11).

BULUT ÜRETİM MAKİNA ODAKLI ARAMA PROSES ODAKLI ARAMA SEKTÖR ODAKLI ARAMA

## Program

Başlangıç

Bitiş

| Mon | Tue | Wed | Thu | Fri | Sat | Sun |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 27  | 28  | 29  | 30  | 1   | 2   | 3   |
| 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  |
| 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  |
| 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  |
| 25  | 26  | 27  | 28  | 29  | 30  | 31  |

© 2017 - My CM Application

Şekil 4.11 Tarih giriş Sayfası

#### 4.1.2.3. Proses Odaklı Arama Modülü

Proses odaklı arama yaparak o proses(ler)e ait birden fazla makina için rezervasyon yaptırmak isteyen müşteri “Proses Odaklı Arama” linkine tıklamaktadır.

BULUT ÜRETİM MAKİNA ODAKLI ARAMA PROSES ODAKLI ARAMA SEKTÖR ODAKLI ARAMA MAKİNA EKLE AKTİVİTE EKLE gkiran, ÇIKIŞ

## PROSES ODAKLI ARAMA

Talep Adı

Ürün

Proses Listesi

Son Tarih

ARA

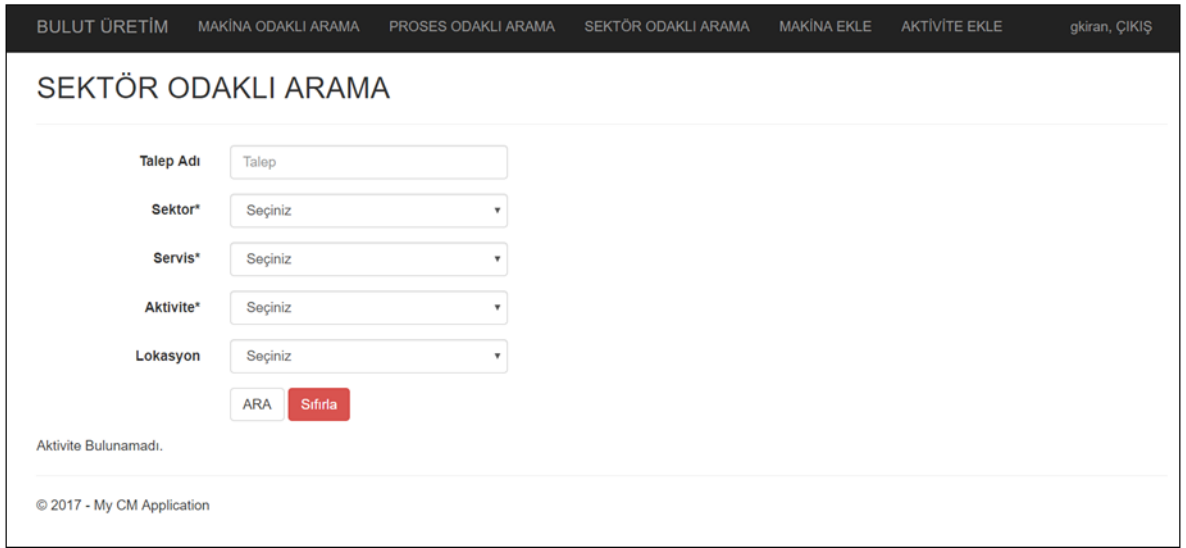
© 2017 - My CM Application

Şekil 4.12 Proses Odaklı Arama

Müşteri Proses Listesinden ilgili prosesi seçerek o prosese ait makinaların listelenmesini sağlayabilmektedir (Şekil 4.12). “ARA” butonuna basıldıktan sonra “Makina Odaklı Arama” iş akışı uygulanmakta ve seçilen her makina için aynı akış tekrarlanmaktadır.

#### 4.1.2.4. Sektör Odaklı Arama Modülü

Belli bir tarihte almak istediği hizmet ile ilgili aktivite arayarak belirli bir tarihe rezervasyon yaptırmak isteyen müşteri “Sektör Odaklı Arama” linkine tıklamaktadır (Şekil 4.13).



Şekil 4.13 Sektör Odaklı Arama Sayfası

“Talep Adı” nı giren kullanıcı daha sonra almak istediği hizmete ait sektör adını seçmektedir. Seçilen kategoriye göre aşağıda bulunan özelliklere ait veri giriş alanları değişmektedir. Sayfada zorunlu olan alan “Sektör” alanıdır. Sektör seçilerek, o sektöre ait servis seçilmektedir. Daha sonra isteğe bağlı olarak aktivite seçimi yapılmaktadır (Şekil 4.14).

İnşaat sektörü senaryosunda, kullanıcı almak istediği hizmete dair randevu talebi yapmaktadır. Sistemde bulunan inşaat sektörüne ait servislerden alınmak istenen servis seçilerek servis altında listelenen aktivite seçilmektedir. Aktivite seçimi zorunlu değildir.

**Talep Adı**

**Sektor\***

**Servis\*** 

- Seçiniz
- Dış Cephe Kaplama**
- Zemin Kaplama
- Duvar Kaplama
- Seçiniz

**Talep Adı**

**Sektor\***

**Servis\***

**Aktivite\*** 

- Seçiniz
- Kompozit Kaplama**
- Seramik Kaplama
- Silikon Kaplama
- Silikon Kaplama

Şekil 4.14 Servis ve Aktivite Listesi

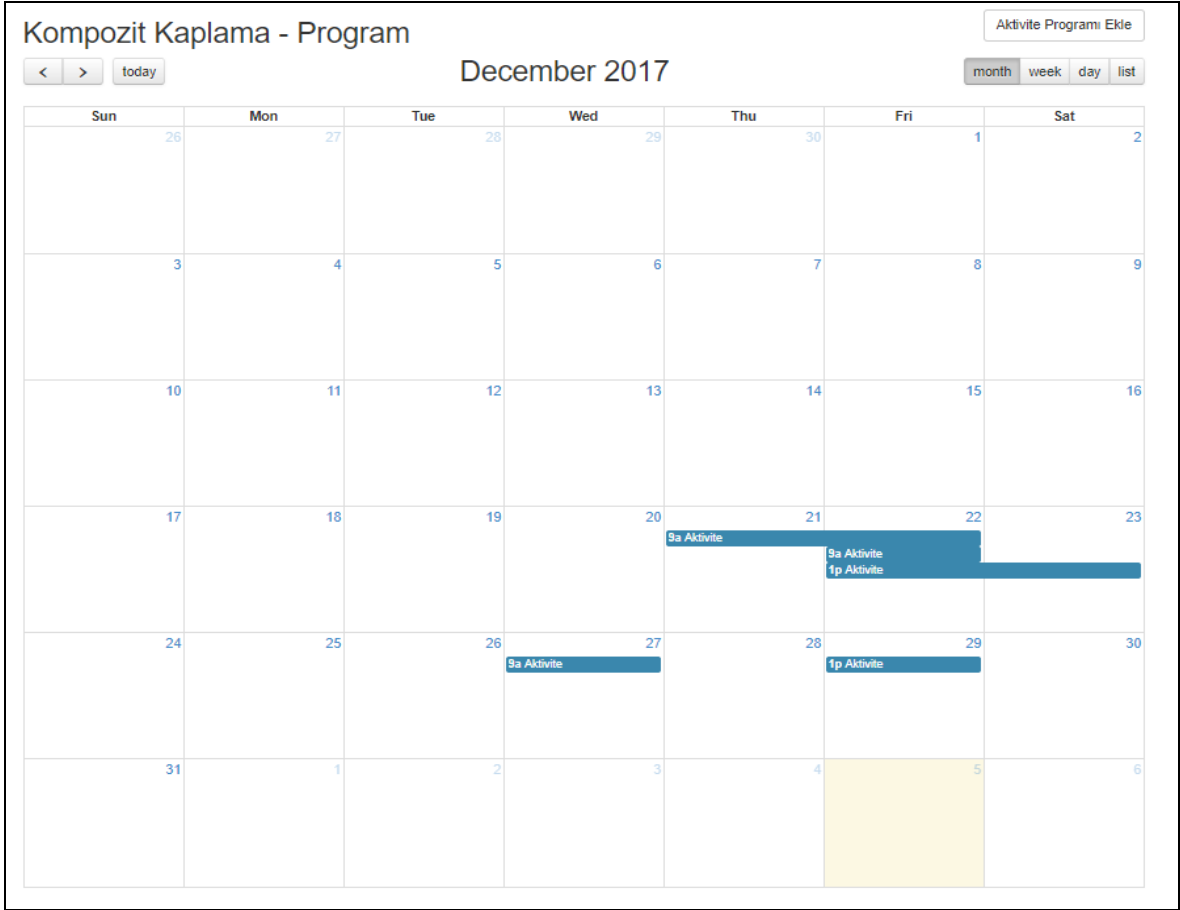
“ARA” butonuna basılmakta ve sistem seçilen kriterlere ait elindeki hizmetleri ve özelliklerini listelemektedir (Şekil 4.15).

Bu senaryoda firma olarak verilen veriler bu hizmeti verebilen firmalardır. Sistemde ‘Kompozit Kaplama’ hizmetine sahip 3 firma görülmektedir. Bu firmaların kullandığı malzemelere ve metrekare ölçülerine göre farklı değerlerde kalite ve ücret verileri bulunmaktadır.

| Firma                     | Aktivite         | Lokasyon           | Kalite | Ücret    | MetreKare  | Detay                             |
|---------------------------|------------------|--------------------|--------|----------|------------|-----------------------------------|
| Varlıbaş Dekorasyon       | Kompozit Kaplama | Ankara-Çankaya     | 1      | 560.0000 | 125*600cm  | <a href="#">Aktivite Programı</a> |
| Varlıbaş Dekorasyon       | Kompozit Kaplama | Ankara-Çankaya     | 1      | 360.0000 | 150*320cm  | <a href="#">Aktivite Programı</a> |
| Varlıbaş Dekorasyon       | Kompozit Kaplama | Ankara-Çankaya     | 1      | 675.0000 | 150*600cm  | <a href="#">Aktivite Programı</a> |
| Varlıbaş Dekorasyon       | Kompozit Kaplama | Ankara-Çankaya     | 1      | 300.0000 | 125*320 cm | <a href="#">Aktivite Programı</a> |
| Evilla Dekor              | Kompozit Kaplama | Ankara-Yenimahalle | 2      | 325.0000 | 150*320cm  | <a href="#">Aktivite Programı</a> |
| Evilla Dekor              | Kompozit Kaplama | Ankara-Yenimahalle | 2      | 510.0000 | 125*600cm  | <a href="#">Aktivite Programı</a> |
| Evilla Dekor              | Kompozit Kaplama | Ankara-Yenimahalle | 2      | 275.0000 | 125*320cm  | <a href="#">Aktivite Programı</a> |
| Evilla Dekor              | Kompozit Kaplama | Ankara-Yenimahalle | 2      | 615.0000 | 150*600cm  | <a href="#">Aktivite Programı</a> |
| ArtStone Panel Sistemleri | Kompozit Kaplama | Ankara-Keçiören    | 2      | 535.0000 | 150*600cm  | <a href="#">Aktivite Programı</a> |
| ArtStone Panel Sistemleri | Kompozit Kaplama | Ankara-Keçiören    | 2      | 450.0000 | 125*600cm  | <a href="#">Aktivite Programı</a> |
| ArtStone Panel Sistemleri | Kompozit Kaplama | Ankara-Keçiören    | 2      | 285.0000 | 150*320cm  | <a href="#">Aktivite Programı</a> |
| ArtStone Panel Sistemleri | Kompozit Kaplama | Ankara-Keçiören    | 2      | 235.0000 | 125*320cm  | <a href="#">Aktivite Programı</a> |

Şekil 4.15 Aktivite Listesi

Müşteri almak istediği hizmetin programına bakmak üzere “Aktivite Programı” linkine tıklamaktadır.



Şekil 4.16 Aktivite Program Takvimi

Müşteri hizmeti almak istediği tarihi seçtiğinde ‘Aktivite Programı Ekle’ butonuna basmaktadır (Şekil 4.16). “Başlangıç” ve “Bitiş” için tarih ve saat bilgisini girerek ‘KAYDET’ butonuna basmakta ve alacağı hizmete ait istediği tarih ve saat için rezervasyon yapmaktadır (Şekil 4.17).

Şekil 4.17 Tarih Giriş Sayfası

#### 4.1.2.5. Makina Ekleme Modülü

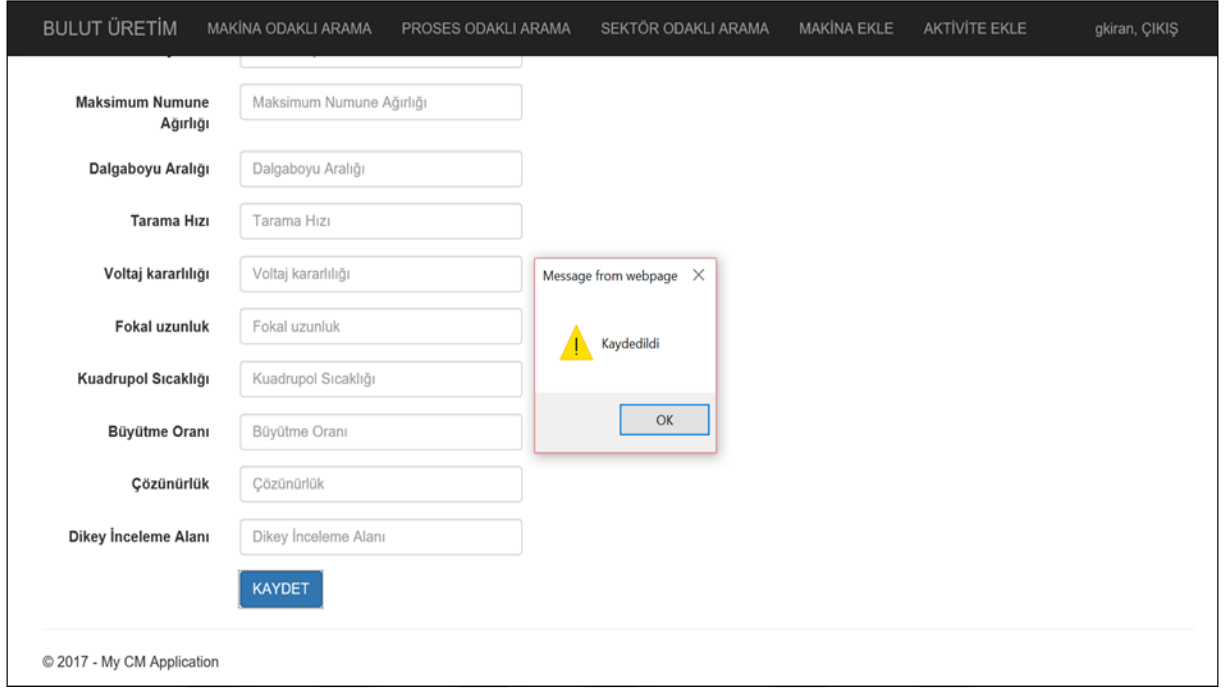
Bu modül firma temsilcisi tarafından sistemde bulunmayan makinaları sisteme dahil etmek için kullanılmaktadır. Bu modülü müşteriler görememektedir. Firma temsilcisi “ Makina Ekle” linkine baktığında makina kategorisini seçerek o makinanın özelliklerini girebileceği bir ekran ile karşılaşmaktadır (Şekil 4.18).

Şekil 4.18 Makina Ekleme Sayfası

Temsilci var olan kategorilerden birini seçebileceği gibi “Yeni Kategori” seçeneğini seçerek sistemde olmayan bir kategoriye ait makina da ekleyebilmektedir (Şekil 4.19).

Şekil 4.19 Yeni Makina Kategorisi

Yeni makina kategori ismi girilerek makinanın kullanılabildiği proses/ler seçilmektedir. Makinaya ait tüm özellikler girilerek “KAYDET” butonuna basılmakta ve makina sisteme kaydedilmektedir (Şekil 4.20).



The screenshot displays the 'Makina Kayıt Ekranı' (Machine Registration Screen). The interface includes a top navigation bar with the following menu items: BULUT ÜRETİM, MAKİNA ODAKLI ARAMA, PROSES ODAKLI ARAMA, SEKTÖR ODAKLI ARAMA, MAKİNA EKLE, AKTİVİTE EKLE, and gkiran, ÇIKIŞ. The main form contains several input fields with labels: Maksimum Numune Ağırlığı, Dalgaboyu Aralığı, Tarama Hızı, Voltaj kararlılığı, Fokal uzunluk, Kuadropol Sıcaklığı, Büyütme Oranı, Çözünürlük, and Dikey İnceleme Alanı. Each field has a corresponding input box. A blue 'KAYDET' button is located at the bottom of the form. A modal dialog box titled 'Message from webpage' is overlaid on the form, showing a yellow warning icon and the text 'Kaydedildi' (Saved), with an 'OK' button.

© 2017 - My CM Application

Şekil 4.20 Makina Kayıt Ekranı

#### 4.1.2.6. Aktivite Ekleme Modülü

Bu modül firma temsilcisi tarafından firma tarafından müşterilere sağlanabilecek ancak sistemde bulunmayan hizmetleri sisteme dahil etmek için kullanılmaktadır. Bu modülü müşteriler görememektedir. Firma temsilcisi “Aktivite Ekle” linkine baktığında verebileceği hizmetin özelliklerini girebileceği bir ekranla karşılaşmaktadır (Şekil 4.21).

BULUT ÜRETİM

MAKİNA ODAKLI ARAMA

PROSES ODAKLI ARAMA

SEKTÖR ODAKLI ARAMA

MAKİNA EKLE

AKTİVİTE EKLE

gkiran, ÇIKIŞ

## AKTİVİTE EKLE

Sektör

Seçiniz

▼

Servis

Seçiniz

▼

Aktivite

Seçiniz

▼

Firma

Design Studio

Lokasyon

Location

Ücret

Price

MetreKare

MetreKare

KAYDET

© 2017 - My CM Application

Şekil 4.21 Aktivite Ekleme Sayfası

Temsilci, var olan sektör-servis-aktivite kategorilerinden birini seçebileceği gibi “Yeni Kategori” seçeneğini seçerek sistemde olmayan bir kategoriye ait hizmet de ekleyebilmektedir. Yeni bir sektöre ait veri kaydı yapılmak istendiğinde “Yeni Sektör Kategorisi” seçilmektedir. Böylece ekrana yeni sektör, servis ve aktivite bilgilerinin girilebileceği alanlar gelmektedir (Şekil 4.22).

BULUT ÜRETİM

MAKİNA ODAKLI ARAMA

PROSES ODAKLI ARAMA

SEKTÖR ODAKLI ARAMA

MAKİNA EKLE

AKTİVİTE EKLE

gkiran, ÇIKIŞ

## AKTİVİTE EKLE

Sektör

Yeni Sektör Kategorisi

▼

Yeni Sektör Kategorisi

Yeni Sektör Kategorisi

Yeni Servis Kategorisi

Yeni Servis Kategorisi

Yeni Aktivite Kategorisi

Yeni Aktivite Kategorisi

Firma

Design Studio

Lokasyon

Location

Ücret

Price

MetreKare

MetreKare

KAYDET

© 2017 - My CM Application

Şekil 4.22 Yeni Sektör Kategorisi

Varolan bir sektöre ait yeni servis kaydı yapılmak istendiğinde “Yeni Servis Kategorisi” seçilmektedir. Böylece ekrana yeni servis ve aktivite bilgilerinin girilebileceği alanlar gelmektedir (Şekil 4.23).

BULUT ÜRETİM MAKİNA ODAKLI ARAMA PROSES ODAKLI ARAMA SEKTÖR ODAKLI ARAMA MAKİNA EKLE AKTİVİTE EKLE gkiran, ÇIKIŞ

### AKTİVİTE EKLE

Sektör İnşaat Sektörü

Servis Yeni Servis Kategorisi

Yeni Servis Kategorisi Yeni Servis Kategorisi

Yeni Aktivite Kategorisi Yeni Aktivite Kategorisi

Firma Design Studio

Lokasyon Location

Ücret Price

MetreKare MetreKare

KAYDET

© 2017 - My CM Application

Şekil 4.23 Yeni Servis Kategorisi

Varolan bir servise ait yeni aktivite kaydı yapılmak istendiğinde “Yeni Aktivite Kategorisi” seçilmektedir. Böylece ekrana yeni aktivite bilgisinin girilebileceği bir alan gelmektedir (Şekil 4.24).

BULUT ÜRETİM MAKİNA ODAKLI ARAMA PROSES ODAKLI ARAMA SEKTÖR ODAKLI ARAMA MAKİNA EKLE AKTİVİTE EKLE gkiran, ÇIKIŞ

### AKTİVİTE EKLE

Sektör İnşaat Sektörü

Servis Dış Cephe Kaplama

Aktivite Yeni Aktivite Kategorisi

Yeni Aktivite Kategorisi Yeni Aktivite Kategorisi

Firma Design Studio

Lokasyon Location

Ücret Price

MetreKare MetreKare

KAYDET

© 2017 - My CM Application

Şekil 4.24 Yeni Servis Kategorisi

Hizmete ait tüm özellikler girilerek “KAYDET” butonuna basılmaktadır ve firma tarafından verilebilecek hizmet sisteme kaydedilmektedir (Şekil 4.25).

BULUT ÜRETİM MAKİNA ODAKLI ARAMA PROSES ODAKLI ARAMA SEKTÖR ODAKLI ARAMA MAKİNA EKLE AKTİVİTE EKLE gkiran, ÇIKIŞ

### AKTİVİTE EKLE

Sektör: İnşaat Sektörü

Servis: Dış Cephe Kaplama

Aktivite: Duvar Kağıdı

Firma: Design Studio

Lokasyon: ANKARA

Ücret: 24.00

MetreKare: 1

KAYDET

Message from webpage X

Kaydedildi

OK

© 2017 - My CM Application

Şekil 4.25 Aktivite Kayıt Ekranı

## 4.2. Renkli Petri Ağları İle Performans Analizi

Renkli Petri Ağları (CPN), eşzamanlılık, iletişim ve senkronizasyonun önemli bir rol oynadığı sistemlerin modellenmesi ve doğrulanması için bir dildir. Renkli Petri Ağları, Petri Ağlarını işlevsel programlama dili Standard ML ile birleştirir. Standart ML, veri tiplerinin tanımlanması, ve parametrelenebilir modeller oluşturmak için temelleri sağlar [48]. Bir renkli Petri Ağını, nesne-yönelimli Petri Ağından ayıran temel özellik; konumların sahip olduğu jetonlardır. Nesne-yönelimli Petri Ağda bir konum sadece bir türde jeton alabilirken renkli Petri Ağında bir konum birden fazla türde jeton alabilir. Bu jetonlar integer, string ve bool gibi bir tipte olabilir. Örneğin; nesne-yönelimli Petri Ağında konumda sadece 'a' talebi bulunabilirken renkli Petri Ağında 'a' ve 'b' talepleri bulunabilir.

Bir renkli Petri Ağı simülasyon sırasında, ilgili modelin performansı hakkında birçok bilgi üretilebilir. Özellikle zaman kavramı, renkli Petri Ağının simülasyonu sırasında kullanılan ve ölçülebilen en önemli kavramıdır. Bu kavram, renkli Petri Ağlarında sistemdeki aktiviteleri yürütmek için harcanan süreyi elde etmeyi mümkün kılar.

CPN Tools ile modellenmiş sistem simülasyona sokularak o modelin davranışını araştırmak, durum uzayı (state-space) yöntemleri ile özelliklerini doğrulamak ve simülasyon tabanlı performans analizini yapmak mümkündür [48].





2.model, 1. Model gibi p ve q makinalarına sahip olan 2 firmaya ve talepleri üstel zaman olarak tekrar eden 3 müşteriye sahiptir (Şekil 4.27). 1. Modelden farklı olarak bu model bir adet Havuz (Pool) konumuna sahiptir. Havuz, firmalar tarafından makina bilgilerinin gönderildiği konumdur. Firmalar ile sistem arasında ara katman görevi görmektedir. Havuz, sisteme makina bilgilerini periyodik olarak gönderir. Firmalar makinalarını Havuz'a bir defa ve 0. zamanda yüklerler.

Birinci modelde bulut ortamı olarak sadece Kontrol ve Sistem kullanılırken, ikinci modelde ise Kontrol ve Sistem konumlarına ek olarak bir de Havuz konumu kullanılmıştır.

Tedarik zinciri yönetiminde bulunan malzeme (ürün) akışı, bilgi akışı ve finansal akış 2 modelde de farklı konumlar ile yönetilmektedir.

**Malzeme (ürün) Akışı:** Her iki modelde de ürünün tedarikçiden müşteriye aktarımı 'Sistem' konumu ile sağlanmaktadır. Ancak 2.model de ara katman olarak Havuz konumu da kullanılır.

**Bilgi Akışı:** Tedarikçiden müşteriye ve müşteriden tedarikçiye bilgi akışı 1. Modelde Kontrol konumu aracılığıyla yapılırken, 2.modelde bu akış Havuz konumu ile yapılmaktadır.

**Finansal Akış:** Müşteriden paranın tedarikçiye geçişini her iki modelde de Kontrol konumu sağlamaktadır.

1.model ve 2. model aynı değişkenlere sahiptir (Şekil 4.28).

```
▼ Standard declarations
  ▼ colset INTINF = intinf;
  ▼ colset TIME=time;
  ▼ colset Firm=with a |b timed;
  ▼ colset resource=with p|q timed;
  ▼ colset INT=int;
  ▼ var x:resource;
  ▼ var i:Firm;
  ▼ colset P=product resource*Firm timed;
  ▼ fun expTime (mean: int) =
    let
      val realMean = Real.fromInt mean
      val rv = exponential((1.0/realMean))
    in
      floor (rv+0.5)
    end;
  ▼ colset Request=with pr|qr;
  ▼ colset Q = product Request *INT timed;
```

Şekil 4.28 Model Değişkenleri

#### 4.2.2. Durum Uzayı Raporu

Durum uzayı raporu Petri Ağı'nın standart davranış özellikleri hakkında bilgiler içermektedir. Tam durum uzayları (full state space), analiz edilen modelin olası tüm ulaşılabilir durumlarını ve tüm durum değişikliklerini temsil eder.

SCC-grafiği, modelin standart davranışsal özelliklerinin bir takımını belirlemek için CPN Tools tarafından kullanılır ve SCC-grafiğinin yapısı, sıklıkla analiz edilen modelin genel davranışı hakkında yararlı bilgiler verir. Bu nedenle modelde durum uzayında olduğundan daha az sayıda node bulunması, bize modelin durum uzayında döngülerin olduğunu söyler [48].

| Statistics      | Statistics      |
|-----------------|-----------------|
| -----           | -----           |
| State Space     | State Space     |
| Nodes: 41263    | Nodes: 55909    |
| Arcs: 86449     | Arcs: 101438    |
| Secs: 300       | Secs: 300       |
| Status: Partial | Status: Partial |
| Scs Graph       | Scs Graph       |
| Nodes: 40874    | Nodes: 55909    |
| Arcs: 85596     | Arcs: 101438    |
| Secs: 5         | Secs: 2         |
| 1. Model        | 2. Model        |

Şekil 4.29 İstatistik Değerleri

1.model 41263 durum ve 86449 etkileşim içermektedir. 2. model 55909 durum ve 101438 etkileşim içermektedir. Her iki model için de durum uzayı raporu 5 dakikada oluşmuştur. 2 modelde de durum uzayı istatistikleri çıkarılırken herhangi bir kesme noktası kullanılmadığından kısmi (partial) durumdadır. Yani, simülasyon tamamlanmamıştır ve tüm konumlar ulaşılabilir değildir. Bu bize 2.modelin daha karmaşık bir yapıda olduğunu, daha fazla bulut işlemine tabi olduğunu göstermektedir (Şekil 4.29).

Üretim gibi fonksiyonlara sahip bir model için daha fazla etkileşime sahip olan 2.model uygun olabilirken, bizim modelimizde olduğu gibi sistemde statik olarak makina/malzeme tutabileceğimiz modellerde etkileşimi az olan 1.model uygun olabilir.

SCC grafiği için ise; 1.modelde durum sayısı 40874 tür. Bu değerın durum uzayı raporundaki değerden daha az olması bize model içinde döngülerin bulunduğunu

göstermektedir. Bu durumda, modelde geçiş ateşlendiğinde sadece bir node'daki jeton değeri değişir.

$$(1010) \xrightarrow{t_1} (2010) \xrightarrow{t_1} (3010) \Rightarrow (W010)$$

Bu nedenle; bu model, ileride yapılabilecek bir makina öğrenmesi çalışmasına daha yatkın olup, sisteme gelen makinaların hangi müşteriye gönderileceğinin tahmin edilmesini sağlayacaktır. 2.modelde ise durum sayısı, tam durum uzayı durum sayısı ile aynıdır. Bu sistemin her seferinde farklı cevap verebildiğini göstermektedir.

1.modelde SCC grafiği 5 saniyede, 2.modelde ise 2 saniyede oluşmuştur. 1.modelde SCC grafiğinin daha uzun sürede çıkmasının nedeni döngüleri hesaplamasıdır.

#### 4.2.2.1. Sınırlılık Özellikleri

Sınırlılık özellikleri, bir konumun tutabileceği jeton sayısı ile ilgili bilgi verir.

| Best Integer Bounds |       |       | Best Integer Bounds |       |       |
|---------------------|-------|-------|---------------------|-------|-------|
|                     | Upper | Lower |                     | Upper | Lower |
| PetriNET'C1 1       | 2     | 0     | PetriNET'C1 1       | 2     | 0     |
| PetriNET'C2 1       | 3     | 0     | PetriNET'C2 1       | 3     | 0     |
| PetriNET'C3 1       | 2     | 0     | PetriNET'C3 1       | 2     | 0     |
| PetriNET'Control 1  | 4     | 4     | PetriNET'Control 1  | 4     | 4     |
| PetriNET'Firma 1    | 2     | 2     | PetriNET'Firma 1    | 2     | 0     |
| PetriNET'FirmB 1    | 2     | 2     | PetriNET'FirmB 1    | 2     | 0     |
| PetriNET'R1 1       | 1     | 1     | PetriNET'Pool 1     | 4     | 0     |
| PetriNET'R2 1       | 1     | 1     | PetriNET'R1 1       | 1     | 1     |
| PetriNET'R3 1       | 1     | 1     | PetriNET'R2 1       | 1     | 1     |
| PetriNET'System 1   | 7     | 0     | PetriNET'R3 1       | 1     | 1     |
|                     |       |       | PetriNET'System 1   | 6     | 0     |

1. Model
2. Model

Şekil 4.30 Jeton Sayısı Sınırlılık Özellikleri

Üst (upper) değer; bir konum için, erişilebilen maksimum jeton sayısıdır. 1.modelde 'Sistem' konumunun tutabileceği maksimum jeton sayısı 7'dir. 2.modelde ise bu değer 6'dır. Bu değere göre, 1.modelin daha fazla kapasite ile çalışabileceği söylenebilir.

Alt (lower) değer ise; bir konum için, erişilebilen minimum jeton sayısıdır. En iyi üst ve alt tamsayı sınırının eşit olması, bu konumun her zaman aynı sayıda jeton içerdiğini belirtir (Şekil 4.30).

| Best Upper Multi-set Bounds |                                          | Best Upper Multi-set Bounds |                                          |
|-----------------------------|------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------------|
| PetriNET'C1 1               | $2^*(p,a)++2^*(p,b)$                     | PetriNET'C1 1               | $2^*(p,a)++2^*(p,b)$                     |
| PetriNET'C2 1               | $3^*(q,a)++3^*(q,b)$                     | PetriNET'C2 1               | $2^*(q,a)++2^*(q,b)$                     |
| PetriNET'C3 1               | $2^*(p,a)++2^*(p,b)$                     | PetriNET'C3 1               | $2^*(p,a)++2^*(p,b)$                     |
| PetriNET'Control 1          | $1^*(p,a)++1^*(p,b)++1^*(q,a)++1^*(q,b)$ | PetriNET'Control 1          | $2^*(p,a)++2^*(p,b)++1^*(q,a)++1^*(q,b)$ |
| PetriNET'FirmA 1            | $1^*(p,a)++1^*(q,a)$                     | PetriNET'FirmA 1            | $1^*(p,a)++1^*(q,a)$                     |
| PetriNET'FirmB 1            | $1^*(p,b)++1^*(q,b)$                     | PetriNET'FirmB 1            | $1^*(p,b)++1^*(q,b)$                     |
| PetriNET'R1 1               | $1^*(pr,0)$                              | PetriNET'Pool 1             | $1^*(p,a)++1^*(p,b)++1^*(q,a)++1^*(q,b)$ |
| PetriNET'R2 1               | $1^*(qr,0)$                              | PetriNET'R1 1               | $1^*(pr,0)$                              |
| PetriNET'R3 1               | $1^*(pr,0)$                              | PetriNET'R2 1               | $1^*(qr,0)$                              |
| PetriNET'System 1           | $3^*(p,a)++3^*(p,b)++7^*(q,a)++7^*(q,b)$ | PetriNET'R3 1               | $1^*(pr,0)$                              |
|                             |                                          | PetriNET'System 1           | $2^*(p,a)++2^*(p,b)++6^*(q,a)++6^*(q,b)$ |
| 1. Model                    |                                          | 2. Model                    |                                          |

Şekil 4.31 Jeton Tipleri Sınırlılık Özellikleri

Bir konumun en iyi üst çok setli sınırı (best upper multi-set bound), konumdaki her bir renk için, bu konumda mevcut olan jeton sayısının maksimum değerini belirtir (Şekil 4.31).

Örneğin; C1 konumu için en iyi üst sınır olan değer:  $2^*(p,a)++2^*(p,b)$  olsun.

Bu değerler ‘Sistem’ konumunda (p,a) jetonunun maksimum 3 tane, (p,b) jetonunun maksimum 3 tane olabileceğini göstermektedir. Yani; her iki firmanın da p makinasının uygun olduğu zaman sayısı en fazla 3’tür.

#### 4.2.2.2. Canlılık Özellikleri

| Liveness Properties                                        |  | Liveness Properties                                   |  |
|------------------------------------------------------------|--|-------------------------------------------------------|--|
| Dead Markings<br>26152 [41263,41262,41261,41260,41259,...] |  | Dead Markings<br>26394 [7800,7799,7795,7794,7793,...] |  |
| Dead Transition Instances<br>None                          |  | Dead Transition Instances<br>None                     |  |
| Live Transition Instances<br>None                          |  | Live Transition Instances<br>None                     |  |
| 1. Model                                                   |  | 2. Model                                              |  |

Şekil 4.32 Canlılık Özellikleri

Canlılık özellikleri, bize 26152 tane ölü işaretin (dead marking) olduğunu belirtmektedir. Ölü bir işaretleme, hiçbir bağlayıcı elemanın aktif olmadığı bir işarettir. [41263,41262,...] node’ları kendinden sonra hiçbir aktif duruma sahip değildir (Şekil 4.33).

Ölü geçiş yoktur. Ölü geçişlerin olmaması, modeldeki her geçişin en az bir kez meydana gelme olasılığına sahip olduğu anlamına gelmektedir.

Modelde canlı geçiş de yoktur. Ulaşılabilir bir işaretlemeden, geçişi içeren bir olay dizisi her zaman bulunabiliyorsa bir geçiş canlıdır. Geçişin daha sonra gerçekleşmesini imkansız kılacak herhangi bir durum yoktur [50]. 2 model karşılaştırıldığında l işaret sayısının 2.model de daha fazla olduğu görülmektedir. Bu zellik, 2. modelin 1.modelde göre daha fazla tıkanma yaşadığını göstermektedir.

2 model için de çıkarılan durum uzayı sonuçları karşılaştırıldığında, 1.modelin ‘Bulut retim İçin Farkındalık Sistemi’ için daha uygun olduğuna karar verilerek 1.modelin performans analizi çalışması yapılmıştır.

#### 4.2.3. Performans Analizi

Simülasyona dayalı performans analizi ile ilgili temel düşünce, sistemin performansıyla ilgili verilerin toplandığı uzun süren simülasyonların yapılmasıdır. CPN tools ile, simülasyon sırasında modelde meydana gelen durumlar incelenebilir ve simülasyon sonucunda ortaya çıkan sayısal veriler ile modelin güvenilirliği ölçülebilir.

Renkli Petri Ağlarında simülasyon sırasındaki davranışları gözlemlemek için monitörler kullanılmaktadır. Veri toplayıcı (data collector) monitörleri ile her bir simülasyon için; simülasyon performans raporları ve veri toplayıcı günlük dosyaları (data collector log files) olmak üzere iki tür performans verisi üretilmektedir. Bir veri toplayıcı günlük dosyası, belirli bir veri toplayıcı monitör için bir simülasyon sırasında bir modelden çıkarılan sayısal veri değerlerini içerir. Simülasyon performans raporları içerisinde ise; ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum gibi istatistikler bulunmaktadır [49]. Yazma monitörü (write-in-file monitörü) ise simülasyon sonrasında ortaya çıkan log dosyasını güncellemek için kullanılmaktadır.

İşaretleme boyutu (marking size) monitörü, simülasyon sırasında bir konumdaki jeton sayısını ölçmek için kullanılan standart bir monitrdr. Bu monitör, belirli bir konumdaki jeton sayısını ölçer ve simülasyon sırasında bir konumdaki ortalama ve maksimum jeton sayısı gibi çeşitli performans ölçümlerini hesaplamak için kullanılmaktadır.

Belirli koşullar yerine getirildiğinde simülasyonları durdurmak için kesme (breakpoint) monitörleri kullanılmaktadır. Performans analizinin yapılabilmesi için modele simülasyon zamanı 100’den büyük olduğu ilk zamanda durmak üzere bir kesme eklenmiştir.

fun pred () = IntInf.toInt(time()) > 100

Bir veri toplayıcı monitör, bir modelden sayısal verileri ayıklamak ve çıkartılan verinin istatistiklerini hesaplamak için kullanılmaktadır. Bir veri toplayıcı tarafından toplanan tüm veriler bir veri toplayıcı kayıt dosyasına kaydedilir. Günlük dosyası, verilerin toplandığı adımlar ve model süreleri hakkında bilgi içerir. Bu günlük dosyaları, grafik çizimleri için kullanılabilir. Her bir veri toplayıcı günlük dosyasında dört sütun numarası vardır: toplanan veri değerleri, veri değerlerini sıralayan bir sayaç, veri değerlerinin toplandığı simülasyon adımları ve veri değerlerinin toplandığı model zamanları [49].

| #data | counter | step | time |
|-------|---------|------|------|
| 0     | 1       | 0    | 0    |
| 1     | 2       | 1    | 0    |
| 2     | 3       | 2    | 0    |
| 3     | 4       | 3    | 0    |
| 2     | 5       | 4    | 0    |
| 3     | 6       | 5    | 0    |
| 2     | 7       | 6    | 0    |
| 1     | 8       | 9    | 0    |
| 2     | 9       | 11   | 3    |
| 32    | 159     | 221  | 98   |
| 33    | 160     | 222  | 100  |
| 32    | 161     | 223  | 100  |
| 31    | 162     | 224  | 100  |
| 32    | 163     | 227  | 101  |
| 32    | 164     | 227  | 101  |

Şekil 4.34 Veri Toplayıcı Günlük Dosyası

Şekil 4.33 ‘de ilgili modelin bir simülasyonu sırasında veri toplayıcı günlük dosyasında yer alan veriler bulunmaktadır. Son satır, model 3 zamanında meydana gelen 11. simülasyon adımından sonra ‘Sistem’ konumunda 2 jeton bulunduğunun ve konumdaki jeton sayısının 9. kez ölçüldüğünü göstermektedir. Monitör, çevreleyen geçişlerden biri gerçekleştiğinde, konumdaki jeton sayısını ölçer.

Bir simülasyon performans raporu, bir simülasyon sırasında veri toplayıcılar tarafından toplanan veriler için hesaplanan istatistikleri içerir [48]. Bir simülasyon performans raporundaki istatistikler güvenilir değildir, çünkü bunlar farklı performans ölçümlerinden sadece bir tanesidir. Başka bir simülasyon çalıştırıldığında farklı istatistikler elde edilebilir. Simülasyon tabanlı performans analizi genellikle bir sistemin farklı senaryolarını veya konfigürasyonlarını karşılaştırmak için kullanılır.

| #data counter |
|---------------|
| 16.178218 1   |
| 17.313725 2   |
| 16.148515 3   |
| 15.920792 4   |
| 13.831683 5   |
| 12.656863 6   |
| 13.851485 7   |
| 13.039604 8   |
| 16.613861 9   |
| 10.762376 10  |

Şekil 4.35 Replikasyon Log Dosyası

Bir performans raporu oluşturulmadan önce, simülasyon replikasyonlarını çalıştırırken her simülasyonun sonunda farklı istatistikler için bağımsız değerler toplar ve ayrı replikasyon log dosyalarına kaydeder. Örneğin; bizim modelimiz sonucu çıkan Replikasyon log dosyası, 10. simülasyonda ‘Sistem’ konumunda ortalama 10.762376 jetonun olduğunu göstermektedir (Şekil 4.34). Bu da bize sistemde bulunan 4 farklı makinanın farklı kombinasyonlarda en fazla 10 zamanda (makina-zaman) uygun olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.1 10 Replikasyon Sonrası Performans Raporu

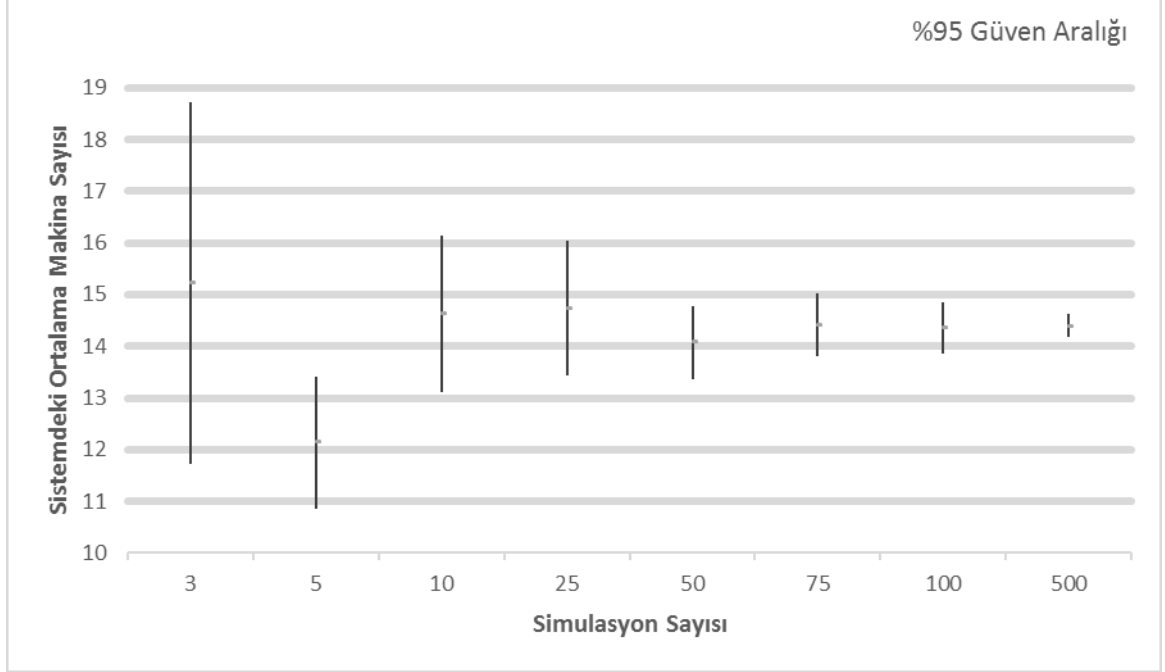
| Number of replications: 10 |            |                 |                 |                 |          |           |           |           |           |
|----------------------------|------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Statistics                 |            |                 |                 |                 |          |           |           |           |           |
| Name                       | Avrg       | 90% Half Length | 95% Half Length | 99% Half Length | StD      | Min       | Max       | First     | Last      |
| MarkingSize_System         |            |                 |                 |                 |          |           |           |           |           |
| count                      | 171.400000 | 3.326445        | 4.104974        | 5.897952        | 5.738757 | 162       | 183       | 166       | 162       |
| max                        | 30.300000  | 2.045710        | 2.524493        | 3.627145        | 3.529243 | 23        | 36        | 32        | 23        |
| min                        | 0.000000   | 0.000000        | 0.000000        | 0.000000        | 0.000000 | 0         | 0         | 0         | 0         |
| avrg                       | 14.631712  | 1.224009        | 1.510479        | 2.170228        | 2.111650 | 10.762376 | 17.313725 | 16.178218 | 10.762376 |

Çizelge 4.1, 10 replikasyondan sonra elde edilen bir performans raporunun alıntısını göstermektedir. Örneğin; 100. zamanda kesilen 10 replikasyon sonrasında sistemde bulunan ortalama makina-zaman sayısı minimum 10 maksimum ise 17 dir. Ortalama değerler hesaplanırken 10 replikasyon sonucu ortaya çıkan log dosyasında (Şekil 4.34) bulunan değerler kullanılmaktadır. Verilere göre ortalama jeton sayısı, 10 simülasyon sonrası % 95 güven aralığı için  $14.63 \pm 1.51$  dir.

Güven aralıkları, performans ölçümü tahminlerinin doğruluğunu değerlendirmek için kullanılmaktadır. Replikasyon performans raporlarında bulunabilecek güven aralıklarında üç farklı güven aralığı (% 90,% 95 ve% 99) bulunmaktadır. 3, 5,10,25, 50, 75, 100 ve 500

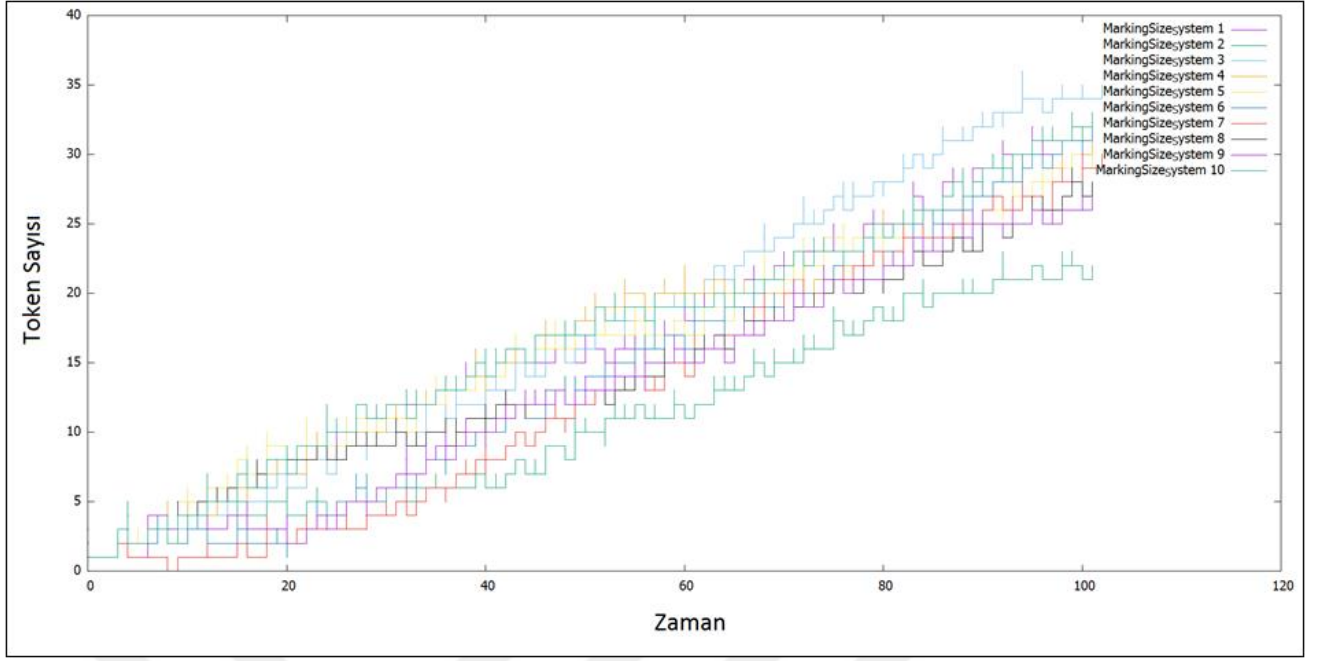
replikasyon sayısı için model simülasyona sokularak ortalama % 95 güven aralıkları hesaplanmıştır (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2 % 95 Güven Aralığı Değerleri



Bu değerlere göre; sistem replikasyon sayısı arttıkça daha stabil hale gelmiş ve daha güvenilir ve sabit değerler üretmeye başlamıştır.

Birden fazla replikasyon çalıştırıldığında, gnuplot uygulamasında veri toplayıcı günlük dosyalarını çizmek için komut dosyaları oluşturulur [50]. Şekil 4.35, 10 replikasyon sonucu oluşturulan bir gnuplot grafiğini göstermektedir. Sistemdeki makina-zaman sayısı 10 replikasyon için de doğrusal olarak bir artış göstermiştir. Bazı replikasyonlarda müşterilere makina dağıtımı daha fazla olduğundan maksimum jeton sayısı daha az değerlerde kalmıştır.



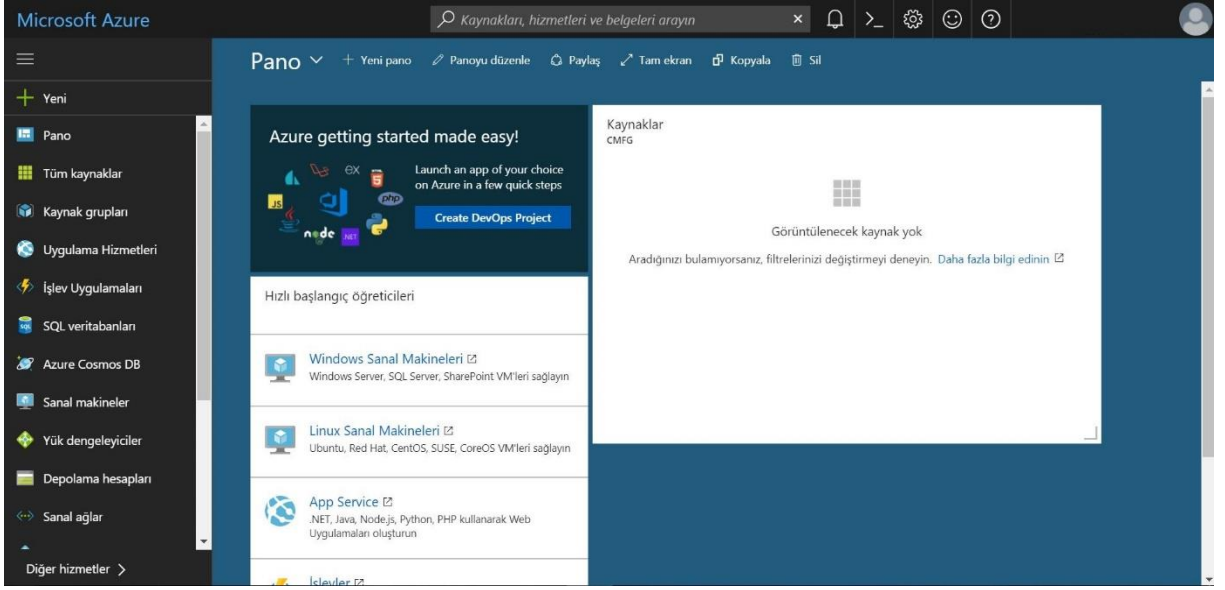
Şekil 4.36 Gnuplot Grafiği

#### 4.3. Yazılımın Bulut Ortamına Aktarımı

Amaç; bulut üretim için yazılan yazılan uygulamanın, yerel bir sunucudan bulut ortamına taşınmasıdır. PaaS bulut platformu olarak Microsoft Azure seçilmiştir. Microsoft Azure, uygulamanın geliştirildiği MVC platformuna benzer bir platform sağlar ve bu nedenle çok az bir kod değişikliği gerektirir. Ayrıca SQL Azure, birleşim (join) işlevi gibi tam ilişkisel özellikleri destekler ve uygulamada kullanılan MSSQL'in bulut ortamına aktarılması için ekstra bir çabaya gerek bırakmaz.

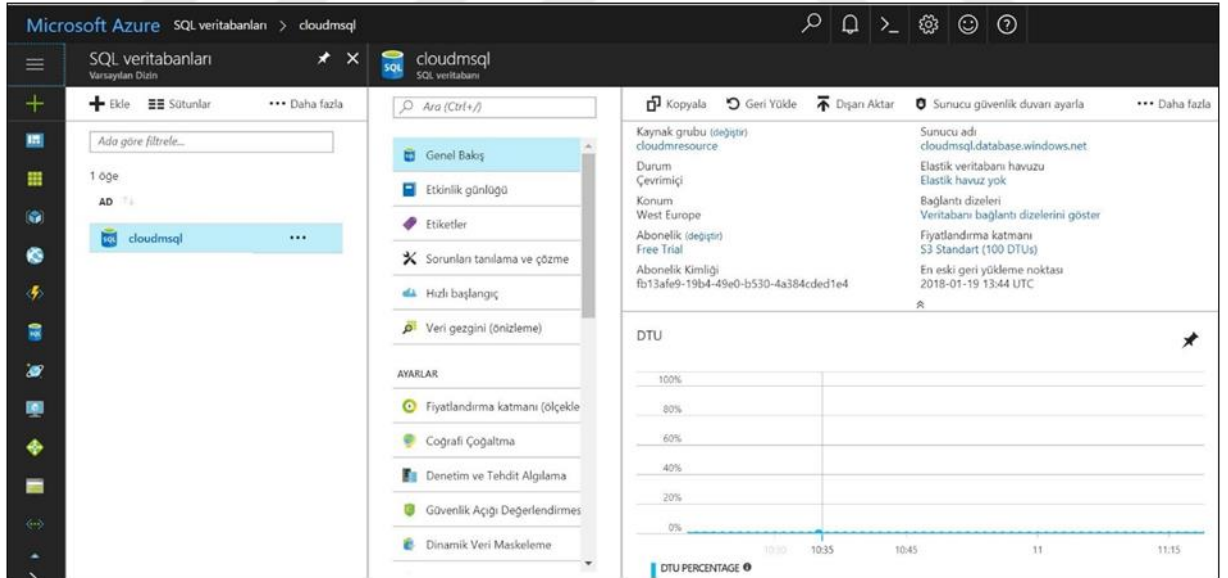
Uygulamanın yerel sunucuda çalışması için bir kütüphane bağımlılığı yoktur. Bu nedenle bulut ortamına bir kütüphane eklenmesine gerek kalmamıştır.

Kurulum ve yapılandırma için Microsoft Azure hesabı alınmıştır. Hedef bulut PaaS olduğundan; ortamlar ve platformlar Microsoft tarafından sağlanmakta ve yönetilmektedir.



Şekil 4.37 Microsoft Azure Portali

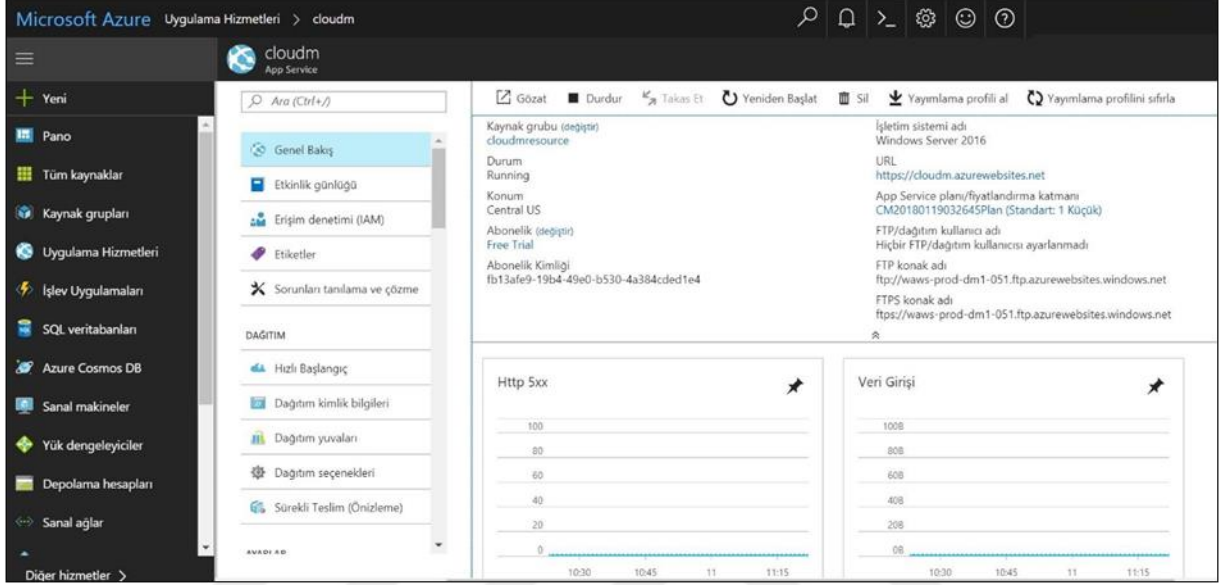
PaaS bulut ortamlarında, önce veritabanı bulut ortamına geçirilir. Yerel sunuculardan SQL Azure'ye veritabanı ve veri aktarımını sunan mevcut araçlar vardır. Bu aşamada kullanılan araç Microsoft Data Migration Assistant aracıdır (Şekil 4.36).



Şekil 4.38 Microsoft Azure SQL Veritabanı

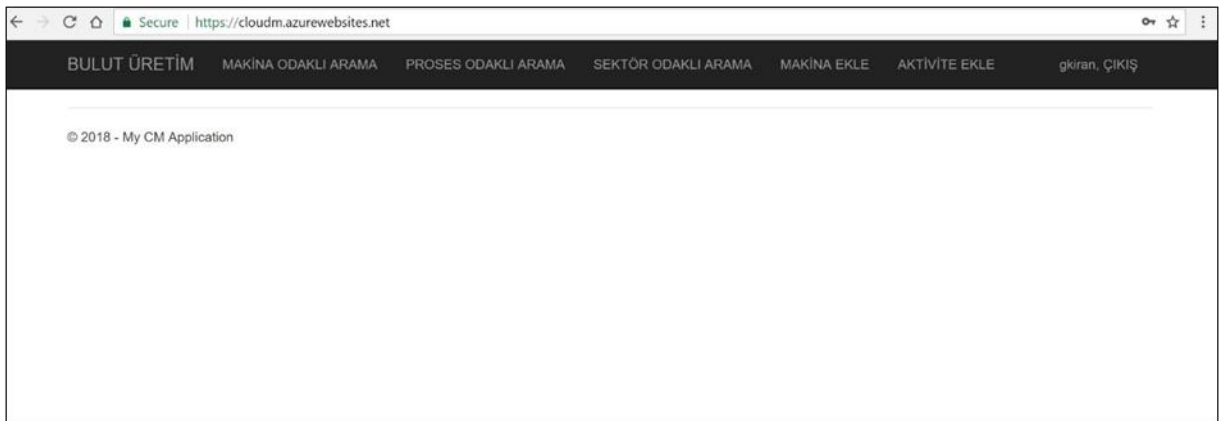
Uygulama bulut veritabanı içerisindeki veritabanıyla test edilmiştir. Yerel sunucuda bulunan uygulama ile bulutta bulunan veritabanı bağlantısı yapılmış ve uygulamanın sorunsuz çalıştığı görülmüştür (Şekil 4.37). Bu nedenle uygulamanın tamamen buluta geçirilmesine karar verilmiştir.

Uygulamanın buluta yüklenmesi için Visual Studio'ya eklenen Azure eklentisi kullanılarak mevcut kaynak koddan bir paket dosyası ve bir yapılandırma dosyası oluşturulmuştur (Şekil 4.38). Böylece forklift göç stratejisi uygulanarak; tüm uygulama bir kerede buluta taşınmıştır.



Şekil 4.39 Microsoft Azure Uygulama Hizmet Kaynağı

Uygulama buluta taşındıktan sonra gerekli testler yapılmış ve uygulamanın web ortamında sorunsuz çalıştığı görülmüştür (Şekil 4.39).



Şekil 4.40 Bulut Ortamında Bulunan Uygulama Arayüzü

## 5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bulut üretim, üretim kaynaklarının kullanımını düzenlemek için internet ve hizmet platformunu kullanan ve müşterilerin taleplerine göre hizmet sunan yeni bir hizmet odaklı üretim modudur. Bu tez; Endüstri 4.0 tanımı altında, bulut üretim kapsamında bir farkındalık sistemi oluşturarak; kaynakların tam zamanlı ve verimli kullanımı için kullanıcılara en uygun şekilde tahsis edilmesi üzerine çalışmalar içermektedir.

Çalışma kapsamında; birinci adım olarak sistem rolleri belirlenmiş, sistem gereksinimleri, müşteri gereksinimleri ve arayüz gereksinimleri çıkarılarak sistem altyapısı tanımlanmış ve sistem mimarisi oluşturulmuştur. Sistemde bulunması gereken modüller tanımlanarak iş akışları çıkarılmış ve veritabanı tasarımı yapılmıştır. Tasarlanan bulut üretimi için kolektif farkındalık sisteminde, ilgili gereksinimler ele alınarak kullanıcılar için sistemin kullanım amacına uygun bir şekilde arayüz tasarımları yapılmıştır. Analizi yapılan ve tasarlanan uygulama web tabanlı ve servis odaklı olarak gerçekleştirilerek; kolay erişim, geliştirilmiş güvenlik, hızlı yanıt verme ve kolay kullanılabilirlik avantajlarını elde etmesi için bulut ortamına yüklenmiştir. İlgili uygulama laboratuvar gereçleri ve inşaat sektörü olmak üzere iki alanda test edilmiştir. Bu uygulama; başka sektörlere uyarlanabileceği gibi, CNC makinaları gibi diğer endüstri makinalarının tahsisi için de kullanılabilir.

İkinci adım olarak; sistem davranışlarında görülen eşzamanlılık, dağınıklık ve senkronizasyonu tanımlamak için uygulamanın modülleri nesne yönelimli petri ağı ile tasarlanmıştır. Daha sonra; tüm sistem için iki model oluşturularak bu modeller veri tiplerinin tanımlanması ve sistemdeki aktiviteleri yürütmek için harcanan süreyi elde etmek için renkli petri ağı ile tasarlanmıştır. Bu iki modelin; standart davranış özellikleri hakkında bilgiler içeren durum uzay raporları çıkarılarak analiz edilen modelin olası tüm ulaşılabilir durumlarını ve tüm durum değişiklikleri elde edilmiş ve makina tahsisi için en uygun olabilecek model seçilmiştir. Seçilen modellenmiş sistem simülasyona sokularak simülasyon tabanlı performans analizi yapılmış ve replikasyon sayısı arttıkça sistemin güven aralığı açısından daha stabil hale geldiği ve daha güvenilir, sabit değerler üretmeye başladığı görülmüştür.

Öncelikli bir gelecek çalışma olarak; yazılıma, karınca koloni algoritması gibi bir algoritma eklenerek müşterilere tahsis edilecek makinaların veya hizmetlerin

optimizasyonu sağlanabilir. Bu optimizasyon çalışması ile; daha fazla üretim kaynağının kullanıcılar arasında paylaştırılması daha akıllı ve daha sistemsel olacaktır. Böylece; bazı kaynaklar sıklıkla kullanılırken bazılarındaki kullanım eksikliğinin önüne geçilmiş olunacaktır. Ayrıca, sisteme RFID teknolojisi eklenerek makinaların durumlarının ve konumlarının izlenmesi sağlanmış olacaktır.

Petri ağları ile ilgili yapılabilecek iyileştirme ise; modelde zaman kavramının daha etkili kullanılması ve müşteri sayısı ve firma sayısının sabit değil artan-azalan şekilde gelmesinin sağlanması olacaktır. Tasarlanan modeller, makinanın kullanımda olmadığı zamanları lememektedir. Yapılacak iyileştirme ile hangi makinanın, ne kadar süre boş olduğu hesaplanarak makinanın kullanım performansı ölçülebilir.



## KAYNAKLAR

1. Brettel, M., Friederichsen N., Keller M., Rosenberg M., How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: *An Industry 4.0 Perspective*, *World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering*, 8(1), **2014**.
2. Valilai, O., Houshmand, M., A collaborative and integrated platform to support distributed Manufacturing system using a service-oriented approach based on cloud computing paradigm, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 29(1), 110-127, **2013**.
3. Laili Y., Tao F., Zhang L., A study of optimal allocation of computing resources in cloud manufacturing systems, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 63, 671–690, **2012**.
4. Valilai O.F., Houshmand M., Depicting additive manufacturing from a global perspective; using Cloud manufacturing paradigm for integration and collaboration, **2014**.
5. Huang B., Li C., Yin C., Cloud manufacturing service platform for small-and medium-sized enterprises, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 65, 1261–1272, **2013**.
6. Zhang L, Luo Y, Tao F, Ren L, Guo H., Cloud Manufacturing: a new manufacturing paradigm, *Enterprise Information Systems*, 8:2, 167-187, **2014**.
7. Xu X., From cloud computing to cloud manufacturing. *Robotics and Computer Integrated Manufacturing Systems*, **2011**.
8. Gubbi J., Buyya R., Marusic S., Internet of Things (IoT): A Vision, Architectural Elements, and Future Directions.
9. Tao F, Zhang L, Venkatesh VC, Luo Y, Cheng Y. Cloud manufacturing: a computing and service-oriented manufacturing model, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 225(10):1969–76, **2011**.
10. Yeboah-Boateng E.O., Essandoh K.A., Cloud Computing: The Level of Awareness Amongst Small & Medium-sized Enterprises (SMEs) in Developing Economies, *Journal of Emerging Trends in Computing and Information Sciences*, 4(11), **2013**.

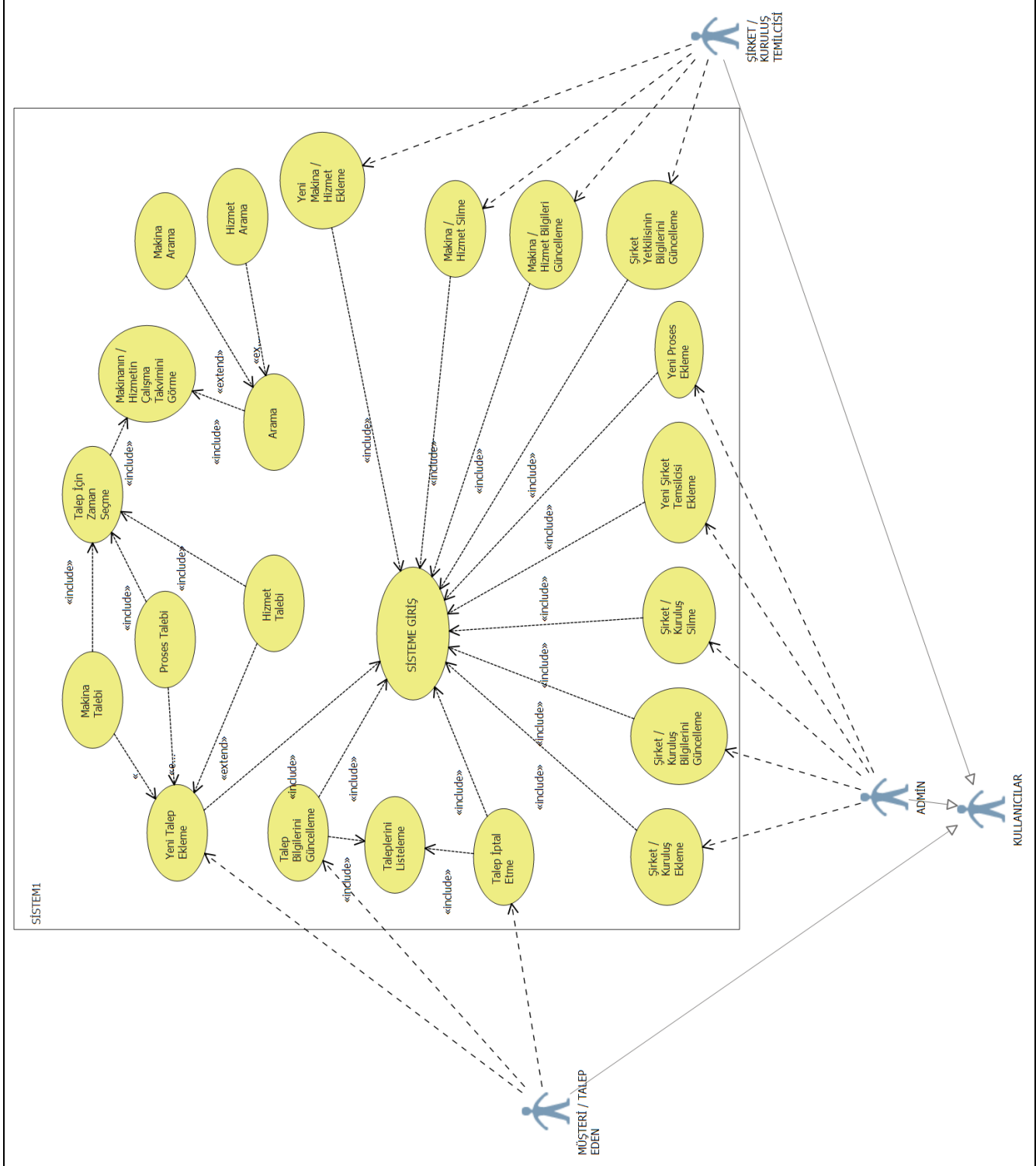
11. Mell, P., Grance, T., The NIST definition of cloud computing, *National Institute of Standards and Technology, U.S. Department of Commerce*, **2011**, <http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-145/SP800-145.pdf>
12. Mohlameane M., Ruxwana N., The Awareness of Cloud Computing: A Case Study of South African SMEs, *International Journal of Trade, Economics and Finance*, 5(1), **2014**.
13. Unnamalai V.E., Thresphine J.R., Service-Oriented Architecture for Cloud Computing, *International Journal of Computer Science and Information Technologies*, 5(1), 251-255, **2014**.
14. Anonim, Bulut Bilişim, [https://tr.wikipedia.org/wiki/Bulut\\_bilisim](https://tr.wikipedia.org/wiki/Bulut_bilisim) (Mart 2017)
15. Li B.H., Zhang L., Wang S.L., Tao F., Cao J.W, Jiang X.D., Cloud manufacturing: a new service-oriented networked manufacturing model, *Computer Integrated Manufacturing Systems*, 16(1), 1–7, **2010**.
16. Helo P., Suorsa M., Hao Y., Toward a cloud-based manufacturing execution system for distribution manufacturing ,*Computers in Industry*, 65, 646–656, **2014**.
17. Rajagopalan S, Pinilla JM, Losleben P, Tian Q, Gupta SK. Integrated design and rapid manufacturing over the Internet, *Proceedings of IEEE transactions on automation science and engineering*, **1998**.
18. Wu D., Greer M.J., Rosen D.W., Cloud Manufacturing: Strategic vision and state-of-the-art, *Journal of Manufacturing Systems*, **2013**.
19. Yin Y., Zhou Z., Chen Y., Long Y., Information service of the resource node in a manufacturing grid environment, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, **2008**.
20. Wang X.V., Xu X.W., An interoperable solution for cloud manufacturing, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 29, 232–247, **2013**.
21. Chafkin M., The Future of Manufacturing, <http://www.inc.com/magazine/20091001/the-future-of-manufacturing.html> (Aralık 2017)
22. Anonim, All together now, <http://www.economist.com/node/21552902> (Aralık 2017)
23. Meier M., Seidelmann J., Mezgár I., ManuCloud: the next-generation manufacturing as a service environment. European Research Consortium for Informatics and Mathematics News 2010;83:33–4.

24. Shi S., Mo R., Yang H., Chang Z., Chen Z., An implementation of modeling resource in a manufacturing grid for resource sharing, *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 20, 169–77, **2007**.
25. Tao F., Cheng Y., Zhang L., Zhao D., Utility modeling, equilibrium and collaboration of resource service transaction in service-oriented manufacturing system, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part B Journal of Engineering Manufacture*, **2012**.
26. Tao F., Guo H., Zhang L., Cheng Y. (2012) Modelling of combinable relationship-based composition service network and theoretical proof of its scale-free characteristics, *Enterprise Information System*, **2012**.
27. Wu D., Greer M.J., Rosen D.W., Schaefer D., Cloud manufacturing: drivers, current status, and future trends, *Proceedings of the ASME 2013 international manufacturing science and engineering conference (MSEC13)*, MSEC2013-1106, **2013**.
28. Ding B., Tu XY., Sun LJ., A cloud-based collaborative manufacturing resource sharing services, *Information Technology Journal*, 11, 1258–64, **2012**.
29. Zhang L., Luo Y., Tao F., Ren L., Guo H., Key Technologies for the construction of manufacturing cloud, *Jisuanji Jicheng Zhizao Xitong/Computer Integrated Manufacturing Systems*, 16(11), 2510–2520, **2010**.
30. Shi S., Mo R., Yang H., Chang Z., Chen Z., An implementation of modeling resource in a manufacturing grid for resource sharing, *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 20, 169–77, **2007**.
31. Valilai O.F., Houshmand M., A platform for optimisation in distributed manufacturing enterprises based on cloud manufacturing paradigm, *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 27(11), 1031-1054 , **2014**.
32. Lei W., Resource virtualization model in cloud manufacturing, *Advanced Materials Research*, 143,1250–1253, **2011**.
33. Hao Q., Shen W., Wang L., Towards a cooperative distributed manufacturing management framework, *Computers in Industry*, 56(1), 71–84, **2005**.
34. Liu N., Li X., Granulation-based resource classification in Cloud Manufacturing, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 229(7), 1258-1270, **2015**.
35. Tao F., Zuo Y., Xu L.D., Zhang L., IoT-Based Intelligent Perception and Access of Manufacturing Resource Toward Cloud Manufacturing, *IEEE Transactions On Industrial Informatics*, 10(2), **2014**.

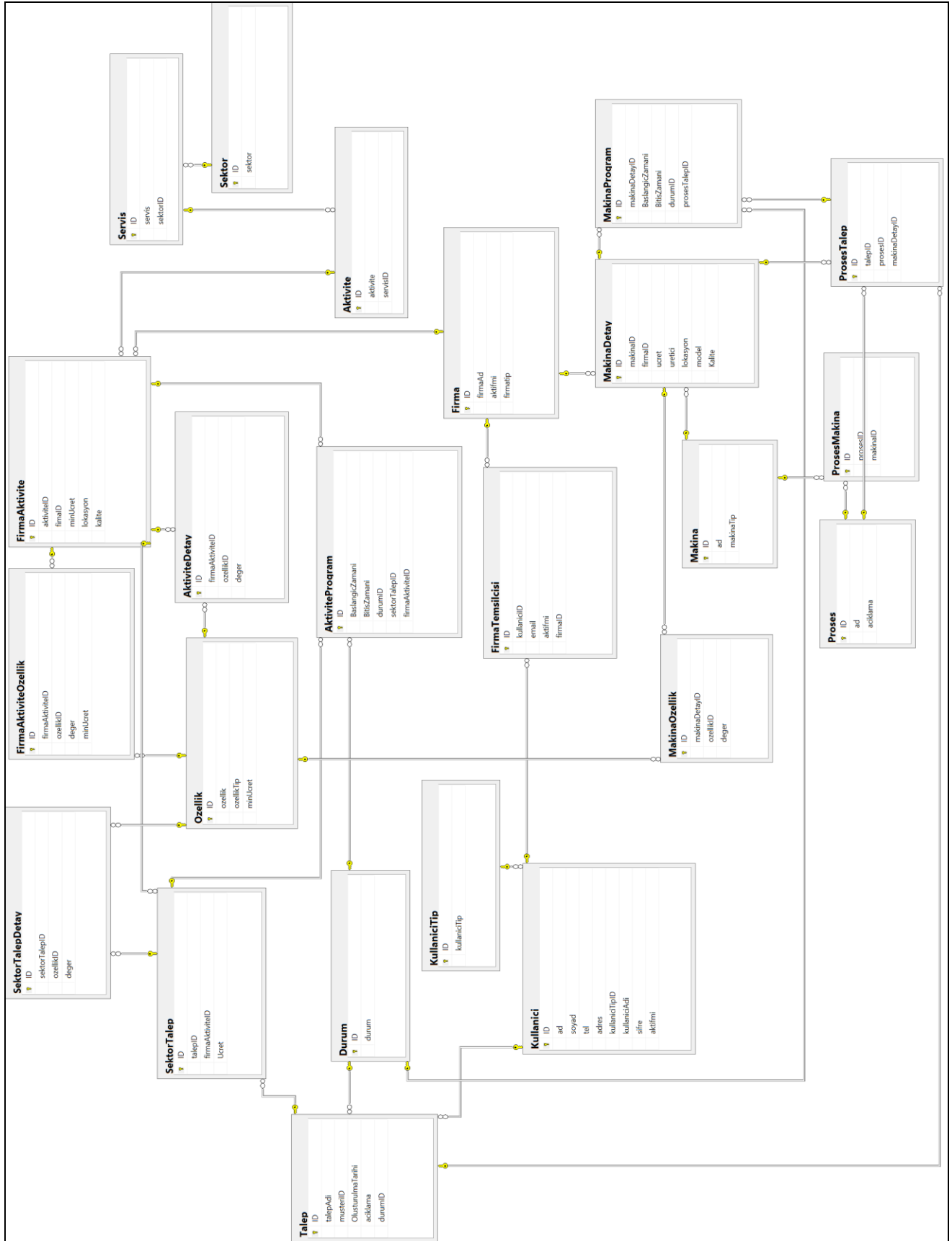
36. Lavie J., James A., Jerry D., *The Warehouse Management Handbook*, 2. Baskı, Tompkins Press, **1998**.
37. Liu N., Li X., A Resource Virtualization Mechanism for Cloud Manufacturing Systems, *Enterprise Interoperability*, 46-59, **2012**.
38. Industrie 4.0 Working Group, Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0, **2013**.
39. Radziwon A., Bilberg A., Bogers M., Madsen, E. S., The SmartFactory: Exploring Adaptive and Flexible Manufacturing Solutions, *Procedia Engineering*, 69, 1184–1190, **2014**.
40. Lee J., Kao H., Yang S., Service innovation and smart analytics for Industry 4.0 and big data environment, *Procedia CIRP*, 16, 3 – 8, **2014**.
41. Banger G., IoT, <http://www.duyguguncesi.net/sunular/E40.pdf> (Ocak 2018)
42. Yu, C., Xu, X., and Lu, Y., Cyber-Physical Systems and Cloud Manufacturing Concepts and Relationships, *Computer-Integrated Manufacturing*, 6, 5–9, **2015**.
43. Liu Y., Xu X., Industry 4.0 and Cloud Manufacturing: A Comparative Analysis, *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 139(3), 034701, **2016**.
44. Murata T., Petri Nets: Properties, Analysis and Applications, *Proceedings of the IEEE*, 77(4), **1989**.
45. Lopez-Grao J.P., Colom J.M., The Resource Allocation Problem in Software Applications: A Petri Net Perspective, *Transactions on Petri Nets and Other Models of Concurrency V. Lecture Notes in Computer Science*, 6900, **2012**.
46. Tran V., Keung J., Liu A., Application Migration to Cloud: A Taxonomy of Critical Factors, *SEACLOUD '11*, **2011**.
47. Varia J., Migrating your existing applications to the AWS Cloud, **2010**.
48. Jensen K., Kristensen L. M., Wells L., Coloured Petri Nets and CPN Tools for modelling and validation of concurrent systems, *The International Journal on Software Tools for Technology Transfer*, 9, 213–254, **2007**.
49. Wells L., Performance Analysis using CPN Tools, *Proceedings of the 1st international conference on Performance evaluation methodologies and tools*, 59 **2006**.
50. <http://www.gnuplot.info> (Şubat 2018)

## Ekler

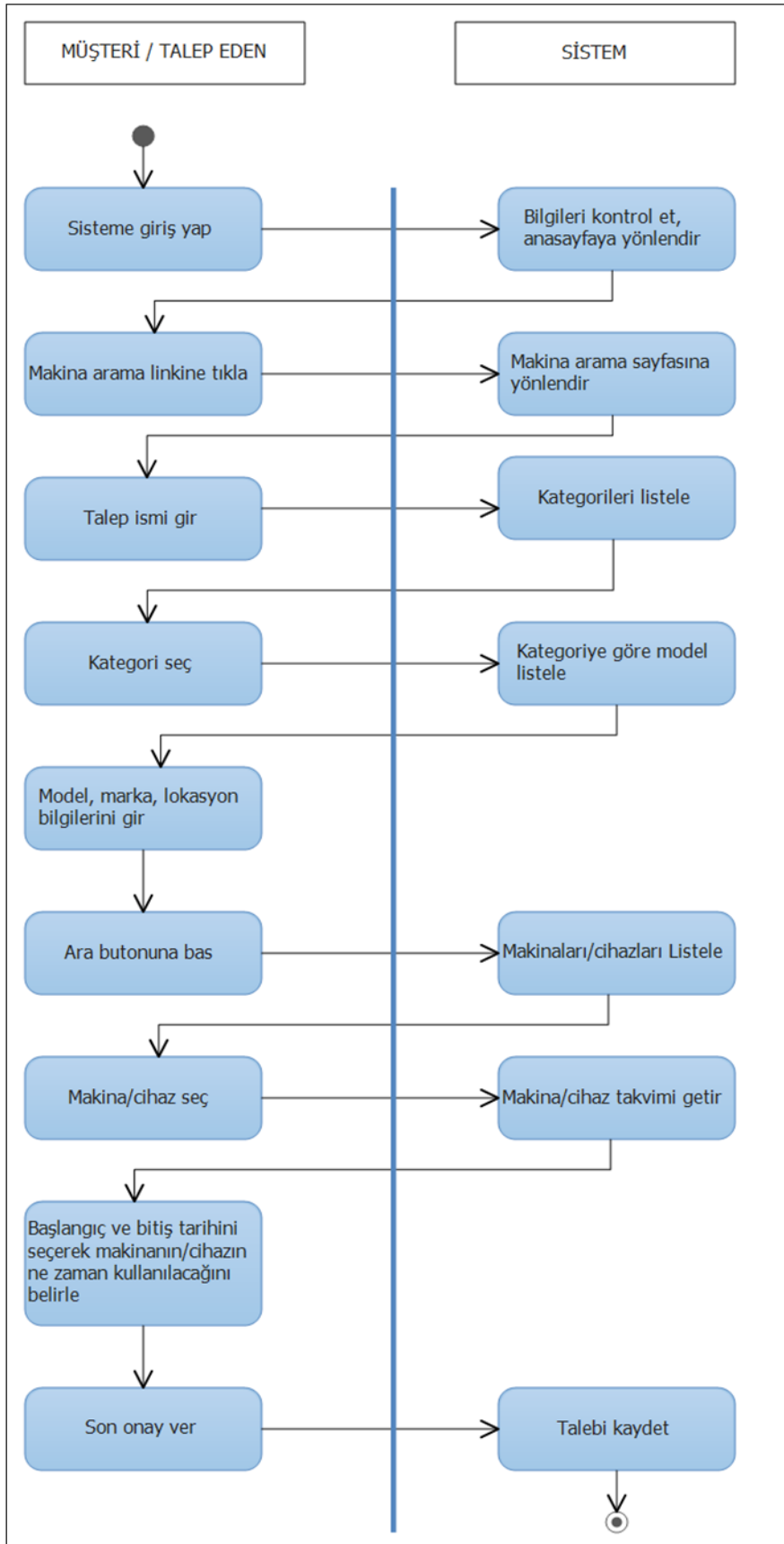
Ek 1: Sistem Kullanım Senaryosu Diyagramı



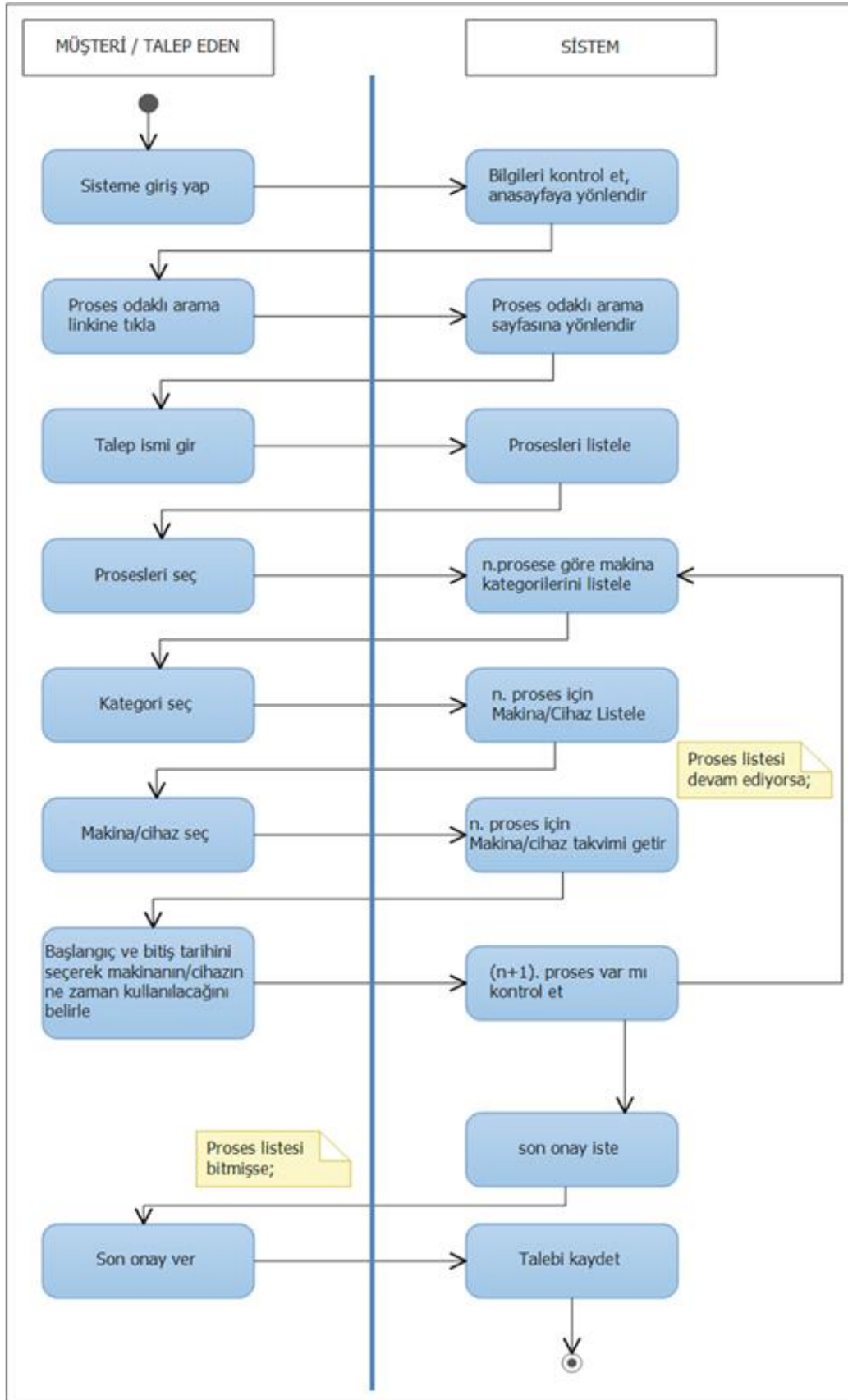
## Ek 2: Veritabanı Diyagramı



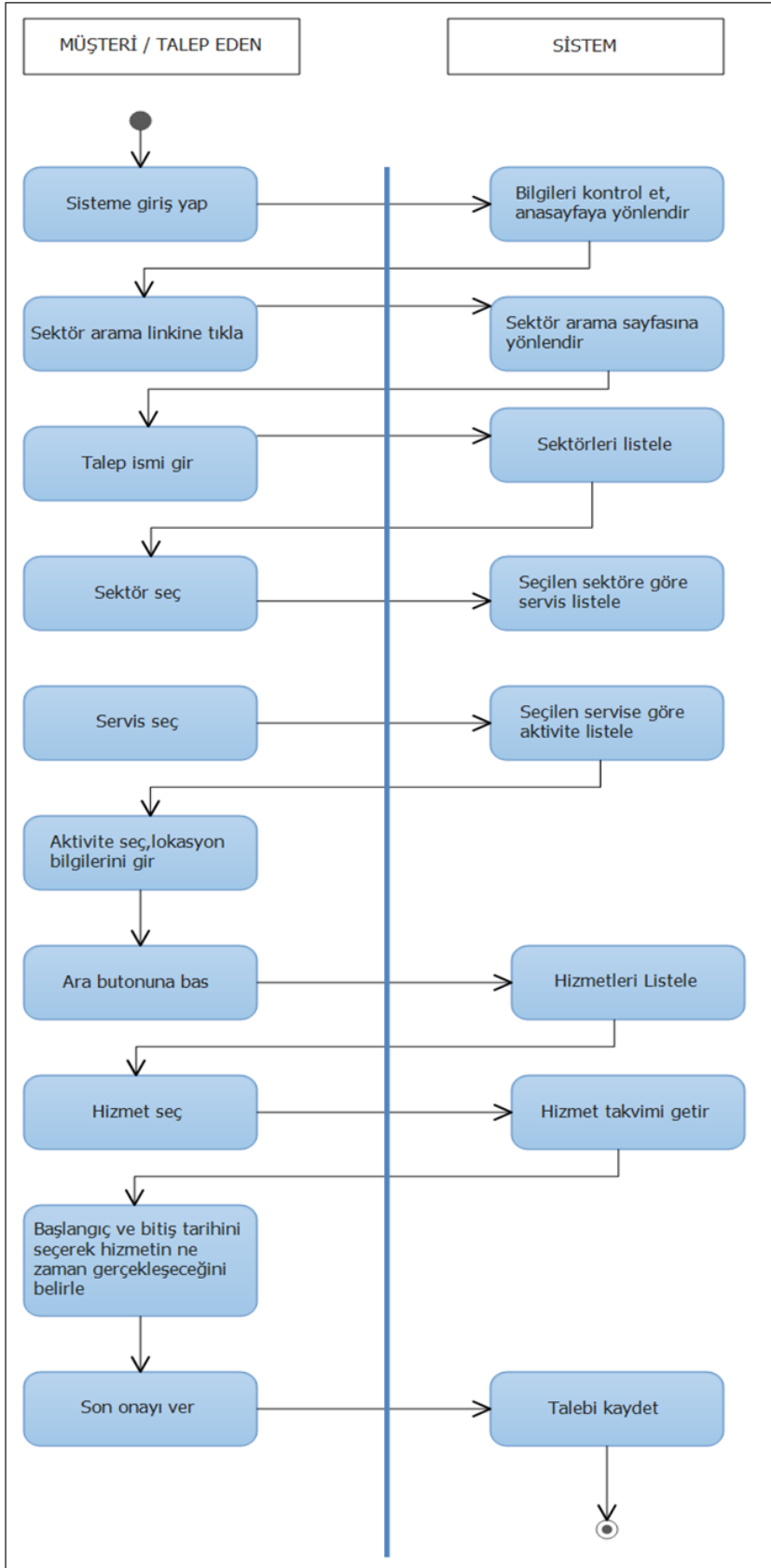
### Ek 3: Makina Seçimi Aktivite Diyagramı



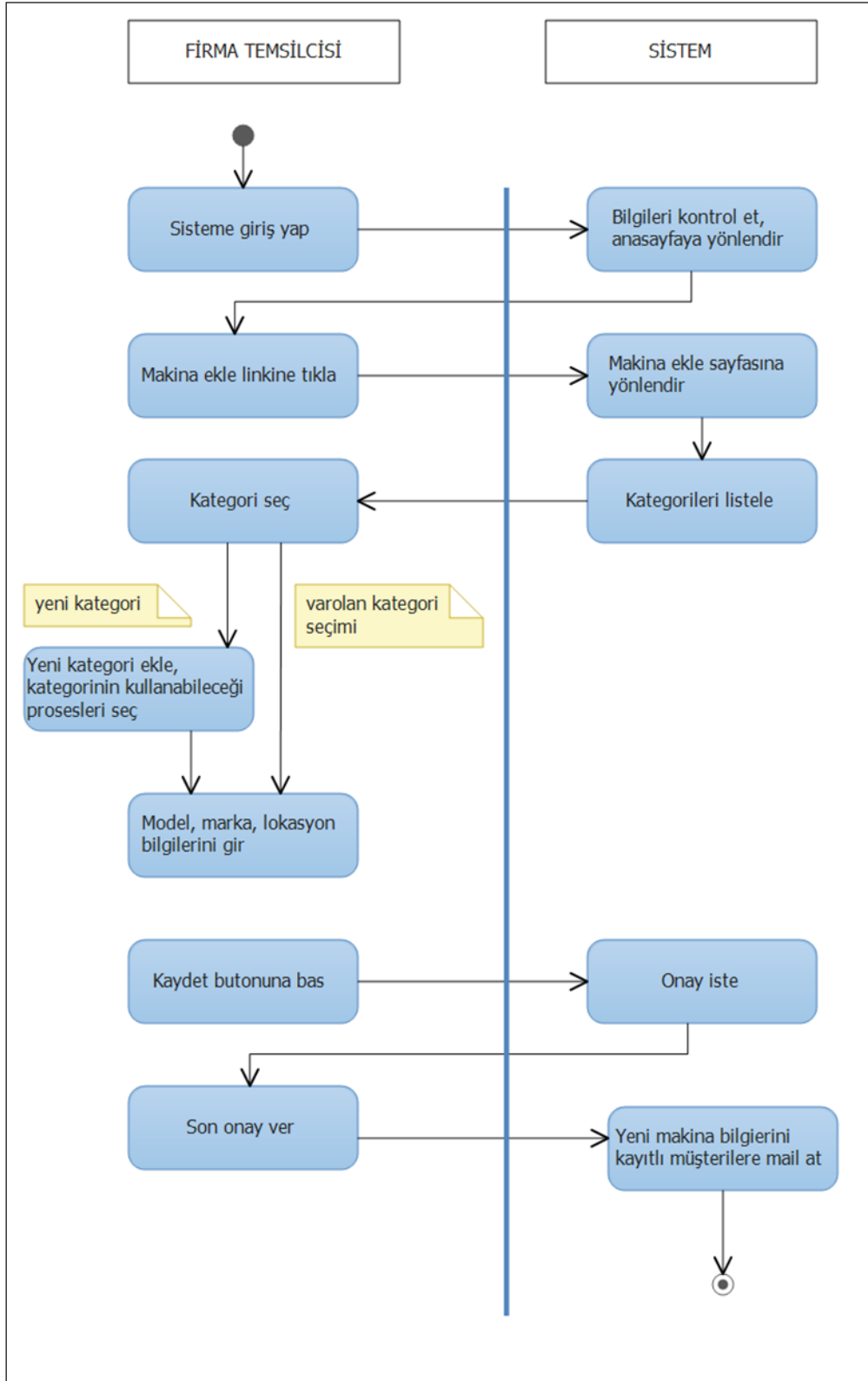
#### Ek 4: Proses Seçimi Aktivite Diyagramı



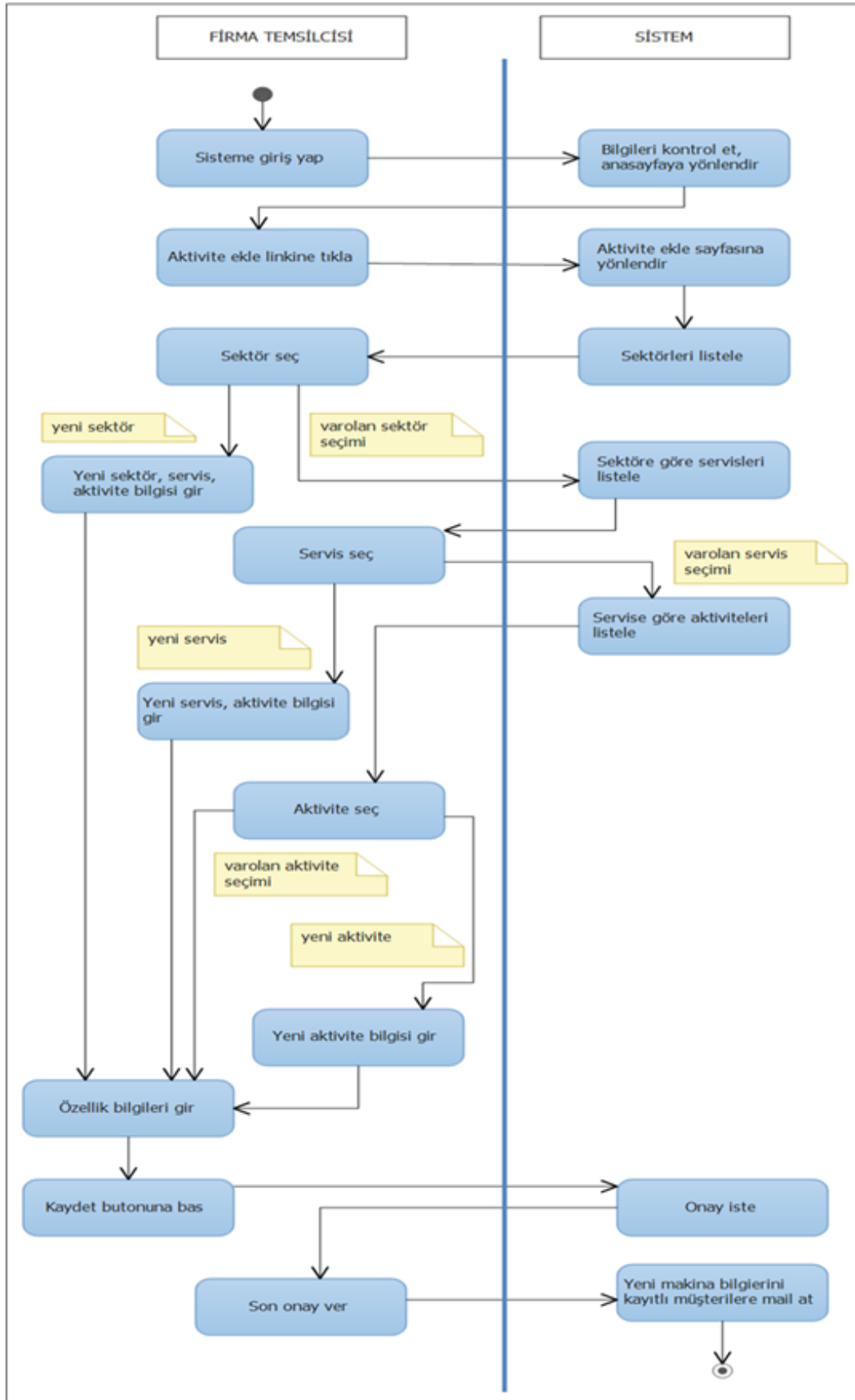
## Ek 5: Aktivite Seçimi Aktivite Diyagramı



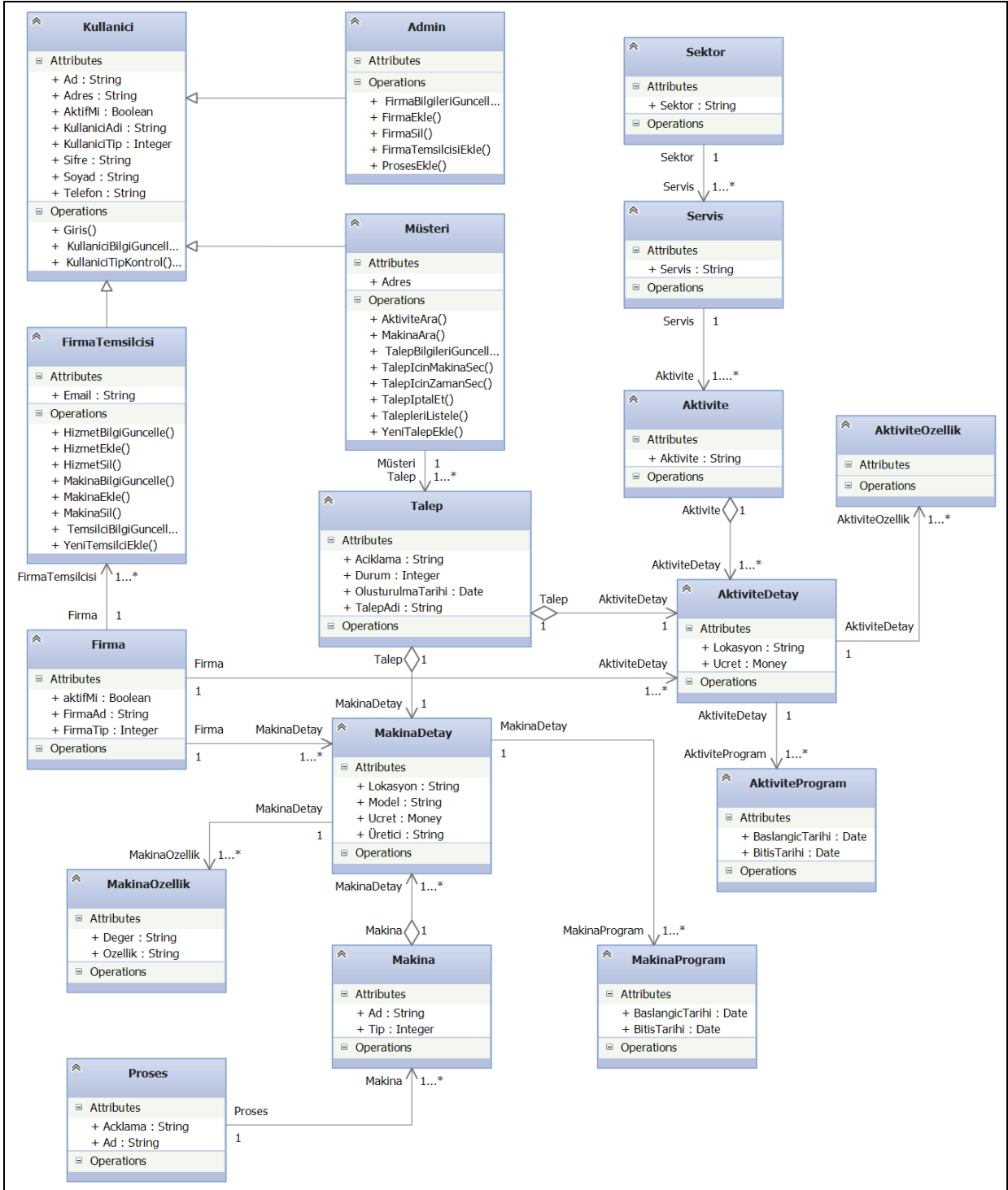
## Ek 6: Makina Ekleme Aktivite Diyagramı



## Ek 7: Aktivite Ekleme Aktivite Diyagramı



### Ek 7 : Sınıf Diyagramı



## ÖZGEÇMİŞ

### Kimlik Bilgileri

Adı Soyadı : Gözde KIRAN

Doğum Yeri : ANKARA

Medeni Hali : Bekar

E-posta : gozde.kiran@gmail.com

### Eğitim

Lise : Ankara Atatürk Lisesi

Lisans : Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi - Bilgisayar Mühendisliği  
Anadolu Üniversitesi İşletme Fakültesi - İşletme

Yüksek Lisans : Hacettepe Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

### Yabancı Dil ve Düzeyi

İngilizce, Advanced

### İş Deneyimi

2015 - ... : Türk Standardları Enstitüsü (Uzman Yardımcısı) - Ankara

2013 - 2015 : Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü (Bilgisayar Mühendisi) - Ankara

### Deneyim Alanları

Veritabanı Yöneticiliği, Veri Madenciliği, İş Zekası, İş Analistliği

**Tezden Üretilmiş Projeler ve Bütçesi : -**

**Tezden Üretilmiş Yayınlar : -**

**Tezden Üretilmiş Tebliğ ve/veya Poster Sunumu İle Katıldığı Toplantılar : -**



**HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**YÜKSEK LİSANS/DOKTORA TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU**

**HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**  
**ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA**

Tarih:04/06/2018

Tez Başlığı / Konusu: Bulut Üretim İçin Endüstri 4.0'da Bir Kolektif Farkındalık Sistemi

Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 91 sayfalık kısmına ilişkin, 04/06/2018 tarihinde tez danışmanım tarafından *Turnitin* adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 1 'dir.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1- Kaynakça hariç
- 2- Alıntılar dâhil
- 3- 5 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

04.06.2018  
Tarih ve İmza

Adı Soyadı: Güzde Kıran  
Öğrenci No: N14125864  
Anabilim Dalı: Endüstri Mühendisliği  
Programı: Endüstri Mühendisliği  
Statüsü: ☒ Y.Lisans ☐ Doktora ☐ Bütünleşik Dr.

**DANIŞMAN ONAYI**

UYGUNDUR.

Prof. Dr. Murat Caner TESTİK  
(Unvan, Ad Soyad, İmza)



**HACETTEPE UNIVERSITY  
GRADUATE SCHOOL OF SCIENCE AND ENGINEERING  
THESIS/DISSERTATION ORIGINALITY REPORT**

**HACETTEPE UNIVERSITY  
GRADUATE SCHOOL OF SCIENCE AND ENGINEERING  
TO THE DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING**

Date: 04/06/2018

Thesis Title / Topic: A Collective Awareness System for Cloud Manufacturing in Industry 4.0

According to the originality report obtained by my thesis advisor by using the *Turnitin* plagiarism detection software and by applying the filtering options stated below on 04/06/2018 for the total of 91 pages including the a) Title Page, b) Introduction, c) Main Chapters, d) Conclusion sections of my thesis entitled as above, the similarity index of my thesis is 1 %.

Filtering options applied:

1. Bibliography/Works Cited excluded
2. Quotes included
3. Match size up to 5 words excluded

I declare that I have carefully read Hacettepe University Graduate School of Science and Engineering Guidelines for Obtaining and Using Thesis Originality Reports; that according to the maximum similarity index values specified in the Guidelines, my thesis does not include any form of plagiarism; that in any future detection of possible infringement of the regulations I accept all legal responsibility; and that all the information I have provided is correct to the best of my knowledge.

I respectfully submit this for approval.

04.06.2018  
Date and Signature

Name Surname: G zde Kiran  
Student No: N14125864  
Department: Industrial Engineering  
Program: Industrial Engineering  
Status: ☒ Masters ☐ Ph.D. ☐ Integrated Ph.D.

**ADVISOR APPROVAL**

APPROVED.

Prof. Dr. Murat Caner TESTİK

(Title, Name Surname, Signature)