



**T.C.**  
**KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



**İÇ ORTAMLARDA İNSAN-ROBOT**  
**ETKİLEŞİMİ**

**Süleyman DEMİR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Haziran-2019**  
**KONYA**  
**Her Hakkı Saklıdır**

## TEZ KABUL VE ONAYI

Süleyman DEMİR tarafından hazırlanan “İç Ortamlarda İnsan-Robot Etkileşimi” adlı tez çalışması 22/07/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

#### Başkan

Dr. Öğr. Üyesi Murat KÖKLÜ

#### Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Akif DURDU

#### Üye

Dr. Öğr. Üyesi Hakan TERZİOĞLU

### İmza



Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Hakan KARABÖRK  
Enstitü Müdürü

**TEZ BİLDİRİMİ**

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

**DECLARATION PAGE**

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Süleyman Demirel

Öğrencinin Adı SOYADI

Tarih: 29.08.2019



**ÖZET****YÜKSEK LİSANS TEZİ****İÇ ORTAMLARDA İNSAN-ROBOT ETKİLEŞİMİ****Süleyman DEMİR****Konya Teknik Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü  
Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı****Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Akif DURDU  
2019, 118 Sayfa**

Bu tez çalışmasında robotik alanında tasarlanan İnsan-Robot Etkileşimine (İRE) diyalog kurma ve geliştirme konusunda etkili çözümler üreten üç model önerilmiştir. Robotların iç ortamlarda insanlarla birlikte çalışması veya insanları bilgilendirmesi amacıyla kullanılmak istendiğinde karşılaşılan ilk problemin insan robot arasındaki diyalogun nasıl geliştirilmesi gerektiği ve etkili diyalogun nasıl sağlanması gerektiğidir. Bu amaçla İRE alanındaki çalışmalar incelenmiş ve kullanılan yöntemler araştırılmıştır. Bu çalışmalardan esinlenilerek, İRE alanında, robotik sistemlerde kullanılabilecek diyalog modelleri üzerinde geliştirmeler yapılmıştır. Farklı diyalog modelleri için sonlu durum makinesi, içerikten bağımsız gramer yöntemlerinden faydalanılmıştır. Bu kapsamda sonlu durum makineleri ve içerikten bağımsız gramer yöntemleri incelenmiştir. Bu yöntemlerle diyalog modellemeleri geliştirilmiştir. Gerçekleştirilen bu diyalog modelleri gerçek zamanlı olarak robot üzerinde denenmiştir. Önerilen modellerde görüntü işleme ve ses işleme algoritmaları ile insan robot arasında interaktif etkileşimi sağlayan araçlar kullanılmıştır.

İRE ile alakalı iki adet deney ortamı oluşturulmuştur. İlk deneyde robot insanı bulduğu zaman kafasıyla karşısındaki insanın yüz hareketlerini taklit ederek kafa takibini başlatıyor. Robot başlangıç durumunda karşısındaki insandan etkileşim beklemektedir. Eğer robotun karşısındaki insan robotla belirlenen süre içerisinde etkileşime geçmez ise robot karşısındaki insana kendisini nasıl kullanmasını anlatarak etkileşimi başlatıyor. İnsan etkileşime geçer ise robot sorulan soruları yanıtlamaktadır. Etkileşim robotu programlayan programcının belirlediği Sonlu Durum Makinesine (SDM) göre tamamlanıyor. Üç farklı SDM önerilmiştir. Bunlar “İnsan kontrol modeli”, “Kafa takip modeli” ve “Robot gözünden kontrol modeli” olarak adlandırılmaktadır. Oluşturulan iki deney ortamı önerilen üç model ile çaprazlanarak altı deney beş tekrar ile gerçekleştirilmiştir.

Yapılan deneylerde SDM modelleri arasında başarılı etkileşimler belirlenmiş. En uygun model tespit edilmiştir. İleride yapılacak çalışmalarda insanların yaş, cinsiyet ve duygu analizi yapılarak bu oranın daha da artırılması hedeflenmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Diyalog Yönetimi, İçerikten Bağımsız Gramer, İnsan-Robot Etkileşimi, Sonlu Durum Makinesi

**ABSTRACT****MS THESIS****HUMAN-ROBOT INTERACTION IN INDOOR****Süleyman DEMİR****Konya Technical University  
Institute of Graduate Studies  
Department of Electrical and Electronics Engineering****Advisor: Asst. Prof. Dr. Akif DURDU****2019, 118 Pages**

During the preparation of this thesis, the studies in the field of HRI were examined and the methods used were investigated. Inspired by these studies, dialogue models that can be used in robotic systems have been studied in the field of HRI. In this thesis, finite state machine and content independent grammar methods are used for different dialogue models. In this context, finite state machines and content free grammar methods were examined. Dialogue modeling was developed with these methods. These dialogue models were tested in real time on the robot. There are many stages in applications. For each application, firstly image processing techniques were used, then the following systems were used, such as speech detection systems.

Two experimental areas related to HRI were created. In the first experiment, when the robot finds the human, he starts to follow the head by mimicking the facial movements of the human being. In the initial state, the robot expects interaction from the other person. If the person in front of the robot does not interact with the robot within the specified time period, it starts the interaction by telling the person in front of the robot how to use itself. If the human interacts, the robot answers the questions asked by human. The interaction is completed according to the Finite State Machine (FSM) specified by the programmer who programming the robot. Three different FSM have been proposed. These models are called "Human control model", "Head tracking model" and "Robot eye control model". The two experimental media were crossed with the proposed three models and six experiments were performed with a total of five replicates. In the experiments, successful interactions between FSM models were determined. The most suitable model was determined. In the future studies, it is aimed to increase this ratio even more by analyzing the age, gender and emotion of the people.

**Keywords:** Content Free Grammar, Dialog Management, Finite State Machines, Human Robot Interaction

## ÖNSÖZ

Tez çalışmam sırasında ve hayatımın her anında, yardımlarını ve anlayışını esirgemeyerek bana sabırla destek veren ve bu günlere gelmemi borçlu olduğum aileme, eşime, içinde yer aldığım AKINROBOTICS ailesine ve Dr. Özgür Akın'a teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışmama katkıda bulunan danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Akif DURDU 'ya teşekkürlerimi sunuyorum.

Süleyman DEMİR  
KONYA-2019



## İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET .....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>iv</b>
<b>ÖNSÖZ .....</b>	<b>v</b>
<b>İÇİNDEKİLER .....</b>	<b>vi</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR .....</b>	<b>viii</b>
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1. Tezin Amacı.....	2
1.2. Tezin Önemi .....	4
1.3. Tezin Organizasyonu .....	6
<b>2. KAYNAK ARAŞTIRMASI .....</b>	<b>7</b>
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>	<b>16</b>
3.1. İnsansı Robot Tanımı.....	16
3.2. Sosyal Robot Tanımı .....	16
3.2.1. Görme ve insan tanıma .....	17
3.2.2. Duyma.....	18
3.2.3. Konuşma .....	18
3.2.4. Gövde ekranı.....	18
3.2.5. Robotun Kafası .....	19
3.2.6. Yürüme ve Kollar .....	19
3.2.7. Sensörler .....	20
3.2.8. İç ortamlarda navigasyon.....	21
3.2.9. MİNİ ADA Robotunun yetenekleri .....	21
3.3. Sosyal Robotlarla Etkileşim.....	22
3.4. Kullanılabilirlik.....	24
3.5. Robotların Görevleri .....	31
3.6. Robotlarla İletişim .....	32
3.7. Davranış Tabanlı Sistem Mimarisi .....	33
3.9. İçerikten Bağımsız Gramer (İBG) .....	34
3.10. Ses Algılama ve sentezleme .....	35
3.10.1. Ses fonemleri .....	35
3.10.2. Ses algılama .....	37
3.10.3. Ses Sentezleme .....	43
3.11. Sonlu Durum Makineleri .....	43
3.12. Diyalog Yönetim Teknikleri.....	44
3.13.1. Sonlu durum tabanlı sistemler .....	44
3.13.2. Çerçeve tabanlı sistemler .....	46
3.13.3. Plan tabanlı sistemler .....	47
<b>4. TEST VE UYGULAMA.....</b>	<b>49</b>

4.1. Mini Ada .....	49
4.2. Robot İşletim Sistemi (AROS) .....	50
4.2.1. ARGUI.....	50
4.2.2. ARCORE .....	51
4.2.3. ARCONTROL .....	52
4.2.4. ROBOLIZA .....	52
4.2.5. ARDESIGNER ve ARINTERFACE .....	53
4.2.6. AREMBEDDED .....	54
4.3. İRE'nde SDM Modelleri .....	55
4.3.1. İnsan Kontrollü SDM Modeli .....	55
4.3.2. Kafa Takipli İnsan Kontrol SDM Modeli.....	67
4.3.3. Robot Gözünden Kafa Takipli İnsan Kontrol SDM Modeli.....	83
<b>5. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....</b>	<b>97</b>
5.1. Deney 1 .....	97
5.1.1. İnsan kontrol SDM modeli deney 1 sonuçlar .....	98
5.1.2. Kafa takip modeli deney 1 sonuçlar .....	99
5.1.3. Robot gözünden kontrol modeli deney 1 sonuçlar .....	102
5.2. Deney 2 .....	104
5.2.1. İnsan Kontrol Modeli Deney 2 Sonuçlar .....	104
5.2.2. Kafa Takip Modeli Deney 2 Sonuçlar .....	106
5.2.3. Robot Gözünden kontrol Modeli Deney 2 Sonuçlar .....	108
<b>6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....</b>	<b>111</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>115</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>119</b>



## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

<b>kg</b>	: kilogram
<b>cm</b>	: santimetre
<b>m</b>	: metre
<b>s</b>	: saniye

### Kısaltmalar

<b>İRE</b>	: İnsan Robot Etkileşimi
<b>İBE</b>	: İnsan Bilgisayar Etkileşimi
<b>İME</b>	: İnsan Makine Etkileşimi
<b>İİE</b>	: İnsan-İnsan Etkileşimi
<b>SDM</b>	: Sonlu Durum Makinesi
<b>İSDM</b>	: İkili Sonlu Durum Makinesi
<b>İBG</b>	: İçerikten Bağımsız Gramer
<b>OTK</b>	: Otomatik Konuşma Tanıma
<b>DYS</b>	: Diyalog Yönetici Sistem
<b>ABD</b>	: Amerika Birleşik Devletleri
<b>ARGE</b>	: Araştırma ve Geliştirme
<b>KDS</b>	: Konuşma Diyalog Sistemi
<b>YİÖ</b>	: Yerel İkili Örüntü
<b>YGiÖ</b>	: Yerel Gabor İkili Örüntü
<b>AROS</b>	: Akınrobotics İşletim Sistemi
<b>İKM</b>	: İnsan Kontrol Modeli
<b>KTİKM</b>	: Kafa Takipli İnsan Kontrol Modeli
<b>RGKTİKM</b>	: Robotun Gözünden Kafa Takipli İnsan Kontrol Modeli
<b>USB</b>	: Universal Serial Bus
<b>CUDA</b>	: Parallel Computing Platform
<b>ID</b>	: Identity
<b>FIFO</b>	: First In First Out
<b>HRI</b>	: Human Robot Interaction
<b>MHz</b>	: Mega Hertz
<b>Lidar</b>	: Light Detection and Ranging
<b>CPU</b>	: Central Processing Unit
<b>GPU</b>	: Graphics Processing Unit
<b>CFG</b>	: Context Free Grammar
<b>FSM</b>	: Finite State Machine
<b>RF</b>	: Radio Frequency
<b>FPGA</b>	: Field Programmable Gate Array
<b>ARM</b>	: Advanced RISC Machine
<b>RGB-D</b>	: Red Green Blue-Depth
<b>fps</b>	: Frame per second
<b>GPS</b>	: Global Positioning System
<b>2D</b>	: Two Dimension
<b>ISC</b>	: Internal Spiral Coverage
<b>WLAN</b>	: Wireless Local Area Network
<b>TTS</b>	: Text to Speech

<b>ASR</b>	: Automated Speech Recognition
<b>ITR</b>	: Interactive Text Response
<b>DM</b>	: Dialog Manager
<b>DS</b>	: Dialog Systems
<b>SDS</b>	: Spoken Dialogue System
<b>ROS</b>	: Robotics Operation System
<b>LED</b>	: Light Emitted Diode
<b>VDr</b>	: Sanal Doktor
<b>SLAM</b>	: Simultaneous Localization and Mapping
<b>ARGUI</b>	: Akınrobotics Kullanıcı Ara yüz Yazılımı
<b>ARCONTROL</b>	: Akınrobotics Kontrol Yazılımı
<b>ARCORE</b>	: Akınrobotics Çekirdek Yazılımı
<b>ARDESIGNER</b>	: Akınrobotics Tasarım Yazılımı
<b>ARINTERFACE</b>	: Akınrobotics Ara yüz Yazılımı



## 1. GİRİŞ

Sosyal robotların, insanlarla robotlar arasında doğal ve sezgisel iletişimi için modeller oluşturulması literatürde çalışılan güncel bir konudur. İRE, insan kullanımı için robotların analizi, tasarımı, modellenmesi, uygulanması ve değerlendirilmesiyle ilgilidir. İRE, sosyal bilişim, insan faktörleri, bilişsel bilim ve kullanışlılık kavramlarını robot teknolojisinin tasarımı ile geliştirilmesine entegre etme gereksinimini ele alan disiplinler arası bir çabayı temsil eder. Bu alan, sosyal robotların görevlendirilmesi ve kontrolü ile ilgili insan faktörlerinin incelenmesini içerir. Bu alandaki pek çok çalışma, robotların etkileşimini yönlendiren hareketler ve yüz ifadeleri gibi görsel ipuçlarını almasına olanak tanıyan kodlama veya eğitim mekanizmalarına odaklanmaktadır. İRE, herhangi bir robotun varlığından önce bilim kurgu ve akademik spekülasyon konusu olmuştur. İnsan ve robot ne kadar yakınlaşırsa ve ilişki ne kadar karmaşık olursa, bir insanın yaralanması riski de o kadar artar. Günümüzde robot kullanan üreticiler, insanları ve robotların çalışma alanını her zaman paylaşmasına izin vermeyerek bu sorunu çözmektedir. Bu çözüm, sensörler veya fiziksel kafesler ile güvenli bölgeleri tanımlayarak elde edilir. Teknolojide donanımsal (LİDAR, GPU, CPU) ve yazılımsal (görüntü işleme, ses işleme, iç ortamlarda navigasyon) meydana gelen gelişmelerle robotlar insan varlığını algılayacak ve ortak görevler yapabilecek seviyeye gelmiştir. Bu gelişmeler İRE'nin modellenmesi için yeni yöntemlerin ortaya konulması ihtiyacını zorunluluk haline getirmiştir.

Bu tez çalışmasında, iç ortamlarda insan robot etkileşimine yönelik diyalog sistemi kullanan modellerin geliştirilmesi amaçlanmıştır. İnsan-robot diyalog sisteminin MINI ADA üzerinde gerçek zamanlı kullanılabilirliği için Şekil 1.1'de gösterilen Akınrobotics İşletim Sistemi (AROS) programı ile kullanımı sağlanmıştır. Diyalog sistemi algoritmasının oluşturulması için görüntü işleme ve sonlu durum makineleri teknikleri kullanılmıştır. MINI ADA robotu üzerindeki kamera sayesinde robotun etrafındaki insanları algılaması ve diyalog sisteminin kurulması sağlanmaktadır. Bu sebeple robot için güçlü bir görüntü işleme ve diyalog geliştirme algoritması uygulanması gerekmektedir.



Şekil 1.1. Diyalog yönetim arayüzü

### 1.1. Tezin Amacı

Bu tez çalışmasında, iç ortamlarda insan robot etkileşimine yönelik Sonlu Durum Makineleri (SDM)'ne dayalı diyalog sistemi modellerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca bu diyalog sistemi Mini Ada robotu üzerinde gerçek zamanlı olarak kullanılabilir şekilde hazırlanmıştır. Diyalog sistemi algoritmalarının oluşturulması için görüntü işleme ve SDM teknikleri kullanılmıştır. Geliştirilen modellerdeki kamera sayesinde Mini Ada robotunun etrafındaki insanları algılaması ve diyalog sisteminin kullanılması sağlanmıştır. Üzerinde bilgisayar bulunan robotun, insanla diyalog kurması için ilk aşamada insanın karşısında olup olmadığını algılaması yeterli olacaktır. Bir sonraki aşamada robotun insanın kendisiyle ilgilendiğini anlaması gerekmektedir. Bu sebeple robot için güçlü bir görüntü işleme ve diyalog geliştirme algoritması önerilmiştir. Literatürde bulunan yüz bulma, görüntü işleme ve diyalog sistemi teknikleri ile kararlı bir deneme sistemi geliştirilmiştir. Robot ilk durumda, görüntü işleme yöntemleriyle insanın karşısında olup olmadığını belirlemektedir. Robot, karşısında gördüğü insanın ilgisinin olup olmadığına göre çeşitli yöntemler kullanarak insanın ilgi durumunu diyalog boyunca üzerinde tutmaya çabalamıştır. İlk aşamada insanlar robota sorular soracaktır. Daha sonraki aşamada robot arayüzüne belirlenmiş kelimeler girilecektir. Robot söylenen kelimelere karşı ne söylemesi gerektiği çeşitli yöntemlerle (İçerikten Bağımsız Gramer yöntemi gibi) öğretilecektir. Örneğin robot "kimsin?" sorusunun cevabına "ben", "kim?" sorusunun cevabına "o" olarak cevap verebilecektir. Daha sonra diyalog sistemi kullanıldıkça belirli eklemeler ile cevap

verebileceği konulara göre SDM'lerini kullanarak sistemi güncelleyecektir. Bu tez çalışması kapsamında SDM'leri ve İçerikten Bağımsız Gramer (İBG) yöntemlerinin diyalog tabanlı İRE uygulamalarında kullanılması ilk defa gerçekleştirilmesi yapılmıştır.

Yapılan bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen uygulamalar İRE alanına yöneliktir. Bu bağlamda İRE uygulamaları göz önünde bulundurularak İRE alanındaki iletişim problemleri, doğru bilgilendirme ve robotların iç ortamlarda aktif bir şekilde kullanılmasının önündeki engellere çözüm önerisi getirilmeye çalışılmıştır. İRE tabanlı uygulamaların büyük bir kısmı kamera aracılığı ile gerçekleştirilir ancak bu çalışmada kameraya ek olarak ses algılama sentezleme sistemleri kullanılmıştır. Bu çalışmada mikrofonlardan algılanan ses, hoparlörden dışarı verilen ses ve kamera tarafından elde edilen gerçek zamanlı görüntüler üzerine çalışılmıştır. Robotun insanlarla iletişime geçmesi için insanları algılaması, tanınması, duyması ve bu girdilere göre konuşarak insanların sorularına veya emirlerine karşılık verebilmesi için gerekli uygulamalar yapılmıştır. İRE için sonlu durum makineleri kullanılarak iletişim döngüleri tasarlanmış ve bu döngüler birbirleri ile karşılaştırılarak en verimli sistemler belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan çalışma İRE'ye yönelik birçok robota yüklenebilecek bir sistem niteliğindedir. Önerilen SDM tabanlı döngülerin hataları veya üstünlükleri belirlenip gerekli düzenlemeler yapılarak daha verimli sistemler tasarlanabilmesi hedeflenmiştir ve gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmanın özgün tarafı da buradadır

Birinci aşamada insan tespiti ve algılaması gerçekleştirilmiştir. Sonraki durumda ise robotun insanları duyması, duyduğu bu cümleleri yazıya çevirerek sonlu durum makinesine girdilerini oluşturmasını sağlamıştır. En son uygulama ise bu cümlelere göre tanımlandığı sonlu durum makinesine bağlı kalarak insanları bilgilendirmesi hedeflenen bir amaçtır. SDM'ye dayalı üç model önerilmiş ve robot üzerinde aktif kullanımı sağlanmıştır. Bu modeller insan kontrol SDM modeli, kafa takipli insan kontrol SDM modeli, robotun gözünden kafa takipli insan kontrol SDM modelidir. Bu üç model için muhtemel akışlar belirlenmiş ve çizelgelerde modellere ait akışlar verilmiştir. Deney için iki senaryo belirlenmiş ve bu senaryolar üç modele uygulanmış, toplamda altı farklı deney senaryosu ortaya konulmuştur. Bu altı deney için beş tekrar yapılmıştır. Toplamda otuz deney gerçekleştirilmiştir. Deney sonuçları değerlendirilerek önerilen üç modelin avantajları ve dezavantajları belirlenmiştir. Sonuçlar kısmında paylaşılmıştır. Kullanılan ve yapılan uygulama olarak İRE alanında yapılan ilk uygulamadır. Tez

çalışmasında önerilen modeller sonucunda robotik bilgilendirme sistemlerinin geliştirmeye açık olduğu ortaya konulmuştur.

## 1.2. Tezin Önemi

İnsan hatasına açık veya insan hayatı için yüksek risk içeren işlerin robotlara devredilerek maliyetlerin azaltılması, hata oranlarının sifıra yaklaştırılması ve iş kazalarının azaltılması hedeflenmektedir. Robotların ve insanların birlikte bulunduğu ortamlarda bir etkileşim söz konusudur. Bu yüzden İRE zorunluluk haline gelmiştir. Robotlar, sanayide montaj maliyetlerini ve hatalarını azaltmak için kullanılmaktadır. Robotlar, sanayide insanlardan izole edilen ortamlarda sürekli aynı süreçleri gerçekleştirmektedirler. İlerleyen teknoloji ile birlikte robotik teknolojide iç ortamlarda navigasyon, LİDAR, görüntü işleme teknikleri, yazıdan sese ve sestten yazıya çeviren sistemler gibi ana başlıklarda görülen gelişmeler artmaktadır.

Alışveriş merkezleri ve hava alanları gibi devasa yerlerde iç ortamların haritalanması sayesinde insanların yer/yön bulması sağlanabilmektedir. Mobil cihazlara da entegre olabilen sistemler vardır. Bu teknoloji dış ortamlarda kullanılan navigasyon sisteminin bir bölge veya bina için hazırlanmış bir minyatürü olarak düşünebilir. Bu sistemlerde dış ortamdaki uydu sinyalinin bağımsız iç ortamlara yerleştirilen ufak vericiler kullanılarak, mobil cihazların haberleşmesine dayalı gerçek zamanlı konum tespiti yapılabilmektedir. Bu sayede aynı zamanda iç ortamlardaki robotların da serbest bir şekilde gezmesini ve bulunduğu konuma göre insanlarla diyalog kurmasını kolaylaştıran bir teknoloji olarak kullanılabilir.

İnsanlar etrafındaki objelerin yakınlık/uzaklık, eğim, alt/üst gibi ilişkileri geçmişe dayalı bilgilerden yorumlayarak karar vermektedir. Robotik sistemlerde LİDAR teknolojisi engellerden hızlı bir şekilde kaçınmak için kullanılmaktadır. Bu sistem etrafı tarayarak, yüksek hızda aldığı örnekler ile etrafında bulunan objeleri yakınlık/uzaklık bilgilerini vermektedir. Bu sayede robotlar, cisimlere veya objelere çarpmadan insanların yoğun bulunduğu ortamlara çok daha kolay adapte olabilmektedir. Bu durumda insanların ortamlarına giren robotlar ile diyalog kurmaları daha güvenilir olacaktır.

İlerleyen görüntü işleme teknikleri ve artan donanım özellikleri sayesinde mili saniyeler mertebesindeki sürelerde insan algılama, obje tanıma ve takip etme işlemleri rahatlıkla uygulanabilmektedir. Bu gelişme sayesinde robotlar etrafındaki insanları ve

objeleri geniş bir bakış açısı ile tarayarak tespit ve takip etmektedir. Robotun bulunduğu ortam hakkındaki farkındalığı giderek artmaktadır. Bunlara ek olarak insan yüzü üzerinde yapılan görüntü işlemler sayesinde, insanın yaş, cinsiyet ve o andaki duygu durumları incelenerek daha etkin diyalog yöneticilerinin oluşturulması mümkün hale gelmiştir. İnsanlarla etkin bir şekilde diyalog kuran robotların iç ortamlara adaptasyonu kolaylaşmaktadır.

Günümüzde gelişen ses işleme sistemleri ve ses donanımlarındaki gelişmeler sayesinde temiz ses kaydı ve analizi mümkün olmaktadır. Artan bankacılık sistemleri fiziksel şubelerde harcadığı yüksek maliyetleri azaltmak için buna bağlı telefon bankacılığının gelişmesi, birçok firmanın bayiler ve kişiler aracılığı ile hizmet vermek yerine telefonla destek vererek maliyetlerini düşürme çabası içine girmesi ciddi bir müşteri hizmetleri sektörü oluşturmuştur. Oluşan bu sektör, toplam maliyeti ciddi şekilde azaltmış ancak insana dayalı olduğu için istihdam edilecek personel ve bunun maliyet problemlerini ortaya çıkarmıştır. Bu sistemlerden insan faktörünü azaltmak için ses işleme teknolojileri önem kazanmış ve ciddi yatırımlar yapılmıştır. Bu ses işleme sistemleri Türkçe dilinin akustik modeline göre eğitilmiştir. Bu akustik modele verilen sesler, yazıya çevrilerek bilgisayarlarda işlenebilir hale gelmiştir. Bu şekilde insanların isteklerini anlayan ve insanları yönlendiren sistemler oluşmuştur. İnsanlarla etkileşime girecek sistemlerin diğer bir ihtiyacı ise yazıları sese çeviren sistemlerdir. Akustik model sayesinde sistemler insanların istekleri algılanmakta cevapları yazı olarak hazırlayabilmektedir. Hazırlanan bu yazıları insanlara sese çevirerek ileten sistemler sayesinde diyalog tamamlanabilmektedir. Bu ses algılama ve konuşma sistemleri, insanların en etkin şekilde kullandığı konuşarak iletişim kurma yöntemine, robotların kolayca adapte olabilmelerini sağlamaktadır.

Robotların, insandan soyutlanmış sanayi ortamlarından insanların yaşadığı ortamlara daha fazla dâhil olması ile iletişim kurma ihtiyacının doğmasına neden olmuştur. Bu tezde hedeflenen uygulamalar temel olarak bu ihtiyacın giderilmesini amaçlanmaktadır. İRE’nde bu ihtiyacın çözümlenmesi için önemli konularından biri diyalog yönetici sistemleridir. Bu amaçla tez çalışmasında diyalog yönetici sistemleri geliştirilmiş ve üç model önerilmiştir. Ülkemizde bu kapsamda yapılan çok fazla yazılı kaynak olmadığı için bu tez çalışması önem arz etmektedir.

### 1.3. Tezin Organizasyonu

Tezin birinci bölümü tezin amacı ve önemini belirten giriş kısmından oluşmaktadır.

İkinci kısım kaynak araştırmasından oluşmaktadır. İRE alanındaki incelenen çalışmalara yer verilmiştir.

Üçüncü kısımda İRE'ye yönelik sosyal robot ve gereksinimleri konusunda bilgi verilmiştir.

Dördüncü kısımda materyal ve yöntemden bahsedilmiştir. Önerilen üç diyalog sistem modeli açıklanmıştır.

Beşinci bölümde araştırma sonuçlarına ve tartışmalara değinilmiştir. Yapılan deneyler ve bunlara ait çizelgeler verilmiştir.

Altıncı bölümde sonuçlar değerlendirilmiş, ileriye yönelik yapılabilecek uygulamalardan bahsedilmiş ve çalışma sonlandırılmıştır.



## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

İç ortamlarda İRE literatürde ve dünya çapında robotik alanda çalışılan güncel bir konudur. İRE'nin gerçekleşmesi için insan tespiti, iç ortamlarda navigasyon, insan takibi, çarpışmadan kaçınma ve mobil robot mimarisi genel olarak ana başlıklardır. Bu kısımda iç ortamlarda İRE için bahsedilen ana başlıkların kaynak araştırması yapılmıştır.

İç ortamlarda İRE için en önemli faktörlerden birisi insan tespitidir. Bundan dolayı insan tespiti birçok çalışmada üzerinde durulan bir konudur. Yapılan literatür araştırmasında birçok sensörün denendiği gözlemlenmiştir. Bu çalışmalarda lazer metre, piroelektrik kızıl ötesi sensör, kinect sensör ve çeşitli kameralar kullanılmaktadır. İncelenen çalışmalarda Belleto ve Hu'nun lazer ile bacak tespiti ve buna bağlı yüz tespit algoritmalarını çalıştırılması öne çıkmaktadır (Bellotto ve Hu, 2008). Belleto ve Hu (2008), yaptıkları çalışmada servis robotları için temel konulardan biri olan İRE'yi gerçekleştirmişlerdir. Böyle bir görevi yerine getirmek ve istenen hizmetleri sağlamak için, bu robotların çevredeki insanları tespit etmesi ve takip etmesi gerekir. Bu çalışmada çoklu sensör veri füzyon teknikleri uygulayan bir mobil robot ile insan takibi için bir çözüm önerilmektedir. Sistem, yerleşik lazer mesafe bulucu kullanarak lazer tabanlı bacak algılama için yeni bir algoritma önermektedir. Yaklaşım, karmaşık ortamlarda da çok ayırıcı olduğu gösterilen lazer taramalarından çıkarılan tipik bacak desenlerinin tanınmasına dayanmaktadır. Bu modeller, robot hareket ettiğinde bile statik ve yürüme yapan kişileri lokalize etmek için kullanılabilir. Ayrıca, robotun kamerası kullanılarak yüzler algılanır ve bilgi, Kalman filtresinin sıralı bir uygulaması kullanılarak bacakların pozisyonuna birleştirilir. Önerilen çözüm, benzer bir cihaz konfigürasyonuna sahip servis robotları için uygundur ve iki farklı mobil platformda başarılı bir şekilde uygulanmıştır. Çeşitli deneyler yaklaşımın etkinliğini göstermektedir. Bu da yöntemin karmaşık iç ortamlarda gerçekleştirilebildiğini göstermektedir. Bu çalışmada, mobil servis robotları için çoklu sensör tabanlı bir insan tespit ve izleme sistemi sunulmuştur. Bacak tespiti ve güçlü bir yüz tespiti için yeni bir algoritmaya dayanan, insan takibine yönelik bir hibrit yaklaşım benimsenmiştir. Sonuç olarak, tek bir lazer taramasından çıkarılan bacak bilgisi, ardışık bir uygulama ile Kalman filtresi kullanılarak bir kamera vasıtasıyla tespit edilen yüzle eşleştirilmiştir (Bellotto ve Hu, 2008).

Luo ve Chen (2012), yaptıkları çalışmada robotlar ve insanlar için kapalı ortamlarda konumlama ve izleme sistemi önermişlerdir. Bu çalışmada iki robot ve iki kişiye dayanan birden fazla hedefin yerinin belirlenmesini başarıyla uygulayabilen kablosuz bir piroelektrik kızılötesi duyuşal füzyon sistemini geliştirilmiş ve deneysel olarak gösterilmiştir. İç ortam için doğru bir lokalizasyon mekanizması ile insanlara yönelik uygun hizmetlerin sağlanması gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, ZigBee kablosuz iletişim modülü ve bir piroelektrik kızılötesi sensör ile entegre bir kablosuz piroelektrik algılama sistemi geliştirilmiştir. Kablosuz piroelektrik kızılötesi izleme sisteminden elde edilen bilgilerle, insanlara yönelik çeşitli hizmetler sağlayabileceği belirtilmiştir (Luo ve Chen, 2012).

İç ortamlarda İRE'nin daha etkileşimli olması için robotların ortamlarda aktif hareket edebilmesi gerekmektedir. Günümüz teknolojisinde alışageldiğimiz dış ortamlarda navigasyon yaygınlaşmış ve hayatımıza girmiştir. Günlük hayatımızda aktif olarak kullandığımız navigasyona şehirler, yollar, çöller ve hatta denizler dahi eklenerek dünyanın büyük bir kısmı buna dâhil edilmiştir. Ancak insanlar bu büyük alanlardan ziyade daha küçük alanlarda hayatlarının büyük bölümünü geçirmektedirler. Buralar alışveriş merkezleri, iş yerleri, kamusal alanlar, evler, oteller, havaalanları gibi alanlardır. İnsan hayatında bu denli önemli olan bu alanlarda navigasyon ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. İç ortamlarda navigasyon, GPS uydularının sinyalleri iç ortamda alınmadığı için dış ortamdaki kadar basit değildir. Bu konuda paylaşılan bazı projeler incelenmiştir. Topp ve Christensen'nin kinect sensör kullanılarak yapılan eşzamanlı lokalizasyon ve haritalama (SLAM) algoritmalarını çalıştırması öne çıkmaktadır (Topp ve Christensen, 2010). Bu çalışmada, kapalı bir ortamda bölgelerin özelliklerinin gösterimi için bir yöntem önerilmektedir. Bir insan ile iletişimi geliştirmek için bölgeler arası geçişlerin bağımsız olarak tespit edilmesinin ve kapı geçişlerinin nasıl gerçekleştirileceği araştırılmıştır. İncelenen çalışmada çevredeki bölgelerin ayrılmasına ve aralarındaki geçişlerin tespiti üzerine uygulamalar yapılmıştır. Topolojik grafik oluşturma alt sistemi olan İnsan Arttırılmış Haritalama uygulanmasını, robotun diyalog yetenekleri de dahil olmak üzere tam etkileşimli bir çerçeveye entegre deneyleri yapılmıştır. İnsanın çevreye dair kavramsal anlayışını yansıtan bölgesel kategoriler hakkında önceden bir bilgiye gerek yoktur. Bu yaklaşımın çok esnek olmasını sağlar. Yapmış oldukları testlerde hem ofis hem de ev ortamlarında yeterince iyi sonuçlar almışlardır (Topp ve Christensen, 2010).

Chiang ve ark (2017), tarafından yapılan çalışma, arkadaşlık ve eğlence sağlamak için akıllı interaktif çok fonksiyonlu bir robot geliştirmeyi amaçlamaktadır. Çevresel bilgileri elde etmek için, kinect derinlik görüntüsünü görsel sistem platformu olarak kullanmaktadırlar. Alınan görüntüleri görüntü işleme operasyonlarından geçirmektedirler. Ardından görüntü işleme sonuçlarını hareket sistemi olarak çok yönlü tekerleklere sahip, FPGA ve ARM tabanlı geliştirme kartı ile donatılmış robot üzerinde davranış planlamasına uygulamışlardır. Robotun alt gövdesi dört yönsüz tekerlekler tarafından oluşturulmuştur ve üst gövde insansı tasarımıdır. İncelenen bu çalışmada, Kinect'in derinlikli görüntü akışından elde edilen bilgiler kullanılmıştır. Gerçek zamanlı çevre haritasını oluşturmak ve engellerden kaçmayı sağlamak için robot lokalizasyon sistemini entegre edildiği görülmektedir. Çalışmada ek olarak, akıllı etkileşimin görevini yerine getirmek için Kinect sensörü ile insan iskeletinin tespiti ve insan yüz ifadesi tanınması yapılmaktadır. Bu çalışmada, akıllı ve etkileşimli servis robotunun ön çalışmalarını gerçekleştirmek için sadece bir sistem olarak Kinect sensörünü kullanılmıştır. Robot, bir konumdan diğerine geçmek için engellerden kaçınma görevini gerçekleştirmek üzere çevre haritasını oluştururken Kinect sensörünü kullanmaktadır. Robot ayrıca iskelet eklem tespitini kullanarak kullanıcıyı takip edebilmekte ve avuç içi ile dirseğin konumunu karşılaştırarak kullanıcının hareketini tanıyabilmektedir. Robot, kullanıcının hareketine göre cevap verebilmektedir. Bununla birlikte, Kinect sensörü metallere veya siyah renklerden oluşan engelleri algılayamamaktadır (Chiang ve ark., 2017).

Tang ve ark (2016), tarafından yapılan çalışmada kalabalık bir kamusal alanda acil durum meydana geldiğinde, yaralanmaların veya ölümlerin önüne geçmek için çözüm önermişlerdir. Acil durumlarda çıkışlarda tıkanıklık, etkisinden dolayı çıkış hızını yavaşlatabilir. İnsan davranışlarının karmaşık iç ortamlarda acil bir durumda zaman içinde nasıl dinamik olarak değiştiği incelenmiştir. Düzenli bir tahliyenin gerçekleştirilmesi için acil bir durumda tahliye sırasında kalabalığın panik değişikliklerinin nasıl modellediğine dair bir panik yayma modeli önerilmiştir. Panik yayma modeli mevcut sosyal güç modeliyle birleştiğinde, panik yayma modeli insan hareketliliğinde kendi kendini yönlendiren gücü ve etkileşimli yönüyle birlikte yorumlamaktadır. Tahliye verimliliğini artırmak için robotlar, kaçış için insanları tahliye yollarına yönlendirir. Daha hızlı yavaşlama etkisinden kaçınmak için, tahliye kılavuzu robotları tanıtılmış ve en kısa kaçış süresiyle çıkışı seçmek için robot destekli tahliye rehberliği algoritması önerilmiştir (Tang ve ark., 2016).

Bellarbi ve ark (2016), tarafından yapılan çalışmada, bir mobil robotun iç mekân ortamında bir navigasyon yönteminin uygulanmasını sunulmuştur. İRE için gerekli sosyal kurallarının uygulanması incelenmiştir. Prensip olarak, robotu hedefine doğru götüren, en kısa, en rahat ve güvenli yolu seçerek dinamik engelleri önleyen yol planlayıcısı olması hedeflenmiştir. Bu amaçla robot, bina ortamlarının haritalarını oluşturmak, lokalizasyonu ve yeni engelleri tespit etmek için bir lazer sensörü ile çarpışmadan kaçınma için bir RGB-D kamera kullanmaktadır. Bu çalışmada, bir RGB-D gömülü sensör tarafından sağlanan iskelet noktalarından insan poz tahmini temelinde özerk bir sosyal navigasyon sistemi uygulanmıştır. İnsan algılama performansları iç mekân uygulamaları için yeterlidir. Bu nedenle, tüm insanlar için poz tahmini yapabilecek yeni kurallar tanımlanmıştır. İnsan ortamında istenen bir hedefe ulaşmak için, robot navigasyonu tarafından uygulanabilir hale getirmek amaçlanmıştır. Sosyal kurallara dayalı bir yol modifikasyonu gerçekleştirilmiştir (Bellarbi ve ark., 2016).

Jiang ve ark (2017), tarafından yapılan bu çalışmada, karmaşık iç mekân ortamında bir yürüme yardımcısı robotu için bir kontrol tasarımı sunulmuştur. Bu kontrol tasarımı sayesinde yürüme engelli bir insanın beklenmedik engeller olan alanlarda yürütmesine ve bunlardan kaçınmasına yardımcı olabilir. (Jiang ve ark., 2017).

İç ortamlarda ihtiyaç duyulan diğer bir konu ise insan takibidir. Bu konuda yapılan çalışmalar incelenmiştir. İnsan tespitine benzer yöntemler kullanılmıştır.

Sun ve ark. (2016), tarafından yapılan çalışmada, İRE uygulamalarıyla birlikte, hizmet robotları için iç ortamdaki bir kişinin nasıl tespit edileceği ve izleneceği ele alınmıştır. Bu çalışmanın en önemli özelliği, insanın konumunu belirlemesine ve robotun görüş alanındaki hareketlerini belirlemesine yardımcı olmak için RGB-D verileri için yeni bir kişi algılama ve izleme yaklaşımının olmasıdır. Gerçek dünya ortamlarında önerilen metodun fizibilitesini ve etkinliğini göstermek için deneyler yapılmıştır. Yapılan deneyler, tipik olarak, insanların ortalama kare hızı 12 fps (frame per second) ile başarılı bir şekilde izlenebildiğini gösterilmiştir (Sun ve ark., 2016).

Adiwahono ve ark (2017) tarafından yapılan çalışmada insan tespiti ve takibi için yeni bir yaklaşım sunulmuştur. Öncelikle bir 2D lazer tarayıcı kullanarak esnek ve sağlam bir algılama yöntemi önerilmiştir. Algılama yöntemi çeşitli bacak özelliklerine uyarlanabilir olarak tasarlanmıştır. Algılama sonucu daha sonra Kalman Filtre tabanlı izleme algoritmasıyla beslenmiştir. Gömülü Kalman Filtresinin doğal yeteneği sayesinde, izleme algoritması belirli kişileri ve hareketlerini takip edebilir. Ardından, engelleri önlerken hedef kişileri takip etmek için bir kontrolör tasarlanmıştır. Son

olarak, önerilen yaklaşımın doğrulanması için deneylerde ISERA adı verilen bir hizmet robotu kullanılmıştır. Deney sonuçları, robotun hem iç hem de dış mekân dinamik ortamını ve hedef kişiyi takip edebileceğini göstermektedir (Adiwahono ve ark., 2017).

İç ortamlarda insanlarla birlikte hareket edecek robotların olası çarpışmalardan korunmak için engellerden kaçınma gereksinimi vardır. İncelenen çalışmalarda Kinect sensör kullanılarak çarpışmadan kaçınma algoritmaları geliştirilmiştir.

Ghandour ve ark. (2016) tarafından yapılan çalışmada, insanlarla birlikte çalışan mobil robotlar için İRE'ye dayalı bir çarpışma önleme sistemi sunulmaktadır. Bu sistemde, bir robot, yolunda insanlarla karşılaştığı zaman, insanla üç eylemden birini yürütmek için etkileşime girmeye çalışacaktır: ileriye doğru hareket etme, geriye doğru hareket etme ve çarpışmadan kaçınmadır. Bu etkileşim Kinect 2.0 sensöründen elde edilen verilere dayanmaktadır. Sistem bir H20 Robot kullanılarak test edilmiştir. Çalışmada verilen deneysel sonuçlar, önerilen sistemin insanların etkileşime girerek geçerliliğini ve onlarla çarpışmayı önlediğini kanıtlamıştır (Ghandour ve ark., 2016).

Liu ve ark. (2016) tarafından yapılan bu çalışmada; çevresel biliş, dinamik engeller, temizlik görevleri de dâhil olmak üzere akıllı temizleme robotlarına bilişsel yetenekler eklemeyi önermektedir. İlk olarak, robot ortamının bir haritasını oluşturur ve daha sonra oda yapısını anlar. Robot temizlik görevini gerçekleştirdiğinde, engellerden aktif olarak kaçınması gerekiyor. Bu bilişsel yetenekler sayesinde robot temizleme verimliliğini artırır. Güvenli bir şekilde aile üyelerine hizmet verir. Robot enerji tasarrufu sağlar ve çevre dostudur. Ayrıca, bu bilişsel yetenekler tüm servis robotları için gerekli kabul edilir (Liu ve ark., 2016).

İç ortamlarda kullanılacak robotlar için çeşitli mimari yapılar önerilmektedir. Bunlardan öne çıkan aşağıda belirtilmiştir. Robot mimarisinin gereksinimleri yaygınlaşan Android işletim sisteminin kullanılmasıdır.

Ma ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışmada, Android'e dayanan akıllı mobil robot platformu önerilmektedir. Platform, robotun hareketini kontrol etmek ve basit insan-makine sohbeti yapmak için bulut konuşma tanıma ve çevrimdışı konuşma tanıma teknolojilerini birleştirir. Bu çalışmada, kablosuz iletişim, video işlevlerinin uzaktan gerçek zamanlı iletimi, mobil robot üzerinde yapılan araştırmanın akıllı bir mobil platform mimarisi üzerinden kontrolü önerilmiştir. Platform, kapalı alandaki sağlık hizmetleri ve iç hizmet gibi birçok senaryoda kullanılabilir (Ma ve ark., 2015).

İRE’de diyalog yönetimi;

İnsanlar arasındaki en etkin iletişim yolu konuşmadır. Bu özellik insansı robotlardan beklenen önemli özelliklerdendir. İnsanlar kulakları sayesinde duyar, ses telleri ve dilleri sayesinde konuşurlar. Bu konuya robotların dâhil olması için gerekli özellik ise ses titreşimlerini yazıya çeviren ve yazılımsal olarak işlenebilir hale getiren Otomatik Konuşma Tanıma (OKT) sistemlerine ihtiyaç vardır. Bu sistem mikrofon üzerinden alınan titreşimleri yazıya çevirir ve işlemek üzere diyalog yöneticisine iletir. Diğer gerekli sistem ise diyalog yöneticisi tarafından oluşturulan cevabın insana okunmasıdır. Bu noktada ise yazıyı sese çeviren Yazıdan Sese Çevirme (YSC) sistemlerinden yararlanılmaktadır bu konuda yapılan çalışmalar incelenmiştir.

Ajulo (2010) tarafından yapılan bu çalışmanın odağı, alınan görüntülerden özel bir nesnenin tanımlanabileceğini ve görüntü sahnesinin ayrıştırılması ile nesne tanımının yapılabileceğidir. Kullanılan metodoloji, ilgilenilen bir nesneyi içeren sahnenin bir görüntüsünün yakalanmasını içerir. Ardından, robot, sahnedeki nesnelere arasında karara varmak için sahnedeki mevcut anlayışı temel alarak araştırma yapar. Ayrıca bir robotun ortamını özerk bir şekilde değerlendirmesini ve ortamdaki her bir nesneyle ilişkili olan tanımının karmaşıklığı hakkında insan tarafına rapor vermesini sağlayacak bir iş yükü ölçümü geliştirilmiştir. Geliştirilen yöntemin çeşitli sorunları vardır. İlk sorun, sistemi daha verimli hale getirmek için gereksiz soruları tanıma ve ihmal etmemesiyle ilişkilidir. Örneğin, şekle göre tanınan nesnelere renkleri aynı ise, o zaman robotun insana ilgili nesnenin rengini sormasına gerek yoktur. İkinci sorun, sistemin sorgulamalarını şu anda odaklandığı resim sahnesine uyarlayamamasıdır. Örneğin, her zaman aynı şekil, renk ve yerleştirme sorgularına bağlı kalmak yerine, önce renk hakkında bilgi edinmek daha uygun olabilir (Ajulo, 2010).

Mallios ve Bourbakis (2016), tarafından yapılan çalışmada Diyalog Sistemi (DS) önerilmiştir. Yapay Zekâ gibi bazı bilgisayar bilimlerinde alanındaki gelişmelerin bir sonucu olarak, bir kişi ve bir bilgisayar arasında bir diyalog gerçekleştirilebilir. Böylece DS’leri temel alan, yeni bir tür insan-bilgisayar etkileşim sistemi ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada öneriler diyalog sistemleri, bir insanla konuşan veya yazılı biçimde iletişim kuran bilgisayar sistemleridir. Bu çalışmada, DS’lerde yaşanan son gelişmeler ve DS’lerde kullanılan metodolojiler gözden geçirilmiştir. İncelenen çalışmada DS’ler için bir inceleme ve sınıflandırma sunulmuştur. Sonuç olarak, yanıtlama, yarı diyalog ve tam diyalog sistemleri dâhil olmak üzere üç DS sınıfı önerilmiştir (Mallios ve Bourbakis, 2016).

Addo ve ark. (2016) tarafından yapılan bu çalışmada diyalog sistemlerinde konuşmaya ek olarak hareket ve mimikler dahil edilmiştir. Sözlü iletişim genellikle konuşulan kelimelerin kullanımını içerir. Sözel olmayan iletişim yüz ifadeleri, vücut hareketi, yakınlık, vücut dili ve daha fazlasını içeren görsel ipuçlarını içerir. Sözel ve sözel olmayan sinyallerin bir kombinasyonu, akıllı sistemler tarafından diyalog sistemlerindeki gizliliği ayırt etmek için kullanılabilir. Kullanılan yöntem jestler ve yüz ifadesi de dâhil olmak üzere sözel olmayan ipuçları, diyalog sistemindeki kamera girişleri kullanılarak tanımlanabilir. İRE diyalogunda gizliliği modellemeye yönelik bir yaklaşımı araştırılmış ve çözümü NAO T14 insansı robot platformunu kullanarak gerçekleştirilmiştir (Addo ve ark., 2016).

Mallios (2018) yapılan bu çalışmada sanal doktor robot önermiştir. Bir hastanın patolojik verilerini ölçebilen ve aynı zamanda ölçülemeyen semptomlarını Stokastik Petri Ağları ile modellenmiş akıllı bir insan-bilgisayar diyalog sistemi kullanarak yetkin bir şekilde ayıklayabilen bir Sanal Doktor sistemi önerilmiştir. Buna ek olarak, diyalog sistemi, hastanın duygusal durumu gibi insan iletişim faktörlerini ve tıbbi geçmişi gibi diğer kaynakları da dikkate alabilmektedir. Bu çalışmada, genel Sanal Doktor (VDr) sisteminin bir parçası olan akıllı bir insan-bilgisayar VDr diyalog sistemini sunulmuştur. VDr sistemi, bir hastanın hem ölçülebilir hem de ölçülemez semptomlarını sırasıyla giyilebilir bir sağlık izleme cihazı ve VDr diyalog sistemi kullanarak elde eder. Daha sonra, hastanın sağlık durumuna ilişkin hızlı ve güvenilir bilgi sağlar. Bu sonuçlar gözden geçirilerek bir doktor tarafından onaylanabilir. Hem grafiksel gösterim hem de bu modelin biçimsel tanımı, bazı grafiksel simülasyon sonuçlarının yanı sıra, VDr diyalog sistemine dahil edilen kurala dayalı öğrenme sistemi ile sağlanmıştır. Bir hasta ile VDr diyalog sistemi arasındaki bir dizi etkileşim senaryosu sunulmuştur. Bu senaryolar, hasta ve sistem arasındaki diyalogu farklı durumlarda göstermektedir (Mallios, 2018).

İnsanlarla etkileşimin önemli konusu diyalog sistemleridir. Diyalog sistemlerinde kullanılan yöntem genel anlamda sonlu durum makineleridir. Konuşmanın seyrine göre diyalog yönetimi her cevapta bir sonraki duruma geçerek yeni durumları cevapları oluşturmaktadır. Bu çalışmalarda buna ek olarak içerikten bağımsız gramer yöntemi kullanılmıştır. İncelenen çalışmalarda Lokesh ve arkadaşlarının Kısmi gözlenebilir markov karar süreci yöntemi öne çıkmaktadır.

Lee ve ark (2008) tarafından yapılan çalışmada SDM'ne bağlı diyalog yöneticisi önerilmektedir. Yapılan bu çalışma, diyalog yönetici sisteminin akıllı robotlara entegre

edilmesidir. Robot mikrofondan aldığı sesleri konuşma algılama ile işleyerek yazıya çevirir. Bu veriyi ses arayüzüne yönlendirir buradaki veri diyalog yöneticisine iletilir. Diyalog yöneticisi bu veriyi SDM ile değerlendirerek haberler, hava durumu, oyunlar gibi sistemleri yönetir. Bu yapı geliştirilebilir bir şekilde tasarlanmış ve akıllı servis robotlar için çeşitli görevleri yapabilme alt yapısı oluşturulmuştur (Lee ve ark., 2008).

Ren ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışmada, Sözlü Diyalog Sistemi (SDS) önerilmiştir. SDS, kullanıcılara doğal konuşma yoluyla hızlı ve kolay hizmet vermek için tasarlanmış akıllı bir etkileşim sistemidir. Bu çalışmada, SDS yöntemini kullanarak duygusal diyalog sistemleri için basit ve pratik bir DY modeli tasarlamaya çalışılmıştır. Duygusal diyalog yönetimi için yeni bir İkili Sonlu Durum Makinesi (İSDM) tabanlı etkileşim modeli çerçevesi önerilmiştir. Çalışmada paylaşılan deney sonuçları, sistemin performansı ile hata tanıma oranları ve durum geçişi işlevleri arasındaki ilişkiyi göstermiştir ve ayrıca İSDM tabanlı diyalog yönetim modelin geleneksel SDM modelinden daha iyi performans gösterdiğini doğrulamıştır (Ren ve ark., 2015).

Shen ve Inkpen (2016) yaptıkları çalışmada, dizayn edilen diyalog yönetici sistemi ses niyetini algılar. Bu sistem SDM'ye dayanır. Yapılan uygulamada robotların karşısındaki insanın ses niyetlerini algılaması esastır. Robotlara soru sormak ve komut vermek için kullanılmaktadır. İncelenen çalışmada tasarlanan diyalog modeli, Saklı Markov Modeline (SMM) dayalı etiketlenmiş ses parçalarını çıktı olarak vermektedir. Konuşma niyetini (komut/soru) tanıma gerçekleştirmek için, SMM'lerine dayalı bir dizi sınıflandırıcı uygulanmış ve değerlendirilmiştir. Sınıflandırıcı, üç cümle türüne karşılık gelen üç SMM'den oluşur bunlar bildirimsel, zorunlu ve sorgulayıcı cümle türüdür (Shen ve Inkpen, 2016).

Lokesh ve ark. (2018) yaptıkları çalışmada Kısmi Gözlenebilir Markov Karar Süreci (KGMKS) kullanarak diyalog yönetim sistemi önermişlerdir. Önerilen yönetim sistemi görme engelli öğrencilerin yeni bir diyalog kullanarak kolayca öğrenmelerini sağlar. Gündem tabanlı diyalog yönetim sistemi ile önerilen KGMKS için kelime hata oranı, tanınma toplam alma oranı ve yanlış tanıma alma hızı hesaplanır. Deneysel sonuçlar SDM tabanlı diyalog yönetim sistemi, Çerçeve Tabanlı diyalog yönetim sistemi ve Olasılıklı diyalog yönetim sistemi ile karşılaştırılmıştır. Deneysel sonuçlar, önerilen KGMKS'nin Gündem Temelli diyalog yönetim sistemi ile iyi performans gösterdiğini kanıtlamıştır (Lokesh ve ark., 2018).

Yapılan literatür araştırmasında insan tespiti/takibi, iç ortamlarda navigasyon, çarpışmadan kaçma, mobil robot mimari konularının incelendiği görülmüştür. Bu



çalışmalarda robotik diyalog yöntemlerinden farklı olarak robotik mimari, iç ortamlara entegrasyon ve insanın tespiti/takibi konularına odaklanılmıştır. Burada amaç iç ortamlar için İRE'ye yönelik robot mimarisini belirlemektir. Diyalog yönetimi için konuşma algılama ve ses sentezleme üzerine çalışılmıştır. Bu İRE çalışmasında diğer incelenen çalışmalardan farklı olarak hazır robot mimarisi MİNİ ADA kullanılarak robotun kafasını kullanarak yüz takibi yapması, insan yüzünün robotun ekranında gösterilmesi ile insanın konu hakkında ilgisi ölçülmüştür. Çalışmada kapsamında SDM ve İBG yöntemlerinin diyalog tabanlı İRE uygulamalarında kullanılması ilk defa gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneylerde başarılı diyaloglar yüzdesi hesaplanmıştır.



### **3. MATERYAL VE YÖNTEM**

#### **3.1. İnsansı Robot Tanımı**

İnsansı robot, çeşitli görevlerin performansı için çeşitli hareketlere sahip, insan görünümünde, insanlara hizmet verebilen, insanlarla etkin diyalog kurabilen, ödül verebilen, broşür dağıtabilen çok işlevli programlanabilen aygıttır. Günümüzde işlemci kapasitelerinin gelişmesi, pil batarya teknolojilerinin gelişmesi elektronik malzemelerdeki gelişmelerle insanların günlük hayatında kullanılabilir boyutta ve ağırlıkta insansı robotların üretimi mümkün hale gelmiştir. Bu yıllarda dünya üzerindeki birçok firma bu alanda çalışmalarını başlatmıştır. Bu çalışmalar sonucu insansı robotların artışı büyük bir ivme kazanmıştır. İnsanlar ile birlikte aynı ortamlarda bulunan insansı robotların sayısı önümüzdeki zamanda da yükselen ivme ile artacaktır.

#### **3.2. Sosyal Robot Tanımı**

Görevleri, eğlence ya da oyun, zor ya da sıkıcı görevlere sahip insanlara yardım etmek olan robotlar insanların günlük ortamlarında (ev, ofis, fabrika, hastane, kafe) bir grup insanla yakından etkileşime geçecek ve aynı ortamda çalışacaktır. Robotların çalışma alanları fabrika montaj hatları ile sınırlı kalmayıp insanların bulunduğu tüm ortamlara uyum sağlayabilen noktaya gelmiştir. Gelişen sensör teknolojisi ile robotlar insanların çevrelerindeki engelleri yüksek doğrulukta tespit edebilir hale gelmiştir. Bu tespit sayesinde insan ortamlarına hızla adapte olmuştur. Hızla adapte olmasına etken olan diğer gelişmeler ise iç ortamlarda navigasyon sistemleri, yapay sinir sistemleri, büyük data sistemleridir. Endüstriyel tasarım ve üretim tekniklerinin gelişmesi ile insanların çok hızlı kabullenebileceği iletişim kurmaktan hoşlanacağı, insanlara psikolojik olarak yakın ve sıcak olacak tasarımlar ortaya konulmuştur. Birçok firma bu alanda ARGE'lerini tamamlamış ilk ürünlerini piyasaya sürmüştür. Bu ürünlerden bir tanesi de AKINROBOTICS tarafından üretilen şekil 3.1'de görülen Mini ADA'dır.



Şekil 3.1. MİNİ ADA

Mini ADA'nın teknik özellikleri;

- Görme ve insan tanıma
- Duyma
- Konuşma
- Gövde ekranı
- Robotun kafası
- Yürüme ve kollar
- Sensörler
- İç ortamlarda navigasyon

### 3.2.1. Görme ve insan tanıma

Robotun kafasının üzerinde bulunan kamera sayesinde insanları algılar tanır ve çeşitli hizmetleri yerine getirir. Görüntü işleme teknolojilerini kullanarak 300 milisaniye gibi bir sürenin altında karşısındakinin insan olup olmadığını algılayabilmektedir. Bu işlemi gerçekleştirebilmek için kameradan aldığı görüntüleri ön işlemlerden geçirerek yüzde bulunan göz burun ağız gölgelenmelerine göre kişiyi belirler. Bu işlemi bu kadar hızlı yapabilmesinin altında yatan teknoloji ise görüntüyü işlemcide değil ekran kartında işlemeden dolayıdır. İşlemciler serisine göre 2, 4, 8 ve benzeri çekirdekli olabilirler. İşlemcide görüntü işlendiği zaman çekirdek sayısına bağlı bir hızla görüntüyü işlemesi gerekir. Ekran kartı söz konusu olduğunda durum biraz farklıdır. Ekran kartının çalışma

mantığı paralel işleme şeklindedir. Bu sayede robot görüntüyü çok hızlı bir şekilde işleyebilmektedir.

### **3.2.2. Duyma**

Robotun üzerinde bulunan dört adet mikrofon bulunmaktadır. Bunlardan iki adedi yön algılama iki adedi ses algılama için kullanılmaktadır. Yön algılama mantığı şu şekildedir. Ses hızı 343,2 m/s olduğundan dolayı mikroişlemciler tarafından ölçülebilir aralıktadır. Günümüzde kullanılan ARM işlemciler 180 MHz işlemciler sayesinde rahatlıkla sesin hızı ölçülebilmektedir. Kafanın iki yanında bulunan mikrofonlar sayesinde sesin geldiği yöne bağlı olarak mikrofonlardan birisi sesi önce, diğeri sesi daha sonra almaktadır. Bu durum işlemci tarafından tespit edilip sesin önce geldiği taraf belirlenerek robot sesin yönünü tespit etmiş olur. Bu şekilde o yöne dönerek insan robot ilişkisini başlatır. İnsana döndükten sonra kafanın önünde bulunan iki mikrofon sayesinde insan sesini alır ve üzerinde bulunan ses işleme algoritmasına gönderir. Ses işleme algoritması sayesinde ses yazıya çevrilir daha sonra cevap oluşturmak üzere sonlu durum makinesine gönderilir.

### **3.2.3. Konuşma**

Robotun konuşması için hazırlanan cevaplar ses sentezleme algoritmasında kullanılan dile göre işlenir. Oluşturulan sinyal ses kartı ve hoparlör aracılığıyla karşı taraftaki insana ulaştırılır. Bu şekilde insan robot ilişkisi kurulmuş olur. Robotun üzerinde bulunan ses sentezleme algoritmaları sayesinde yüklü olan tüm diller işlenebilir ve robotun konuşması ve algılaması sağlanabilir.

### **3.2.4. Gövde ekranı**

Akıllı cihazların gelişmesi ile günlük hayatımıza giren cep telefonu tablet ve benzeri cihazlar, dokunmatik arayüz kullanımını çok yüksek seviyelere çıkarmıştır. Dokunmatik arayüzlerin kolay kullanılabilirliği ve hızlı öğrenilebilir olması bu cihazlardan sağlanan verimi arttırmıştır. Robotta kullanılan dokunmatik ekran sayesinde bu iletişim kanalı verimli şekilde kullanılarak kullanıcı dostu arayüzler geliştirilmiştir. Yapılan çalışmalar sayesinde geliştirmelere açık bir arayüz sistemi oluşturulmuştur. Bu

durum robotun ses algılama oranının düştüğü kalabalık ortamlarda robotların kaliteli hizmet verebilmesi için önemli bir yöntem haline gelmiştir.

Robotun yukarıda verilen yetenekleri kullanıcı ile robotun aktif şekilde etkileşime geçmesini sağlamak ve kullanıcının sanki bir robot değil de karşısında bir birey olduğunu hissettirmek için eklenmiş yeteneklerdir. Bunlarla beraber robotun aşağıda verilen teknik özelliklerde robotun hareket ve kabiliyetleri ile karşısındaki insan ile etkili etkileşim kurmasını amaçlamaktadır.

### **3.2.5. Robotun Kafası**

Robotun kafası insanlarda da olduğu gibi algılama, konuşma, görme, mimik, onaylama, reddetme, ilgilendiğini gösterme, insanları takip etme gibi birçok duygu, düşünce ve eylemi sergilemekte kullanılmaktadır. Kafada bulunan iki eksen sayesinde insanların göre robotun canlılık hissini arttıran insan takip özelliği çalışmaktadır. Robot ile etkileşime giren insanın robotun yüzünden farklı açılara kaydığı zaman robotun kendini insana göre düzenlemesi odaklaması etkileşimin verimini arttırmakta, insanın dikkatini çekmekte ve iletişime daha çok gerçeklik kazandırmaktadır. Robotun yüzünde sembolik göz ve ağız LED'leri vardır. Bu LED'ler konuşma esnasında ağzının hareket etmesini gülmesini ve benzeri hareketler yapmasını sağlamaktadır. Yapılan bu işlemler konuşma eyleminin gerçeklik algısını arttırmaktadır. Robotun yüzünde bulunan LED'ler sayesinde robota göz efekti verilmektedir. Bu göz efektleri 3 farklı moda sahiptir. Bunlar açık, kısık ve kapalı modudur. Açık mod normal duygu durumunu ifade etmekte kısık sevinme gülme durumunu ifade etmektedir. Kapalı göz efektinde ise korku ve tedirginlik durumunu ifade etmektedir. Tüm bunların dışında insanlarda refleks olarak bulunan göz kırpma eylemini sembolik olarak gerçekleştirmektedir. Bu da canlılık hissini arttıran önemli etkenlerdendir. Aynı zamanda bu LED'lerin renkleri değişerek robotun duygu durumlarını ifade etmektedir örneğin kırmızı kızgınlık, pembe sevinme gibi renklerle de belirli duygu durumlarını ifade etmektedir.

### **3.2.6. Yürüme ve Kollar**

Mini Adalarda insanlarda olduğu gibi yürüme eylemi vardır ancak insanlardaki gibi adım atarak değil tekerleri sayesinde ilerlemeyi sağlamaktadır. Hareketlerin daha gerçekçi ve yumuşak görünmesi için 3 teker 3 direksiyon mekanizması kullanılmıştır.

Kullanılan bu 3 teker direksiyon mekanizması bulunduğu noktadan herhangi bir manevra olmadan 360 dereceye kalkışı gerçekleştirmeye imkân sağlamaktadır. Bu durum robotun tekerlerinin insansı harekete ne kadar yaklaştığını tam olarak göstermektedir. Son olarak robota ihtiyacı olan 50m/dk. ilerleme hızı sağlamaktadır. Bu hız tamamlanması gereken birçok görev için robota yeterlidir.

Robotun 5 eksenli kol yapısı robotun hareketlerini daha insansı kılmaktadır. Robot kollarını sayesinde, insanlarla konuşmaya ek olarak kendisini vücut dili ile de ifade etmektedir. Kollarıyla yer yön tarifi, onaylama, reddetme, öteleme, çağırma, sarılma ve benzeri fiziksel hareketler ile kendisini ifade etmede farklı bir kanal olarak kullanır.

### **3.2.7. Sensörler**

Robotun üzerinde birçok sensör bulunmaktadır. Bunlardan ilki robotun kafasında bulunan sevmeye sensörüdür. Sevmeye sensörü insan robotun başına dokunduğunda anında algılayıp ve buna tepki vermektedir. Bir diğer sensör ise sıcaklık sensörüdür bu sensör sayesinde robot ortam sıcaklığını algılayıp tehlikeli sıcaklık eşiklerinde robotu kapatmaktadır. Ortam sıcaklığına göre belirli konuşma eylemlerini yerine getirmektedir. Robotun üzerinde bulunan on iki adet ultrasonik çarpmadan engelleme sensörü vardır. Sensörler sayesinde etrafındaki cisimleri tespit eder. Bu sensörler sayesinde engellerden kaçabilmektedir. Sensörler aynı zamanda yolunu bulma ve kendine yön tayin etme noktasında da kullanılmaktadır. Ultrasonik sensörlerin pürüzlü yüzeylerde veri kalitesi çok düşüktür. Robotun cisimleri belirlemesi için gerekli olan doğru yansımanın mümkün olmadığı durumlarda kullanılmak için ek sensörler kullanılmıştır. Robotun ön tarafında ultrasonik sensörler 3 adet sarp sensörü ile desteklenmiştir. Sarp sensörlerinin ultrasonik sensörlere göre eksikliği ise 0 -20 cm arasında değer üretmemesinden kaynaklanmaktadır. Aynı zamanda robotun üzerinde bulunan ve 45 derece eğim ile yere bakan bir sarp sensörü bulunmaktadır. Bu sensör sayesinde robot önünde bulunan boşluk, merdiven ve çıkıntı gibi tehlikeli durumları önceden belirlemekte ve bunlara karşı önlem almaktadır. Ortam ışığı sensörü ise ortamdaki ışık miktarını algılayarak robotun tepki vermesini sağlamaktadır.

### 3.2.8. İç ortamlarda navigasyon

Alışveriş merkezleri, hava alanları gibi devasa yerlerde iç ortamların haritalanması sayesinde insanların yer yön bulması sağlanabilmektedir. Mobil cihazlara da entegre olabilen sistemler vardır. Bu teknoloji dış ortamlarda kullanılan navigasyon sisteminin bir bölge veya bina için hazırlanmış bir minyatürü olarak düşünülebilir. Bu sistemlerde dış ortamdaki uydu sinyalinden bağımsız iç ortamlara yerleştirilen ufak vericiler kullanılarak, mobil cihazların haberleşmesine dayalı gerçek zamanlı konum tespiti yapılabilmektedir. Bu sayede aynı zamanda iç ortamlardaki robotların da serbest bir şekilde gezmesini ve bulunduğu konuma göre insanlarla diyalog kurmasını kolaylaştıran bir teknoloji olarak kullanılabilir.

### 3.2.9. MİNİ ADA Robotunun yetenekleri

Robotun kabiliyetleri üzerinde bulunan eklemler ve sensörler sayesinde şu şekilde sıralanabilir.

Robotun üzerinde çeşitli koreografiler yüklüdür. Bu koreografiler sayesinde robot insan ile etkileşimi sırasında insan tarafından talep edilen emirleri alır. İnsan tarafından robotun dans etmesi talep edilirse, robot eklemleri sayesinde dans gösterisini gerçekleştirir. Bu durum birden çok robotta eşzamanlı bir şekilde uygulanarak insanın dikkatini çeken ve gözüne hoş gelen bir dans şeklinde de gerçekleştirilebilmektedir.

Robot eğitildiği konular sayesinde kendisinden tanıtılması istenen ürünlerin sözlü olarak veya önündeki ekrandan görsel olarak tanıtımını yapabilir. İnsanların robotlara olan ilgisi sayesinde kalabalık ortamlarda insanların ilgisini çekerek doğru anda doğru bilgiyi insanlara iletebilir.

Robot etkinliklerin girişlerinde konumlandırılarak insanları karşılayabilir. Karşılacağı insanların nereye gideceklerini sorarak onlara gidecekleri yer hakkında yön tarifi yapabilir veya ekranında bulunan harita sayesinde görsel olarak iletebilir.

Robota sorulan belli soruları hava durumu, saat farkları, uçuş bilgileri, belirli gün ve haftalar, ülkelerin başkentleri, ansiklopedik bilgiler gibi temel konuları internet yardımıyla kolaylıkla insana iletebilir.

Öğrenme olgusu öğretmenin öğrencinin dikkatini üzerine toplaması ile başlar. Öğrencilerin dikkatini üzerine toplayamayan bir öğretmen eğitim konusunda başarı gösteremez. Robotlar ise insanların dikkatini üzerine toplama konusunda gayet

başarılıdır. İnsanların dikkatini üzerine topladıktan sonra gerekli bilgiyi öğrencilere doğrudan iletebilir. Aynı zamanda birçok dil konuşma imkânı olduğu için dil eğitimi konusunda da etkin çözümler sunabilir.

Robotun üzerinde bulunan barkod okuyucu sayesinde hayatımızın her alanında bulunan barkodları kullanarak çeşitli hizmetleri çok daha hızlı sunmaktadır. Bu hizmetler şu şekilde sıralanabilir havalimanında bilet okunması, alışveriş merkezinde ürün barkodunun okunması, hastanelerde reçete barkod ve benzeri bilgilerin okutulmasıdır. Robotlar barkodların bulunduğu her alanda daha hızlı hizmet ve bilgilendirme için konuşlandırılabilir.

### **3.3. Sosyal Robotlarla Etkileşim**

Sosyal robotların, insanlarla robotlar arasında doğal ve sezgisel iletişim için modeller oluşturması önemlidir. İRE, robotların insan kullanımı için analizi, tasarımı, modellenmesi, uygulanması ve değerlendirilmesiyle ilgilidir. İRE, sosyal bilişim, insan faktörleri, bilişsel bilim ve kullanışlılık kavramlarını, robot teknolojisinin tasarım ve geliştirmesine entegre etme gereksinimini ele alan disiplinler arası bir çabayı temsil eder. Bu alan, sosyal robotların görevlendirilmesi ve kontrolü ile ilgili insan faktörlerinin incelenmesini içerir. İnsan hakları ile etkin, doğru ve uygun şekilde nasıl iletişim kurulabilir. Bir diğer endişe, birçok robotun boyutunun ve ağırlığının insan boyutundan ve ağırlığından, büyük ve ağır olmasıdır. Onlarla etkileşime giren insanların güvenliğini nasıl sağlanabilir. İnsan robot ilişkisi ile alakalı birçok soru işareti vardır. Günümüz teknolojisinde robotlar fabrikalarda montaj hatlarında kullanılmakta ve tüm bu soru işaretlerini kaldırmak için izole ortamlar oluşturulmaktadır. Bu izole ortamlar kesin çizgiler ise ayrılmış yapıdadır. Örneğin bir kaynak robotunun görevini yapması için gereken ürün robotun önüne otomatik olarak gelir ve ürün işlem gördükten sonra otomatik olarak gider. Robotun bulunduğu ortama herhangi bir insan bulunmaz ve çalışma alanına müdahale edilmez. Robot çalışma ortamında bir aksaklık anında veya yanlışlıkla bir insanın bulunması halinde robotun çalışma alanı etrafında bulunan kızıl ötesi sensörler yardımı ile durum algılanır. Algılanan hata sebebiyle insana veya ürüne zarar gelmemesi için oluşabilecek herhangi bir kazanın önüne geçmek amacıyla robotik sistem tamamen durdurulur. İnsanın yanlışlıkla girdiği robotun çalışma ortamından kontrollü bir şekilde ayrılmasından sonra tekrar çalışmaya başlamaz. Kontrolcü tarafından oluşan hata ve çözümü onaylanır. Sistem oluşan hata ve çözümü



onaylandıktan sonra tekrar çalışmaya başlatılır. Bu çalışma sistemi İRE'yi mümkün kılmamaktadır çünkü insan ve robotun aynı ortamı paylaşmasına izin verilmemektedir. Robotun boyutundan ve ağırlığından oluşabilecek tehlikelerde, uygulanan bu yöntem ile ortamları izole ederek en aza indirilmektedir. Bu robotların tüm fabrikalarda yaygınlaşmasının sebebi hata oranlarını düşürmek, işçi maliyetlerini azaltmak, üretim hızını arttırmak, verimliliği arttırmak gibi birçok etmeni vardır. Robotların günümüzde kullanıldığı alanlar; araç montaj sanayi, cam sanayi, güneş panellerinin üretimi vb. yapılan işin insan hayatını tehdit ettiği birçok fabrikadır.

Günümüzde teknolojinin gelişmesi ile endüstriyel robotların yanı sıra günlük hayatımızda bize arkadaşlık edecek belli başlı basit görevleri yapabilecek robotlar üretilmeye başlanmıştır. Bunlar Çin, Japonya, ABD, Türkiye, Fransa ve Rusya gibi ülkelerde geliştirilmektedir. Bu robotların sayısı gün geçtikçe artıyor. Günlük hayatımızda robotlar yer almaya başladıkça insanların bu robotlar ile iletişim ihtiyacı doğmuştur. İRE bu ihtiyaç doğrultusunda çözümler üreten bir çalışma alanıdır. Evlerde temizlik işlemini yapmak için minik robotlar kullanılmaktadır. Bu robotlar bulunduğu ortamdaki engelleri, sensörleri sayesinde algılayarak çarpmadan ilerleyebilmektedir. Robot ile temizleme işleminin verimliliğini belirleyen ölçüt temizleme işinin temizleme alanının aynı yerlerinin yeniden temizlenmemesi ve temizlenmeyen yerlere de ulaşılmasıdır (Liu ve ark., 2016). Bu işlemi gerçekleştirmek için robot tavanın resmini çekerek kendine bir yol oluşturur bu yolu takip ederek temizleme işini gerçekleştirmektedir. Bu robotlarda otonom olarak başlama ve durma eylemi vardır, ekstra bir etkileşime ihtiyaç duymamaktadır. Ancak insansı robotlarda bu durum çok daha farklıdır. İnsansı robotlar hava alanlarında, alışveriş merkezlerinde, otellerde, restoranlarda hatta evlerde bile kullanılacak şekilde tasarlanmıştır. Örneğin alışveriş merkezinde çalışan bir robotun alışveriş merkezindeki insanlar ile etkili etkileşim kurması gerekmektedir. Bu tez çalışmasında bu noktada çözüm önerileri sunulmuştur. Robot kameraları sayesinde insan algılar ve insan ile ilk etkileşimi başlatır. Daha sonra insanın sorduğu sorulara cevaplar vererek ve insanı yönlendirerek, gerekli durumlarda da insanı yönlendirme yaparak vücut dilini kullanarak etkileşimin verimli bir şekilde ilerlemesini sağlar.

Bu alandaki pek çok çalışma, robotların etkileşimi yönlendiren hareketler ve yüz ifadeleri gibi görsel ipuçlarını almasına olanak tanıyan kodlama veya eğitim mekanizmalarına odaklanmaktadır. Bu alan, insanların günlük yaşamda verimli ve güvenle entegrasyon yollarını ele alıyor. Bu entegrasyonun sağlanması için öncelikle

insanlarda oluşmuş olan katil robot algısını ortadan kaldırmak gerekmektedir. 1950 yılında Isaac Asimov'un ben robot kitabında yer alan üç robot yasası, bu algının kırılması için bir başlangıç olmuştur. Bu yasalar aşağıda belirtilmiştir.

Birinci Yasa: Bir robot, bir insana zarar veremez ya da zarar görmesine seyirci kalamaz.

İkinci Yasa: Bir robot, birinci kuralla çelişmediği sürece bir insanın emirlerine uymak zorundadır.

Üçüncü Yasa: Bir robot, birinci ve ikinci kuralla çelişmediği sürece kendi varlığını korumakla mükelleftir (Asimov, 1942).

Bu yasalar görüldüğü üzere İRE'yi belli temellere oturtmaktadır. Bu konuda alınan önlemler insan algısını değiştirmeye yetmemektedir. Bunun için robot üreticileri robot dış tasarımlarında yuvarlak yüzeyler, sevimli suratlar, hafif ham malzemeler kullanarak robotları daha zararsız hale getirmeye çalışmışlardır. Bu şekilde robotlar hafifleyerek zarar verme riskleri azaltılmış oluşturulan yuvarlak yüzeyler ise çarpma, düşme gibi konularda çevresine en az zarar verecek şekilde tasarlanmıştır. Bu tasarımlar robotları daha sevimli hale getirmekte ve insanların robotlara olan ilgisini negatiften pozitive çevirmektedir. Robotlardaki bu gelişmeler güvenliğin artması ve robotların tasarımlarının insanlara daha sevimli gelmesi ile birlikte robotların insanlarda aynı ortamı kullanmasının önü açılmıştır. Bu gelişmeler sonucu hayatımızda robotlar hızla yaygınlaşmaya başlamıştır. Bu gelişmeler İRE'nin önemini bir kez daha ortaya koymuştur. Bununla birlikte seri üretimler hızlanmıştır bu durum maliyetleri belli bir seviyenin altına indirmiştir.

### **3.4. Kullanılabilirlik**

Kullanılabilirlik tanımındaki önemli faktörler; kullanıcı kabul edilebilirliği, faydalılık, öğrenme kolaylığı ve güvenilirliktir.

İnsansı robotun uygun ağırlıkta olması gerekir. Ağırlığın önemi ilk olarak güvenlik anlamında karşımıza çıkmaktadır. Robotun düşme ihtimali mevcutsa düştüğü zaman çevresine verebileceği olası zararların önceden hesaplanması gerekmektedir. Verilebilecek bu zarara en önemli etmen robotun ağırlığıdır. Robotun çalıştığı alanda bulunan bir çocuk için çok tehlikeli sonuçlar ortaya çıkabilir. Bu nedenle robotun ağırlığının belli bir sınırdan tutulması gerekir. Bunun için uygun ağırlık piyasadaki robotlara göre düşünüldüğünde ortalama 30 kg'dır (Softbank, 2019). Teknolojinin

gelişmesi ile bu ağırlığın daha da azaltılması faydalı olacaktır. Ağırlık konusu sadece tehlike anlamında değil aynı zamanda ürünün taşınması, taşınırken zarar görmemesi gibi faydaları da vardır.

İnsansı robotun tasarımında el, ayak, kafa vb. yerlerde oval tasarımlar kullanılmalıdır. Bu durum hem robotun insanlara sevimli görünmesini hem de olası düşme çarpma durumlarında robotun insanlara veya etrafa vereceği zararı minimum seviyeye indirmesini sağlayacaktır. Aynı zamanda oval yapısından dolayı robot olası darbelerden zarar görmeyecektir.

Tasarımda kullanılacak bir ekran robotun insanlarla ve çocuklarla çok daha rahat etkileşime geçmesini sağlayacaktır. Bunun sebebi ise günümüz teknolojisinde hayatımızda büyük yer kaplayan akıllı cihazlar, tablet, vb. cihazlardır. Bu cihazlar dokunmatik yolla iletişimin yaygınlaşmasını sağlamıştır. Yaygınlaşan bu yöntemi insanların çok daha hızlı adapte olabilmesi için robotların üzerinde kullanmak çok etkili bir yöntem haline gelmiştir. Piyasadaki birçok robotta bu tasarım mevcuttur. Kalabalık ortamlarda yüksek gürültüden dolayı ses algılama yöntemleri yetersiz kalmaktadır. Robot etkileşimde olduğu insan ile diğer insan seslerini birbirinden ayırtıramadığı için kalabalık ortamlarda ses algılayamamaktadır. Bu durum günümüz teknolojisi ile yakın gelecekte mümkün gözükmemektedir. Bu durum İRE'nin gürültülü ortamlarda kesintiye uğramasına sebebiyet vermektedir. Bu kesinti İRE'yi olumsuz etkilemektedir. Bu olumsuz etkinin oluşmaması için dokunmatik ekran arayüzü iyi bir alternatiftir. İnsanlar robotlar ile etkileşim halinde iken oluşabilecek bu aksaklıklarda rağmen iletişime devam edebilmek için robot tarafından dokunmatik ekrana yönlendirilir. İnsanların cevaplaması gereken soruları ekran vasıtası ile cevaplaması etkileşimin sürekliliğini ve verimliliğini pozitif yönde etkileyecektir. Dokunmatik ekran bu özelliği ile robotik sistemlerde vazgeçilmez bir öge haline gelmiştir.

Robotun tasarımında kullanılan öğelerin insansı nitelikler taşıması robotun tasarımında önemli bir yer kaplamaktadır. Bu tasarım robotun kabullenebilirliğinin artması için en büyük etmenlerdendir. Piyasadaki robotlarda genel olarak üzerinde durulan konular şöyle sıralanabilir. İlk olarak en az üç veya daha fazla serbestlik derecesine sahip iki adet kol ve bu kollara bağlı işlevsel veya görsel eldir. Bu kol yapısı robotun görsel olarak insana benzerliğini sağlamaktadır. Robot üzerinde bulunan işlevsel bir el sayesinde objeleri taşıyabilme ve tutabilme özelliğini üzerinde barındırmış olur. İkinci ve en önemli olan insansı öge ise kafadır. İnsanlardaki mimik sayesinde kendini ifade edebilme, onaylama, reddetme, üzülme, gülme, sevinme,

sinirlenme, şaşırma, tikslenme vb. tüm insansı ifadeler yüz vasıtası ile gerçekleşmektedir. Bu durum robotlarda da çok farklı değildir. Robotların kafalarında bulunan yüz sayesinde insanlardaki kadar çeşitli olmasa da gülme üzülme vb. belirli ifadeleri kısıtlıda olsa ortaya koymaktadır. Bu özelliği ile robot insana biraz daha yaklaşmaktadır. Aynı zamanda yüzde bulunan göz efekti ile göz kırpma, kısma, kapatma gibi mimikler yukarıda belirtilen ifadeleri güçlendirir. Bu mimikler insan tarafında daha etkili bir izlenim yaratmasını sağlar.

Robotun tasarımında bulunan yürüme mekanizması bulunduğu ortamlarda insanları taklit edebilmesi ve aynı ortamlarda ilerleyebilmesi için gerekli bir öğedir. Yürüme mekanizmaları robotik sistemlerde üç seçenek olarak çıkmaktadır. Bunlardan birincisi dört ayağı üzerinde hareketi sağlayan robotlardır. Geniş bir alana ihtiyaç duyarlar merdiven çıkma inme gibi durumlarda daha başarılıdır. Bu robotlarda genellikle ön tarafta bulunan iki kol ayak olarak kullanılır. Bu tasarım yapısından dolayı işlevsel bir el mevcut değildir. Bu robotlardaki sorun kafanın herhangi bir cismi tutacak veya taşıyacak şekilde işlevsel olması ile aşılmıştır. İkincisi iki ayakları üzerinde ilerleyen, gelişmiş denge sistemlerine sahip, ağırlık merkezini sürekli kontrol eden robotlardır. Gelişmiş denge sistemlerine rağmen merdiven çıkma inme gibi durumlarda dengesini kaybedip düşmesi muhtemeldir. Bu durumdan dolayı insanlar ile aynı ortamda kullanılması, insan sağlığı ve güvenliği açısından uygun değildir. Son olarak ise tekerlekli robot tasarımları kullanılmaktadır. Bu tasarım piyasada kullanılan birçok robotta mevcuttur. Tekerlekli tasarımın bu denli çok kullanılmasının bir kaç sebebi vardır. Bunlardan birincisi maliyettir. Tekerlekli robotlarda kullanılan malzemeler kısıtlıdır ve motor sayısı sınırlıdır. Bu durum kullanılan malzemelerin azalmasını ve maliyetin ciddi oranda düşmesini sağlamaktadır. İkinci etken ise azalan malzemelerden dolayı ağırlığın ciddi oranda düşmesidir. Daha öncede belirtildiği gibi ağırlığın azaltılması kabul edilebilirlikte önemli bir faktördür. Tekerlekli robotların en önemli avantajı ise zemine tam oturma sağladığı için herhangi bir denge sistemine ihtiyaç duymamasıdır ve düşme risklerini minimum seviyelere getirmektedir. Bu durum denge sistemlerinin elektronik olarak robotun üzerinde bulunmaması, maliyet ve ağırlık olarak da olumlu olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu devrelerin ağırlığının ortadan kalkması toplam ağırlığın optimize edilmesini sağlar.

Bir servis veya kişisel robot, görevlerini insanların çalıştığı ve yaşadığı ortamlarda, apartman dairelerinde, ofislerde, laboratuvarlarda, restoranlarda veya hastanelerde gerçekleştirmelidir. İnsanı model olarak ele alan insan merkezli yaklaşım,

teknolojinin amacının robot merkezli yaklaşım yerine insan ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde tasarımlar ortaya koymaktadır. Yani, bu durum robotun insanın bulunduğu ortamlara kendini adapte etmesi gerektiği anlamına gelir. Adaptasyonun en kolay yolu ise robotun insansı bir modele göre şekillendirilmesi ile mümkündür. İnsanlarda bulunan duyularla benzer görevleri yapan sensörler (görüş, dokunma ve işitme) ve insan kaslarının görevlerini yerine getiren motor becerileri içerecek şekilde tasarım yapılır. Robot insanın çalıştığı ve yaşadığı ortamlar için uygun hale getirilmelidir. Hizmet robotları insanlarla etkileşime geçmek ve iletişim kurmak zorunda kalacaklar. Bir robotun insansı bir formu varsa ve insan benzeri bir davranış sergiliyorsa, insanlar bununla daha doğal bir şekilde etkileşime girebilirler. Bir insansı robotun hareketi, robot teknolojisi ile ilgilenmeyen insanlar tarafından bile kolay tahmin edilebilir. Bir robotun insansı boyutu ve şekli, çevreye ilişkin adaptasyonu için avantaj olabilir.

Kabul edilebilirlik için önemli konulardan bir diğeri ise maliyet konusudur. Robotik çalışmalar ARGE süreçleri ve üretim süreçleri düşünüldüğü zaman yüksek maliyetli ve buna karşılık amorti süreleri uzun olan ürünlerdir. Maliyetlerin yüksek ve amorti sürelerinin uzun olmasından dolayı hedef müşteri kitlesi, yatırım konusunda çekingen davranmaktadır. Müşteri alacağı üründen yatırım karşılığında daha çok fayda beklemektedir (Akin, 2017). Bir robotun bir veya birkaç personelin yapacağı işi yapması yönünde beklentiler vardır. İnsansı robotik teknolojilerin bugün ki geldiği nokta buna müsait olmadığı için birçok yatırımcı robotik teknolojinin beklentisinin altında kaldığından dolayı fiyat performans sebebiyle vazgeçmektedir. İnsansı robotik sistemler konusunda uzun yıllar yapılan ARGE'ler sayesinde maliyetler belli bir seviyenin altına gelmiştir ancak yapılacak iş gücü anlamında yeterli seviyede değildir. Robotik teknolojiyi sadece yapılacak iş anlamında düşünmeyen firmalar, bünyesinde robot bulundurmanın diğer rakiplerine göre fark yaratacağını ve firmasına prestij katacağını düşüncesiyle bu alanda yatırım yapmaya karar vermektedir. Günümüzde robotik teknoloji beklenen bu talebi tam olarak karşılamaktadır. Günümüzde insanların robotik teknolojilere olan ilgi ve alakası sayesinde birçok firma bünyesinde robot bulundurmasa dahi sanal yazılımlar, sanal robotlar veya belirli animasyonlar kullanmaktadır. Bu sanal robotik ikonlar reklam filmlerinde, internet sitelerinde, çağrı merkezleri gibi kurumsal kimliğin net şekilde ifade edildiği tüm alanlarda kullanılmaktadır. Birçok firma ise sanal figürler ile oluşturulmuş ikonlar yerine gerçek robotlar kullanmayı tercih etmektedir. Bu düşünce ise robotik yatırımların hızla başlayarak artacağına göstergesidir. Robotik maliyetlerin bu seviyeye gelmesinde

teknolojinin gelişmesi ve maliyetlerin düşmesi ciddi bir etmendir. Bunları incelediğimizde ise ilk olarak işlemci maliyetleri gelmektedir. Dünya çapında milyarlarca adet üretilen ARM tabanlı işlemciler vardır. Bu işlemciler çok yüksek kapasitelere, yüksek enerji tasarrufuna ve kompakt boyutlara sahiptir. İşlemciler yüksek adetlerde üretilmesinden dolayı çok uygun fiyata satılmakta ve çok kolay erişilebilmektedir. Diğer elektronik elemanlarında erişilebilirliği artmış maliyetleri gün geçtikçe düşürmektedir. Aynı şekilde bu konuyu robotun üzerinde kullanılan bilgisayar ve tüm diğer ekipman içinde rahatlıkla söylenebilir. İkinci olarak ise batarya maliyetleri bulunmaktadır. Piyasada lityum polimer piller bir süre kullanılmıştır. Lityum polimer pillerin patlama riski ve maliyetinden dolayı birçok projede kullanılmadı veya güvenlik sebepleri nedeniyle yasaklandı. Lityum iyon piller ise günümüz teknolojisinde fiyatları belli bir aralığa gelmiş güvenlik noktasında üst seviyede olan ürünlerdendir. Montajı ülkemizde yapılabilmekte olan bu ürünler robotik çalışmalarda maliyetleri aşağıya çekmektedir. Hızlı şarj olmasına rağmen uzun kullanıma imkân veren lityum iyon piller robotların çalışma sürelerini arttırmaktadır. Bu özelliğinden dolayı insansı robotlar bir mesaiyi tamamlayacak noktaya gelmektedirler. Bu özeliği ile birçok firmanın bu konuda olumlu düşünmesi için yeterli olmaktadır. Günümüz robotik sistemlerinde en çok maliyet oluşturan kalemlerden biride akıllı aktüatörlerdir. Akıllı aktüatörlerin maliyeti adet başına üç bin dolar seviyelerindedir (Robotis, 2019). Belli insansı özellikleri taşıyacak bir insansı robot düşünüldüğünde ise minimum on aktüatör ihtiyacı oluşmaktadır. Akıllı aktüatörlerin bu rakamlardan alınarak prototip ortaya çıkarılması mümkündür. Yüksek maliyetlerle üretilen robotların günümüz piyasa şartlarında satılması neredeyse imkânsızdır. Bu noktada akıllı aktüatörleri kendi bünyesinde üreterek çok uygun rakamlara mal eden firmalar satılabilir uygun fiyata son ürünü çıkarabilmektedir. Robotik sistemlerde bir diğer maliyet ise dış görseli oluşturan plastik malzemedir. Bu plastik malzemeyi üretmek için gerekli olan kalıpların maliyeti yüksek ancak bir defaya mahsus üretilip birden fazla ürün alınabildiği için maliyetler belli seviyelerin altına düşmektedir.

Ürünün kabul edilebilirliğinin önemli etmenlerinden biride stabilitedir. Robotun günlük çalışmasında her zaman belli bir performans kriterini sağlayabiliyor olması gerekmektedir. Robotun bu şekilde stabil çalışması için elektronik sistemlerinin, mekanik sistemlerinin, yazılım sistemlerinin birbirleri ile uyum içinde ve kendi içlerinde en az hata ile çalışması gerekmektedir.

Mekanik sistemin stabilitesinden söz edilecek olursa mekanik anlamda ilk olarak akıllı aktüatörler gelmektedir. Akıllı aktüatörler hızlanma konumlanma kitleme gibi işlemleri yüksek tekrarlama bilirlkte stabil bir şekilde yapıyor olması gerekir. Mekanik bağlantı noktalarının hareket ve titreşimde gevşememesi zarar görmemesi gerekmektedir. Sistem üzerindeki mekanik titreşimi en az seviyede tutmak gerekir. Sistemin üzerinde bulunan titreşiminde sisteme zarar vermeyecek şekilde güvenlik önlemi alınmış olması gerekmektedir. Robot üzerinde bulunan eklemlerin mekanik sınırlarının net bir şekilde belirlenip mekaniksel olarak robotun üzerinde uygulanıyor olması gerekmektedir. Bu gerekliliğin sebebi robotun üzerinde bulunan eklemlerin belirlenen açılarının dışına çıkarak robotun zarar görmesinin önüne geçmektir. Bu sınırların elektroniksel ve yazılımsal olarak da eklenmesi gerekmektedir. Robotun düşme durumunda çevresine ve kendisine zarar vermeyecek şekilde tasarlanmış olması gerekmektedir.

Elektronik olarak stabilite durumu şu şekilde olmalıdır. Robotun üzerindeki elektronik devrelerdeki ısı rejiminin uygun şekilde oluşturulması gerekmektedir. Robotun üzerinde soğutma havalandırma uygun bir şekilde tasarlanması gerekmektedir. Isısı kontrol edilemeyen bir eleman düzensiz çalışmaya bozulmaya veya yangına dahi sebebiyet verebilir. Bu noktalarda belirli bir ısının üzerinde sistemin kendisini kapatması için önlemlerin alınmış olması gerekmektedir. Robotun üzerinde çarpmadan korunma sensörlerinin bulunması gerekmektedir bu robotun etrafa çarpmadan stabil şekilde çalışmasını sağlamaktadır.

Stabilite olarak üzerinde durulması gereken son konu ise yazılımdır. Yazılımdan beklenen kullanıcı dostu bir arayüz sayesinde robota verilen emirlerin düzenli bir şekilde uygulanıyor olmasıdır. Yazılım tamamlanamayan emirleri de aynı düzen ile raporlayabilmesi gerekmektedir. Yazılımdan kullanıcılar tarafından beklenen robotun verilen koreografileri düzgün şekilde yerine getirmesi herhangi bir aksaklık olduğunda da düzenli bir şekilde raporlanması beklenmektedir. Yazılımda uzun süreli çalışmaya bağlı hafıza sorunlarının olmaması gerekmektedir. Bu hataların olması durumunda robotun uzun süreli çalışmalarında hata birikerek ilerleyecek belirli bir noktadan sonra çözülemez bir hal alacaktır. Bu durum robotun hizmet kalitesini ve buna bağlı güvenilirliği olumsuz etkileyecektir. Kullanıcı arayüzü, robot programlama arayüzü ve diğer tüm kullanıcıların erişebilecekleri arayüzlerin kullanıcı dostu olması gerekmektedir. Bu arayüzlerin akıcı, anlaşılabilir kullanımı kolay ve kullanım esnasında kullanıcıyı sesli görsel olarak yönlendirmesi gerekmektedir. Birçok robot kullanıcısı

robotik sistemler ile ilk defa muhatap olmaktadır. İRE'nin nasıl ilerleteceği konusunda yeterli bilgi birikimi yoktur. Bu noktada robot etkileşimi yönlendirici ve yönetici rolü üstlenmek zorundadır. Görüntü işleme noktasında ise insan yüzünün ışık değişimlerinden asgari seviyede etkilenecek azami verim gösterilmesi gerekmektedir. Buna ek olarak ses algılamada ise ortam gürültülerinin belirli miktarda filtreleyebilmelidir ve etkileşimde robota yönlendirilen konuşmaları etkili bir şekilde anlaması gerekmektedir. Robot üzerinde bulunan çevresel birimlerden ve sensörlerden gelen veriyi düzenli bir şekilde işlemesi olası kazaları (çarpma, düşme vb.) engellemesi gerekmektedir. Yazılımın bu engeller ile karşılaştığı esnada atandığı veya tamamlayamadığı görevleri ise yüksek doğrulukla kullanıcıya raporlamış olması gerekmektedir.

Robotları insanlar tarafından kabul edilebilirliğinin artması için robotun önemli özelliklerinden biriside robotun kişiselleştirilebilir olmasıdır. Kullanıcı robotun istediği şekilde programlayabildiği takdirde robotun olaylar karşılığındaki cevaplarını kestirebilir. Bundan dolayı robotu kendisine daha yakın görecektir ve robotu kabullenecektir. Kullanıcının robotu kişiselleştirmesi için programlaması gereken birkaç platform vardır. Öncelikle bu platformların kullanıcı dostu son kullanıcıya yönelik kolay öğrenilebilir ve yüklenebilir olması gerekmektedir. Bu planlayıcı platformlardan birincisi robotun sorulacak sorulara vereceği cevapların, konuşma ağaçlarının ve bunlara bağlı yapılacak mimiklerin belirleneceği programlamadır. Bu program robotun kişiliğini olaylar karşısındaki tepkisini, konular hakkındaki bilgisini ve hâkimiyetini belirleyen programdır. Bu program sayesinde kullanıcı robotun tüm davranışlarını programlayabilmektedir. Bu alanda programlama yaparken kullanıcı mantık sistemleri, zamanlayıcı, sayaç vb. bir programlama dilinin içerdiği tüm elemanlara sahiptir. Sürükle bırak arayüzü ile esnek ve hızlı programlayabilme imkânı sunar. Diğer bir programlama alanı ise robotun ön ekranında bulunan arayüz hakkındaki tasarımıdır. Robotun önündeki ekran insan robot ilişkisinde önemli bir değere sahiptir. Bu ekranın kişiselleştirilebilir olması da kabul edilebilirliği arttıran etmenlerdendir. Bu alanda programlanabilecek özellikler ekranda görülecek resimler, videolar, konuşma balonları, butonlar, kayan yazılar, harita, anket, internetten veri çekilmesi, internet tarayıcısı gibi elemanlardır. Kullanıcı bu elemanlardan faydalanarak istediği robot arayüzünü oluşturabilmektedir. Örneğin fuarlarda karşılama, alışveriş merkezinde tanıtım, hava limanında danışma, mağazalarda satış danışmanı, restoranlarda garson, hastanelerde danışman gibi birçok farklı görevde kullanılmak üzere programlanabilir. Bu programlar



arasında hızlı geçiş yapabilmesi kullanılabilirliği ve kabul edilebilirliği önemli ölçüde arttırabilir. Bu özelliği ile bir alanda kullanılan robot farklı bir alanda kullanılmak için çok hızlı bir şekilde programlanabiliyor olması gerekir. Bir robot ile birçok farklı görevin yerine getirilebilmesi de büyük önem taşımaktadır.

### 3.5. Robotların Görevleri

İnsanlar aslında bazı görevleri yerine getirmek ya da yapmak için bir robot istiyor: Pencere parlatma, tavan ve duvar temizleme, temizlik, ağır şeylerin taşınması ve yüzeylerin silinmesidir. En az istenen özellikler ise, bebek bakımı, köpek/kedi gezdirme ve yüksek sesle okumadır. Kullanıcı kabulü fiziksel tasarıma ve sistemin işlevselliğine dayanmaktadır. İstenilen görevleri yerine getirerek, sistemin kullanıcıların ihtiyaçlarını ne ölçüde yerine getirdiğini belirlemek gerekir. Robotlar günümüzde gelişen teknoloji ile birlikte sensörlerin ve fiziksel becerilerinin artmasıyla birden fazla göreve adapte olabilmektedirler. Robotlar birden çok görevi yapabiliyor ve bununla birlikte bulunduğu ortamdaki insanlara robotların faydalılığı önemli ölçüde arttırmaktadır. Robotların insanlara faydalı olduğu başlıca konular aşağıda belirtilmiştir:

- Robotun programlandığı takdirde bir konu hakkında bilgi verebilir,
- Yer yön tarifi yapabilir,
- İnternette belirli bilgileri çekip insanlara ulaştırabilir,
- Broşür dağıtabilir,
- Şarkı söyleyebilir,
- Dans edebilir,
- Konuşup dinleyebilir,
- Bulduğu konumu tespit edebilir,
- Etrafındaki engelleri tespit ederek çarpışmadan kaçınabilir,
- Bir ürün ile ilgili ekranını konuşmasını,
- Kollarını kullanarak ürün tanıtımı gibi birçok nitelikli işi yapabilir.

### 3.6. Robotlarla İletişim

Robotlar ile iletişim kurmanın çeşitli yolları vardır. Bunlar robotla konuşma, bir komut yazma, dokunmatik ekran kullanma ve el hareketleriyle iletişim kurma gibi yöntemlerdir. Robotlar buldukları ortamdaki tehlikeli durumları veya sorunları algılayacak sensör ve yazılımla donatılmıştır. Algıladıkları bu sorunları insanlara iletmek için kullanacakları çeşitli yöntemler vardır. Bunlar ses sinyaliyle, bir ekranda göstererek veya en basiti size gelip söyleyerek gerçekleşmektedir. Robotlarla iletişim kurmak önemli bir problemdir. Çünkü insanlar iletişim kurarken birçok veriyi atlarlar. Buna rağmen karşıdaki insan daha önceki uygulamalardan edindiği tecrübe sayesinde görevi doğru şekilde yerine getirecektir. Ancak aynı konu robotlar için şu an geçerli değildir. Robotlara karşı daha açık cümleler kurulması gerekecektir.

Robot! Kanepenin önündeki masadaki “30cm’lik kâseyi al!”, “30cm’lik kâseyi bana getir!”, “Ellerimde serbest bırak!”

Eğer bu cümle yerine aşağıdaki cümlelerden birini kuracak olursak robotun verideki eksik noktalarını belirleyip yazılımsal olarak tamamlaması beklenmektedir. Tamamlayamadığı noktada ise tekrar kullanıcıya sorular sorarak aşağıda verilen soruları tamamlaması gerekmektedir:

1. Robot, mavi kâsede fıstığı alabilir misin lütfen?
2. Robot, masanın üzerindeki mavi kâseyi, mutfağın önündeki kırmızı kanepeye getir.
3. Dinle! Kanepenin önündeki masanın üzerindeki kâseyi bana ver.
4. Robot, şimdi, kâse, kanepenin, masa, bana ver.
5. Robot, kâseyi bana ver.

Kullanıcıların başarılı bir şekilde kullandıkları iletişim ve etkileşim sistem çeşitleri; yüz yüze, aracılı, insandan insana, insan-makine şeklindedir. Robotun özellikleri algılanan kullanılabilirliğini değerlendirmede önemlidir. Yüz yüze iletişimde insanlar, konuşulan dili, jestleri ve bakışları kullanarak anlam, tutum ve fikir alışverişinde bulunurlar. Tipik özellikler olarak, insan iletişimi, dolaylı konuşma eylemleri, yerleşik nesne veya eylem referansları bakımından zengindir. İnsandan insana konuşmaya dâhil edilen belirsizlikler İRE’de dikkatli bir şekilde düşünülmeli ve tasarlanmalıdır. Bir robotun çevreyi insan benzeri bir şekilde hissetmesini, harekete

geçmesini sağlamak için gerekli olan sensörlerin ve aktüatörlerin entegrasyonu gereklidir. Bir robotun yararlı ve amaca yönelik davranışlar üretmesini sağlayan bir kontrol yapısının gerçekleştirilmesi gerekir. Robotun akıllıca iletişim kurmasını ve kullanıcı dostu ve işbirlikçi bir tutum sergilemesini sağlamak için iletişim ve etkileşim davranışlarının geliştirilmesi gerekmektedir.

### 3.7. Davranış Tabanlı Sistem Mimarisi

Birçok serbestlik derecesine sahip bir robotun kontrol edilmesi için sistemi davranış tabanlı sistem mimarisine oturtmak gerekir. Sistemi, davranışa dayalı bir mimariye oturtmak, şu anda genel olarak otonom mobil robotlar için verimlidir. Temel ilke, önceden belirlenmiş davranışların uygun bir dizisini veya kombinasyonunu aktive edilerek istenen hedeflere ulaşılmasıdır. Bu tür bir mimariyi tasarlamamanın en önemli problemi, her an en uygun davranışın nasıl seçileceği sorusudur. Çözüm, bu kararı “durumu” temsil eden çok sayıda faktöre dayandırmak olabilir. “Durum” kavramı sadece çevredeki nesnelere ve onların hareket halini değil, aynı zamanda hem insanın hem de robotun üst düzey hedeflerini, genel görevlerini ve robotun davranış yeteneklerini içerir. Robotun davranış seçimini temel aldığı durum, yalnızca robotun gerçek durumun içsel görüntüsüdür. Eksik algılama ya da bilgi nedeniyle, bu görüntü bazen gerçek durumdan farklı olabilir. Bu durum da robotun optimal olmayan ve hatta uygunsuz bir davranış sergilemesine neden olacaktır. Kullanıcı dostu bir arayüz, günlük hayatta çeşitli aktivitelerde bize yardımcı olmayı amaçlayan servis robotları için bir ön şarttır. İnsan ve robot uygun bir iletişim modu üzerinde anlaşmak zorundadır. İletişim ve etkileşim, ortak bir anlayış veya referans çerçevesi üzerine kurulmalıdır. Doğal dil, bir insan için en kolay ve en çok desteklenebilen iletişim şekli olduğundan, konuşma tanıma ve çıktısının çoğu hizmet robotuna entegre edilmesi arzu edilir. Robotlar sadece tam olarak anlaşılır ve eksiksiz komutları anlayabilmektedir. Robot aynı zamanda belirsizlikleri çözmeli ve insan konuşmasında var olan eksik bilgileri tamamlamalıdır. Robot mevcut durumu ilgili bir bağlam olarak kullanılmalıdır. Robot, diyalog yoluyla insandan ek bilgi gerektiğini hatırlatabilir. Genel olarak, robotlar insanların algısal yeteneklerine sahip değildir. Robotlar bu nedenle bir insanın iletişim sırasında başvurmak istediği çevrenin özelliklerini tespit edemeyebilir. Çözüm, duruma yönelik bir yaklaşımdır: İnsan ve makine, ortak bir ortamda hissedip hareket ettiğinden, mevcut durumlarını benzer şekilde algılayacaklardır. Çok modlu arayüzlerin potansiyel olarak

üstünlük, daha yüksek algılanabilirlik, artırılmış doğruluk ve modların birlikte çalışmasından dolayı daha etkili olması beklenmektedir. Diyalog, iki veya daha fazla taraf arasındaki iletişim sürecidir. Duruma bağlı olarak diyalog formu veya stili değişecektir. Bununla birlikte, diyalogun inisiyatif alma ve hata giderme gibi bir çok özelliği daima mevcuttur. İnsan robot diyalogu için ortak arayüz modelleri: komut dilleri, form doldurma, doğal dil işleme (konuşma veya metin), soru-cevap, menüler ve doğrudan manipülasyon (grafik kullanıcı arayüzleri) şeklindedir. Konuşma diyalog sistemleri, kullanıcıların doğal dilde konuşulan diyaloglar aracılığıyla robotlarla etkileşim kurmalarına izin verir. Konuşulan diyalog sistemlerinde çok fazla alan vardır. Bunlar sistemler konuşma tanıma, ses sentezleme, dil işleme ve diyalog yönetimidir. Konuşma girdisi önce yazılı bir formata dönüştüren bir konuşma tanıyıcı tarafından işlenir. Bu daha sonra kullanıcının ifadesinin mantıksal bir temsilini oluşturan dil analizcisine iletilir. Dil analizcisi, önceki söylemle ilgili bilgileri ve gerçekleştirilecek görev bilgisini kullanarak, diyalog yöneticisi harici bir uygulamaya erişebilir. Dil analizcisi cihaz ile iletişim kurmaya veya kullanıcıya bir takip mesajı iletmeye karar verebilir. İkinci durumda, mesajın mantıksal bir temsili, yazılı formda uygun bir yanıt üreten ve bunu konuşma sentezleyicisine ileten, yanıt üreticisine iletilir (Schrempf ve ark., 2005).

### 3.9. İçerikten Bağımsız Gramer (İBG)

İnsan dili sonlu durum makineleri ile ifade edilemez. İçerikten bağımsız gramer insan dilinin özelliklerini daha iyi destekler bunun sebebi Şekil 3.2’te gösterildiği gibi özyinelemeli yapısından dolayıdır. İBG, özyinelemeli yapısından dolayı sonlu otomatlardan daha kullanışlıdır. Cümlenin öğelerini (özne, yüklem, edat ) aynı zamanda o cümlenin doğal öz yinelemeleridir. İçerikten bağımsız gramer bu bağlantının önemli yönlerini yakalayabilir. İBG programlama dilleri için spesifik mekanizmalar gibi kullanılır. Derleyici tasarımcısı dildeki yapıları derleyici kod üreticisine, tarayıcı ve bölücü ile ekleyebilir. Bir dile ekleme yapılacağı zaman bu dilin İBG özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir (Stiefelhaven ve ark., 2004).



Şekil 3.2. İçerikten bağımsız gramer

### 3.10. Ses Algılama ve sentezleme

Ses algılama ve sentezleme insan robot etkileşiminde en önemli noktalardandır. İnsanlar robot ile karşı karşıya geldiklerinde ilk beklentileri hareket kabiliyetinin olmasıdır. İkinci sırada ise konuşması ve anlaması gelmektedir. Ses algılama ve sentezleme robot üzerinde aktif bir şekilde kullanılmaktadır.

#### 3.10.1. Ses fonemleri

Sinyal işleme de kullanılan bu özellik çıkarım modülleri sinyallerdeki geçişlerin yakalayan parametreleri kapsar. Kullanılan ses dizilerini göstermek için önemli faktörlerdir. Bu konuda önemli olan “fonem” konusuna değinilirse, fonemler ilk olarak Ferdinand de Saussure’ün “dilde aykırılıklardan başka bir şey yoktur” sözü ile öne çıkmıştır. Sonrasında ise diğer dil bilimcilerin bu konunun üzerine gitmesi ile fonem teorisi ortaya çıkmaya başlamıştır. Modern anlamdaki fonem teorisi ise Rus bilgin Baudouin de Courtenay başta olmak üzere Nikolai Trubetzkoy, Sergey Karçevski gibi birçok uzmanın çabaları ile gelişmiştir. Fonem bilimsel yollar ile konuşmacının seslerinin farklılıkların ve benzerliklerin bulunması için kullanılan teoriye verilen addır. Kelime olarak 1873 yılında Fransız dilbilimci Dufliche–Desgenettes tarafından ifade edilmiş fakat asıl çıkışı Kazan Üniversitesinde 1875-1895 yılları arasında yapılan ses çalışmalarında “insan konuşmasının psikolojik karşılığı” olarak tanımlanmıştır (Demirci, 2011) . Fonemlerin insanlar konuşurken zihinde oluşan ses, zihinsel imaj ve psikolojik izlenimin bir temsilcisidir. Konuşmacının konuşma sırasında çıkardığı ses tonu konuşmacının zihnindeki imajı veya psikolojik izlenimi dışa vurmaktadır. Günümüzde fonem ile ilgili yapılan araştırmalarda doğadaki sınırsız ses sayısına

karşılık insanda bunun sınırlı olduğu tespit edilmiştir. Dünyadaki tüm diller incelendiğinde bu dillerde ortak yaklaşık 100 sesin olduğu tespit edilmiştir. Bu sesler ünlü ve ünsüz olarak ayrılmaktadırlar ve bu seslerin her biri fonem olarak adlandırılmaktadır. Tüm diller bir kural çerçevesinde ilerlemektedir tüm sesler belirli sıra ile arka arkaya gelerek anlamlı bir kelime oluşturur. Bu sıralanma tamamen o dilin özelliğini taşır. Örneğin yabancı dilden dilimize geçmiş olan doktor kelimesi sözlüğe bu şekilde girmiştir. “Doktor” kelimesi birçok bölgede Türkçenin dil yapısına uygun olarak evrilmiştir. “Doktor” kelimesi ve “doktur”, ”toktur” gibi kullanılmıştır. Bu durum kelimenin yapısını konuşmacının kendi dilinden edindiği bilgiye dayanarak kelimenin yapısını değiştirmesine sebebiyet verebilmektedir. Bu olay dilin matematik gibi yorumlanabileceğini ve bu denkleme uygun olmayan dışarıdan alınan kelimelerin ise kullanıcının kendi sistemine benzetme içgüdüsünü tetiklemektedir. Yapılan araştırmalarda dil bilimsel olarak katmanlandırılmıştır. Dil bilimsel seviyeler şu şekilde ayrılır ses bilimsel seviye, biçim bilimsel seviye, sözdizimsel seviye ve anlam bilimsel seviyedir. Dil bilimsel seviyenin temelini ses bilimsel seviye oluşturmaktadır. Ses bilimsel seviyenin yapıtaşı ise fonem adı verilen ses parçalarından oluşmaktadır. Bu fonemler kullandıkları kelimelerde oluşabilecek bir fonetik farkın anlamı değiştirmeye yetkindir. Örneğin “fay-vay” ve “gel-kel” sesleridir. Fonem teorisinde önemli yapı taşlarından biriside alo fon kavramıdır. “Alo fon” kavramı kelimedeki anlam farkı oluşturmayan alt ses birimlere denir. Örneğin “piştim – biçtim”, “kaynak – gaynak” şeklinde görüldüğü gibi anlam değişmemektedir. Konuşmadaki fonemler ve bu fonemlerin oluşturduğu katmanları aşağıdaki örnekte incelenmiştir:

1. M-e-r-h-a-b-a- d-ü-n-y-a (ses dizimi)
2. Mer-ha-ba dün-ya (morfem dizimi)
3. Merhaba-dünya (söz dizimi).

Bu örneklerde görüldüğü gibi sistem öncelikle fonemleri algılıyor ses bilimsel seviye tamamlanmış olur. İkinci aşamada ise Türkçe dil yapısına göre biçim bilimsel seviye yani morfem dizimi belirlenir. Morfem dizinlerinin belirlenmesi ile birlikte söz dizimsel seviyede belirlenerek cümle oluşturulmuş olur. Son olarak anlam bilimsel seviyeye geçiş için gerekli tüm olgular tamamlanmış oluyor (Muda ve ark., 2010).

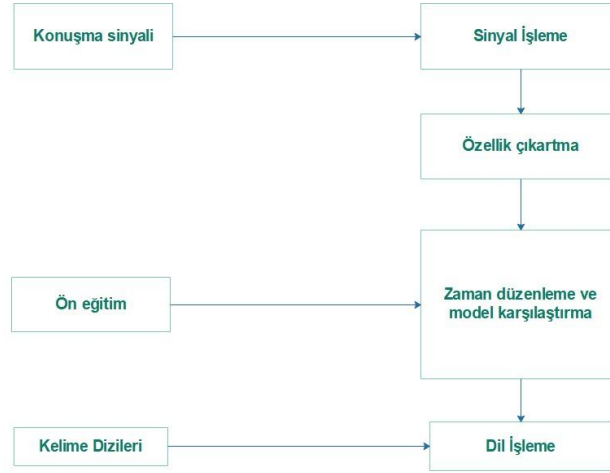
### 3.10.2. Ses algılama

Ses algılama teknolojisi bilgisayar sistemleri için günümüzde önemli bir yere sahiptir. İnsan ile robotun etkin etkileşimini konuşma ile daha sağlam kurulmaktadır. İnsanlar günümüzde klavye, fare, dokunmatik ekran gibi fiziksel çevre bilimleri kullanarak robot ile etkileşim kurmak yerine daha etkin şekilde insanların konuşma mimik el hareketleri algılayan sistemlere ihtiyaç duymuşlardır. İlk olarak Microsoft'un başlattığı konuşma tanıma sistemi ile insanlar ilk olarak bilgisayarlarla konuşarak etkileşime girmişlerdir (Juang ve Rabiner, 2005). Bu sistem sayesinde bilgisayarlar konuşmacıyı algılamakta, tanımakta, konuşulan kelimelerdeki anahtar sözcüklerin anlaşılıp işlenmesi mümkün kılmaktadır. Bundan sonrada sesin tamamının analizine ve tüm konuşmanın bilgisayar tarafından anlamlandırılıp kullanıcının istediği gerekli işlemlerin yapılmasına imkân vermiştir. Bilgisayar bu sürekli tanıma işlemini analog gelen ses dalgalarını alarak bunlar içinden belirli frekansta örnek alarak gerçekleştirir. Bu alınan örneklendirmeler bilgisayarda genlik, nitelik, büyüklük vb. birçok farklı sinyal işleme algoritmaları kullanılarak işlenir. Sesin işlenmesi sırada mikrofondan gelen analog veri ilk olarak bilgisayarın anlayacağı ikili veriye dönüştürülür. Bunun üzerine belirli frekanslarda örnek alınarak genlik değerleri belirlenir. Genlik değerleride alındıktan sonra örneklendirilmiş genlik işareti belirli aralıklarla bölünür ve basamaklandırılır. Bu işlemede niceliklendirme denilmektedir. Niceliklendirme aşamasından sonra bu ham verinin niceleme olarak ifade edilen bir yöntem ile bit sayısı tespit edilir. Kodlama ile de bu nicelenmiş işaretlerin bilgisayarın üzerinde işlem yapıp yorumlayabileceği bir hale getirmektedir. Yaş, cinsiyet ve genetiğe bağlı olarak insan sesleri birbirinden tamamen bağımsız farklı özellikler göstermektedir. Bu farklılıklar olsa da bilgisayarın bu gelen ses dalgalarını işlemesi ve kullanıcıdan bağımsız olarak aynı sonuçlara ulaşması, konuşma algılamanın sonuçlarını ortaya koyması gerekmektedir. Aynı şekilde insan seslerinin farklı olması robotun kendisiyle aynı kişinin mi konuştuğu yoksa daha önce tanıdığı veya hiç tanımadığı bir kişinin mi kendisiyle konuştuğunu anlamasına ve bu konuşmalara farklı tepkiler vermesine olanak sağlamaktadır. Ses teknolojisinde bulunan temel özellikler konuşmacı tanımama, konuşmacının kullandığı dili tanıma, ses sentezleme, farklı insanlar konuşurken bunların farklı bireyler olduğunu algılaması ve sesi kodlayarak nitelendirebilmesidir. Son yıllarda bu özelliklere ek olarak otomatik konuşma tanıma sistemleri de eklenmiştir. Bu sistemler sürekli gelen seslerin tanımlanıp yorumlanmasını sağlayan

sürekli ses tanıma sistemleridir. Gelen konuşmalardaki belirli bir sözcüğün seçilerek tespitini sağlayan sözcük yakalama sistemleridir. Farklı zamanlarda gelen sözcüklerin aynı cümleye ait olduğunu tespit eden ayırık sözcük tanıma sistemleridir (Shen ve Inkpen, 2016).

Otomatik konuşma sistemlerinde kullanıcının konuşmaları işlenerek bir akustik X dizisi oluşturulur. Oluşturulan bu dizinin amacı kelime dizinlerini bulmaktır dizinlere de W denilebilir. Bir konuşma cümlesi bu duruma göre  $W = (W_1, W_2, W_3, \dots, W_t)$  şeklinde oluşturulmalıdır. Burada belirtilen  $W(t)$  içindeki t ise belli bir zamanda kullanıcı tarafından söylenmiş belirli bir kelimedir. Ortaya W kelime dizisi kullanıcının söylediği sesli ifadenin akustik modeli olan X ile doğrudan ilişkilidir. Bu ilişki matematiksel olarak ifade edildiğinde  $F: X \rightarrow W$  şeklinde gösterilir. Günümüzde kullanılan konuşma sistemlerinin temelinde örüntü tanıma olarak da bilinen belli bir dalga benzerliğini bulan yöntemler kullanılmaktadır. Bu benzerlik ses dalgasının kullanıcının yaşına, cinsiyetine ve farklı genetik özelliklere sahip kişilerden de gelse aynı kelimeler için aynı benzerlikte olduğunu tespitidir. Bu işlem konuşma sisteminin rastlantısal yapısı nedeniyle birçok istatistik ve sinyal işleme metotlarının aynı anda kullanılmasını zorunlu kılmıştır. Günümüzde kullanılan konuşma tanıma modellerinde konuşmaların tanınması için bu konuşmadan gelen analog verinin incelenmesi gerekir. Verinin mikrofondan alınarak işlenmesi, bilgisayarın anlayacağı hale gelmesi, bilgisayar tarafından anlamlandırılarak ses sinyali haline dönüşüp gösterilmesini sağlayan sinyal işleme modüllerini içerir. Sonraki aşamada bilgisayar bu tespit edilen sinyalin içindeki fazla bilgiyi filtreleme yöntemleri ve çeşitli sinyal kırpma metotları kullanılarak çıkartır. Bu işlem konuşmanın içinde işlenecek önemli özelliklerin ve anahtar elemanlarının tespit edilmesidir. Konuşmaların içinde bulunan anahtar elemanlar seçildikten sonra bu elemanların içindeki kelimelerin tespitini yapmak için daha önce zaman düzeltmeleri yapılarak elemanlar doğru şekilde sıralanır. Daha sonra verilmiş kelime örneklerinden edinilen modellemeler kullanılarak kelimelerin ayrıştırılması ve tespiti yapılır. En son işlemde ise elde edilen yakın kelimelere göre kullanılan dil tespit edilir bu dile göre eldeki kelimeler tekrar modellenir. Bu aşamalar Şekil 3.3'da belirtilmiştir (Yalçın, 2008).





Şekil 3.3. Konuşma tanıma modeli

Konuşmanın robot tarafından tanımlanıp içerdiği verinin yine robotun kendisi tarafından kullanılması gerekir. Bu konuşmanın alınıp sinyale çevrilmesi, işlem için hazırlanması ve daha önce alınan örneklere göre bu sinyallerinin modellenmesi gerekmektedir. Bu modellenen veri, robotta işlenerek hangi kelimeyi duyduğunda ne yapması gerektiğine karar verir. Robot daha önce belirlenen programlar sayesinde karar verip işleme başlayabilecektir. Örnek olarak robota “kolunu kaldır” denildiğinde robotun mikrofonuna sadece kullanıcının ağzından çıkan ses ulaşmaktadır. Robot bu dalgaların ne anlama geldiğini anlamak için öncelikle bu dalgayı çözümlenerek ikili tabanlı sayı dizisine dönüştürür. Robot daha sonrada bunu sinyal haline çevirir. Bu sinyalin anlamlandırılabilmesi için sinyalin üzerindeki diğer tüm gürültüler filtreleme algoritmaları kullanılarak temizlenir. Yalın ses sinyali kullanıcının özneliklerinden ayrılması için güçlendirme ya da zayıflatma, konuşma dışı süresinin kırılması gibi işlemlerden geçerek saf hale getirilir. Sonrasında bu elamanlar tek tek yorumlanarak daha önce öğretilmiş kelimeler ile örüntü tanıma yöntemini kullanarak eşleştirilir. Kelimeler ortaya çıktıktan sonra eğer robot birden fazla dil konuşuyorsa çıkardığı kelimelerin dillerine bakarak ana dili bulur. Bulunan bu ana dile göre cümleyi tamamlar. Robot cümle verisini tamamen aldıktan sonra işi yapabilmesi için kendisine verilen koşullara bakar. Bu koşullarda kol kaldır kelimesi varsa ve gelen cümlede kol kaldır ise robot bu ikisini cümle olarak eşleştirerek koşulu sağladığını belirtir. Bunun üzerine robotun işletim sistemi robotun kolunu kaldırması için gerekli işlemleri başlatır. Konuşmaların anlamlandırılması için kullanılan sinyal işleme modülünün amacı, mikrofona gelen sinyallerin işlenmesidir. Sinyal işleme modülü konuşmacının stresli

olması, yorgun olması, hasta olması, erkek veya kadın olması, yaşlı veya genç olması gibi etkenleri genlik değişimlerini ve frekansları kullanarak ayırt edebilmesi gerekmektedir. Sinyal işleme ayrıca kullanıcıdan bağımsız olarak gelen dışarıdaki seslerinde konuşmadan ayrılmasını sağlamaktadır. Sinyal işlemedeki özellik çıkarım modülü sayesinde belirlenen parametreler sinyalin geçişlerini hesaplar ve her bir fonem için göstermeye yardımcı olur. Burada belirtilen parametreler sabit zaman içerisinde hesaplanan özelliklerdir. Bu sinyal geçişlerinde konuşmada oluşturulan fonetik bilginin kodlanmasını gösterir. Ortamdan alınan ses konuşma algılama için gerekli veya gereksiz birçok veri barındırmaktadır. Kullanılan bu yöntemde alınan sinyalden işe yarayan bilgiler seçilmeli geriye kalan sinyaller ise filtrelenerek kullanılmamalıdır. Kullanıcının daha önce eğittiği modüldeki örnekler ile seçilmiş sinyal verileri karşılaştırarak eşleştirilmeye çalışılmaktadır buna da örüntülü tanıma denir. Konuşulan kelimelerin birbirlerinden ayrılmasına, kelimenin başlangıç ve sonunun ayrılabilmesi işlemine segmentasyon denir. Kullanılan zaman düzenleme ve model karşılaştırma sayesinde kelimenin modellenmiş akustik veya fonetik olguların sıralanır. Konuşmadaki konuşmacının kelimeyi söyleyiş frekansı nedeniyle zaman bozulmalarının önüne geçilmeye çalışılmaktadır. Zaman kaymaları kelime konuşulurken doğal olarak oluşur ve seslerin gelme sürelerini etkiler. Aynı zamanda konuşmacıdan gelen veriler zamandan ayrıldıktan sonra eğitilmiş modeldeki kelimelerle belirlenen parametrelerde karşılaştırılarak kelime seçimleri yapılır. En son aşamada ise kelimeler dil işleme modülüne gelmektedir. Bu modülde ise hangi dil için konuşma tanıma yapılacaksa o dile ait kurallar belirlenir ve bu kurallara uyarak çalışması beklenir. Konuşma tanıma yöntemlerinde kullanılan ses sinyallerini ve bunların metin karşılıklarına göre gruplandırıldığında 3 ana gruplandırma yapılabilir. Bunlardan ilki bu sinyalin konuşmacıya bağlı olası yani ses sinyallerinin tek kişiye mi yoksa birden çok kişiye mi ait olduğunun tespitidir. İkicisi ile tanımlanan metinlerin toplamı kelime dağarcığı olarak isimlendirilir. Son olarak da sesteki gelen elemanların sıralanması ve metin içindeki yerlerinin belirlenmesine sürekli, bağlı veya ayrık tanıma denir. Konuşma tanıma sistemleri sınıflandırmasında sesli ifadenin zorluğuna göre sıralandığında aşağıdaki maddeler oluşturulur (Heckmann, 2014).

### 3.10.2.1. Ayrık sözcük tanıma sistemleri

Ses tanıma sistemlerinde en büyük problemlerden biri sözcüklerin başlangıç ve bitişini netleştirmektir. Sözcüklerin başlangıç ve bitişini netleştirmek için ayrık sözcük tanıma sistemlerinde kullanıcıdan bir tek kelime telaffuz etmesi beklenir. Her telaffuz arasında belirli bir süre bırakılması gerekir. Bu yöntem en büyük problem olan sözcüklerin başı ve bitişinin belirlenememesi sorununu yok sayarak ilerler. Belirli aralıklarla telaffuz edilen kelimeler yazılım tarafından parça parça alınarak incelenir ve sözcüklere çevrilir. Bu konu cümle tanımının temelini oluşturan sözcük tanımadır. Sonuç olarak bu yöntem en temel konuşma tanıma yöntemidir. Sözcük yakalamanın başlangıcıdır. Telaffuzlar arası belirli bir süre olduğundan dolayı sözcüklerin birbirinden ayırt edilmesi kolaylaşır. Ayrılan bu sözcükler birbirinden bağımsız olarak değerlendirilir. Bundan dolayı konuşurken Türkçede var olan ulama ses olayından dolayı oluşacak hatalar bu sistemde oluşmamaktadır. Örneğin “balkonaçık” bu ses dizisinde “balkon açık” mı denilmek isteniyor yoksa “balkona çık” mı denilmek isteniyor ayırt edebilmek oldukça zordur. Kullanıcının her sözcük arasında beklemesi ve bu ulama ses olayının gerçekleşmemesi gerekir. Bu durum insanlarda ise sezgisel olarak cümledeki ses tonundan bir emir mi içeriyor yoksa bize bir bilgi mi veriliyor ayırt edebildiğimiz için bir sorun teşkil etmemektedir (Wang ve ark., 2016).

### 3.10.2.2. Sözcük yakalama sistemleri

Kullanıcı sürekli konuştuğu zaman bu konuşulan kelimelerde belirlenen kelimelerin ortaya çıkışının belirlenme işlemine sözcük yakalama sistemleri denir. Bu sistemlerde en başarılı sonuç dinamik zaman sıkıştırma teknikleri kullanılarak sağlanmaktadır. Her bir kelime şablon olarak değerlendirildiği için sesin bitiş noktasından bağımsız olarak kelimeler yakalanır. Başlangıç noktası olabilecek her ses akıntısının örneği ise süreç olarak kabul edilir. Aranılan şablonun bulunup tanınma işleminin gerçekleşmesinde ise sesli ifade içinde eşleşen örüntü arama şeklinde çalışmaktadır. Konuşma tanıma sırasında insanların günlük hayatta kullandıkları ve anlayamayan sesler “aa”, “ı” üzerine odaklanmışlardır. Günlük bir konuşmada bu anlamsız kelimeleri geçersiz olarak belirlenir. Bunun yanı sıra gerçek anlam taşıyan kelimeler üzerine odaklanılır. Bu anlamsız kelimeler konuşma tanımadaki ciddi problemlere yol açabilir. Bu konuda çalışan kişiler anahtar kelimeleri belirlemek için

bilgisayar sistemlerine insanların bu anlamsız kelimeleri nasıl ayırt ettiğini ve algılamak için ne yaptıklarını öğretirler. Bahsedilen bu teknik bilgisayar sistemlerine ses içindeki belirli bir kelimeyi tanıma imkânı sağlar. Sonuç olarak sohbet içinde geçen kelimelerin yakalanması sağlanır. Genellikle dinamik zaman eşleştirme tekniğinde kullanılır. Kelime yakalama sistemi yakalanacak kelimeyi cümle içinde eşleştiği bir örüntü tanıma yöntemi şeklinde gerçekleştirir.

### 3.10.2.3. Sürekli konuşma tanıma sistemleri

Sürekli konuşma tanıma sistemleri iki dalda incelenmektedir. Bunların birincisi bağlı sözcük tanıma sistemleridir. İkincisi ise karşılıklı konuşma tanıma sistemleridir. Bağlı sözcük tanıma sistemleri tanıma işlemi sözcük seviyesinde belirlemeyi amaçlarken karşılıklı konuşma tanıma sistemi ise konuşmanın tamamının anlamının da anlaşılır olmasını amaçlar. Bundan dolayı karşılıklı konuşma tanıma sistemlerini bağlı sözcük tanıma sistemlerinden ayıran özelliği karşılıklı konuşma tanıma sistemlerinin karmaşık dil bilgisi kurallarını da içermesidir. Bu yöntem günümüzde farklı bir konu olarak incelenmektedir. Bu yöntem doğal dil işleme olarak isimlendirilmektedir. Doğal dil işlemenin konuşma tanıma sistemlerinde önemli bir yere sahiptir. Sürekli konuşma tanımada üç farklı problem vardır. Bunlardan birincisi sürekli konuşmanın içinde sözcükler arasında boşluk verilmediği için ulama gibi ses olaylarından dolayı sözcüklerin iç içe girmesi ve sözcük sınırlarının belirlenmesinin zorlaşmasıdır. İkinci sırada gelen sorun ise algılanacak ses sözcüklerinin öncesine ve sonrasına gelen diğer sözcüklerden etkilenmesidir. Son olarak ise vurgulama duraklama gibi bölümlerden kaynaklanmaktadır. Tanımlanacak cümledeki isim sıfat ve fiiller vurgulanarak ifade edilirken diğer bağlaçlar ve kısa sözcükler vurgulanmaz yâda atlanır. Örneğin “bir gün” ifadesi çoğunlukla “bigün” olarak telaffuz edilir. Sonuç olarak sürekli tanıma sistemi ilk iki yönetime göre daha karmaşıktır.

Konuşmacıya bağımlı ve konuşmacıdan bağımsız olarak iki tip tanıma sistemi vardır. Birincisi bir insanın ses öznitelikleri üzerinden eğitilmiş bir sistem ile sesli ifadeyi tanıyan bir yöntemdir. Bu yöntemin ikinci kişiyi algılaması için ikinci kişinin ses öznitelikleri üzerinden sistemin tekrar eğitilmesi gerekir. Bu durum bu yöntemin verimliliğini düşürmektedir. Her yeni kullanıcıya göre sistemi eğitmek ciddi bir maliyet ve süre sıkıntısı ortaya çıkarmaktadır. Bir diğer yöntem ise kişisel ses öz niteliklerinden bağımsız eğitilmesi ve farklı kişilerden gelen seslerin algılanması hedeflenen sistemdir.

Ancak kişinin ses özneliklerine bağımlı sistem yapmaktansa, kişinin öz niteliklerine bağımsız sistem yapmak çok daha karmaşıktır (Justo ve ark., 2013).

### 3.10.3. Ses Sentezleme

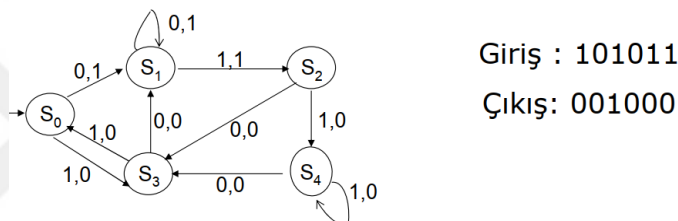
Robotların insanlarla iletişimde en önemli unsur robotun konuşması ve buna bağılı robotun sesidir. Sesi oluşturmada kullanılan ses sentezleme programlarında beklenen robotun fiziksel özelliğine bağılı olarak erkeksi kadınsı veya çocuksu ses çıkarmasıdır. Buna ek olarak yaş özelliklerini barındırması veya yaştan bağımsız oluşturulmasında talep edildiği noktalar vardır.

Yazıdan sese çevirme yazılı metni sinyal işleme teknikleri kullanılarak sözlü konuşma sinyaline çevirme yöntemidir. Burada kullanılan başlıca teknikler Eklemeli konuşma sentezi ve istatistiksel konuşma sentezidir. Eklemeli konuşma sentezi unsurlarından biri birim seçimi tabanlı sistemdir. Bu sistemde daha önceden kaydedilmiş konuşmaların bölünmüş kısımları fonem birimleri veri tabanı işlenerek sentezlenen yöntemdir. Talep edilen cümlelerin sentezlenebilmesi için birim veri tabanından en uygun fonem biriminin seçilmesi gerekir. Örneğin merhaba kelimesindeki “mer” ile tamer kelimesindeki “mer” hecesinin kelimenin başında ve sonunda bulunmasına bağılı olarak vurgu ve tonlamaları tamamen birbirinden farklıdır. Her iki kelimedenden oluşturulacak mermer kelimesi ilk hecesi merhabadan ikinci hecesi tamerden çekilmesi gerekir. Birim tabanlı sistemde kullanılan en uygun sıra toplam maliyeti en az olan sırası ve şu şekilde formüle edilir (Lokesh ve ark., 2018).

### 3.11. Sonlu Durum Makineleri

Sonlu Durum Makinesi (SDM), verilen girişi bir durumdan diğer bir duruma ileten ve çıkış üretebilen Şekil 3.4’deki gibi bir ağıdır. Sistem  $S_0$  durumundan sistem başlar. Girişin ilk hanesi “1” olduğu için sistemin  $S_3$  durumuna dallanır çıkış olarak “0” üretir. Bu durum giriş “1” karşılık çıkışı “0” olarak gerçekleşmesini sağlar. İkinci girişin “0” olması ile sistem  $S_3$  durumundan  $S_1$  durumuna geçer ve girişe karşılık “0” sonucunu oluşturur. Sistem  $S_1$  durumundan girişin “1” gelmesiyle  $S_2$  durumuna dallanır. Bu durum çıkışın “1” olmasını sağlar. Giriş durumunun sırasıyla “011” gelmesiyle sistem sırasıyla “000” sonucunu oluşturur sistem tamamlanmış olur. Uygulama alanları konuşma tanıma veya bir dilin modellenmesinde kullanılması örnek olarak verilebilir. Durum makineleri,

bir veri modeli olarak değerlendirilir; bir sistemin veya nesnenin davranışını modellemesinde kullanılır. Çalışmalarda sözcük arama, gramer çözümleme ve kontrol sistemlerinin davranışlarının modellemesinde uygulanır. Bir durum makinası, olası durumlar ve durumlar arası geçişi gösteren kenarlar açıklanır. Durumlar arası geçiş belli şartlar ile yapılır. Sonlu durum makinası, sonlu kümeler üzerinde uygulanan bir durum makinasıdır. Sonlu durum makinaları çıkışlı, çıkışsız, deterministik, deterministik olmayan şekilde kategorize edilir. Çıkışlı durum makinalarında durum geçişlerinde çıkış verirken çıkışsız sonlu durum makinalarında erişilmesi gereken son duruma ulaşmaya çalışılır. Çıkışlı durum makinaları kontrol sistemlerinin modellemesinde çıkışsız sonlu durum makinaları de desen tanıma gibi çalışmalarda sıkça rastlanır. Gramer analizi, dile ait kelimelerin oluşturulması veya uygunluğunun araştırılması için kullanılan bir yöntemdir (Ren ve ark., 2015).



Şekil 3.4. Sonlu durum makinesi (Chen ve Lin, 2000)

### 3.12. Diyalog Yönetim Teknikleri

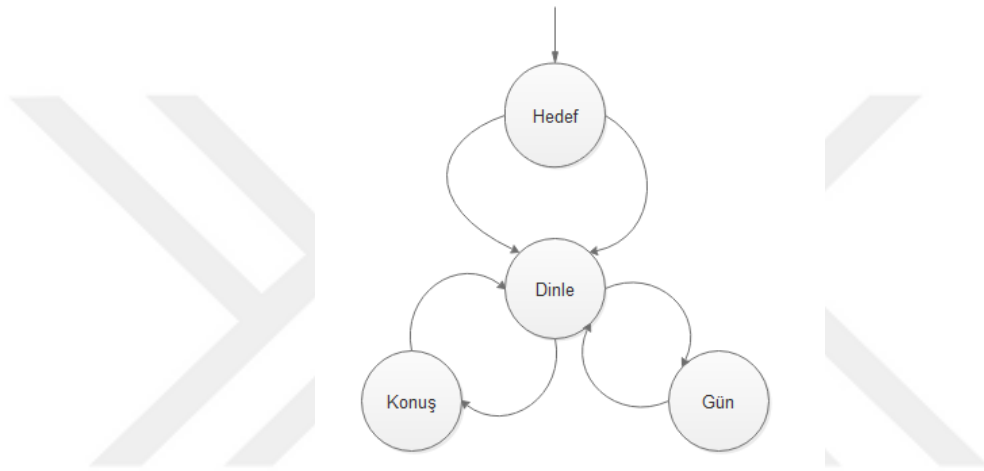
Konuşulan diyalog sistemleri, kullanıcı ile diyalogu kontrol etmek için kullanılan yöntemlere göre üç ana tipe ayrılabilir:

- Sonlu durum tabanlı sistemler,
- Çerçeve tabanlı sistemler,
- Plan tabanlı sistemler.

#### 3.13.1. Sonlu durum tabanlı sistemler

Durum tabanlı; bir dizi durum tarafından muhtemel diyalogları temsil eder; her durumda sistem kullanıcıdan belirli bir bilgi isteyebilir, kullanıcıya bir yanıt verebilir veya harici bir uygulamaya erişebilir. Diyalogun yapısı önceden tanımlanmıştır ve her durumda kullanıcının belirli girdiler sağlaması beklenmektedir. Bu, kullanıcının

konuşmasını tahmin etmeyi kolaylaştırır. Diyalogların yapısında kısıtlı esneklik pahasına daha hızlı gelişmeye açık ve daha sağlam sistemleri oluşturur. Şekil 3.5’de görüldüğü gibi sistem “Hedef” durumundan “Dinle” durumuna geçerek insanın gideceği hedefi belirliyor. Cevabı alması durumunda sonucu onaylatmak için “Konuş” durumuna geçiyor. Cevabı onaylatmak için tekrar “Dinle” durumuna geçiyor. Daha sonra sistem günü onaylatmak için “Gün” durumuna geçer. Daha sonra sistem “Dinle” durumuna geçer. Sistem günü belirler, doğrular ve sonuçlandırır. Sonlu durum tabanlı sistemler için aşağıdaki diyalog verilmiştir (Ren ve ark., 2015) :



Şekil 3.5. Sonlu durum tabanlı sistem şeması

1. Sistem: Hedefiniz nedir?
2. Kullanıcı: Ankara
3. Sistem: Bu Ankara mıydı?
4. Kullanıcı: Evet
5. Eğer kullanıcının cevabı negatif ise, sistem aşağıdaki gibi tekrarlanacaktır:
6. Sistem: Ne gün seyahat etmek istersiniz?
7. Kullanıcı: Cuma
8. Sistem: Pazar mıydı?
9. Kullanıcı: Hayır
10. Sistem: Ne gün seyahat etmek istersiniz?

Basit görevler için, durum tabanlı teknikler çoğu zaman en pratik çözümdür. Bununla birlikte, karmaşık görevlerde, durum grafikleri çok büyür, bakımı zorlaşır ve

kullanıcıların rahatsız edici bulabileceği uzun diyaloglara yol açar. Bu diyalog kontrolünü kullanan çok sayıda ticari diyalog sistemi var. Sistem diyalogun kontrolünü sürdürür, her diyalog durumunda istekler üretir. Bunun yanı sıra, istemlere yanıt olarak belirli kelimeleri ve cümleleri tanır veya reddeder. Bundan sonra, tanınan cevaba dayanan eylemleri üretir. Bu tür bir sistemin önemli bir özelliğinin, kullanıcı girdisinin tek kelime veya kelime öbekleriyle sınırlı olduğu gerçeğinin açık olması gerekir. Sistem her zaman dikkatle tasarlanmış sistem taleplerine cevaplar verir. Bu diyalog kontrolünün önemli bir avantajı, her durum için gerekli kelime ve dilbilgisinin önceden belirlenebilmesidir. Diyalog kontrolü kısıtlı bir konuşma tanıma ve dil anlayışı ile sonuçlandırılır. Ne yazık ki, bir dezavantajı var. Bu sistemler, kullanıcının girdisini önceden belirlenmiş sözcük ve ifadeleri kısıtlar. Bu durum yanlış tanınan öğelerin düzeltilmesini zorlaştırır. İkinci bir dezavantaj, kullanıcının, inisiyatif almak ve soru sormak ya da yeni konuları tanıtmak için çok az fırsat vermesi ya da hiç fırsat vermemesidir (Mallios ve Bourbakis, 2016).

### 3.13.2. Çerçeve tabanlı sistemler

Çerçeve tabanlı: dizi hal yerine çerçeve kullanır. Bu durumda, her çerçeve bir görevi veya alt görevi temsil eder ve sistemin görevi tamamlamak için ihtiyaç duyduğu bilgi parçalarını temsil eden yuvaları vardır. Sistem, boş kalan belirli alanları doldurmak için sorular formüle eder. Kullanıcı diyalogun inisiyatifini alabilir ve sorulandan daha fazla bilgi sağlayabilir. Bu ek bilgi, daha fazla alanın doldurulması, kullanıcının sonraki soruları yanıtlamaktan kurtarmasını sağlar. Durum temelli yaklaşımlarla karşılaştırıldığında daha kısa diyaloglara imkân sağlaması için kullanılır. Diğer taraftan, kullanıcının ifadeleri daha az kısıtlanır. Bu nedenle, duruma dayalı tekniklerle karşılaştırıldığında, daha sağlam bir sistem geliştirmek için gereken süreyi tahmin etmek daha zor olur (Addo ve ark., 2016).

Çerçeve tabanlı bir sistemde, kullanıcıya bir görevi gerçekleştirmek için sistemin bir şablondaki yuvaları doldurmasını sağlayan sorular sorulur. Aşağıda verilen örnekte robot tren tarifesi hakkında bilgi sağlamaktır:

- Sistem: Hedefiniz nedir?
- Kullanıcı: Ankara



- Sistem: Ne gün seyahat etmek istersiniz?
- Kullanıcı: Çarşamba

Bu örnekte, kullanıcı bir seferde bir bilgi ögesi sağlar ve sistem, durum tabanlı bir sistem gibi çalışır. Kullanıcının istenen bilgilerden daha fazlasını sağlaması da mümkündür. Aşağıdaki örnekte görüldüğü gibi, sistem bu bilgiyi kabul edebilir. Robot bir bağlantı için veri tabanını aramadan önce herhangi bir ek bilgi içeriğinin gerekli olup olmadığını aşağıdaki sorularla kontrol edebilir.

- Sistem: Hedefiniz nedir?
- Kullanıcı: Ankara'da sabah 10 civarında Cuma günü
- Sistem: Aşağıdaki sefere sahibim...

Çerçeve tabanlı sistemler, mevcut durumlara dayanan belirli bir eylemi alarak, üretim sistemleri gibi çalışır. Kullanıcının sistem istemlerine daha esnek bir şekilde yanıt vermesine izin vermek için çerçeve tabanlı sistemler tarafından bir tür doğal dil işleme gereklidir. Bu, sonlu durum tabanlı sistemlere kıyasla büyük bir farktır. Doğal dil, sistem tarafından tanıma veya anlama hatalarını düzeltmek için de gereklidir (Kim ve ark., 2008).

### 3.13.3. Plan tabanlı sistemler

Plana dayalı sistemler kullanıcının planını tanımlamaya ve bu planın uygulanmasına nasıl katkıda bulunabileceğinin belirlenmesine odaklanır. Bu dinamik bir süreçtir. Bu sayede kullanıcı tarafından alınan yeni bilgiler sistemi, kullanıcının planına ilişkin ilk algısını ve olası katkısını değiştirmeye zorlayabilir. Plan tabanlı teknikler genellikle diyaloglarda daha fazla kullanıcı girişimi sağlar. Bir görevi yerine getirmek için gerekli olan bilgi veya eylemlerin önceden tahmin etmek zor olduğu sorunlara özellikle uygun olduğu kanıtlanmıştır. Bununla birlikte, plan tabanlı sistemlerin uygulanması ve bakımı, önceki yaklaşımlara dayanan sistemlere kıyasla çok daha karmaşıktır (Wu ve ark., 2001). Aşağıda, kullanıcı ve sistem arasında bir örnek verilmiştir:

- Kullanıcı: Çankaya bölgesinde bir iş arıyorum. Herhangi bir sonuç var mı?
- Sistem: Hayır, Çankaya için herhangi bir istihdam sonucu yok. Ancak, Keçiören ve Maltepe için bir istihdam sonucu var. Bunlardan biriyle ilgileniyor musunuz?

Bu bölümde insansı robotlara değinilmiştir. Deneylerde kullanılacak sosyal robotların teknik ve yazılımsal özelliklerinden bahsedilmiştir. Yapılan bu çalışmada İRE'yönelik SDM ve İBG kullanılarak üç adımdan oluşan bir çözüm önerilmiştir. Yapılan çalışma bu yönüyle özgün ve geliştirmeye açık bir konudur. Sosyal robotların günümüzde sayılarının artmasıyla ortaya çıkan etkileşim problemlerine yönelik geliştirilebilir bir sistem sunmaktadır. Geliştirilen bu sistem olduğu gibi kullanılabilir veya kontrolcü tarafından istediği konularda durum makinesi içinde yer alan konular ve İBG çıkarımları güncellenerek farklı iç ortamlarda aynı hizmeti vermesi sağlanabilir. Geliştirilen bu yöntem eklenebilirlik açısından yeni bir kod yazmaya ihtiyaç duymaksızın model üzerinde düzenlemeler yapılarak ilerlenebilmektedir. Amaçlanan hedef yapılan bu tasarım sayesinde teknik yeterliliği olmasa dahi insanların robotları kullanabilmeleri ve etkileşime girmelerini mümkün kılmaktadır.

## 4. TEST VE UYGULAMA

Yapılan çalışmada AKINROBOTICS tarafından üretilen Mini ADA kullanılarak İRE'ye yönelik üç SDM önerilmiştir. Önerilen üç SDM iki farklı durum ile çaprazlanarak altı farklı varyasyon oluşturulmuştur. Oluşturulan altı varyasyon beş tekrar yapılarak otuz deney gerçekleştirilmiştir. Bu deneyler başarı oranlarına göre sınıflandırılmış elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak oluşturulan SDM'lerin birbirlerine göre üstünlüklerini belirlenerek en ideal SDM'ye erişilmeye çalışılmıştır. Oluşturulan SDM'lerde geçiş sırasına göre oluşan durumların sıralamaları İBG kullanılarak yorumlanmıştır. SDM'lerde geçişlere göre örneğin robot belirli durumlarda insanın tepkisiz kaldığını belirleyerek etkileşimi kendisi başlatmıştır. Diğer bir durumda insanın başlattığı etkileşime katılmış veya verilen emri yerine getirmiştir. Tüm bu anlatılan işlemler AROS yazılımı ile gerçekleştirilmiştir.

### 4.1. Mini Ada

Gündelik yaşamda insanlara hizmet etmek için seri üretimi yapılan Şekil 4.1'da görülen Mini ADA'lar; havaalanlarında, otogarlarda, otellerde, alışveriş merkezlerinde, mağazalarda, marketlerde, fuarlarda, konserlerde, açılış, kutlama organizasyonları gibi birçok alanda görevlendirilebilecek şekilde tasarlanmıştır. 28.04.2018 tarihinde ARGE'sine başlanmış 10.06.2018 tarihinde ARGE çalışmaları tamamlanmış olan bu robot 45 kg ağırlığa sahip 130 cm boyundadır. Kullandığı lityum iyon pil sayesinde 8 saate kadar aktif çalışabilen birçok dil desteği olan Türkiye'de üretilmiş bir hizmet robotudur (Akinrobotics, 2019).



Şekil 4.1. Mini ADA'lar

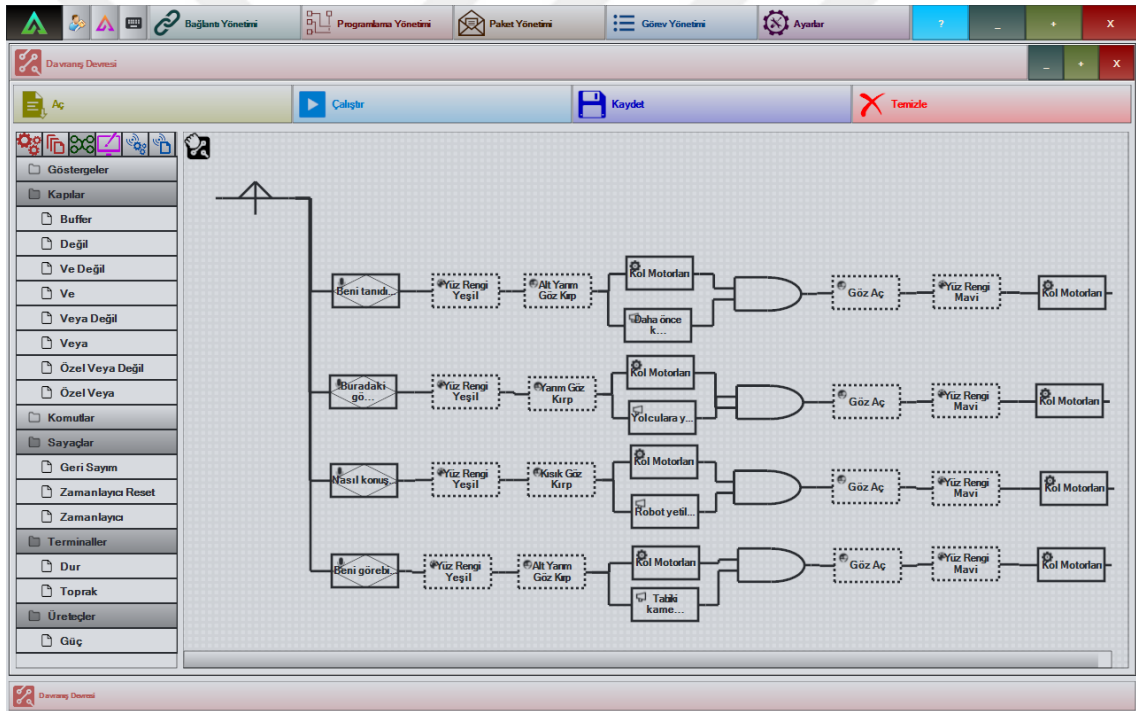
## 4.2. Robot İşletim Sistemi (AROS)

Robotun farklı görevlere adapte olabilmesi için programlanması gerekmektedir. Robotu programlamak için her seferinde teknik personel istihdam etmek veya ulaşmak ciddi bir maliyettir. Bu durum robotun insanların evlerine kadar uzanan hizmet alanı için kısıtlayıcı olabilir. Robotu satın alanların robotu kullanırken başka bir insana ihtiyacı olması gerekir. Bu sorunun aşılması için teknik konularda bilgi olmayan insanların dahi robotu programlayacağı bir işletim sistemine ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Bu alanda hazırlanan ve birçok kullanıcının geliştirdiği robotik işletim sistemleri mevcuttur. Bu çalışmada Akınrobotics tarafından yazılan AROS ve alt birimleri olan ARGUI, ARCORE, ARCONTROL gibi yazılımlar kullanılmıştır.

### 4.2.1. ARGUI

ARGUI, Şekil 4.2'de görüldüğü gibi kullanıcıların robotu programlamak ve verilerini incelemek için kullandıkları gerekli araçların bulunduğu, programlanabilir bir arayüzdür. ARGUI, sisteme bağlı tüm robotların belirlenmesi, telemetri verilerinin takip edilmesi ve yapay zekânın eğitilmesi için bu verilerin tutulması, robotun anlık uyarıları kullanıcıya iletmesi robota davranışların yüklenmesi gibi birçok işlemin gerçekleştirildiği kısımdır. ARGUI'nin içerdiği davranış devresi sayesinde, kullanıcılar robotun üzerinde bulunan tüm sensör verilerini istedikleri mantık sistemleriyle birlikte kullanarak yine robotun üzerinde bulunan tüm aktüatörlere verilecek komutları

programlayabilir, yani robotu eğitebilirler. Diğer bir deyişle robota yeni bir davranış, huy kazandırabilirler. Bu programlama hiçbir kod yazmadan tamamen komponentlerin (sensörler, mantık işleyiciler ve aktüatörler ) sürükle bırak metodu ile planlanan olay örgüsü, davranış devresinde kullanıcının istediği gibi sıralanarak birbirine bağlanabilir. Davranış devresine eklenen komponentlerin tüm özelliklerine (ivme, hız, açı, konuşma, duyma, insan algılama ve tanıma, obje algılama ve tanıma, koku, sıcaklık, uzaklık, manyetik, eğim, atalet, akım, görüntü, ses, mesafe, encoder, kullanıcı dokunmatik arayüzü, gyroscope ) erişilerek karmaşık huyların düzenlenmesi Şekil 4.2’de görüldüğü şekli ile sağlanabilir. Herhangi bir robota atanan bu davranışlar aynı anda kullanıcının seçtiği diğer robotlara da yüklenerek robotların senkron davranışları ve işbirlikçi görevleri yerine getirmesi mümkün hale gelir.



Şekil 4.2. ARGU robotik programlama arayüzü

#### 4.2.2. ARCORE

ARCORE, robotun üzerinde ARGUI'den gelen davranışların işlenmesi, bu davranışların yapay zekâ sistemlerinin eğitilmesi görevini yerine getirmektedir. ARGUI'den robotlara davranışlar yüklendikten sonra robotlar ARGUI'den bağımsız eğitildikleri konuda hizmet verebilmekte buna bağlı yan durumları inceleyerek davranışını geliştirmektedir. ARCORE, ARCONROL ve ARINTERFACE'den gelen

sensör (ivme, hız, açı, konuşma, duyma, insan algılama ve tanıma, obje algılama ve tanıma, koku, sıcaklık, uzaklık, manyetik, eğim, atalet, akım, görüntü, ses, mesafe, encoder, kullanıcı dokunmatik arayüzü, gyroscope) verilerini toplar. Eğitildiği yapay zekâ modeli ile işleyerek gerekli olan çıktıları oluşturur ve aktüatörlere (kol, el, bacak, gövde, kafa, yürüme mekanizması, hoparlör, kullanıcı ekranı, gözler, dudaklar) gönderir.

#### **4.2.3. ARCONTROL**

ARCONTROL, robot üzerinde bulunan alt birimlere (gömülü yazılım, görüntü işleme, konuşma ve algılama) ARCORE'un erişimini sağlar. Gömülü yazılım ile ARCORE arasında köprüyü kurarak aynı anda tüm uzuvların senkron şekilde yönetilmesini ve kontrol edilmesini sağlar. İçinde bulundurduğu görüntü işleme algoritmaları ile görüntüyü eş zamanlı ekran kartında işleyerek, insan tepkisinin altında gerçek zamanlı sonuçlar vermektedir. Bunlar insan algılama, tanıma ve takibi, obje algılama, tanıma ve takibi işlemini gerçekleştirir. Bu sayede robot insanları tanır. Tanıştığı kişileri diğer robotlarla paylaşmak üzere veri tabanında tutar. Ortamın ışık şiddetini ölçerek karanlık aydınlık kavramlarını oluşturur. Robot yeni girdiği ortamların harita verilerini görüntü işleme algoritmalarıyla işleyerek harita üzerinde gerçek zamanlı yön tarif eder. Bu sayede harita üzerindeki yasaklı bölgelerin, yürüme yollarının insan tarafından oluşturulma ihtiyacını ortadan kaldırmakta ve saniye seviyesinde gerçekleştirebilecek hale gelebilmektedir. Konuşma algılama ve ses sentezleme algoritmaları sayesinde insanlarla karşılıklı diyalog geliştirebilmektedir. Dış ortamdan algılanan sesler ilk olarak konuşma algılama algoritmasından geçerek yazıya dönüştürülür. Oluşturulan bu yazı işlenerek cümledeki emir, soru, bilgilendirme, özne, nesne, yer yön gibi kavramlar belirlenerek ARCORE'a iletilir. ARCORE'dan işlenip gelen yazıyı ses sentezleme algoritmaları sayesinde ses kartına ileterek robotun konuşmasını sağlar.

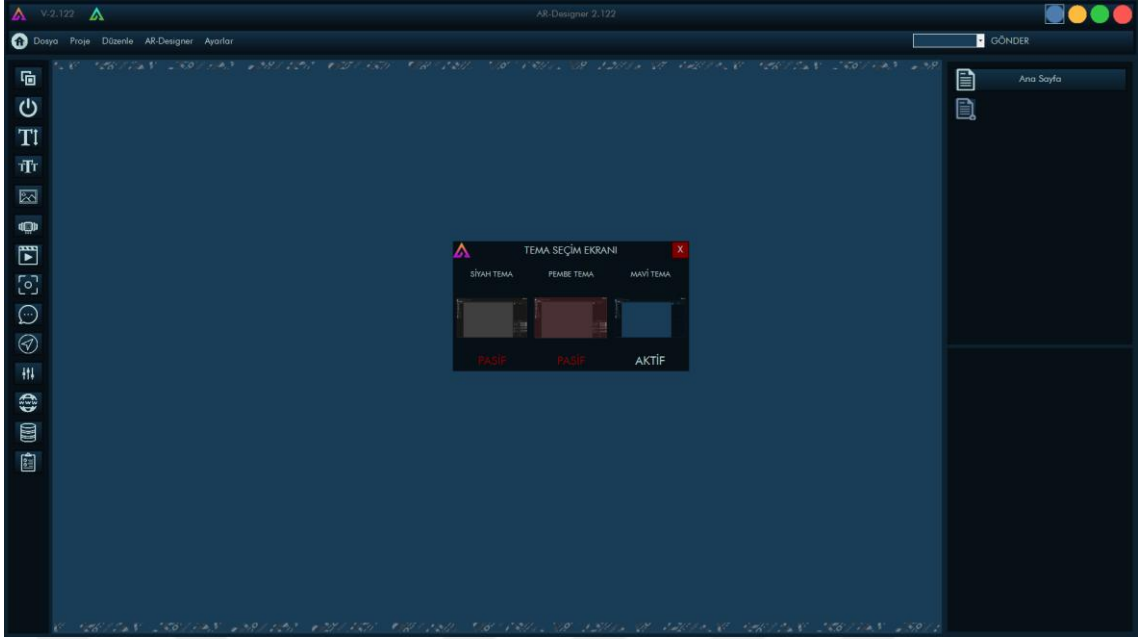
#### **4.2.4. ROBOLIZA**

ROBOLIZA (Robotik Bulut Yazılımı), ARCORE tarafından edinilen deneyimler ROBOLİZA'da toplanır. Toplanan bu datalar ile birlikte büyük data oluşur ve oluşan bu data çaprazlanarak derin öğrenme algoritması ile işlenir. İşlenen bu veriler

ve çalışmalar esnasında yapılan geliştirmeler tekrar tüm robotlara yönlendirilir. Bu sayede bir robotun gelişimi sadece o robotun deneyimleriyle kalmayıp tüm robotların deneyimleriyle birleşerek yorumlanır. Sonuç olarak çok hızlı şekilde gelişen derin bir öğrenme sistemi oluşturulmuştur. ROBOLİZA konumu itibari ile tüm robotların her an en güncel algoritmalara ve deneyimlere sahip olmasını sağlar. Robot tüm bu bilgiler ışığında giderek kendini geliştirip görevini yerine getirir.

#### **4.2.5. ARDESIGNER ve ARINTERFACE**

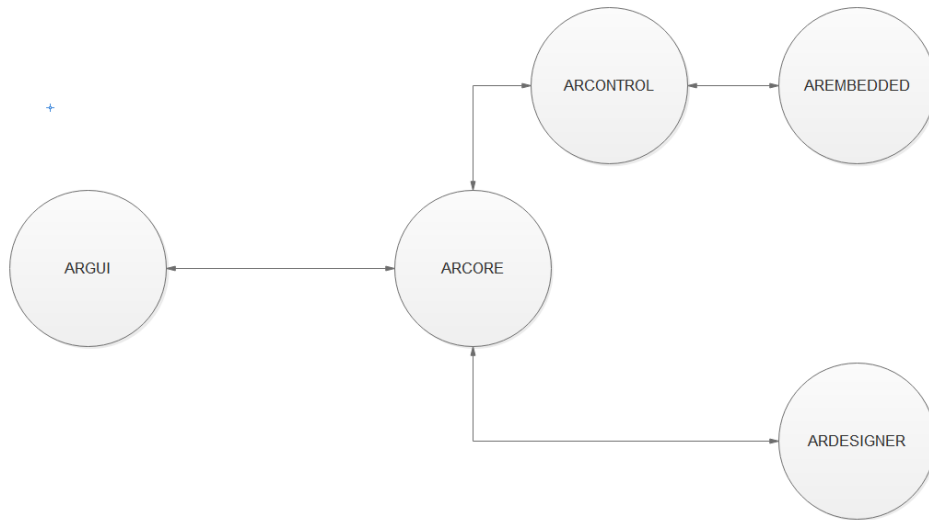
Kullanıcı ARDESIGNER ve ARINTERFACE'e ARGUI aracılığıyla erişir. Robot programlayan kişinin ARDESIGNER'da şekil 4.3'te görüldüğü gibi yaptığı arayüzü robota yükleyerek ARINTERFACE'de görünmesini sağlayan gerekli araçların bulunduğu programlanabilir bir arayüz hazırlama programıdır. Gelişen teknolojik çalışmalar sayesinde insan hayatının merkezine oturmuş, akıllı cihazlar insanların iletişim kanallarına bir yenisini daha eklemiştir. Bu iletişim kanalı dokunmatik ekranlardır. Dokunmatik ekranların kullanımının yaygınlaşması telefon, tablet, PC, kiosk, banka, alışveriş merkezi, hastane gibi kamusal alanlarda bulunan bilgilendirme ekranları sayesinde olmuştur. Dokunmatik ekranlar insanlar için aranan bir iletişim yöntemi haline gelmiştir. ARDESIGNER, insanlar ile robotun iletişim kuracağı arayüzün hazırlamasına imkân sağlar. ARINTERFACE robot programlayan kişinin istediği şekilde tasarlayabileceği arayüz sayesinde insanlardan gelen dokunma girişlerini ARCORE'a gönderir. ARINTERFACE, ARCORE'dan gelen işlenmiş verileri olarak uygular. ARDEGISNER bu arayüzün hazırlanmasını gerçekleştirir. ARGUI hazırlanan arayüzün davranış modeli ile programlanarak robota yüklenmesini gerçekleştirir. ARINTERFACE oluşturulan arayüzün kullanıcıya gösterilmesi ve kullanıcıdan gelen dokunmatik verilerin ARCORE'a gönderilmesi ve gelen işlemlerin gösterilmesini sağlar.



Şekil 4.3. ARDESIGNER ekran programlama arayüzü

#### 4.2.6 AREMBEDDED

ARCONTROL tarafından oluşturulan emirleri USB protokolü ile alarak elektronik tarafta işleyen yazılımdır. Beyincik, uzuv merkez kontrolcüsü, eklem kontrolcüsü, sensör merkez kontrolcüsü, sensör kontrolcüsü, sarj kontrolcüsü gibi birimlerden oluşmaktadır. Bu birimler temel seviye işlemleri gerçekleştirip sonuçlarını ARCONTROL'e iletmektedirler.



Şekil 4.4. AROS mimarisi



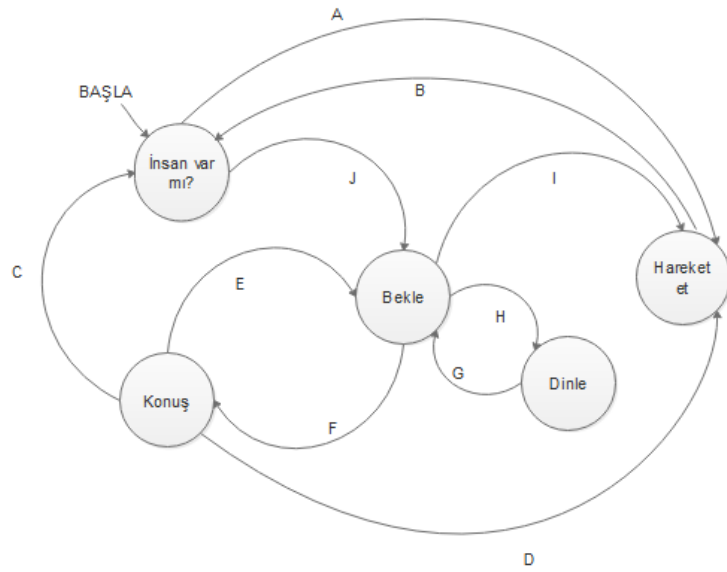
Şekil 4.4'te AROS mimarisi verilmiştir. Sistem ARGUİ'den başlamaktadır. Tüm sistemler bağlantılı oldukları birimler ile çift yönlü iletişim kurabilmektedir. ARGUİ'de oluşturulan SDM ve İBG ARCORE'a yüklenerek sistemin programlanması sağlanmaktadır. Sistem programlandıktan sonra SDM ve İBG ARCORE tarafından işlenerek iş parçacıkları oluşturulur. ARCORE'da oluşturulan iş parçacıkları ARCONTROL tarafından çevresel birimleri dinleyerek belirlenen SDM durum geçişlerini sağlar. SDM'nin bulunduğu durumlara göre iş parçacıkları iş emirlerini oluşturur. İş parçacığı ilgili durumun emrini hedef noktaya iletir. Bu mesajları alan birimler konuşma, dinleme, hareket etme gibi eylemleri gerçekleştirmektedirler. ARCORE oluşan SDM durumlarına bağlı olarak İBG kullanarak durum çıkarımı yapmakta ve diğer durumlara dallanmaları gerçekleştirerek robotun aktif etkileşim başlatabilmesini gerçekleştirmektedir.

### **4.3. İRE'nde SDM Modelleri**

Yapılan bu çalışmada İRE için üç model önerilmiştir. Bunlar insan kontrol SDM modeli, kafa takipli insan kontrol SDM modeli ve robotun gözünden kafa takipli insan kontrol SDM modelidir.

#### **4.3.1. İnsan Kontrollü SDM Modeli**

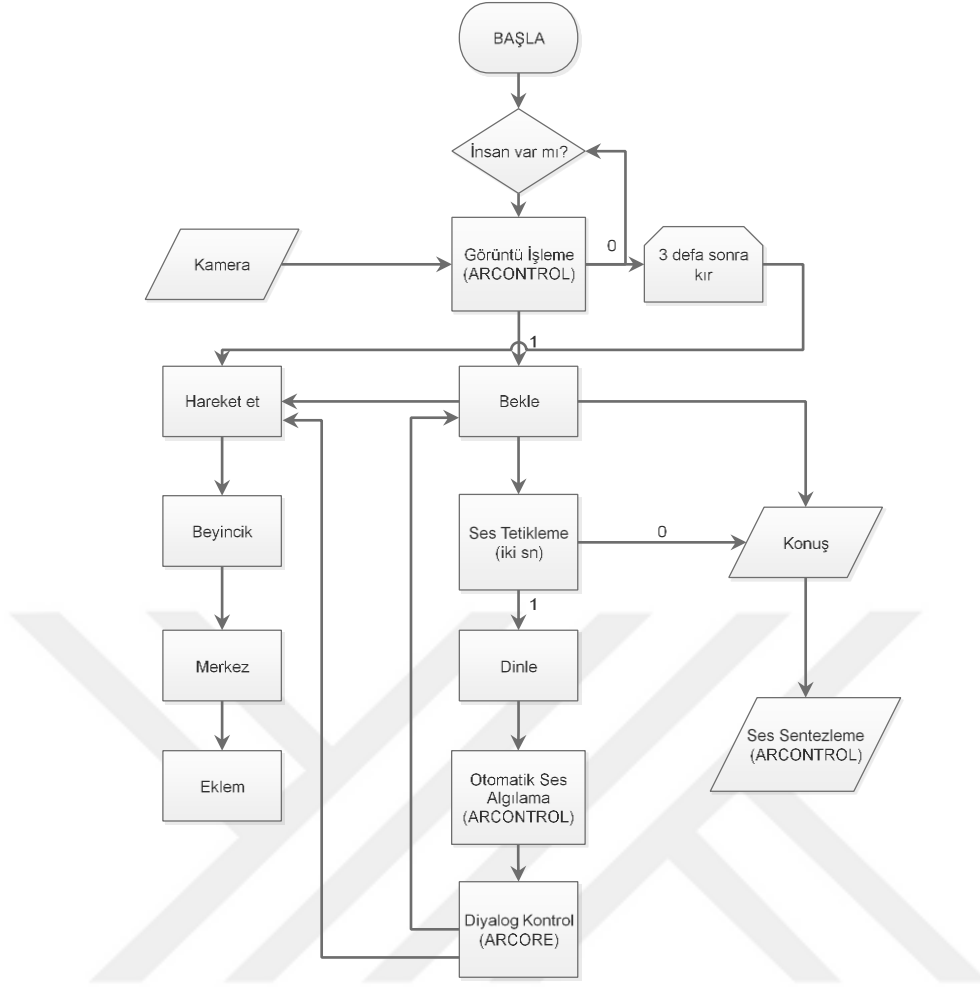
İnsan kontrollü SDM modeline göre robot ilk durumda, görüntü işleme yöntemleriyle insanın karşısında olup olmadığını belirlemektedir. Robot, karşısında gördüğü insanın ilgisinin olup olmadığına göre çeşitli yöntemler kullanarak insanın ilgi durumunu diyalog boyunca üzerinde tutmaya çabalamıştır. İlk aşamada insanlar robota sorular sorarak ilerlenmiştir. İnsanların sorularına göre bazı servisler aracılığıyla hizmet verecektir. Bu servisler hava durumu, haberler, yeni sezon ürünler, kampanyalar, indirimler, haritalama ve eğlence gibi örneklendirilebilir. Yapıda oluşan durumlar arasında kullanıcıdan talep edilen girdilere göre sistem akışı sağlanmıştır. Şekil 4.5'te İRE için önerilen insan kontrollü SDM modeli görülmektedir.



Şekil 4.5. İnsan kontrollü SDM modeli

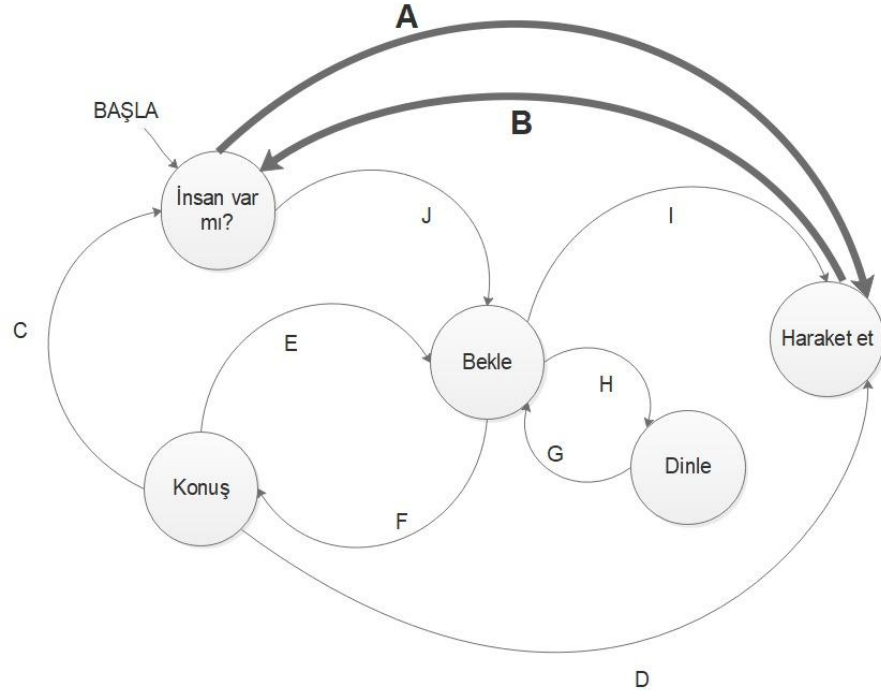
Şekil 4.5'teki insan kontrollü SDM modeli diyalog yönetim sistemi "İnsan var mı?" durumundan başlar. İnsan olmadığı durumda "Hareket et" durumuna geçer. "Hareket et" durumunda ARCORE tarafından rastgele bir açı ve mesafe üretir. Üretilen bu açı ve mesafe ARCONTROL'e özel paket yapısı (json) formatında gönderilir. ARCONTROL aldığı bu özel paketi işleyerek bu paketin yürüme mekanizmasına ait olduğunu belirler. Paket gömülü sistemlerin anlayabileceği ikili (binary) formata dönüştürülerek USB protokolü üzerinden robotun beyincğine gönderilir. Beyincik aldığı bu veriyi işleyerek hangi uzva ait olduğunu belirler. Bu belirlenme işlemi tamamlandıktan sonra bu veriyi yürüme merkez kontrolcüsüne iletir. Yürüme merkez kontrolcüsü aldığı bu veriyi direksiyon kontrolcülerine iletir. Direksiyon kontrolcülerini aldıkları bu emri yerine getirerek uygun pozisyona gelir. İlerlemeyi sağlayarak belirlenen açığa dönmüş olur. Aynı iletişim yolu izlenerek üretilen mesafe kadar ileri gidilir. Bu eylem insan tespit edilene kadar sürekli tekrarlanarak ortamda insan arama ve tespiti işlemi devam eder. Sonlu durum makinesi "İnsan var mı?" durumu ve "Hareket et" durumu arasında ilerleyerek döngü oluşturur. "İnsan var mı?" durumuna geldiği zaman robot kameradan aldığı görüntüyü Şekil 4.6'da görüldüğü gibi ARCONTROL'e iletir. ARCONTROL aldığı bu görüntüyü görüntü işleme kütüphanesine gönderir. Görüntü işleme kütüphanesinde alınan görüntüler ön işlemden geçirilerek içerisinde yüz tespiti yapılabilir hale getirilir. Ön işlemden geçirilen görüntülerden robotun karşısında insan yüzü olup olmadığı OpenCV kullanılarak tespit

edilir. Tespit edilen yüzün içindeki vektörler Dlib Kütüphanesi CUDA üzerinden kullanılarak ekran kartına gönderilir burada yapılan işlemler sonucunda 66 adet yüz öz niteliği çıkarılır. Çıkarılan bu öz nitelikler daha önce robota tanıtılmış olan yüzler ile karşılaştırılarak robotun karşısındaki kişiyi tanıyıp tanımadığı belirlenir. Robot tanıdığı kişilere ismi ile hitap eder. Oluşan insan kontrol ve hareket döngüsü insan tespit edildiğinde kırılır ve “Bekle” durumuna geçer. Sonlu durum makinesi “Bekle” durumuna geçtikten sonra robot ortamı dinlemeye başlar. Mikrofon aracılığı ile ortamdan aldığı sesi ARCONTROL’e iletir. ARCONTROL Şekil 4.6’da görüldüğü gibi ses datasını ses işleme kütüphanesine gönderir. Ses işleme kütüphanesine gelen ses datası çeşitli sinyal işleme algoritmalarından geçirilerek insan dışı seslerden ses datası arındırılır. Bu işlemde sonra veri SMM gibi işlemlerden geçerek anlamı hale getirilir. Bu şekilde robotun duyduğu ses yazıya çevrilmiş olur. Hazırlanan bu yazı ses işleme algoritmasının sonucu olarak Şekil 4.6’da görüldüğü gibi ARCORE’a gönderilir. ARCORE’a gelen bu yazılar ARCORE tarafından işlenir. ARCORE’da yazı özne yüklem gibi cümle öğelerine ayrılır. Cümlenin emir mi bilgi mi veya soru mu olduğu belirlenir. Burada kullanıcının daha önceden belirlediği davranış modellemesine göre robotun öğrenilmiş bir duruma tepkisi belirlenir. Eğer bahsedilen konu robotun daha önce öğrendiği konulardan değilse robot insanlara nasıl yardımcı olabileceği ve hangi konularda bilgi verebileceğini insanlara iletir. Daha önce öğrendiği konulardan bahsedildi ise o konu hakkında insanlara öğrendiği bilgiler doğrultusunda hizmet verir. Robotun bu hizmeti vermesi için ARCORE tarafından alınan cümle işlendikten sonra eğitildiği doğrultuda cevabın yazı olarak oluşturulması işlemi gerçekleşir. Oluşturulan bu cevap yazı olarak ses sentezleme algoritmasına gönderilir. Ses sentezleme algoritması belirlenen cevabı birim seçimi tabanlı algoritmaları kullanarak ses sinyaline çevrilerek ses kartına iletilir. Ses kartına iletilen ses verisini robota bağlı olan hoparlör ve diğer sistemlerini kullanarak ses verisinin kullanıcıya ses sinyali olarak iletilmesini sağlar. Bu şekilde İRE’nin temel yapı taşı olan karşılıklı konuşmanın bir bölümü gerçekleştirilmiş olur. Bu döngü sürekli robot programlayıcının daha önce belirlediği koşullara göre her kullanıcı için tekrarlanır. Bu sayede robot insan tarafından kontrol edilmiş olur.



Şekil 4.6. İnsan kontrollü SDM modeli AROS akışı

İnsan kontrollü SDM modeli İRE’de **insan arama eylemini** oluşturan ve Şekil 4.5’te gösterilen “İnsan var mı?”, “Hareket et” durumlarının muhtemel olasılıkları Şekil 4.14’te verilmiştir. Bu yapıda diyalog gerçekleşmediği için İBG devreye girmez.

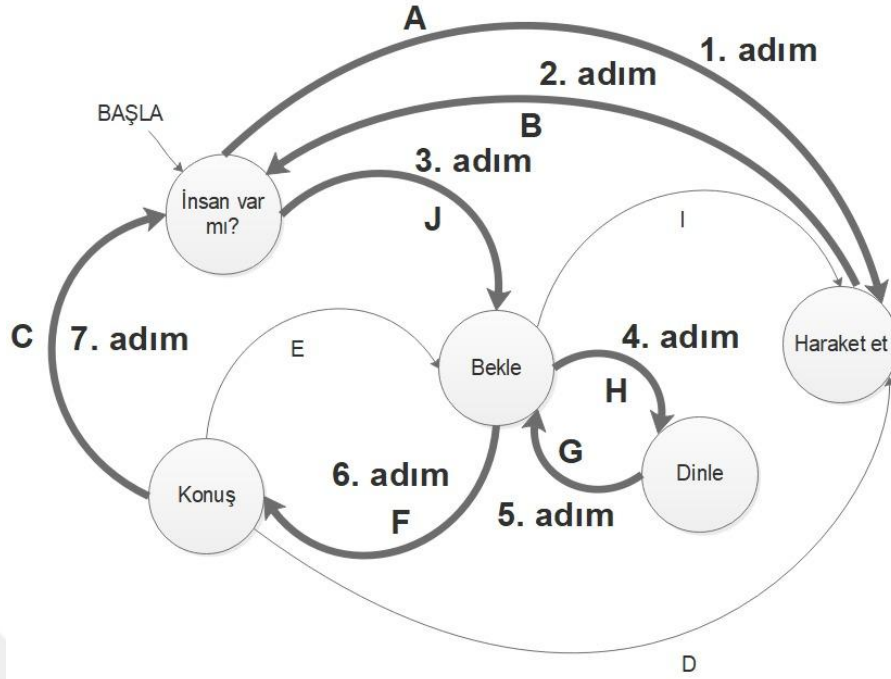


Şekil 4.7. insan kontrollü SDM modeli insan arama durum geçişleri

Şekil 4.7'ye göre aşağıdaki işlemler gerçekleşir:

Robot “İnsan var mı?” durumunda karşısında insan yok ise, SDM “A” işlemini gerçekleştirir. Robot “Haraket et” durumuna geçer ve hareket eder tamamlandığında “B” işlemini gerçekleştirir. SDM tekrar “A” işlemini gerçekleştirerek “İnsan var mı?” durumuna geçer ve insan aramaya devam eder. Bu döngü insan bulana kadar devam eder. Yapılan bu arama eylemi “AB...” şeklinde ilerler.

İnsan kontrollü SDM modeli İRE’de **etkileşimi insanın başlattığı, sadece konuşma eylemini** oluşturan ve Şekil 4.5’te gösterilen “İnsan var mı?”, “Haraket et”, “Konuş”, “Dinle”, “Bekle” durumlarının muhtemel olasılıkları Şekil 4.8’de verilmiştir. Bu durumda insan robota yaklaştığı için İBG’e göre sonuç insanın robot hakkında bilgisi olduğuna karar verir ve robot etkileşime dahil olur.

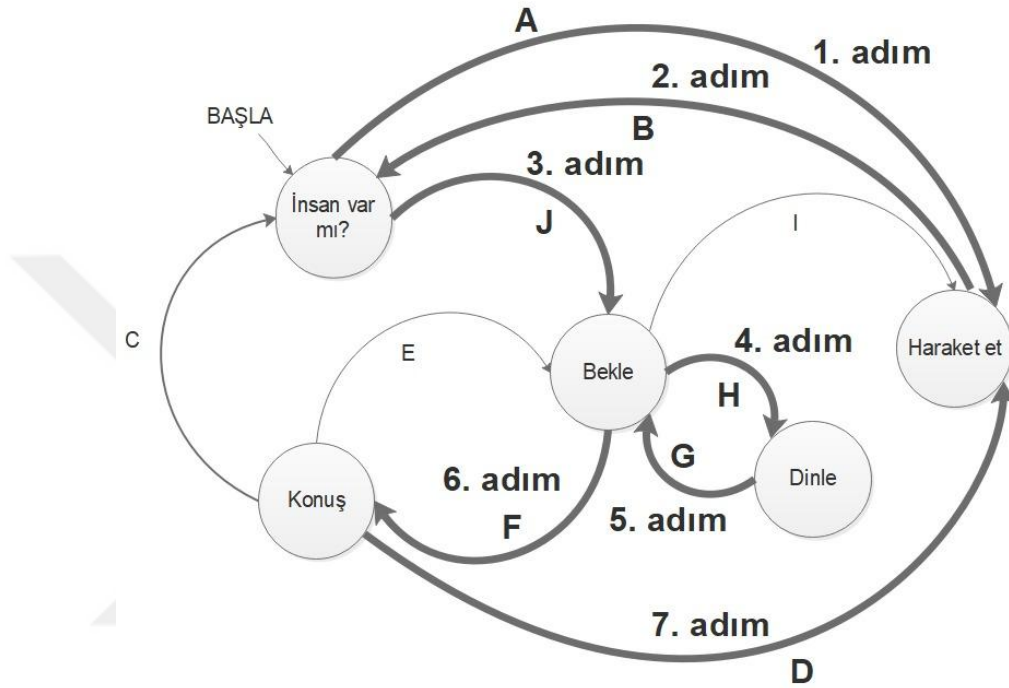


Şekil 4.8. Etkileşimi insanın başlattığı, insan kontrollü SDM modeli konuşma durum geçişleri

Şekil 4.8'e göre aşağıdaki işlemler gerçekleşir:

Robot “İnsan var mı?” durumunda karşısında insan yok ise, SDM “A” işlemini gerçekleştirir. Robot “Hareket et” durumuna geçer ve hareket eder tamamlandığında “B”, işlemini gerçekleştirir. SDM tekrar “A” işlemini gerçekleştirerek “İnsan var mı?” durumuna geçer ve karşısında bir insan görür. Robot “J” işlemini gerçekleştirerek “Bekle” durumuna geçer. Bu durumda SDM insana iki saniye etkileşim süresi tanır. İnsanın iki saniye içinde etkileşimde bulunursa, robot “H” işlemini gerçekleştirerek “Dinle” durumuna geçer. Robot karşısındaki insanın konuşmasını dinler, dinlediği konuşmayı kaydeder, kaydettiği konuşmayı yazıya çevirir. Robot “G” işlemini gerçekleştirerek “Bekle” durumuna tekrar geçer. “Bekle” durumunda robot elde ettiği yazıyı işler, robot “Konuş” durumuna geçer, “Konuş” durumunda, “Bekle” durumunda oluşturduğu sonucu karşısındaki insana iletir. Bu aşamadan sonra robot “C” işlemini gerçekleştirerek “İnsan var mı?” durumuna geçer. Bu döngü kullanıcı robotla etkileşime devam ettiği sürece devam eder. Yapılan bu arama eyleminin grameri “ABJHGFC...” şeklinde ilerler. “ABJHGFC...” içinde bulunan “JHG” grameri oluşturulan İBG’ye göre insanın robot hakkında bilgisi olduğunu gösterir. Bu durumda robot etkileşime iştirak eder.

İnsan kontrollü SDM modeli İRE’de **etkileşimi insanın başlattığı, konuşma ve hareket eylemini** oluşturan ve Şekil 4.5’te gösterilen “İnsan var mı?”, “Hareket et”, “Konuş”, “Dinle”, “Bekle” durumlarının muhtemel olasılıkları Şekil 4.9’da verilmiştir. Bu durumda insan robot alanına girdiğinde etkileşimi başlattığı için İBG’e göre sonuç insanın robot hakkında bilgisi olduğuna karar verir ve robot etkileşime dahil olur.



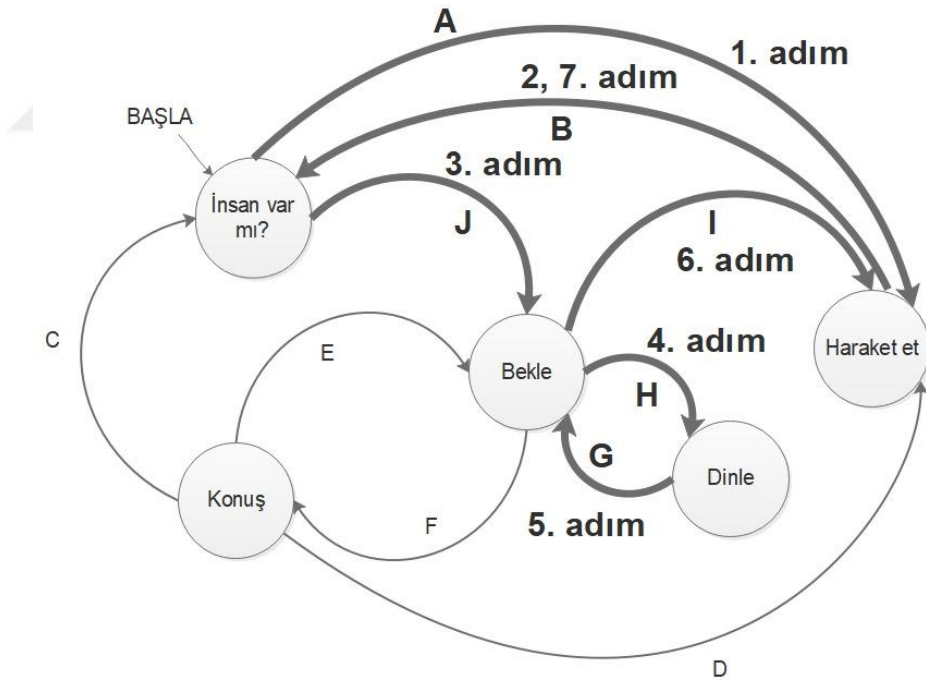
**Şekil 4.9.** Etkileşimi insanın başlattığı, insan kontrollü SDM modeli konuşma ve hareket etme durum geçişleri

Şekil 4.9’a göre aşağıdaki işlemler gerçekleşir:

Robot “İnsan var mı?” durumunda karşısında insan yok ise, SDM “A” işlemini gerçekleştirir. Robot “Hareket et” durumuna geçer ve hareket eder tamamlandığında “B”, işlemini gerçekleştirir. SDM tekrar “A” işlemini gerçekleştirerek “İnsan var mı?” durumuna geçer ve karşısında bir insan görür. Robot “J” işlemini gerçekleştirerek “Bekle” durumuna geçer. Bu durumda SDM insana iki saniye etkileşim süresi tanır. İnsanın iki saniye içinde etkileşimde bulunursa, robot “H” işlemini gerçekleştirerek “Dinle” durumuna geçer. Robot karşısındaki insanın konuşmasını dinler, dinlediği konuşmayı kaydeder, kaydettiği konuşmayı yazıya çevirir. Robot “G” işlemini gerçekleştirerek “Bekle” durumuna tekrar geçer. “Bekle” durumunda robot elde ettiği yazıyı işler, robot “F” işlemini gerçekleştirerek “Konuş” durumuna geçer. Robot

“Konuş” durumunda, “Bekle” durumunda oluşturduğu sonucu karşısındaki insana iletir. Konuşma içerisinde hareket de eklenmişse robot “D” işlemini gerçekleştirerek “Hareket et ” durumuna geçer. Robot eklenen hareketi gerçekleştirir. Robot hareket sonucunda tekrar “B” işlemini gerçekleştirerek “İnsan var mı?” durumuna geçer. Bu döngü kullanıcı robotla etkileşime devam ettiği sürece devam eder. Yapılan bu arama eyleminin grameri “ABJHGFDB...” şeklinde ilerler. “AB**J**HGFDB...” içinde bulunan “JHG” grameri oluşturulan İBG’ye göre insanın robot hakkında bilgisi olduğunu gösterir. Bu durumda robot etkileşime iştirak eder.

İnsan kontrollü SDM modeli İRE’de **etkileşimi insanın başlattığı, hareket emri verme eylemini** oluşturan ve Şekil 4.5’te gösterilen “İnsan var mı?”, “Hareket et”, “Konuş”, “Dinle”, “Bekle” durumlarının muhtemel olasılıkları Şekil 4.10’de verilmiştir. Bu durumda insan robot alanına girdiğinde etkileşimi başlattığı için İBG’e göre sonuç insanın robot hakkında bilgisi olduğuna karar verir ve robot etkileşime dahil olur.



Şekil 4.10. Etkileşimi insanın başlattığı, insan kontrollü SDM modeli hareket emri verme durum geçişleri

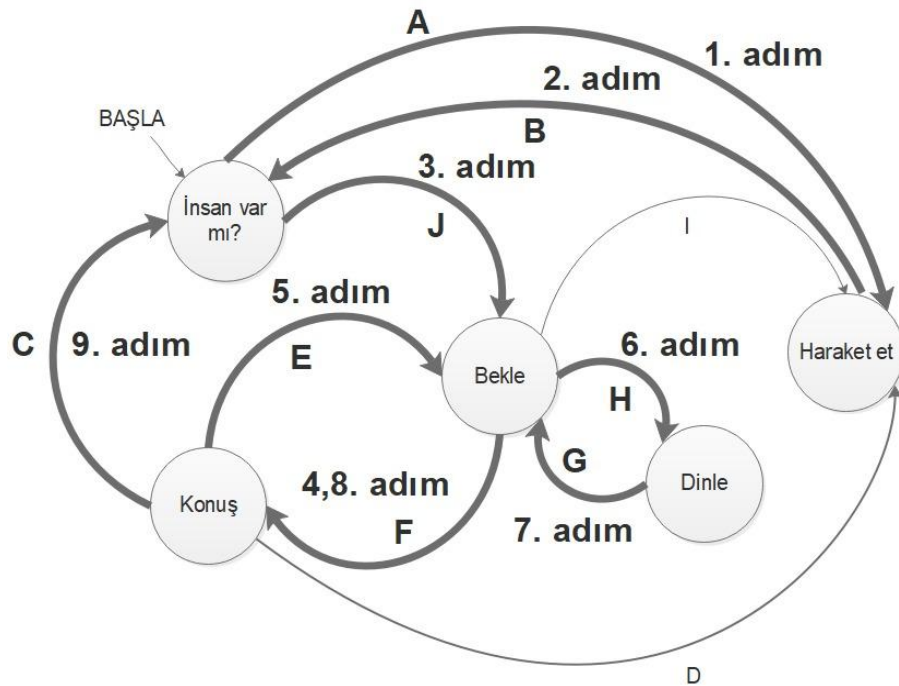
Şekil 4.10’ye göre aşağıdaki işlemler gerçekleşir:

Robot “İnsan var mı?” durumunda karşısında insan yok ise, SDM “A” işlemini gerçekleştirir. Robot “Hareket et” durumuna geçer ve hareket eder tamamlandığında “B”, işlemini gerçekleştirerek “İnsan var mı?” durumuna geçer ve karşısında bir insan



görür. Robot “J” işlemini gerçekleştirerek “Bekle” durumuna geçer. Bu durumda SDM insana iki saniye etkileşim süresi tanır. İnsanın iki saniye içinde etkileşimde bulunursa, robot “H” işlemini gerçekleştirerek “Dinle” durumuna geçer. Robot karşısındaki insanın konuşmasını dinler, dinlediği konuşmayı kaydeder, kaydettiği konuşmayı yazıya çevirir. Robot “G” işlemini gerçekleştirerek “Bekle” durumuna tekrar geçer. “Bekle” durumunda robot elde ettiği yazıyı işler. Robot bu işlemde kendisine emir verildiğini anlar. Robot verilen emri yerine getirmek için “I” işlemini gerçekleştirerek “Hareket et” durumuna geçer. Robot verilen emri yerine getirir. Hareket sonucunda tekrar B işlemini gerçekleştirerek “İnsan var mı?” durumuna geçer. Bu işlem kullanıcı robotla etkileşime devam ettiği sürece devam eder. Yapılan bu arama eyleminin grameri “ABJHGIB...” şeklinde ilerler. “ABJHGIB ...” içinde bulunan “JHG” grameri oluşturulan İBG’ye göre insanın robot hakkında bilgisi olduğunu gösterir. Bu durumda robot etkileşime iştirak eder.

İnsan kontrollü SDM modeli İRE’de **etkileşimi robotun başlattığı, sadece konuşma eylemini** oluşturan ve Şekil 4.5’te gösterilen “İnsan var mı?”, “Hareket et”, “Konuş”, “Dinle”, “Bekle” durumlarının muhtemel olasılıkları Şekil 4.11’de verilmiştir. Bu durumda insan robot alanına girdiğinde etkileşimi başlatmadığı için İBG’e göre sonuç insanın robot hakkında bilgisi olmadığına karar verir ve robot etkileşimi aktif olarak başlatır.

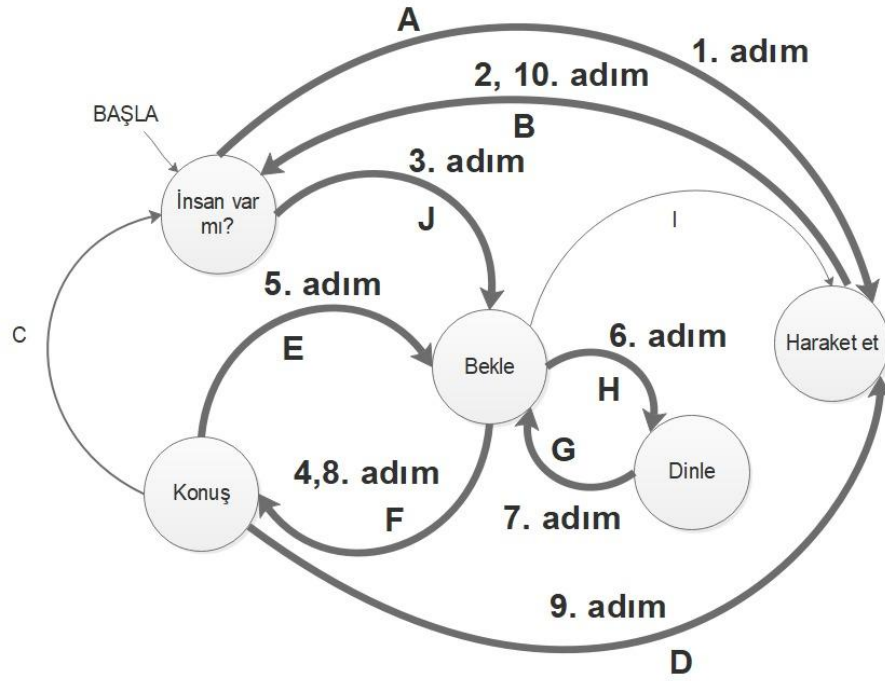


Şekil 4.11. Etkileşimi robotun başlattığı, insan kontrollü SDM modeli sadece konuşma durum geçişleri

Şekil 4.11'e göre aşağıdaki işlemler gerçekleşir:

Robot “İnsan var mı?” durumunda karşısında insan yok ise, SDM “A” işlemini gerçekleştirir. Robot “Hareket et” durumuna geçer ve hareket eder. Robot hareket eylemini tamamlandıktan sonra “B”, işlemini gerçekleştirerek “İnsan var mı?” durumuna geçer ve karşısında bir insan görür. Robot “J” işlemini gerçekleştirerek “Bekle” durumuna geçer. Bu durumda SDM insana iki saniye etkileşim süresi tanır. İnsan iki saniye içinde etkileşimde bulunmazsa, robot “F” işlemini gerçekleştirerek “Konuş” durumuna geçer. Karşısındaki insan konuşmadığı için robot etkileşimi başlatır. Robot kendi kullanımını açıklar. Robot “E” işlemini gerçekleştirerek “Bekle” durumuna tekrar geçer. Bu durumda insana iki saniye etkileşim süresi tanır. İnsan iki saniye içinde etkileşimde bulunursa, robot “H” işlemini gerçekleştirerek “Dinle” durumuna geçer. Robot karşısındaki insanın konuşmasını dinler, dinlediği konuşmayı kaydeder, kaydettiği konuşmayı yazıya çevirir. Robot “G” işlemini gerçekleştirerek “Bekle” durumuna tekrar geçer. Robot “Bekle” durumunda bu elde ettiği yazıyı işler. Robot “F” işlemini gerçekleştirerek “Konuş” durumuna geçer. Robot “Konuş” durumunda, “Bekle” durumunda oluşturduğu sonucu karşısındaki insana iletir. Bu aşamadan sonra Robot C işlemini gerçekleştirerek “İnsan var mı?” durumuna geçer. Bu döngü kullanıcı robotla etkileşime devam ettiği sürece devam eder. Yapılan bu arama eyleminin grameri “ABJFEHGFC...” şeklinde ilerler. “ABJFEHGFC...” içinde bulunan “JFE” grameri oluşturulan İBG'ye göre insanın robot hakkında bilgisi olmadığını gösterir. Bu durumda robot etkileşimi aktif olarak başlatır ve yönetir.

İnsan kontrollü SDM modeli İRE'de **etkileşimi robotun başlattığı, konuşma ve hareket etme eylemini** oluşturan ve Şekil 4.5'te gösterilen “İnsan var mı?”, “Hareket et”, “Konuş”, “Dinle”, “Bekle” durumlarının muhtemel olasılıkları Şekil 4.12'de verilmiştir. Bu durumda insan robot alanına girdiğinde etkileşimi başlatmadığı için İBG'ye göre sonuç insanın robot hakkında bilgisi olmadığına karar verir ve robot etkileşimi aktif olarak başlatır.



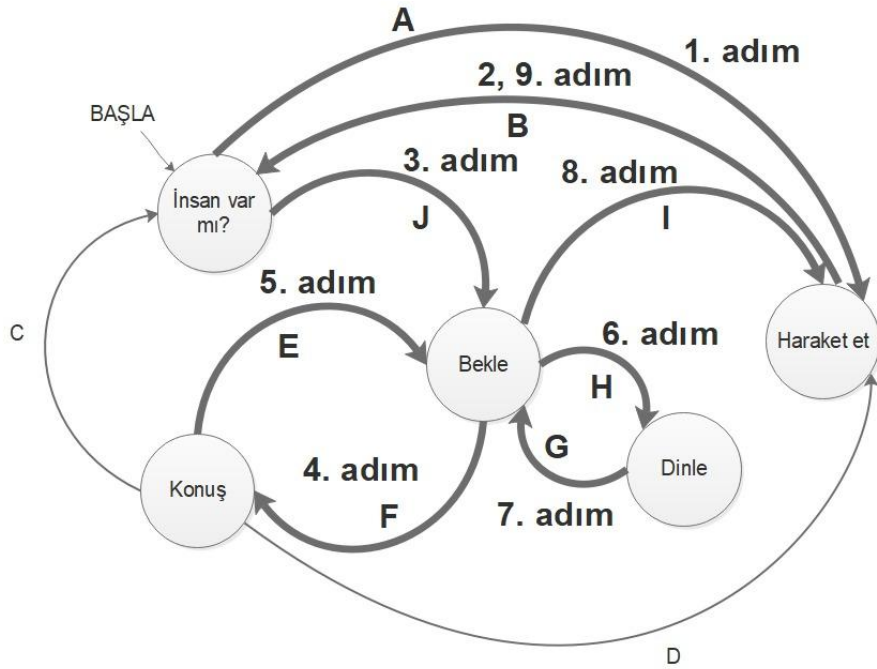
**Şekil 4.12.** Etkileşimi robotun başlattığı, insan kontrollü SDM modeli konuşma ve hareket etme durum geçişleri

Şekil 4.12'ye göre aşağıdaki işlemler gerçekleşir:

Robot “İnsan var mı?” durumunda karşısında insan yok ise, SDM “A” işlemini gerçekleştirir. Robot “Hareket et” durumuna geçer ve hareket eder. Robot hareket eylemini tamamlandıktan sonra “B”, işlemini gerçekleştirerek “İnsan var mı?” durumuna geçer ve karşısında bir insan görür. Robot “J” işlemini gerçekleştirerek “Bekle” durumuna geçer. Bu durumda SDM insana iki saniye etkileşim süresi tanır. İnsan iki saniye içinde etkileşimde bulunmazsa, robot “F” işlemini gerçekleştirerek “Konusu” durumuna geçer. Karşısındaki insan konuşmadığı için robot etkileşimi başlatır. Robot kendi kullanımını açıklar. Robot “E” işlemini gerçekleştirerek “Bekle” durumuna tekrar geçer. Bu durumda insana iki saniye etkileşim süresi tanır. İnsan iki saniye içinde etkileşimde bulunursa, robot “H” işlemini gerçekleştirerek “Dinle” durumuna geçer. Robot karşısındaki insanın konuşmasını dinler, dinlediği konuşmayı kaydeder, kaydettiği konuşmayı yazıya çevirir. Robot “G” işlemini gerçekleştirerek “Bekle” durumuna tekrar geçer. Robot “Bekle” durumunda bu elde ettiği yazıyı işler. Robot “F” işlemini gerçekleştirerek “Konusu” durumuna geçer. Robot “Konusu” durumunda, “Bekle” durumunda oluşturduğu sonucu karşısındaki insana iletir. Konuşma içerisinde hareket de etkilenmişse robot “D” işlemini gerçekleştirerek “Hareket et ” durumuna geçer. Robot eklenen hareketi gerçekleştirir. Hareket

sonucunda robot tekrar “B” işlemini gerçekleştirerek “İnsan var mı?” durumuna geçer. Bu döngü kullanıcı robotla etkileşime devam ettiği sürece devam eder. Yapılan bu arama eyleminin grameri “ABJFEHGFDB...” şeklinde ilerler. “ABJFEHGFDB...” içinde bulunan “JFE” grameri oluşturulan İBG’ye göre insanın robot hakkında bilgisi olmadığını gösterir. Bu durumda robot etkileşimi aktif olarak başlatır ve yönetir.

İnsan kontrollü SDM modeli İRE’de etkileşimi robotun başlattığı, hareket emri verme eylemini oluşturan ve Şekil 4.5’te gösterilen “İnsan var mı?”, “Hareket et”, “Konuş”, “Dinle”, “Bekle” durumlarının muhtemel olasılıkları Şekil 4.13’te verilmiştir. Bu durumda insan robot alanına girdiğinde etkileşimi başlatmadığı için İBG’e göre sonuç insanın robot hakkında bilgisi olmadığına karar verir ve robot etkileşimi aktif olarak başlatır.



Şekil 4.13. Etkileşimi robotun başlattığı, insan kontrollü SDM modeli hareket emri verme durum geçişleri

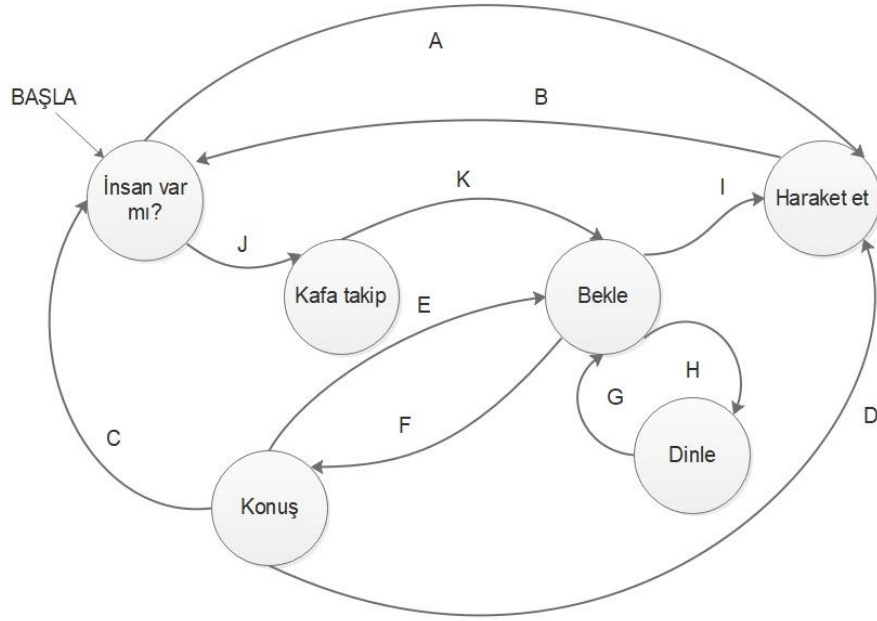
Şekil 4.13’ye göre aşağıdaki işlemler gerçekleşir:

Robot “İnsan var mı?” durumunda karşısında insan yok ise, SDM “A” işlemini gerçekleştirir. Robot “Hareket et” durumuna geçer ve hareket eder. Robot hareket eylemini tamamlandıktan sonra “B”, işlemini gerçekleştirerek “İnsan var mı?” durumuna geçer ve karşısında bir insan görür. Robot “J” işlemini gerçekleştirerek “Bekle” durumuna geçer. Bu durumda SDM insana iki saniye etkileşim süresi tanır.

İnsan iki saniye içinde etkileşimde bulunmazsa, robot “F” işlemini gerçekleştirerek “Konuş” durumuna geçer. Karşısındaki insan konuşmadığı için robot etkileşimi başlatır. Robot kendi kullanımını açıklar. Robot “E” işlemini gerçekleştirerek “Bekle” durumuna tekrar geçer. Bu durumda insana iki saniye etkileşim süresi tanır. İnsan iki saniye içinde etkileşimde bulunursa, robot “H” işlemini gerçekleştirerek “Dinle” durumuna geçer. Robot karşısındaki insanın konuşmasını dinler, dinlediği konuşmayı kaydeder, kaydettiği konuşmayı yazıya çevirir. Robot “G” işlemini gerçekleştirerek “Bekle” durumuna tekrar geçer. Robot “Bekle” durumunda bu elde ettiği yazıyı işler. Robot bu işlemde kendisine emir verildiğini anlar. Robot verilen emri yerine getirmek için “I” işlemini gerçekleştirerek “Hareket et” durumuna geçer. Robot verilen emri yerine getirir. Hareket sonucunda tekrar B işlemini gerçekleştirerek “İnsan var mı?” durumuna geçer. Bu işlem kullanıcı robotla etkileşime devam ettiği sürece devam eder. Yapılan bu arama eyleminin grameri “ABJFEHGIB...” şeklinde ilerler. “ABJFEHGIB...” içinde bulunan “JFE” grameri oluşturulan İBG’ye göre insanın robot hakkında bilgisi olmadığını gösterir. Bu durumda robot etkileşimi aktif olarak başlatır ve yönetir.

#### **4.3.2. Kafa Takipli İnsan Kontrol SDM Modeli**

Kafa takipli insan kontrol SDM modeline göre robot ilk durumda Şekil 4.14’te belirtilen durum makinesine göre insan kontrolü yapmaktadır. İnsan yoksa hareket ediyor ve arayışını sürdürüyor. İnsanı bulduğu zaman bekliyor ve insandan etkileşim bekliyor olmaması halinde insana seslenerek etkileşimi başlatıyor. Etkileşim belirtilen durum makinesine göre tamamlanıyor.



**Şekil 4.14.** Kafa takipli insan kontrollü SDM modeli SDM modeli

Şekil 4.14'teki Kafa takipli insan kontrol SDM modelinde robot ilk aşamada "İnsan var mı?" durumundadır. Bu durumda iken robot kameralarını kullanarak Şekil 4.15'de görüldüğü gibi etrafının görüntülerini alır. Aldığı bu görüntüleri işleyerek içindeki yüze benzer görüntüleri OpenCv kütüphanesini kullanarak seçer ve bunu bir kare içerisine alır. Alınan bu kereyi görüntünün diğer kısımlarından ayırır. Yüzde bulunan 66 adet öz niteliğin çıkartılması için Dlib Kütüphanesi ile CUDA üzerinden ekran kartına gönderir. CUDA'dan gelen yüz vektör verileri yine CUDA'yı kullanarak daha önce öğrenilen yüz vektörleri ile karşılaştırılır. Elde edilen sonuçlar eğer eşleşiyorsa robot kullanıcıya kendisi için belirlenen davranışları uygular. Eğer eşleşmiyorsa robot kullanıcı genel maksatlı yönlendirmeleri yapar. Eğer robotun karşısında herhangi bekleyen kimse yoksa robot üzerinde bulunan sonlu durum makinesi "İnsan var mı?" durumundan "Hareket et" durumuna geçer. "Hareket et" durumunda ARCORE rastgele değerler üreterek bir açı ve bir mesafe değeri belirler. "Hareket et" durumunda iken belirlenen bu açı Şekil 4.15'te görüldüğü gibi ARCONTROL'e gönderilir. ARCONTROL aldığı bu mesajı işleyerek hangi birime ait olduğunu belirler. ARCONTROL USB protokolü aracılığı ile özel paket yapısı olarak aldığı veriyi ikili olarak gömülü yazılımda Şekil 4.15'te görüldüğü gibi beyinciğe iletir. Beyincik aldığı bu veriyi inceler ve hangi sisteme ait olduğuna karar verir. Bu karar verme işlemi tamamlanınca bu veriyi yürüme merkez kontrolcüsüne iletir. Yürüme merkez kontrolcüsü ise gelen emri direksiyon kontrolcülerine ulaştırır. Direksiyon kontrolcülerini

aldıkları bu mesaj ile birlikte yapmaları gereken görevi tamamlayarak talep edilen pozisyonu alır. İşlemi tamamlanmış olan direksiyon kontrolcüsü yürüme merkez kontrolcüsüne görevi tamamladığını iletir. Görev tamamlandı bilgisi sırası ile beyincik, ARCONTROL, ARCORE'a iletilir. ARCORE aldığı bu görev tamamlandı verisinin görev kendisine özel ID'sini göndermiş olduğu son görev ID'si ile karşılaştırır. Eşleşme olması durumunda görevi pozitif dallandırarak başarılı şekilde yapıldığını belirler. ARCORE işlem sonucunu mevcut ise uzak kontrolcüye Şekil 4.4'te görüldüğü gibi ARGUİ'ye gönderir. Bu işlemin pozitif şekilde tamamlanması ile birlikte yeni emir oluşturulur. Örneğin robotun iki metre ileri gitme emri hazırlanarak aynı yol ile gömülüye kadar iletilir. Aynı yolu izleyen data son olarak teker kontrolcüsüne gelir ve tekerler tarafından görev icra edilir. Robot gerekli mesafeyi ilerlemeye başlar. Robot ileri yönde mesafeyi kat ederken şu kontroller yapılır;

- Robot serbest gezme alanı kontrolü
- Robot engelden kaçınma kontrolü
- Robot düşmeden kaçınma kontrolü

Robot ilerlerken bağlı olduğu bluetooth işaretçileri donanım vericileridir (beacon)'lar sayesinde konumunu belirler konumunu net bir şekilde belirleyebilmesi için robotun en az üç bluetooth işaretçileri donanım verici ile aktif bağlantı kurmuş olması gerekmektedir. Eğer iki bluetooth işaretçileri donanım verici ile bağlantı kurarsa robotun bulunduğu konum çözümü iki değer üretir ve robot bunlardan herhangi birindedir. Robotun bağlandığı bluetooth işaretçileri donanım verici sayısı tek ise buda bir daire belirler robotun daire üzerinde herhangi bir nokta olma ihtimali vardır. Bu tek bluetooth işaretçileri donanım verici ve robot iletişiminde bluetooth işaretçileri donanım verici robot ile sadece uzaklık verisi üretebilmektedir buda kendisi etrafında yarıçapı bu mesafe olan bir çemberde robotun herhangi bir noktada olabileceğini göstermektedir. Robot belirlediği konumun daha önce robota öğretilmiş olan yaşama alanının içinde olup olmadığını kontrol eder. Bu noktanın yaşama alanının içinde olması durumunda ilerleme eylemine devam eder. İlerleme esnasında yaşama alanının dışına çıktığı tespit edildiği anda Şekil 4.15'te görüldüğü gibi ARCORE'dan ARCONTROL'e tekerlerin yürüme mekanizmasını durdurması emri iletilir. ARCONTROL tarafından alınan bu emir işlenerek hangi uzva ait olduğu belirlenir ve USB protokolü aracılığı ile ikili olarak gömülü sistem tarafına iletilir. Mesaj sırası ile beyincik, yürüme merkez

kontrolcüsü, teker kontrolcüsü, direksiyon kontrolcüsüne iletilir. Mesajı alan teker kontrolcüsü teker motorlarını durdurur ve tekerleri manyetik olarak kilitlet. Direksiyon kontrolcüsü ise direksiyonları sıfır pozisyonuna getirir ve manyetik olarak kilitlet. Bu şekilde robot belirlenen yaşam alanının dışına çıkmamış ve hizmet vermesi gerektiği alandaki konumunu korumuş olur. ARCORE'a tekrar rastgele değerler üreterek sırası ile işlemleri gerçekleştirir ve robota belirlenen yaşam alanında rastgele gezinmesini sağlar.

Robot belirlenen yaşam alanında gezmek için ayrıca düşme ve çarpma sensörlerini de takip etmek zorundadır. Robot için belirlenen alanda gezerken herhangi bir boşluğa düşmemek için sensörler bulunmaktadır. Robotun önünde bulunan zemine 45 derece eğimli uzaklık sensörünü ARCORE'a ileterek kontrolünü sağlar. ARCORE düşme sensöründen aldığı verileri daha önce öğretilmiş olan veriler ile karşılaştırır. Robotun önünde bulunan alanın yüksekliğinin robotun bulunduğu alanın yüksekliğine karşı büyüklüğünü, küçüklüğünü veya eşitliğini tespit eder. Yapılan bu tespit sonucu büyüklük ve eşitlik durumunda robot ilerleme eylemini yarıda kesmez, tamamladığı takdirde ARGUI'ye tamamladı bilgisini ulaştırır. Belirlenen sonucun küçük olması durumunda ise robotun öne doğru devrilme ihtimali göz önünde bulundurularak düşme sensöründen mesaj gönderilir. Gönderilen bu mesaj sırası ile sensör master, beyincik, ARCONTROL, ARCORE'a iletilir. ARCORE aldığı bu bilgi doğrultusunda robotun düşmesini engellemek için durma bilgisini içeren mesajı sırası ile ARCONTROL, beyincik, yürüme merkez kontrolcüsü, tekerlek kontrolcüsü ve direksiyon kontrolcüsüne iletir. Tekerlek kontrolcüsü ve direksiyon kontrolcüsü ilerleme eylemlerini sonlandırarak sıfır konumuna gelir ve manyetik olarak kilitleme yapar. Bu şekilde olası düşmenin önüne geçilmiş olur. Benzer işlem çarpma sensörlerinde de şu şekilde gerçekleşir. Robot belirlenen alanda gezinirken alanda bulunan objelere, hareketli nesnelere, hareketli insanlara çarpmamalı ve olası çarpışmalardan kendini ve insanı korumalıdır. Robotun etrafında bulunan 12 adet ultrasonik uzaklık sensörü sayesinde robotun 360 derece etrafındaki tüm nesnelere sıfır santimden iki metreye kadar belirlenir. Ayrıca ultrasonik sensörler pürüzlü, açılı, yumuşak yüzeylerde doğru yansımaları gerçekleştirmediği için doğru sonuçlar elde edilemez. Bu durumlar mevzu bahis olduğundan dolayı robotun ön tarafında üç adet zemine paralel sarp sensörü bulunmaktadır. Şarp sensörler ise güneş ışığı parlak ve koyu renkli zeminlerde hatalı değer üretebilme durumları mümkündür. Bu şarp sensörleri ve ultrasonik sensörlerin datalarının oluşturduğu muhtemel hatalar bu sensörlerin dataları verileri birlikte

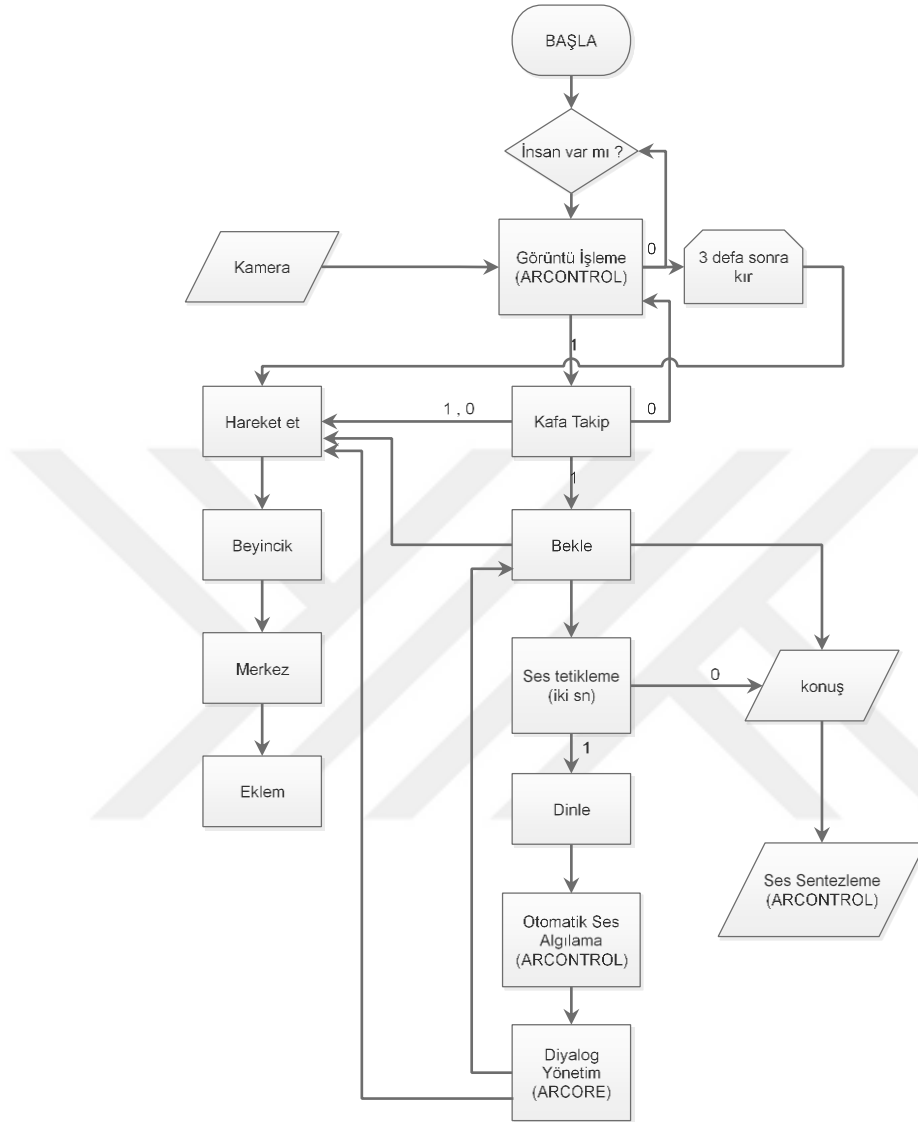


kullanılır hatalar çaprazlanarak yok edilir. Düşük hata oranlı temiz veri elde edilir. Bu veriler sayesinde robot ilerleme esnasında 360 dereceden tüm objelerin yakınlık bilgisini alarak tamamlaması gereken eylemin herhangi bir obje ile çakışıp çakışmadığına karar verir. Çakışmadığı durumlarda eylemi tamamlayarak tamamlandı verisini sırası ile yürüme merkez kontrolcüsü beyincik ARCONTROL, ARCORE'a iletir. Çakıştığı durumda ise sensör kontrolcüsü sırası ile oluşan çakışma verisini sensör master, beyincik, ARKONTROL, ARCORE'a iletir. ARCORE aldığı bu veri doğrultusunda yürüme mekanizmasının durma verisini oluşturur ve sırası ile ARCONTROL, beyincik, yürüme merkez kontrolcüsü, teker kontrolcüsü, direksiyon kontrolcüsüne iletir. Teker ve direksiyon kontrolcüleri aldıkları bu emir doğrultusunda konumlarını sıfır pozisyonuna getirir konumlarını manyetik olarak kitleyerek çarpma işlemini engellemiş olurlar. ARCORE etrafında bulunan sensör değerlerini inceleyerek obje olmayan yönlerden herhangi birini rastgele seçerek o yönde ilerleme eylemini başlatır.

Bahsedilen bu kontroller sayesinde robot gezinme alanının dışına çıkmadan herhangi bir boşluğa düşmeden herhangi bir engele çarpmadan gezinmesini ve insan arayışını gerçekleştirir. "İnsan var mı?" durumu olumlu olarak sonuçlandırıldığı takdirde sonlu durum makinesi "Kafa takip" durumuna geçer. Sonlu durum makinesi "Kafa takip" durumuna geçtikten sonra daha etkili bir İRE için insan kafasını takip etmeye başlar. Robot kamera sayesinde aldığı görüntüyü görüntü işleme algoritmasına gönderir. Gelen bu görüntü belirli ön işlemlerden geçirilir. OpenCv kütüphanesi sayesinde resim içerisindeki yüz belirlenir. Kamera görüntüsünden yüz bulunurken öncelikle programın kamera ile etkin bir şekilde haberleşmesi ve görüntülerin en az kaynak kullanılarak program tarafından işlenip silinmesi planlanır. Bu aşamadan sonra kameradan gelen görüntüler gabor filtreleme, yerel ikili örüntü gibi filtreleme teknikleri kullanılarak sadeleştirilir ve vektörlerine ayrılır. Bu ayrılan vektörler daha önce yüz tanımak için eğitilmiş vektör kütüphanesindeki diğer vektörler ile karşılaştırılır. Karşılaştırma sonucunda eşleşme olursa bilgisayar eşleşen bölgenin yüz olduğunu varsayarak bunu diğer kısımlardan ayırır. Bu aşamadan sonra robot yüzü hep görüntünün ortasında olacak şekilde sabit tutmaya çalışır. Resim içerisinde bulunan yüzün resim üzerindeki konumu resmin ortası merkezi kabul edilerek belirlenir. Resim 3 boyutlu bir ortamın 2 boyut üzerine işlenmesi sonucu oluştuğu için yüz resmin merkezinden uzaklaştıkça birim piksele düşen açı değeri azalır ve normalize edilmesi gerekir. Bu normalizasyon yapıldıktan sonra yüzün robotun karşısındaki açısı

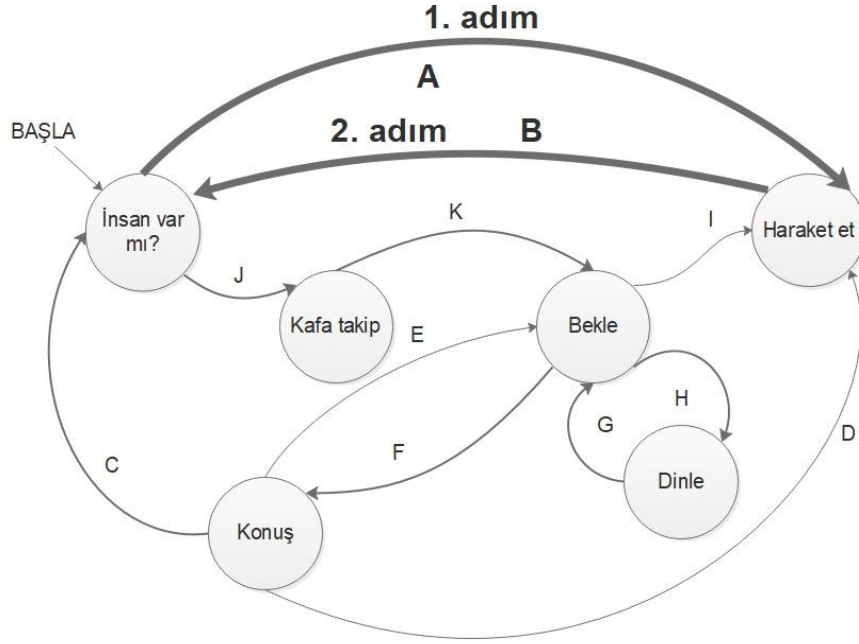
belirlenmiş olur. Belirlenen bu açılar ARCORE'a gönderilir. ARCORE belirlenen bu açıları simetrisini alır. İnsanın robotun sağ üst, sağ alt, sol üst, sol alt, sağ, sol, yukarı, aşağı konumunda olduğunu yüz görüntüsünün yerine göre belirler. Belirlediği bu değerler ile robotun kafasında bulunan biri yatay biri dikey olmak üzere iki adet motorun yönünü ve açısını belirler. Bu yön ve açılara göre kafa eklem kontrolcülerine gönderilmek için takip mesajı oluşturulur. Takip mesajını sırasıyla ARCONTROL, beyincik, kafa merkez kontrolcüsü, kafa eklem kontrolcülerine iletilir. Kafa eklem kontrolcüleri aldıkları mesajı uygulayarak hedef yönde hedeflenen açığa ulaşır. Bu şekilde insan yüzü robotun kamerasından alınmış görüntüye göre ortalanmış ve insan robot ilişkisinin temeli olan göz teması kurulmuş olur. Eğer insan hareketli ise saniyede 25-30 çerçeve resim alarak aynı işlemi sürekli tekrar eder ve kafanın yüze odaklı bir şekilde takip edilmesini sağlar. Bu durum insanda robotun insan varlığını algıladığının farkına varmasını sağlar. İnsanlar robot kendisini takip ettiği ve sürekli göz teması kurmaya çalıştığı için robotla etkileşimlerini arttırmış oldular. Yapılan etkileşim testinde robotun bu şekilde insan davranışlarına tepki vermesi genelde yüzde yirmilik bir verimlilik sağlamıştır. Robot insan yüzüne odaklandıktan sonra "Kafa takip" durumundan "Bekle" durumundan geçer. Robot bu durumda iken çevresindeki sesleri dinlemeye başlar. Robotun üzerindeki mikrofonlar iki adettir ve yüzün sağ ve sol taraflarına yerleştirilmiştir. Robotun yüzü kafa takibi sayesinde sürekli insana odaklandığı için insanın ilgisini çekmesine ek olarak konuştuğu cümlelerin direk mikrofonu ulaşmasını sağlamaktadır. Robot bu durumda iken ses algılayıp algılayamamasına göre iki duruma dallanır. Ses algılayamadığı durumlarda "Bekle" durumundan "Konuş" durumuna geçer. İnsanlara hangi konularda bilgi verebileceğini, yardımcı olabileceğini, verebileceği hizmetleri açıklar ve tekrar "Bekle" durumuna geçer. Eğer bu durumda iken robot ses algılasa "Bekle" durumundan "dinle" durumuna geçer. İnsan sesini direk alan mikrofonlar sesi daha kaliteli bir şekilde olarak ARCONTROL içerisindeki ses işleme algoritmasına gönderir. Bu algorithmada işlenmesi için öncelikle sesin içindeki gürültüyü sestten ayırır. Bu işlemden sonra SMM gibi işlemlerden geçerek robotun anlayacağı bir yapıya geçirilir. Bu yapı ARCORE'a gönderilerek orada işlenmesi sağlanır. Bunun ile birlikte robot "dinle" durumunu tamamlamış olur. Robot "dinle" durumundan "Bekle" durumuna geçer. Tekrar insandan bir ses duymayı ve algılamayı bekler. İnsandan algıladığı cümlelere daha önceki öğrendiği yapılara göre inceleyerek uygun cevapları verir. Bu aşamadan sonra tekrar

duruma dönerek çevresinde insan olup olmadığını inceler ve döngüdeki işlemleri tekrar eder.



Şekil 4.15. Kafa takipli insan kontrollü SDM modeli AROS akışı

Kafa takipli insan kontrollü SDM modeli İRE’de **insan arama eylemini** oluşturan ve Şekil 4.14’te gösterilen “İnsan var mı?”, “Hareket et” durumlarının muhtemel olasılıkları Şekil 4.16’da verilmiştir. Bu yapıda diyalog gerçekleşmediği için İBG devreye girmez.

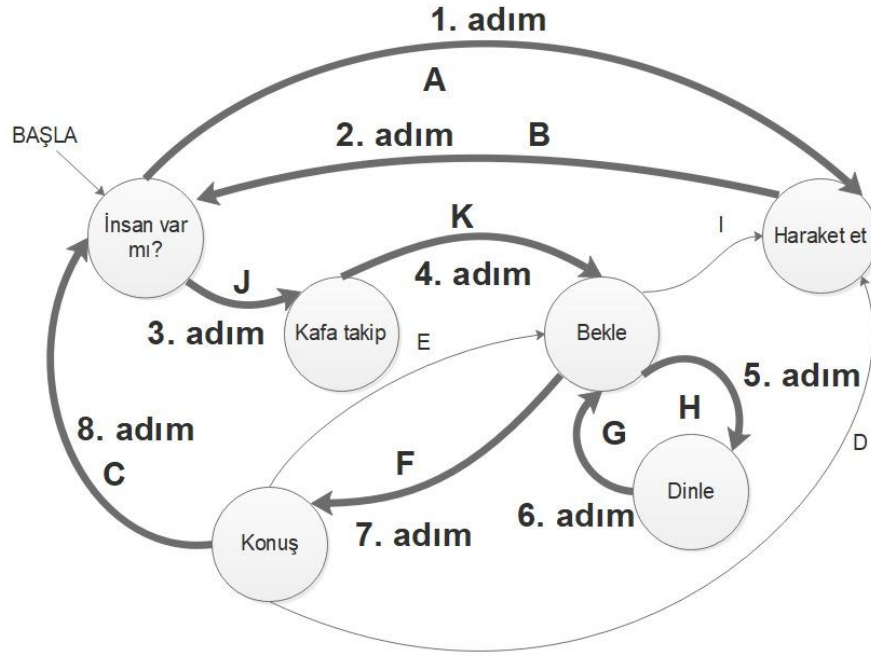


Şekil 4.16. Kafa takipli insan arama

Şekil 4.16'ya göre aşağıdaki işlemler gerçekleşir:

Robot “İnsan var mı?” durumunda karşısında insan yok ise, SDM “A” işlemini gerçekleştirir. Robot “Haraket et” durumuna geçer ve hareket eder tamamlandığında “B” işlemini gerçekleştirir. SDM tekrar “A” işlemini gerçekleştirerek “İnsan var mı?” durumuna geçer ve insan aramaya devam eder. Bu döngü insan bulana kadar devam eder. Yapılan bu arama eylemi “AB...” şeklinde ilerler.

Kafa takipli insan kontrollü SDM modeli **İRE’de etkileşimi insanın başlattığı, sadece konuşma eylemini** oluşturan ve Şekil 4.14’te gösterilen “İnsan var mı?”, “Haraket et”, “Konuş”, “Dinle”, “Kafa Takip”, “Bekle” durumlarının muhtemel olasılıkları Şekil 4.17’de verilmiştir. Bu durumda insan robot alanına girdiğinde etkileşimi başlattığı için İBG’e göre sonuç insanın robot hakkında bilgisi olduğuna karar verir ve robot etkileşime dahil olur.

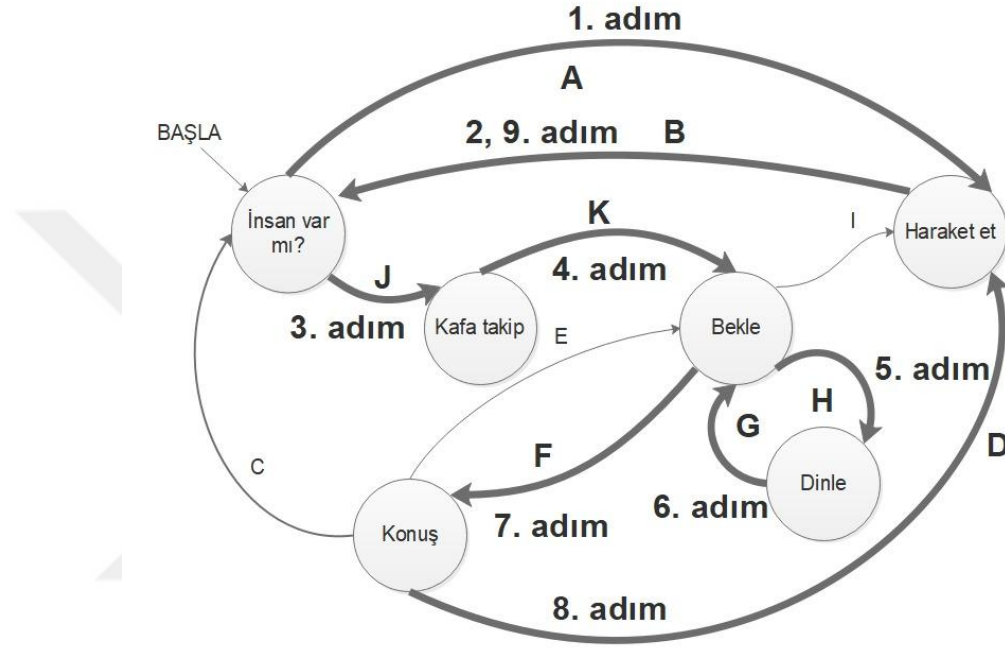


Şekil 4.17. Etkileşimi insanın başlattığı kafa takipli konuşma durum geçişleri

Şekil 4.17'ye göre aşağıdaki işlemler gerçekleşir:

Robot “İnsan var mı?” durumunda karşısında insan yok ise, SDM “A” işlemini gerçekleştirir. Robot “Haraket et” durumuna geçer ve hareket eder tamamlandığında “B”, işlemini gerçekleştirir. SDM tekrar “A” işlemini gerçekleştirerek “İnsan var mı?” durumuna geçer ve karşısında bir insan görür. Robot “J” işlemini gerçekleştirerek “Kafa takip” durumuna geçer. Robot insanı kafayla takibe başlar. Robot “K” işlemini gerçekleştirerek “Bekle” durumuna geçer. Bu durumda SDM insana iki saniye etkileşim süresi tanır. İnsanın iki saniye içinde etkileşimde bulunursa, robot “H” işlemini gerçekleştirerek “Dinle” durumuna geçer. Robot karşısındaki insanın konuşmasını dinler, dinlediği konuşmayı kaydeder, kaydettiği konuşmayı yazıya çevirir. Robot “G” işlemini gerçekleştirerek “Bekle” durumuna tekrar geçer. “Bekle” durumunda robot elde ettiği yazıyı işler, robot “Konuş” durumuna geçer, “Konuş” durumunda, “Bekle” durumunda oluşturduğu sonucu karşısındaki insana iletir. Bu aşamadan sonra robot “C” işlemini gerçekleştirerek “İnsan var mı?” durumuna geçer. Bu döngü kullanıcı robotla etkileşime devam ettiği sürece devam eder. Yapılan bu arama eyleminin grameri “ABJKHGFC...” şeklinde ilerler. “ABJKHGFC...” içinde bulunan “JKHG” grameri oluşturulan İBG’ye göre insanın robot hakkında bilgisi olduğunu gösterir. Bu durumda robot etkileşime iştirak eder.

Kafa takipli insan kontrollü SDM modeli İRE’de **etkileşimi insanın başlattığı, konuşma ve hareket etme eylemini** oluşturan ve Şekil 4.14’de gösterilen “İnsan var mı?”, “Hareket et”, “Konuş”, “Dinle”, “Kafa Takip”, “Bekle” durumlarının muhtemel olasılıkları Şekil 4.18’de verilmiştir. Bu durumda insan robot alanına girdiğinde etkileşimi başlattığı için İBG’e göre sonuç insanın robot hakkında bilgisi olduğuna karar verir ve robot etkileşime dahil olur.



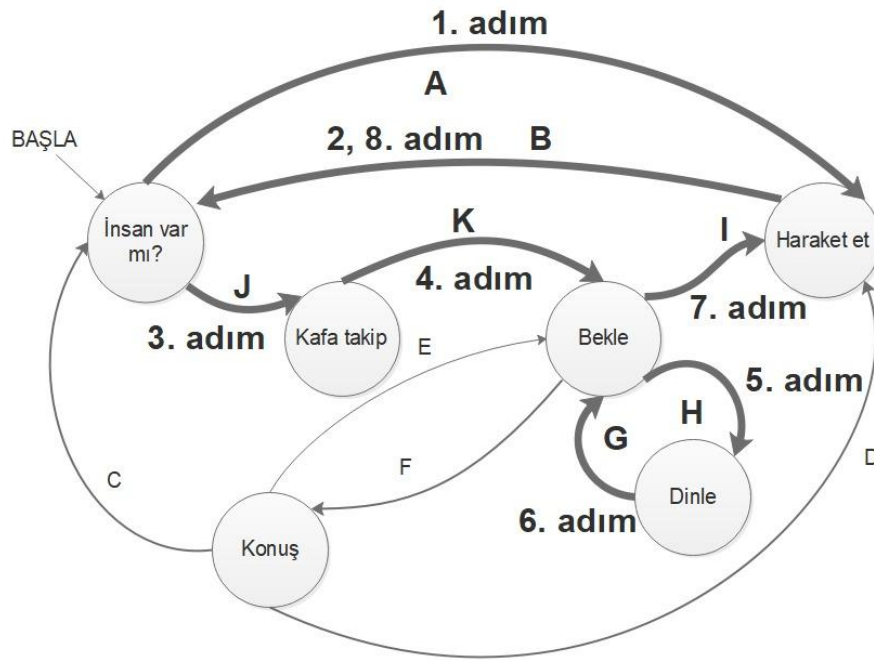
Şekil 4.18. Etkileşimi insanın başlattığı, kafa takipli konuşma ve hareket etme durum geçişleri

Şekil 4.18’e göre aşağıdaki işlemler gerçekleşir:

Robot “İnsan var mı?” durumunda karşısında insan yok ise, SDM “A” işlemini gerçekleştirir. Robot “Hareket et” durumuna geçer ve hareket eder tamamlandığında “B”, işlemini gerçekleştirir. SDM tekrar “A” işlemini gerçekleştirerek “İnsan var mı?” durumuna geçer ve karşısında bir insan görür. Robot “J” işlemini gerçekleştirerek “Kafa takip” durumuna geçer. Robot insanı kafayla takibe başlar. Robot “K” işlemini gerçekleştirerek “Bekle” durumuna geçer. Bu durumda SDM insana iki saniye etkileşim süresi tanır. İnsanın iki saniye içinde etkileşimde bulunursa, robot “H” işlemini gerçekleştirerek “Dinle” durumuna geçer. Robot karşısındaki insanın konuşmasını dinler, dinlediği konuşmayı kaydeder, kaydettiği konuşmayı yazıya çevirir. Robot “G” işlemini gerçekleştirerek “Bekle” durumuna tekrar geçer. “Bekle” durumunda robot elde ettiği yazıyı işler, robot “Konuş” durumuna geçer, “Konuş” durumunda, “Bekle”

durumunda oluşturduğu sonucu karşısındaki insana iletir. Konuşma içerisinde hareket de eklenmişse robot “D” işlemini gerçekleştirerek “Hareket et ” durumuna geçer. Robot eklenen hareketi gerçekleştirir. Robot hareket sonucunda tekrar “B” işlemini gerçekleştirerek “İnsan var mı?” durumuna geçer. Bu döngü kullanıcı robotla etkileşime devam ettiği sürece devam eder. Yapılan bu arama eyleminin grameri “ABJKHGFDB...” şeklinde ilerler. “ABJKHGFDB...” içinde bulunan “JKHG” grameri oluşturulan İBG’ye göre insanın robot hakkında bilgisi olduğunu gösterir. Bu durumda robot etkileşime iştirak eder.

Kafa takipli insan kontrollü SDM modeli İRE’de etkileşimi insanın başlattığı, hareket emri eylemini oluşturan ve Şekil 4.14’te gösterilen “İnsan var mı?”, “Hareket et”, “Konuş”, “Dinle”, “Kafa takip”, “Bekle” durumlarının muhtemel olasılıkları Şekil 4.19’da verilmiştir. Bu durumda insan robot alanına girdiğinde etkileşimi başlattığı için İBG’e göre sonuç insanın robot hakkında bilgisi olduğuna karar verir ve robot etkileşime dahil olur.



Şekil 4.19. Etkileşimi insanın başlattığı kafa takipli konuşma ve hareket emri verme durum geçişleri

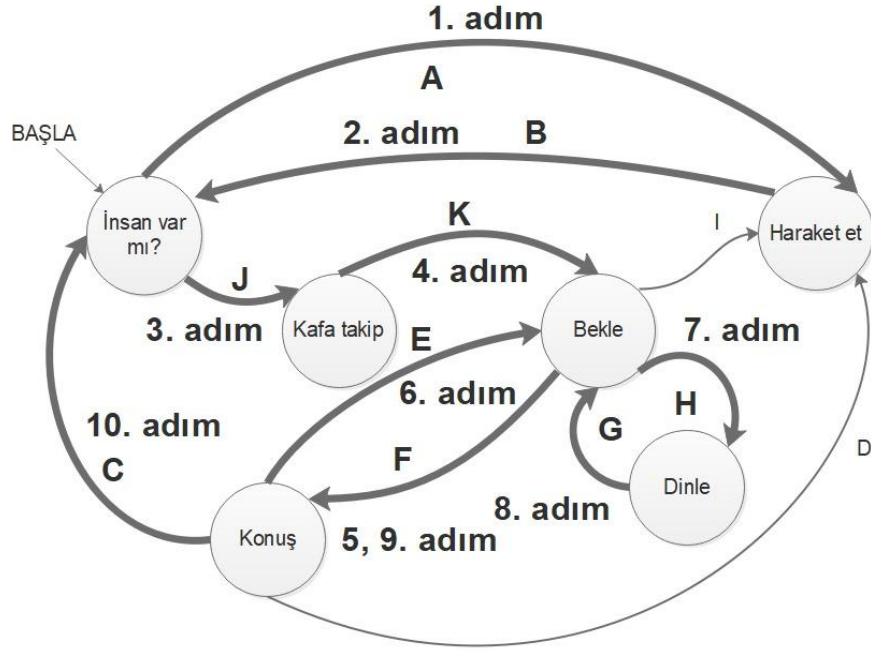
Şekil 4.19’a göre aşağıdaki işlemler gerçekleşir:

Robot “İnsan var mı?” durumunda karşısında insan yok ise, SDM “A” işlemini gerçekleştirir. Robot “Hareket et” durumuna geçer ve hareket eder tamamlandığında

“B”, işlemini gerçekleştirerek “İnsan var mı?” durumuna geçer ve karşısında bir insan görür. Robot “J” işlemini gerçekleştirerek “Kafa takip” durumuna geçer. Robot insanı kafayla takibe başlar. Robot “K” işlemini gerçekleştirerek “Bekle” durumuna geçer. Bu durumda SDM insana iki saniye etkileşim süresi tanır. İnsanın iki saniye içinde etkileşimde bulunursa, robot “H” işlemini gerçekleştirerek “Dinle” durumuna geçer. Robot karşısındaki insanın konuşmasını dinler, dinlediği konuşmayı kaydeder, kaydettiği konuşmayı yazıya çevirir. Robot “G” işlemini gerçekleştirerek “Bekle” durumuna tekrar geçer. “Bekle” durumunda robot elde ettiği yazıyı işler. Robot bu işlemde kendisine emir verildiğini anlar. Robot verilen emri yerine getirmek için “I” işlemini gerçekleştirerek “Hareket et” durumuna geçer. Robot verilen emri yerine getirir. Hareket sonucunda tekrar B işlemini gerçekleştirerek “İnsan var mı?” durumuna geçer. Bu işlem kullanıcı robotla etkileşime devam ettiği sürece devam eder. Yapılan bu arama eyleminin grameri “ABJKHGIB...” şeklinde ilerler. “ABJKHGIB...” içinde bulunan “JKHG” grameri oluşturulan İBG’ye göre insanın robot hakkında bilgisi olduğunu gösterir. Bu durumda robot etkileşime iştirak eder.

Kafa takipli insan kontrollü SDM modeli İRE’de **etkileşimi robotun başlattığı, sadece konuşma eylemini** oluşturan ve Şekil 4.14’te gösterilen “İnsan var mı?”, “Hareket et”, “Konuş”, “Dinle”, “Bekle” durumlarının muhtemel olasılıkları Şekil 4.20’da verilmiştir. Bu durumda insan robot alanına girdiğinde etkileşimi başlatmadığı için İBG’e göre sonuç insanın robot hakkında bilgisi olmadığına karar verir ve robot etkileşimi aktif olarak başlatır.





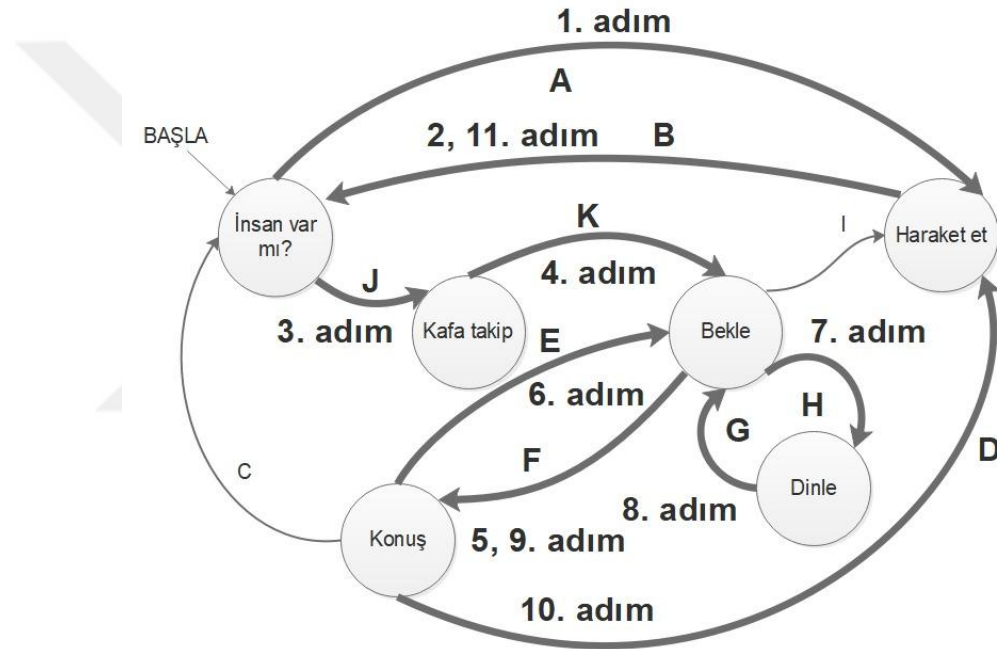
Şekil 4.20. Etkileşimi insanın başlattığı, kafa takipli konuşma durum geçişleri

Şekil 4.20’ a göre aşağıdaki işlemler gerçekleşir:

Robot “İnsan var mı?” durumunda karşısında insan yok ise, SDM “A” işlemini gerçekleştirir. Robot “Haraket et” durumuna geçer ve hareket eder. Robot hareket eylemini tamamlandıktan sonra “B”, işlemini gerçekleştirerek “İnsan var mı?” durumuna geçer ve karşısında bir insan görür. Robot “J” işlemini gerçekleştirerek “Kafa takip” durumuna geçer. Robot insanı kafayla takibe başlar. Robot “K” işlemini gerçekleştirerek “Bekle” durumuna geçer. Bu durumda SDM insana iki saniye etkileşim süresi tanır. İnsan iki saniye içinde etkileşimde bulunmazsa, robot “F” işlemini gerçekleştirerek “Konuş” durumuna geçer. Karşısındaki insan konuşmadığı için robot etkileşimi başlatır. Robot kendi kullanımını açıklar. Robot “E” işlemini gerçekleştirerek “Bekle” durumuna tekrar geçer. Bu durumda insana iki saniye etkileşim süresi tanır. İnsan iki saniye içinde etkileşimde bulunursa, robot “H” işlemini gerçekleştirerek “Dinle” durumuna geçer. Robot karşısındaki insanın konuşmasını dinler, dinlediği konuşmayı kaydeder, kaydettiği konuşmayı yazıya çevirir. Robot “G” işlemini gerçekleştirerek “Bekle” durumuna tekrar geçer. Robot “Bekle” durumunda bu elde ettiği yazıyı işler. Robot “F” işlemini gerçekleştirerek “Konuş” durumuna geçer. Robot “Konuş” durumunda, “Bekle” durumunda oluşturduğu sonucu karşısındaki insana iletir. Bu aşamadan sonra Robot C işlemini gerçekleştirerek “İnsan var mı?” durumuna geçer. Bu döngü kullanıcı robotla etkileşime devam ettiği sürece devam eder. Yapılan bu arama eyleminin grameri “ABJKFEHGFC...” şeklinde ilerler. “ABJKFEHGFC...”

içinde bulunan “JKFE” grameri oluşturulan İBG’ye göre insanın robot hakkında bilgisi olmadığını gösterir. Bu durumda robot etkileşimi aktif olarak başlatır ve yönetir.

Kafa takipli insan kontrollü SDM modeli İRE’de **etkileşimi robotun başlattığı, konuşma ve hareket etme eylemini** oluşturan ve Şekil 4.14’de gösterilen “İnsan var mı?”, “Hareket et”, “Konuş”, “Dinle”, “Kafa takip”, “Bekle” durumlarının muhtemel olasılıkları Şekil 4.21’de verilmiştir. Bu durumda insan robot alanına girdiğinde etkileşimi başlattığı için İBG’ye göre sonuç insanın robot hakkında bilgisi olduğuna karar verir ve robot etkileşime dahil olur.



**Şekil 4.21.** Etkileşimi insanın başlattığı kafa takipli insan kontrollü SDM modeli konuşma ve hareket etme durum geçişleri

Şekil 4.21’e göre aşağıdaki işlemler gerçekleşir:

Robot “İnsan var mı?” durumunda karşısında insan yok ise, SDM “A” işlemini gerçekleştirir. Robot “Hareket et” durumuna geçer ve hareket eder. Robot hareket eylemini tamandıktan sonra “B”, işlemini gerçekleştirerek “İnsan var mı?” durumuna geçer ve karşısında bir insan görür. Robot “J” işlemini gerçekleştirerek “Kafa takip” durumuna geçer. Robot insanı kafayla takibe başlar. Robot “K” işlemini gerçekleştirerek “Bekle” durumuna geçer. Bu durumda SDM insana iki saniye etkileşim süresi tanır. İnsan iki saniye içinde etkileşimde bulunmazsa, robot “F” işlemini gerçekleştirerek “Konuş” durumuna geçer. Karşısındaki insan konuşmadığı için robot

etkileşimi başlatır. Robot kendi kullanımını açıklar. Robot “E” işlemini gerçekleştirerek “Bekle” durumuna tekrar geçer. Bu durumda insana iki saniye etkileşim süresi tanır. İnsan iki saniye içinde etkileşimde bulunursa, robot “H” işlemini gerçekleştirerek “Dinle” durumuna geçer. Robot karşısındaki insanın konuşmasını dinler, dinlediği konuşmayı kaydeder, kaydettiği konuşmayı yazıya çevirir. Robot “G” işlemini gerçekleştirerek “Bekle” durumuna tekrar geçer. Robot “Bekle” durumunda bu elde ettiği yazıyı işler. Robot “F” işlemini gerçekleştirerek “Konuş” durumuna geçer. Robot “Konuş” durumunda, “Bekle” durumunda oluşturduğu sonucu karşısındaki insana iletir. Konuşma içerisinde hareket de etkilenmişse robot “D” işlemini gerçekleştirerek “Hareket et ” durumuna geçer. Robot eklenen hareketi gerçekleştirir. Hareket sonucunda robot tekrar “B” işlemini gerçekleştirerek “İnsan var mı?” durumuna geçer. Bu döngü kullanıcı robotla etkileşime devam ettiği sürece devam eder. Yapılan bu arama eyleminin grameri “ABJKFEHGFDB...” şeklinde ilerler. “ABJKFEHGFDB...” içinde bulunan “JKFE” grameri oluşturulan İBG’ye göre insanın robot hakkında bilgisi olmadığını gösterir. Bu durumda robot etkileşimi aktif olarak başlatır ve yönetir.

Kafa takipli insan kontrollü SDM modeli İRE’de **etkileşimi insanın başlattığı, sadece konuşma eylemini** oluşturan ve Şekil 4.14’te gösterilen “İnsan var mı?”, “Hareket et”, “Konuş”, “Dinle”, “Kafa takip”, “Bekle” durumlarının muhtemel olasılıkları Şekil 4.22’de verilmiştir. Bu durumda insan robot alanına girdiğinde etkileşimi başlattığı için İBG’e göre sonuç insanın robot hakkında bilgisi olduğuna karar verir ve robot etkileşime dahil olur.

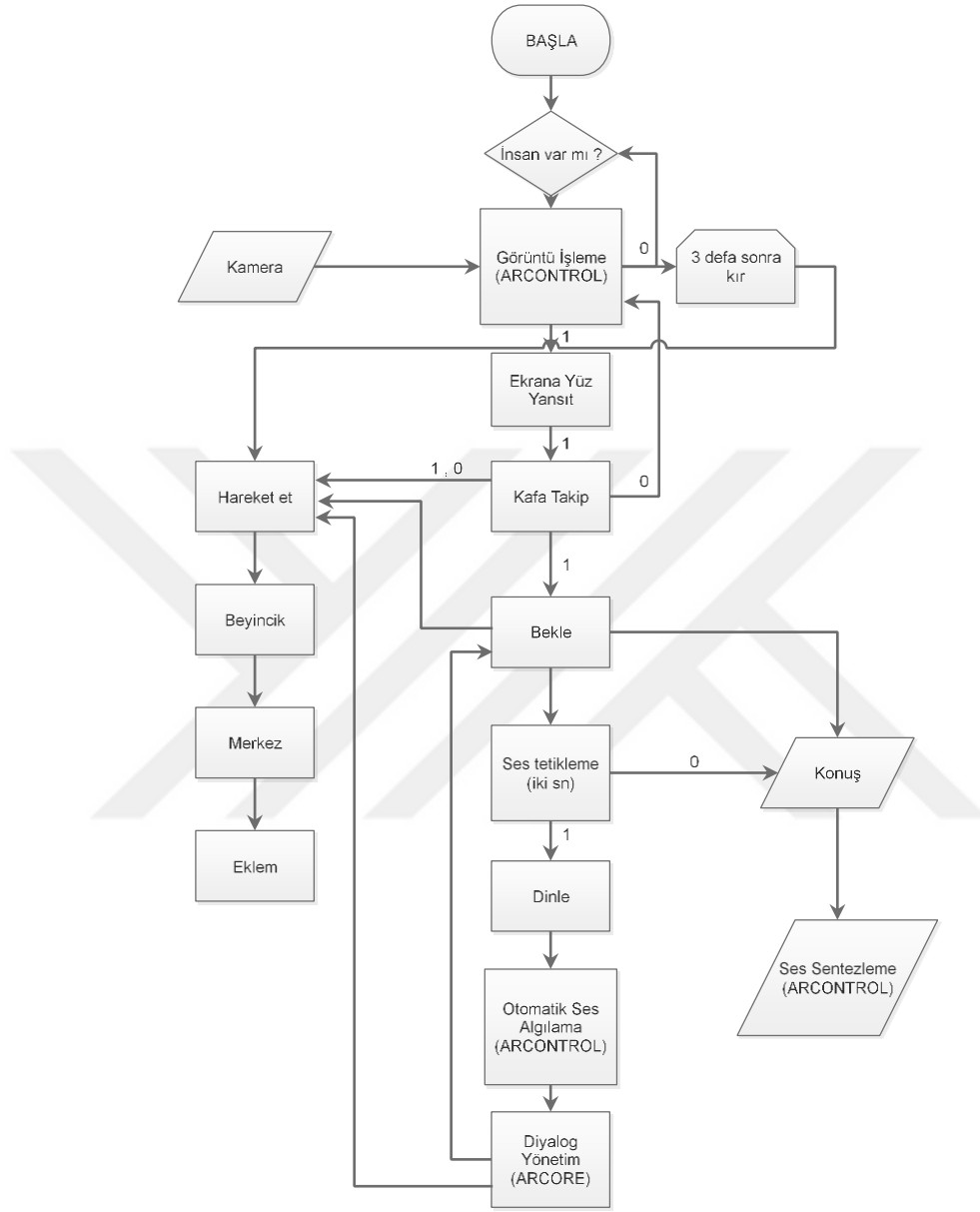




oluşturulur. Oluşturulan bu mesaj sırasıyla Şekil 4.24'te görüldüğü gibi ARCONTROL, beyincik, yürüme merkez kontrolcüsü, yürüme merkez kontrolcüsü, direksiyon kontrolcüsü ve teker kontrolcüsüne iletilir. İletilen mesaj kontrolcüler tarafından işlenerek uygulanır. Durum tekrar “İnsan var mı?” konumuna gelerek kontrolü sağlar. İnsan olmaması durumunda işlemi tekrarlar. Bu döngü robot insanı bulana kadar devam eder. İnsanı bulduktan sonra robot etkileşimi başlatmak için “İnsan var mı?” durumundan “Ekranı yüzü yansıt” durumuna geçer. Önceki etkileşimlerde insanı bulma, insanı takip etme gibi özellikler mevcuttur, bu özellikler insanda da bulunan özelliklerdir. İnsanlar da etrafındaki diğer insanları algırlar, yüz takibi yaparlar, göz teması yaparlar. Bu yöntemde ise robotun insandan farklı olan bir özelliği olan ekran faktörünü kullanma üzerine yöntem geliştirilmiştir. Robot ekranını kullanarak insanın dikkatini farklı bir noktadan kendisine çekmeye çalışır. Robot üzerinde bulunan ekran sayesinde gördüğü insanın yüzünü kare içine alarak ekranda yansıtır. Robotun ekranına insanların yüzünü yansıtması insanların kendini robotun ekranında robotun gözünden görme imkânı sağlamaktadır. Bu durum insanın robota karşı ilgisini arttırarak İRE'ye olumlu etki sağlamıştır. İnsanlar yüzlerini robotun gözünden görerek kendilerini ortalamaları ayarlamaları yakınlaşıp uzaklaşmaları sağlar. İnsanların psikolojik olarak robota en uygun konumda durmalarını sağlamış olur. Bu durum robotun insana göre en doğru açıda görmesini, doğru açıdan sesi almasını, kolay takip etmesini ses ve yüz kaçırmaları oranlarının önemli ölçüde düşmesini sağlamaktadır. İnsan robota göre uygun açı ve uzaklığı geldiği zaman “Ekranı yansıt” durumundan “Bekle” durumuna geçer. Robot “Bekle” durumunda iken etrafındaki sesleri dinlemeye başlar. “Bekle” durumunda ortamdaki bir ses duymaması durumunda “Dinle” durumunda, herhangi bir ses algılayamamasında ise “Konuş” durumuna geçer. Öncelikle robotun ortamdaki herhangi bir ses duymadığını varsayarak “Konuş” durumuna geçtiğini değerlendirelim. Robot “Konuş” durumunda iken daha önceki durumda herhangi bir ses algılamadı ve karşısında bir insan varsa robot şu yorumu yapar. İnsan robotun karşısına geldi. İnsan robot ile nasıl etkileşime geçeceğini bilmiyor. İnsan hangi sorular sorabileceğini veya sohbeti nasıl başlatacağı konusunda bilgisi değil. Bu durumlarda insanlar robota temkinli yaklaşmayı tercih ettikleri oluyor. Bu durum bazen insanların robotlardan korktuklarından dolayı bazen de kullanıcının robot ile nasıl etkileşime geçeceğini bilmemesinden kaynaklıdır. Bu yüzden robot tasarımında insanların robota ön yargılı ve korkarak yaklaşmaması için dikkat edilmesi gereken hususlar vardır. Bunlardan birincisi fiziksel özelliklerdir. Robotun şeklinin keskin hatlara sahip olmaması sivri

noktaların bulunmaması hafif olması, yuvarlak ve eliptik hatlara sahip olması robotu insana yaklaştırır. İnsana yakın sese sahip olması, insansı fiziksel özelliklere sahip olması, insana benzer hareketler yapması, sevimli bir yüze sahip olması, göz kırpması, gülme ve üzülme gibi mimik hareketleri gerçekleştiriyor olması insanların robottan korkma ihtimalini belli bir seviyenin altına getirecektir. İnsanların robot ile nasıl etkileşime geçeceğini bilememeleri durumunda ise çözüm olarak şu önerilmektedir. Robotun bu durumu tespit edebilmesi için robotun geçtiği durumlar sıra ile takip edilerek uygun kombinasyon elde edildiğinde bu durumun gerçekleştiği robot tarafından tespit edilmiş olur. Robot karşısındaki insanları kendisi ile etkileşime geçmeleri için öncelikle insanlar ile göz teması kurar ve onları kafa ile takip eder. Robot kendisini insan ile en uygun etkileşimde olabilmesi için gereken pozisyona gövdesini ve kafasını getirir. Bu yöntemde bulunan ekrana yansıt özelliği ile insanın yüzünü ekranına yansıtır. Kare içine alarak o kişi ile etkileşime geçmek istediğini sözlü, görsel ve mimiklerini kullanarak iletir. Robota odaklanan insanlara ise robottan ne gibi hizmetler alabileceklerini neler sorabileceklerini hangi konularda yardım edebileceklerini robot insanlara sözlü olarak ve ekranında görsel olarak iletir. Robot bu özellikleri ile insanların korkmasının ve tedirgin olmasının önüne geçmiş olur. Aynı zamanda insanları kendisiyle nasıl etkileşime geçecekleri konusunda bilgilendirerek onlara yardımcı olur. Bu özelliği ile etkileşimde ilk adımı insanın atması yerine robot atmış olur. İnsan robottan aldığı sözlü ve görsel bilgiler doğrultusunda konuşmaya başlar. Robot bu esnada “Konuş” durumundan “Bekle” durumuna geçmiştir. “Bekle” durumunda robot ortamdaki sesi dinlerken mikrofonları aracılığı ile aldığı sesi ARCONTROL içerisinde bulunan ses işleme algoritmasına gönderir. Robotun ortamdaki ses algılaması ile beraber “Bekle “ durumundan “Dinle “durumuna geçmiştir. Ses algoritması tarafından alınan ses öncelikle belirli filtrelerden geçirilerek insan dışı seslerden ayrılır. Bu ayrılma işleminden sonra ses dosyası SMM gibi sinyal işleme algoritmaları ve daha önce eğitilmiş kütüphaneleri kullanarak bilgisayarın anlamlandırabileceği bir formata dönüştürülmüş olur. Bu format işlenerek ses dosyası gelen dildeki yazıya çevrilir. Bu yazı verisi ilk giren ilk çıkar protokolünü kullanarak Şekil 4.24’te görüldüğü gibi ARCORE’e gönderir. ARCORE bu veriyi daha önce programlanmış veriler ile karşılaştırır eşleşme durumunda bu veriye karşılık verilmesi gereken tepki üretilir ve tekrar aksiyon alınması için ARCONTROL’e veya diğer birimlere gönderilir. Burada ARCORE’un gelen verinin emir mi yoksa bir bilgi mi olduğuna karar vermesi gerekmektedir. Kullanıcının

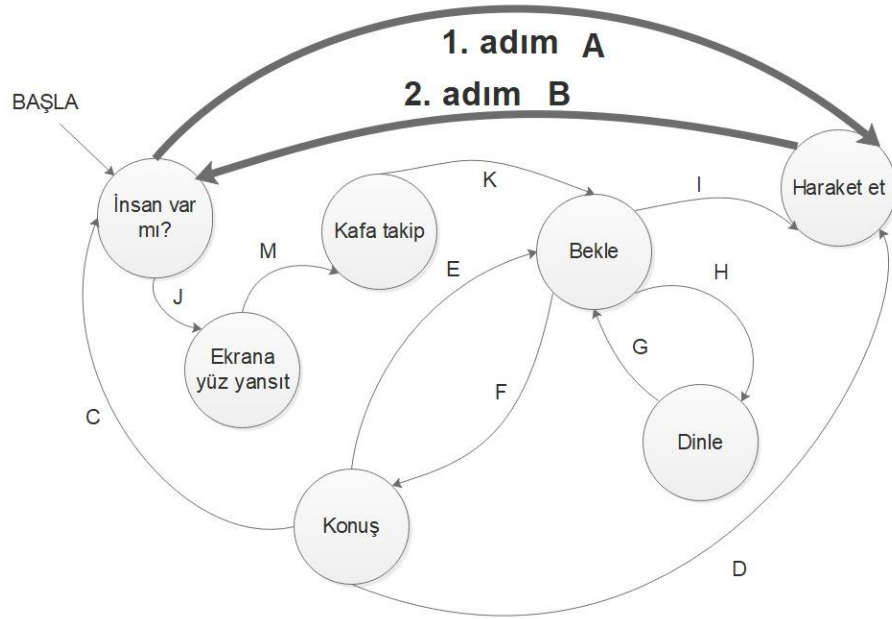
daha önce belirlemediği bir veri gelmesi durumunda robot karşısındaki insana kendisine nasıl yardımcı olabileceğini anlatır.



Şekil 4.24. Robotun gözünden kafa takipli insan kontrollü SDM modeli AROS akışı

Robotun gözünden kafa takipli insan kontrollü SDM modeli İRE’de **insan arama eylemini** oluşturan ve Şekil 4.23’te gösterilen “İnsan var mı?”, “Hareket et” durumlarının muhtemel olasılıkları Şekil 4.25’te verilmiştir.





Şekil 4.25. Robotun gözünden insan arama

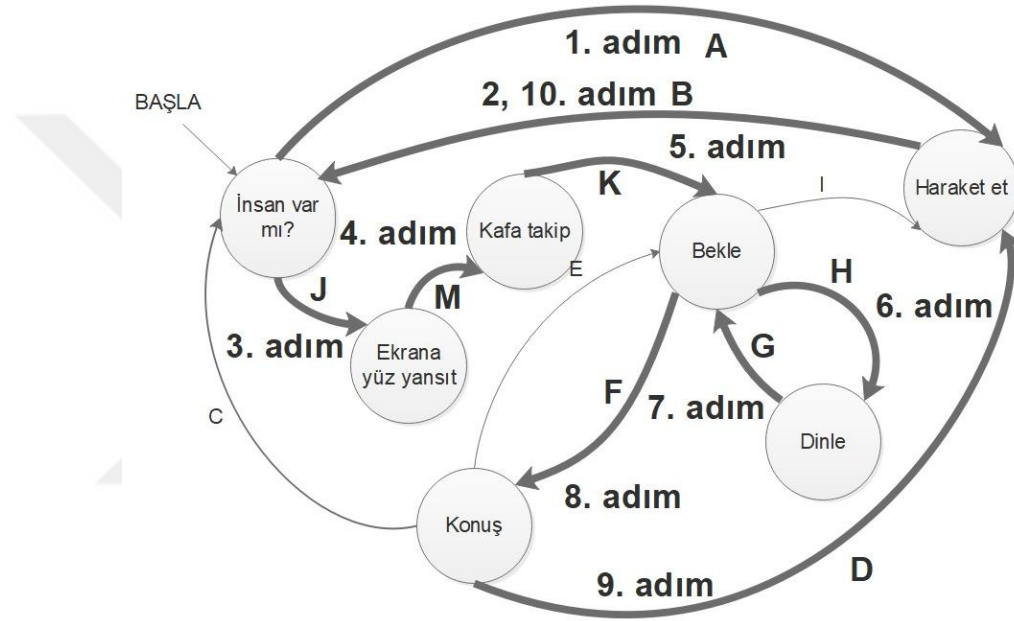
Şekil 4.25'e göre aşağıdaki işlemler gerçekleşir:

Robot "İnsan var mı?" durumunda karşısında insan yok ise, SDM "A" işlemini gerçekleştirir. Robot "Hareket et" durumuna geçer ve hareket eder tamamlandığında "B" işlemini gerçekleştirir. SDM tekrar "A" işlemini gerçekleştirerek "İnsan var mı?" durumuna geçer ve insan aramaya devam eder. Bu döngü insan bulana kadar devam eder. Yapılan bu arama eylemi "AB..." şeklinde ilerler.

Robotun gözünden kafa takipli insan kontrollü SDM modeli İRE'de **etkileşimi insanın başlattığı, sadece konuşma eylemini** oluşturan ve Şekil 4.23'te gösterilen "İnsan var mı?", "Hareket et", "Konus", "Dinle", "Ekrana yüz yansıt", "Kafa takip", "Bekle" durumlarının muhtemel olasılıkları Şekil 4.26'da verilmiştir. Bu durumda insan robot alanına girdiğinde etkileşimi başlattığı için İBG'e göre sonuç insanın robot hakkında bilgisi olduğuna karar verir ve robot etkileşime dahil olur.



Robotun gözünden kafa takipli insan kontrollü SDM modeli İRE’de **etkileşimi insanın başlattığı, konuşma ve hareket etme eylemini** oluşturan ve Şekil 4.23’te gösterilen “İnsan var mı?”, “Hareket et”, “Konuş”, “Dinle”, ”Ekranaya yüz yansıt”, “Kafa takip”, “Bekle” durumlarının muhtemel olasılıkları Şekil 4.27’de verilmiştir. Bu durumda insan robot alanına girdiğinde etkileşimi başlattığı için İBG’e göre sonuç insanın robot hakkında bilgisi olduğuna karar verir ve robot etkileşime dahil olur.



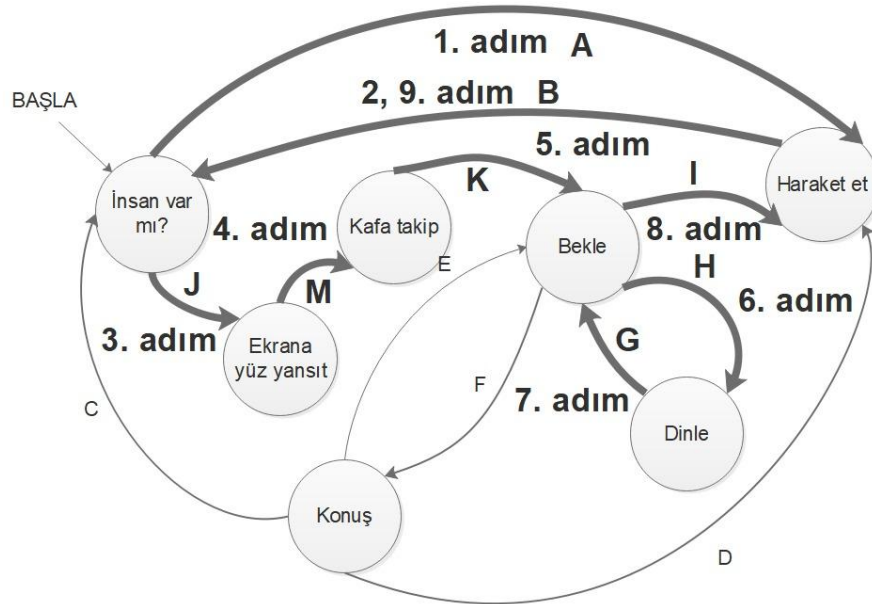
Şekil 4.27. Etkileşimi insanın başlattığı robotun gözünden konuşma ve hareket etme durum geçişleri

Şekil 4.27’ye göre aşağıdaki işlemler gerçekleşir:

Robot “İnsan var mı?” durumunda karşısında insan yok ise, SDM “A” işlemini gerçekleştirir. Robot “Hareket et” durumuna geçer ve hareket eder tamamlandığında “B”, işlemini gerçekleştirir. SDM tekrar “A” işlemini gerçekleştirerek “İnsan var mı?” durumuna geçer ve karşısında bir insan görür. Robot “J” işlemini gerçekleştirerek “Ekranaya yüz yansıt” durumuna geçer. Robot insanın yüzünü kendi üzerindeki ekrana yansıtır. Robot “M” işlemini gerçekleştirerek “Kafa takip” durumuna geçer. Robot insanı kafayla takibe başlar. Robot “K” işlemini gerçekleştirerek “Bekle” durumuna geçer. Bu durumda SDM insana iki saniye etkileşim süresi tanır. İnsanın iki saniye içinde etkileşimde bulunursa, robot “H” işlemini gerçekleştirerek “Dinle” durumuna geçer. Robot karşısındaki insanın konuşmasını dinler, dinlediği konuşmayı kaydeder,

kaydettiği konuşmayı yazıya çevirir. Robot “G” işlemini gerçekleştirerek “Bekle” durumuna tekrar geçer. “Bekle” durumunda robot elde ettiği yazıyı işler, robot “Konuş” durumuna geçer, “Konuş” durumunda, “Bekle” durumunda oluşturduğu sonucu karşısındaki insana iletir. Konuşma içerisinde hareket de eklenmişse robot “D” işlemini gerçekleştirerek “Hareket et ” durumuna geçer. Robot eklenen hareketi gerçekleştirir. Robot hareket sonucunda tekrar “B” işlemini gerçekleştirerek “İnsan var mı?” durumuna geçer. Bu döngü kullanıcı robotla etkileşime devam ettiği sürece devam eder. Yapılan bu arama eyleminin grameri “ABJMKHGFDB...” şeklinde ilerler. “ABJMKHGFDB...” içinde bulunan “JMKHG” grameri oluşturulan İBG’ye göre insanın robot hakkında bilgisi olduğunu gösterir. Bu durumda robot etkileşime iştirak eder.

Robotun gözünden kafa takipli insan kontrollü SDM modeli İRE’de **etkileşimi insanın başlattığı, hareket emri verme eylemini** oluşturan ve Şekil 4.23’te gösterilen “İnsan var mı?”, “Hareket et”, “Konuş”, “Dinle”, ”Ekranaya yüz yansıt”, “Kafa takip”, “Bekle” durumlarının muhtemel olasılıkları Şekil 4.28’de verilmiştir. Bu durumda insan robot alanına girdiğinde etkileşimi başlattığı için İBG’ye göre sonuç insanın robot hakkında bilgisi olduğuna karar verir ve robot etkileşime dahil olur.

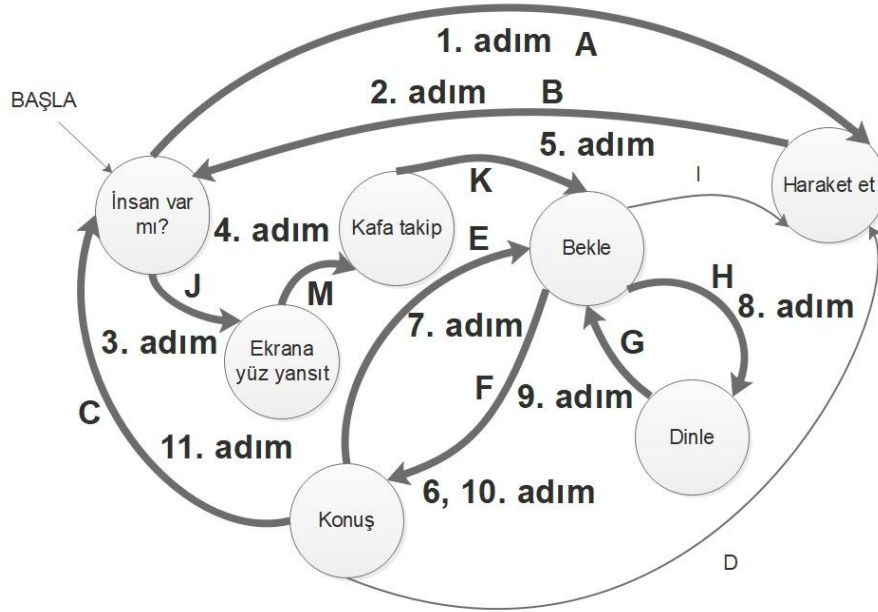


Şekil 4.28. Etkileşimi insanın başlattığı robotun gözünden hareket emri verme durum geçişleri

Şekil 4.28'e göre aşağıdaki işlemler gerçekleşir:

Robot “İnsan var mı?” durumunda karşısında insan yok ise, SDM “A” işlemini gerçekleştirir. Robot “Hareket et” durumuna geçer ve hareket eder tamamlandığında “B”, işlemini gerçekleştirerek “İnsan var mı?” durumuna geçer ve karşısında bir insan görür. Robot “J” işlemini gerçekleştirerek “Ekрана yüz yansıt” durumuna geçer. Robot insanın yüzünü kendi üzerindeki ekrana yansıtır. Robot “M” işlemini gerçekleştirerek “Kafa takip” durumuna geçer. Robot insanı kafayla takibe başlar. Robot “K” işlemini gerçekleştirerek “Bekle” durumuna geçer. Bu durumda SDM insana iki saniye etkileşim süresi tanır. İnsanın iki saniye içinde etkileşimde bulunursa, robot “H” işlemini gerçekleştirerek “Dinle” durumuna geçer. Robot karşısındaki insanın konuşmasını dinler, dinlediği konuşmayı kaydeder, kaydettiği konuşmayı yazıya çevirir. Robot “G” işlemini gerçekleştirerek “Bekle” durumuna tekrar geçer. “Bekle” durumunda robot elde ettiği yazıyı işler. Robot bu işlemde kendisine emir verildiğini anlar. Robot verilen emri yerine getirmek için “T” işlemini gerçekleştirerek “Hareket et” durumuna geçer. Robot verilen emri yerine getirir. Hareket sonucunda tekrar B işlemini gerçekleştirerek “İnsan var mı?” durumuna geçer. Bu işlem kullanıcı robotla etkileşime devam ettiği sürece devam eder. Yapılan bu arama eyleminin grameri “ABJMKHGIB...” şeklinde ilerler. “ABJMKHGIB...” içinde bulunan “JMKHG” grameri oluşturulan İBG'ye göre insanın robot hakkında bilgisi olduğunu gösterir. Bu durumda robot etkileşime iştirak eder.

İnsan kontrollü SDM modeli İRE'de **etkileşimi robotun başlattığı, sadece konuşma eylemini** oluşturan ve Şekil 4.23'te gösterilen “İnsan var mı?”, “Hareket et”, “Konuş”, “Dinle”, “Ekрана yüz yansıt”, “Kafa takip”, “Bekle” durumlarının muhtemel olasılıkları Şekil 4.29'da verilmiştir. Bu durumda insan robot alanına girdiğinde etkileşimi başlatmadığı için İBG'ye göre sonuç insanın robot hakkında bilgisi olmadığına karar verir ve robot etkileşimi aktif olarak başlatır.



Şekil 4.29. Etkileşimi robotun başlattığı konuşma durum geçişleri

Şekil 4.29'a göre aşağıdaki işlemler gerçekleşir:

Robot “İnsan var mı?” durumunda karşısında insan yok ise, SDM “A” işlemini gerçekleştirir. Robot “Hareket et” durumuna geçer ve hareket eder. Robot hareket eylemini tamamlandıktan sonra “B”, işlemini gerçekleştirerek “İnsan var mı?” durumuna geçer ve karşısında bir insan görür. Robot “J” işlemini gerçekleştirerek “Ekranaya yüz yansıt” durumuna geçer. Robot insanın yüzünü kendi üzerindeki ekrana yansıtır. Robot “M” işlemini gerçekleştirerek “Kafa takip” durumuna geçer. Robot insanı kafayla takibe başlar. Robot “K” işlemini gerçekleştirerek “Bekle” durumuna geçer. Bu durumda SDM insana iki saniye etkileşim süresi tanır. İnsan iki saniye içinde etkileşimde bulunmazsa, robot “F” işlemini gerçekleştirerek “Konuş” durumuna geçer. Karşısındaki insan konuşmadığı için robot etkileşimi başlatır. Robot kendi kullanımını açıklar. Robot “E” işlemini gerçekleştirerek “Bekle” durumuna tekrar geçer. Bu durumda insana iki saniye etkileşim süresi tanır. İnsan iki saniye içinde etkileşimde bulunursa, robot “H” işlemini gerçekleştirerek “Dinle” durumuna geçer. Robot karşısındaki insanın konuşmasını dinler, dinlediği konuşmayı kaydeder, kaydettiği konuşmayı yazıya çevirir. Robot “G” işlemini gerçekleştirerek “Bekle” durumuna tekrar geçer. Robot “Bekle” durumunda bu elde ettiği yazıyı işler. Robot “F” işlemini gerçekleştirerek “Konuş” durumuna geçer. Robot “Konuş” durumunda, “Bekle” durumunda oluşturduğu sonucu karşısındaki insana iletir. Bu aşamadan sonra Robot C işlemini gerçekleştirerek “İnsan var mı?” durumuna geçer. Bu döngü kullanıcı robotla

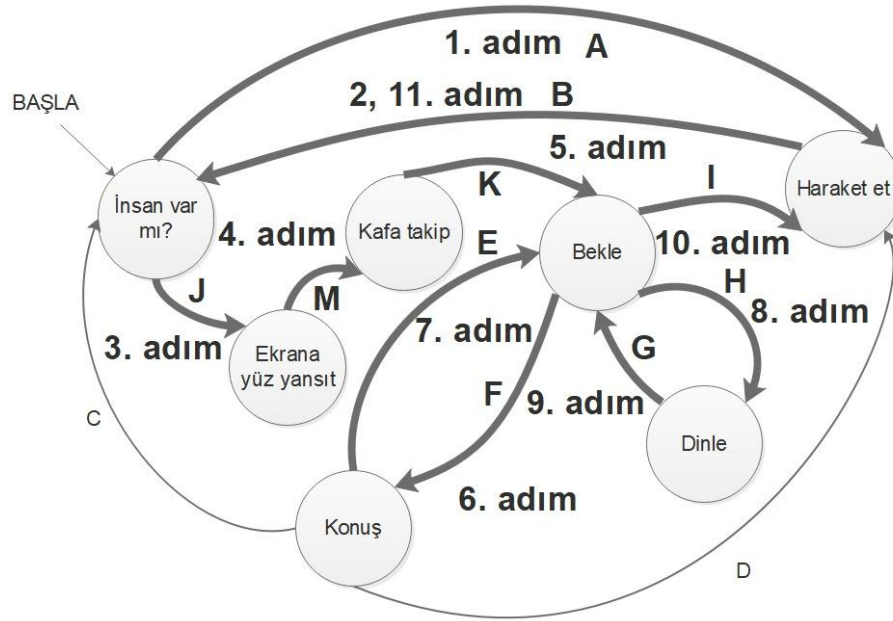




geçer. Bu durumda SDM insana iki saniye etkileşim süresi tanır. İnsan iki saniye içinde etkileşimde bulunmazsa, robot “F” işlemini gerçekleştirerek “Konuş” durumuna geçer. Karşısındaki insan konuşmadığı için robot etkileşimi başlatır. Robot kendi kullanımını açıklar. Robot “E” işlemini gerçekleştirerek “Bekle” durumuna tekrar geçer. Bu durumda insana iki saniye etkileşim süresi tanır. İnsan iki saniye içinde etkileşimde bulunursa, robot “H” işlemini gerçekleştirerek “Dinle” durumuna geçer. Robot karşısındaki insanın konuşmasını dinler, dinlediği konuşmayı kaydeder, kaydettiği konuşmayı yazıya çevirir. Robot “G” işlemini gerçekleştirerek “Bekle” durumuna tekrar geçer. Robot “Bekle” durumunda bu elde ettiği yazıyı işler. Robot “F” işlemini gerçekleştirerek “Konuş” durumuna geçer. Robot “Konuş” durumunda, “Bekle” durumunda oluşturduğu sonucu karşısındaki insana iletir. Konuşma içerisinde hareket de etkilenmişse robot “D” işlemini gerçekleştirerek “Hareket et ” durumuna geçer. Robot eklenen hareketi gerçekleştirir. Hareket sonucunda robot tekrar “B” işlemini gerçekleştirerek “İnsan var mı?” durumuna geçer. Bu döngü kullanıcı robotla etkileşime devam ettiği sürece devam eder. Yapılan bu arama eyleminin grameri “ABJMKFEHGFDB...” şeklinde ilerler. “ABJMKFEHGFDB...” içinde bulunan “JMKFE” grameri oluşturulan İBG’ye göre insanın robot hakkında bilgisi olmadığını gösterir. Bu durumda robot etkileşimi aktif olarak başlatır ve yönetir.

Robotun gözünden kafa takipli insan kontrollü SDM modeli İRE’de **etkileşimi robotun başlattığı, hareket emri verme eylemini** oluşturan ve Şekil 4.23’de gösterilen “İnsan var mı?”, “Hareket et”, “Konuş”, “Dinle”, ”Ekranı yüz yansıt”, “Kafa takip”, “Bekle” durumlarının muhtemel olasılıkları Şekil 4.21’de verilmiştir. Bu durumda insan robot alanına girdiğinde etkileşimi başlatmadığı için İBG’e göre sonuç insanın robot hakkında bilgisi olmadığına karar verir ve robot etkileşimi aktif olarak başlatır.





**Şekil 4.31.** Etkileşimi robotun başlattığı robotun gözünden hareket emri verme durum geçişleri

Şekil 4.31'e göre aşağıdaki işlemler gerçekleşir:

Robot “İnsan var mı?” durumunda karşısında insan yok ise, SDM “A” işlemini gerçekleştirir. Robot “Haraket et” durumuna geçer ve hareket eder. Robot hareket eylemini tamamlandıktan sonra “B”, işlemini gerçekleştirerek “İnsan var mı?” durumuna geçer ve karşısında bir insan görür. Robot “J” işlemini gerçekleştirerek “Ekrana yüz yansıt” durumuna geçer. Robot insanın yüzünü kendi üzerindeki ekrana yansıtır. Robot “M” işlemini gerçekleştirerek “Kafa takip” durumuna geçer. Robot insanı kafayla takibe başlar. Robot “K” işlemini gerçekleştirerek “Bekle” durumuna geçer. Bu durumda SDM insana iki saniye etkileşim süresi tanır. İnsan iki saniye içinde etkileşimde bulunmazsa, robot “F” işlemini gerçekleştirerek “Konus” durumuna geçer. Karşısındaki insan konuşmadığı için robot etkileşimi başlatır. Robot kendi kullanımını açıklar. Robot “E” işlemini gerçekleştirerek “Bekle” durumuna tekrar geçer. Bu durumda insana iki saniye etkileşim süresi tanır. İnsan iki saniye içinde etkileşimde bulunursa, robot “H” işlemini gerçekleştirerek “Dinle” durumuna geçer. Robot karşısındaki insanın konuşmasını dinler, dinlediği konuşmayı kaydeder, kaydettiği konuşmayı yazıya çevirir. Robot “G” işlemini gerçekleştirerek “Bekle” durumuna tekrar geçer. Robot “Bekle” durumunda bu elde ettiği yazıyı işler. Robot bu işlemden kendisine emir verildiğini anlar. Robot verilen emri yerine getirmek için “I” işlemini gerçekleştirerek “Haraket et” durumuna geçer. Robot verilen emri yerine getirir. Hareket sonucunda tekrar B işlemini gerçekleştirerek “İnsan var mı?” durumuna geçer.

Bu işlem kullanıcı robotla etkileşime devam ettiği sürece devam eder. Yapılan bu arama eyleminin grameri “ABJMKFEHGIB...” şeklinde ilerler. “AB**J**KMFEHGIB ...” içinde bulunan “JKMFE” grameri oluşturulan İBG’ye göre insanın robot hakkında bilgisi olmadığını gösterir. Bu durumda robot etkileşimi aktif olarak başlatır ve yönetir.



## 5. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Sonuç ve tartışmalar kısmında yapılan deneyler anlatılacaktır. Bu deneyde bir robotun iki örneğe göre üç farklı sonlu durum makinesinde incelenmiş altı deney modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan bu altı modeldeki deneyler beşer defa tekrar edilerek gerçekleştirilmiştir. Toplamda otuz deney gerçekleştirilerek incelenmiştir. Yapılan deneylerde elde edilen başarısız deneyler ile Denklem 5.1'deki gibi hesaplanmış ve sonuçlar aşağıda verilmiştir.

$$BaşarıYüzdesi = \left( \frac{(ToplamDeney - BaşarısızDeney) \times 100}{ToplamDeney} \right) \quad (5.1)$$

### 5.1. Deney 1

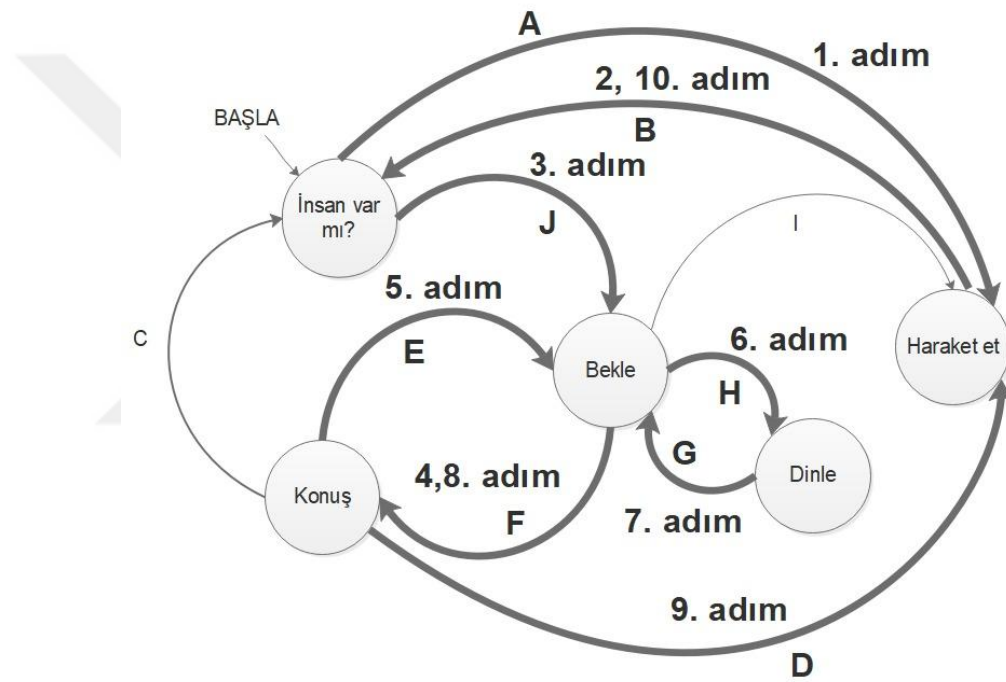
1. Deneyin konusu: “Alışveriş merkezinde bulunan bir robotun, yanına yaklaşarak bilgi almak isteyen bir insan ile etkileşimi konu alınmıştır. Bu senaryoda robotu hiç tanımayan bir insanın en yakın mağazaya ulaşmak için robottan bilgi talep etmesi değerlendirilmiştir.”

Alışveriş merkezine gelen insan robot ile ilk temasını gerçekleştirecektir. İnsan ile robotun ilk etkileşimi incelenerek insanın talep ettiği bilgiyi hangi yöntemle daha kolay öğreneceği konusu araştırılmıştır. Robot üç farklı sonlu durum makinesi ile programlanmıştır. Robotun aynı durum karşısında farklı durum makineleri ile başarılı etkileşim oranları değerlendirilmiştir. İnsan robot etkileşiminde en etkili sonlu durum makinesinin bulunması için çalışılmıştır. Bu deney esnasında robot hakkında bilgisi olmayan insanlar robot ile karşı karşıya geldiklerinde genellikle tepkisiz kalmaktadırlar. İnsanlar bu durumda robotun ne iş yaptığını ve özelliklerini anlamaya çalışacakları beklenilmektedir. Etkileşimde ilk adımı atamayan insanlara karşı robotun tepkisi ölçülmektedir. Bu ölçümlerde insanların soruları doğrultusunda robot insanın tepkisine göre bilgi vermiştir. Robotun verdiği bilgilerin doğruluğu ve yerindeliği incelenmiştir.

### 5.1.1. İnsan kontrol SDM modeli deney 1 sonuçlar

Deney 1 senaryosuna göre robot sadece insan kontrolü yaparak insanlarla etkileşime geçmektedir. Bu deneyde robot kendisini tanımayan bir insanla konuşurken aynı zamanda yol tarifi de yapmaktadır. Bu durumda insan robot alanına girdiğinde etkileşimi başlatmadığı için İBG'e göre sonuç insanın robot hakkında bilgisi olmadığına karar verir ve robot etkileşimi aktif olarak başlatır.

Bu deneyin durumları Şekil 4.5'te verilen insan kontrol SDM modeline göre durum geçişleri Şekil 5.1'de verilmiştir.



Şekil 5.1. İnsan kontrol SDM modeli deney 1 durum geçişleri

Şekil 5.1'e göre aşağıdaki işlemler gerçekleşir:

Robot çalışmaya başladığında sonlu durum makinesi “İnsan var mı?” durumundadır. Robot “İnsan var mı?” durumunda karşısında insan göremediği takdirde, SDM “A” işlemini gerçekleştirmiştir. Robot “Haraket et” durumuna geçer. ARCORE tarafından rastgele üretilen açı ve ilerleme mesafeleri motorlar tarafından yerine getirilerek hareket durumu tamamlanmıştır. Robot hareket eylemini tamandıktan sonra “B”, işlemini gerçekleştirerek “İnsan var mı?” durumuna geçmiştir. İnsan bulamayan robot tekrar “B” işlemini gerçekleştirmiş ve “Haraket et” durumuna

geçermiştir. Robot aynı işlemi üç kez tekrarlamıştır. Robot insanı tespit ederek “J” işlemini gerçekleştirmiş ve “İnsan var mı?” durumundan “Bekle” durumuna geçmiştir. “Bekle” durumunda insanın etkileşimi başlatmak için iki saniyelik bir zaman dilimi ayrılmıştır. Bu zaman diliminde robot insandan herhangi bir etkileşim görmemiştir. İnsanın robot hakkında bilgisi olmadığından ve robot ile nasıl etkileşime geçeceğini bilmediğinden dolayı robot bekle durumundan konuş konumuna geçmiştir. Robot konuş durumunda insana nasıl bir hizmet verebileceği ve hangi konularda yardımcı olabileceği hakkında bilgi vermiştir. Robot “E” işlemini gerçekleştirerek “Bekle” durumuna tekrar geçmiştir. Robot “Bekle” durumunda iken insan robottan aldığı bilgilere göre alışveriş merkezi hakkına soru sormuştur. Robot “H” işlemini gerçekleştirerek “Dinle” durumuna geçmiştir. Robot karşısındaki insanın konuşmasını dinlemiş, dinlediği konuşmayı kaydetmiş, kaydettiği konuşmayı yazıya çevirmiştir. Robot “G” işlemini gerçekleştirerek “Bekle” durumuna tekrar geçmiştir. Robot “Bekle” durumunda bu elde ettiği yazıyı işlemiştir. “Bekle” durumunda robotun daha önce eğitildiği bilgilere göre cevabı hazırlamıştır. Robot “F” işlemini gerçekleştirerek “Konuş” durumuna geçmiştir. Robot “konuş” durumunda iken hazırlanmış olan yazıyı ses sentezleme programı aracılığı ile sentezleyerek ses kartına iletmiştir. Bu durumda robot yol tarifi için “Hareket et” durumuna girerek yolu hareketleriyle göstermiştir. Son olarak hoparlör sayesinde cevap sesli olarak insana ulaştırılmıştır. Yapılan bu deneyin grameri “ABABABJFEHGFDB...” şeklinde ilerler. “ABABABJFEHGFDB...” içinde bulunan “JFE” grameri oluşturulan İBG’ye göre insanın robot hakkında bilgisi olmadığını göstermiş. Bu durumda robot etkileşimi aktif olarak başlatmış ve yönetmiştir.

Yapılan beş tekrarın sonuçları aşağıdaki gibidir:

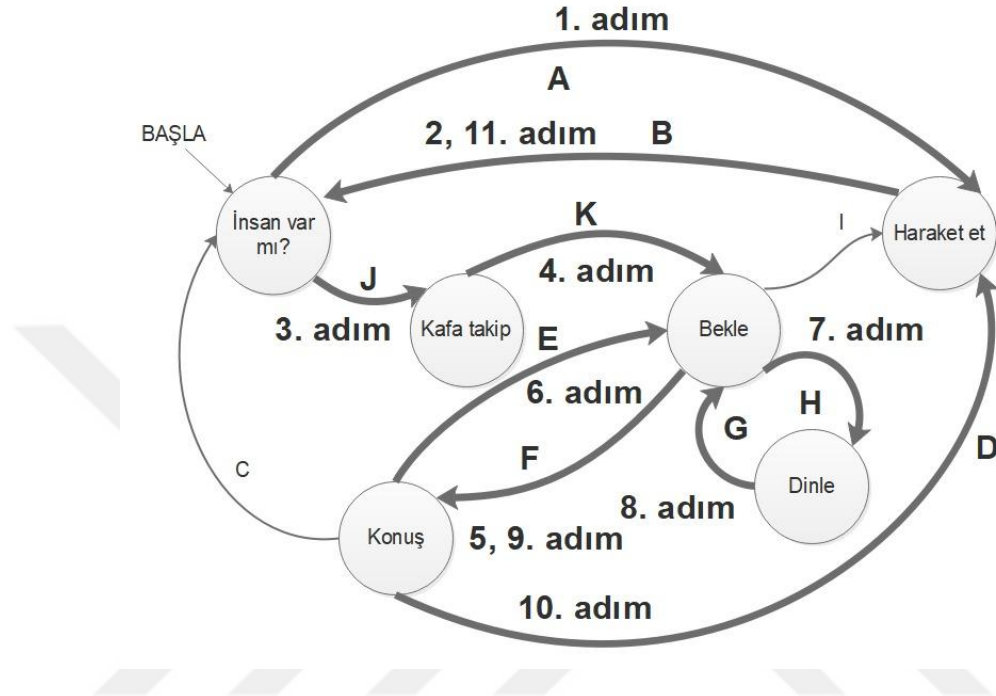
1. Tekrarda insan kaçırma gerçekleşmiştir.
2. Tekrarda işlem başarılı bir şekilde tamamlanmıştır.
3. Tekrarda ses kaçırma gerçekleşmiştir.
4. Tekrarda ses kaçırma gerçekleşmiştir.
5. Tekrarda yanlış duruma dallanma gerçekleşmiştir.

### **5.1.2. Kafa takip modeli deney 1 sonuçlar**

Deney 1 senaryosuna göre robot kafa takipli insan kontrolü yaparak insanlarla etkileşime geçmektedir. Bu deneyde robot kendisini tanımayan bir insanla konuşurken aynı zamanda yol tarifi de yapmaktadır. Bu durumda insan robot alanına girdiğinde

etkileşimi başlatmadığı için İBG’ e göre sonuç insanın robot hakkında bilgisi olmadığına karar verir ve robot etkileşimi aktif olarak başlatır.

Bu deneyin durumları Şekil 4.14’te verilen kafa takipli insan kontrol SDM modeline göre durum geçişleri Şekil 5.2’de verilmiştir.



Şekil 5.2. Kafa takip modeli deney 1 durum geçişleri

Şekil 5.2’ye göre aşağıdaki işlemler gerçekleşir:

Robot çalışmaya başladığında sonlu durum makinesi “İnsan var mı?” durumundadır. Robot “İnsan var mı?” durumunda karşısında insan göremediği takdirde, SDM “A” işlemini gerçekleştirmiştir. Robot “Haraket et” durumuna geçer. ARCORE tarafından rastgele üretilen açı ve ilerleme mesafeleri motorlar tarafından yerine getirilerek hareket durumu tamamlanmıştır. Robot hareket eylemini tamandıktan sonra “B”, işlemini gerçekleştirerek “İnsan var mı?” durumuna geçmiştir. İnsan bulamayan robot tekrar “B” işlemini gerçekleştirmiş ve “Haraket et” durumuna geçmiştir. Robot aynı işlemi üç kez tekrarlamıştır. Robot “J” işlemini gerçekleştirerek “Kafa takip” durumuna geçmiştir. Robot insanı kafayla takibe başlar. “Kafa takip” durumunda iken robot aldığı görüntüleri işleyerek resim üzerindeki insan yüzünün koordinatlarını belirlemiştir. Belirlenen bu koordinatlar ARCORE tarafından sırasıyla ARCONTROL, beyincik, kafa merkez kontrolcüsü, kafa yatay eklem kontrolcüsü ve kafa dikey eklem kontrolcüsüne gönderilmiştir. Robotun kafasında bulunan yatay ve dikey motorlar, insanı yüzü ortalanacak şekilde hareketi gerçekleştirmiştir. İnsanın

hareketli olduğu durumlarda aynı işlemi tekrarlanarak, robotun baktığı yönün insan yüzünü ortalayacak şekilde sürekli emirler oluşturur. Robotun aldığı görüntülere göre insan yüzü her zaman ortalanmıştır. Robot “K” işlemi gerçekleştirerek “Bekle” durumuna geçer. “Bekle” durumunda insanın etkileşimi başlatmak için iki saniyelik bir zaman dilimi ayrılmıştır. Bu zaman diliminde robot insandan herhangi bir etkileşim görmemiştir. İnsanın robot hakkında bilgisi olmadığından ve robot ile nasıl etkileşime geçeceğini bilmediğinden dolayı robot “bekle” durumundan “konuş” durumuna geçmiştir. Robot konuş durumunda insana nasıl bir hizmet verebileceği ve hangi konularda yardımcı olabileceği hakkında bilgi vermiştir. Robot “E” işlemi gerçekleştirerek “Bekle” durumuna tekrar geçmiştir. Robot “Bekle” durumunda iken insan robottan aldığı bilgilere göre alışveriş merkezi hakkına soru sormuştur. Robot “H” işlemi gerçekleştirerek “Dinle” durumuna geçmiştir. Robot karşısındaki insanın konuşmasını dinlemiş, dinlediği konuşmayı kaydetmiş, kaydettiği konuşmayı yazıya çevirmiştir. Robot “G” işlemi gerçekleştirerek “Bekle” durumuna tekrar geçmiştir. Robot “Bekle” durumunda bu elde ettiği yazıyı işlemiştir. “Bekle” durumunda robotun daha önce eğitildiği bilgilere göre cevabı hazırlamıştır. Robot “F” işlemi gerçekleştirerek “Konuş” durumuna geçmiştir. Robot “konuş” durumunda iken hazırlanmış olan yazıyı ses sentezleme programı aracılığı ile sentezleyerek ses kartına iletmiştir. Bu durumda robot yol tarifi için “Hareket et” durumuna girerek yolu hareketleriyle göstermiştir. Son olarak hoparlör sayesinde cevap sesli olarak insana ulaştırılmıştır. Yapılan bu deneyin grameri “ABABABJKFEHGFDB...” şeklinde ilerler. “ABABAB**JK**FEHGFDB...” içinde bulunan “JKFE” grameri oluşturulan İBG’ye göre insanın robot hakkında bilgisi olmadığını göstermiş. Bu durumda robot etkileşimi aktif olarak başlatmış ve yönetmiştir.

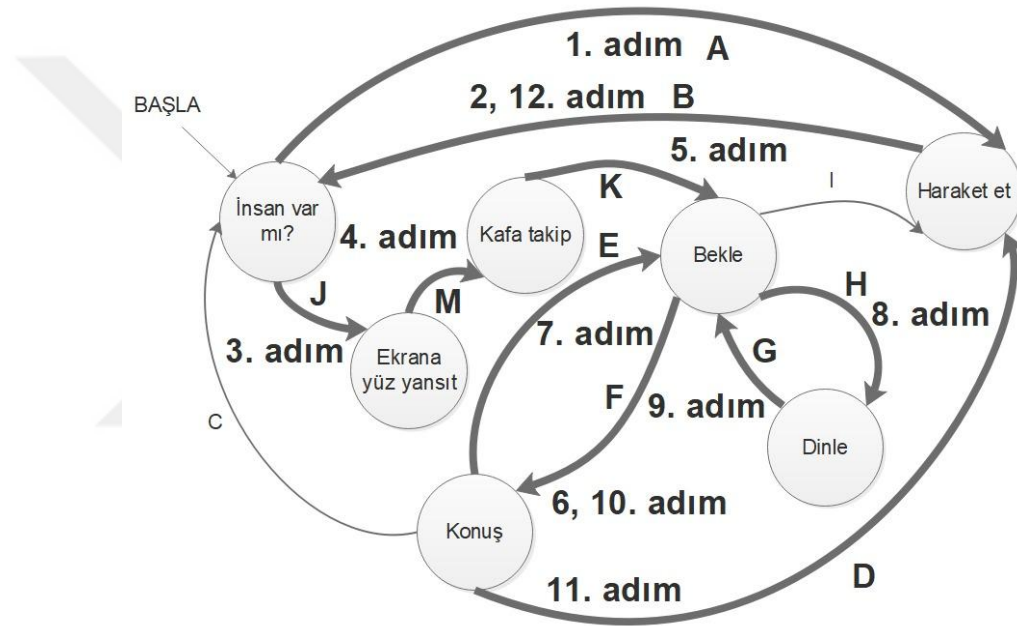
Yapılan beş tekrarın sonuçları aşağıdaki gibidir:

1. Tekrarda işlem başarılı bir şekilde tamamlanmıştır.
2. Tekrarda yanlış duruma dallanma gerçekleşmiştir.
3. Tekrarda işlem başarılı bir şekilde tamamlanmıştır.
4. Tekrarda ses kaçırma gerçekleşmiştir.
5. Tekrarda işlem başarılı bir şekilde tamamlanmıştır.

### 5.1.3. Robot gözünden kontrol modeli deney 1 sonuçlar

Deney 1 senaryosuna göre robotun gözünden kafa takipli insan kontrolü yaparak insanlarla etkileşime geçmektedir. Bu deneyde robot kendisini tanımayan bir insanla konuşurken aynı zamanda yol tarifi de yapmaktadır. Bu durumda insan robot alanına girdiğinde etkileşimi başlatmadığı için İBG'e göre sonuç insanın robot hakkında bilgisi olmadığına karar verir ve robot etkileşimi aktif olarak başlatır.

Bu deneyin durumları Şekil 4.23'te verilen robotun gözünden kafa takipli insan kontrol modeline göre durum geçişleri Şekil 5.3'te verilmiştir.



Şekil 5.3. Robotun gözünden kontrol modeli deney 1 durum geçişleri

Şekil 5.3'e göre aşağıdaki işlemler gerçekleşir:

Robot çalışmaya başladığında sonlu durum makinesi “İnsan var mı?” durumundadır. Robot “İnsan var mı?” durumunda karşısında insan göremediği takdirde, SDM “A” işlemini gerçekleştirmiştir. Robot “Haraket et” durumuna geçer. ARCORE tarafından rastgele üretilen açı ve ilerleme mesafeleri motorlar tarafından yerine getirilerek hareket durumu tamamlanmıştır. Robot hareket eylemini tamamlandıktan sonra “B”, işlemini gerçekleştirerek “İnsan var mı?” durumuna geçmiştir. İnsan bulamayan robot tekrar “B” işlemini gerçekleştirmiş ve “Haraket et” durumuna geçmiştir. Robot aynı işlemi üç kez tekrarlamıştır. Robot “J” işlemini gerçekleştirerek



“Ekranı yüz yansıt” durumuna geçer. Bu durumda kendi görüntüsünü robotun ekranında gören insanın robota karşı ilgisi artmıştır. İnsan kendini ekranda gördüğü zaman vücudunu robota göre düzeltme psikolojisine girmiştir. Bu esnada insan kendisini yatayda, dikeyde ve uzaklık olarak uygun pozisyona getirmiştir. Robot “M” işlemini gerçekleştirerek “Kafa takip” durumuna geçmiştir. Robot insanı kafayla takibe başlar. “Kafa takip” durumunda iken robot aldığı görüntüleri işleyerek resim üzerindeki insan yüzünün koordinatlarını belirlemiştir. Belirlenen bu koordinatlar ARCORE tarafından sırasıyla ARCONTROL, beyincik, kafa merkez kontrolcüsü, kafa yatay eklem kontrolcüsü ve kafa dikey eklem kontrolcüsüne gönderilmiştir. Robotun kafasında bulunan yatay ve dikey motorlar, insanı yüzü ortalanacak şekilde hareketi gerçekleştirmiştir. İnsanın hareketli olduğu durumlarda aynı işlemi tekrarlanarak, robotun baktığı yönün insan yüzünü ortalayacak şekilde sürekli emirler oluşturur. Robotun aldığı görüntülere göre insan yüzü her zaman ortalanmıştır. Robot “K” işlemini gerçekleştirerek “Bekle” durumuna geçer. “Bekle” durumunda insanın etkileşimi başlatmak için iki saniyelik bir zaman dilimi ayrılmıştır. Bu zaman diliminde robot insandan herhangi bir etkileşim görmemiştir. İnsanın robot hakkında bilgisi olmadığından ve robot ile nasıl etkileşime geçeceğini bilmediğinden dolayı robot “bekle” durumundan “konuş” durumuna geçmiştir. Robot konuş durumunda insana nasıl bir hizmet verebileceği ve hangi konularda yardımcı olabileceği hakkında bilgi vermiştir. Robot “E” işlemini gerçekleştirerek “Bekle” durumuna tekrar geçmiştir. Robot “Bekle” durumunda iken insan robottan aldığı bilgilere göre alışveriş merkezi hakkına soru sormuştur. Robot “H” işlemini gerçekleştirerek “Dinle” durumuna geçmiştir. Robot karşısındaki insanın konuşmasını dinlemiş, dinlediği konuşmayı kaydetmiş, kaydettiği konuşmayı yazıya çevirmiştir. Robot “G” işlemini gerçekleştirerek “Bekle” durumuna tekrar geçmiştir. Robot “Bekle” durumunda bu elde ettiği yazıyı işlemiştir. “Bekle” durumunda robotun daha önce eğitildiği bilgilere göre cevabı hazırlamıştır. Robot “F” işlemini gerçekleştirerek “Konuş” durumuna geçmiştir. Robot “konuş” durumunda iken hazırlanmış olan yazıyı ses sentezleme programı aracılığı ile sentezleyerek ses kartına iletmiştir. Bu durumda robot yol tarifi için “Hareket et” durumuna girerek yolu hareketleriyle göstermiştir. Son olarak hoparlör sayesinde cevap sesli olarak insana ulaştırılmıştır. Yapılan bu deneyin grameri “ABABABJMKFEHGFDB...” şeklinde ilerler. “ABABABJKMFEHGFDB...” içinde bulunan “JMKFE” grameri oluşturulan İBG’ye göre insanın robot hakkında bilgisi

olmadığını göstermiş. Bu durumda robot etkileşimi aktif olarak başlatmış ve yönetmiştir.

Yapılan beş tekrarın sonuçları aşağıdaki gibidir:

1. Tekrarda işlem başarılı bir şekilde tamamlanmıştır.
2. Tekrarda işlem başarılı bir şekilde tamamlanmıştır.
3. Tekrarda ses kaçırma gerçekleşmiştir
4. Tekrarda işlem başarılı bir şekilde tamamlanmıştır.
5. Tekrarda işlem başarılı bir şekilde tamamlanmıştır.

## 5.2. Deney 2

2. Deneyin konusu: “Alışveriş merkezinde bulunan bir robotun yanına yaklaşarak bilgi almak isteyen bir insan ile etkileşimi konu alınmıştır. Bu senaryoda robotu tanıyan bir insanın bir mağaza hakkında robottan bilgi istemektedir.”

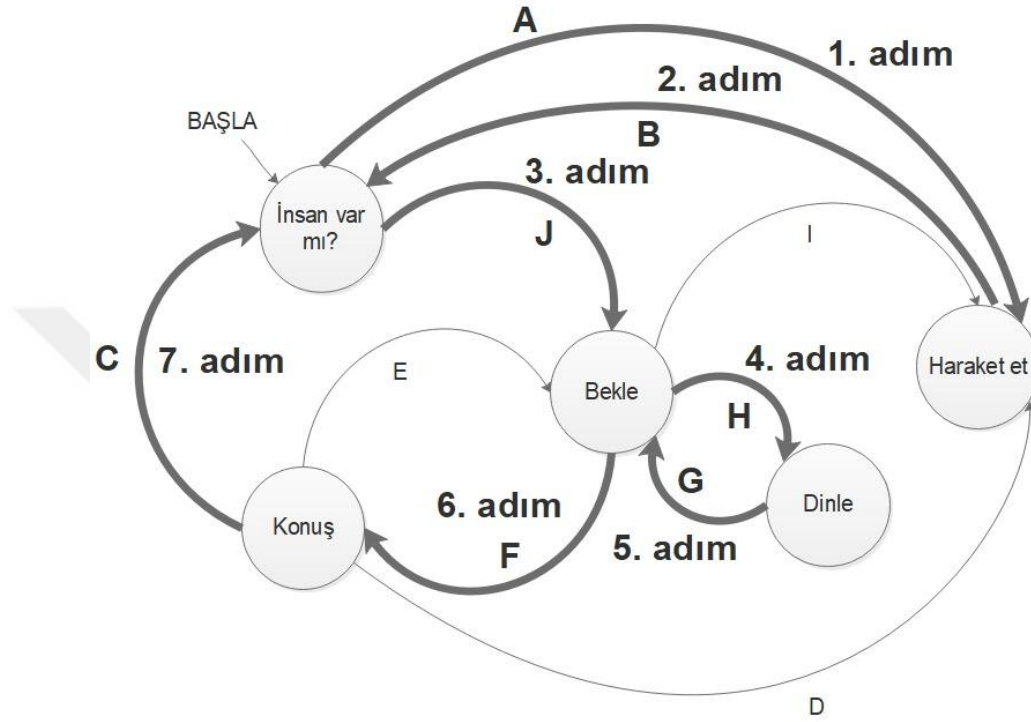
Robot ile iletişime geçecek kişilerin daha önceden deney bir de kullanılan kişilerden seçilerek deney 2 gerçekleştirilmiştir. Deney ikide deney birden farklı olarak şunlar yapılmıştır. Kullanıcılar birinci deneyde insanlar robot hakkında bilgileri olmadığı için robota yaklaşmışlar ve onu anlamaya çalışmışlardır. Bu anlamaya çalışma sırasında robot bu durumu tespit ederek insanların robotlardan nasıl hizmet alması gerektiğini açıklamış ve bu konuda bilgilendirilmiştir. Bu noktada ilk adımı robotlar atarak etkileşimi başlatmıştır. İkinci deneyde ise robotlar hakkında bilgiye sahip olan insanlar robotlar ile karşılaştıklarında ilk adımı atmışlardır. Birinci deneydeki gibi “bekle” durumundan sonra “konuş” durumuna geçmek yerine ikinci deneyde “bekle” durumundan sonra “dinle” durumuna geçmiştir. “Dinle” durumunda robot insanların taleplerini algılamıştır. Robot tekrar “bekle” durumuna geçerek cevabı hazırlamıştır. Daha sonra robot “bekle” durumundan “konuş” durumuna geçmiştir. İnsanlara talepleri doğrultusundaki bilgileri vermiştir.

### 5.2.1. İnsan Kontrol Modeli Deney 2 Sonuçlar

Deney 2 senaryosuna göre robot sadece insan kontrolü yaparak insanlarla etkileşime geçmektedir. Bu deneyde robot kendisini tanıyan bir insanla konuşurken aynı zamanda yol tarifi de yapmaktadır. Bu durumda insan robot alanına girdiğinde

etkileşimi başlattığı için İBG'ye göre sonuç insanın robot hakkında bilgisi olduğuna karar verir ve robot etkileşime dahil olur.

Bu deneyin durumları Şekil 4.5'te verilen insan kontrol SDM modeline göre durum geçişleri Şekil 5.4'te verilmiştir.



Şekil 5.4. İnsan kontrol SDM modeli deney 2 durum geçişleri

Şekil 5.4'e göre aşağıdaki işlemler gerçekleşir:

Robot çalışmaya başladığında sonlu durum makinesi “İnsan var mı?” durumundadır. Robot “İnsan var mı?” durumunda karşısında insan göremediği takdirde, SDM “A” işlemini gerçekleştirmiştir. Robot “Haraket et” durumuna geçer. ARCORE tarafından rastgele üretilen açı ve ilerleme mesafeleri motorlar tarafından yerine getirilerek hareket durumu tamamlanmıştır. Robot hareket eylemini tamandıktan sonra “B”, işlemini gerçekleştirerek “İnsan var mı?” durumuna geçmiştir. İnsan bulamayan robot tekrar “B” işlemini gerçekleştirmiş ve “Haraket et” durumuna geçmiştir. Robot aynı işlemi iki kez tekrarlamıştır. Robot insanı tespit ederek “J” işlemini gerçekleştirmiş ve “İnsan var mı?” durumundan “Bekle” durumuna geçmiştir. “Bekle” durumunda insanın etkileşimi başlatmak için iki saniyelik bir zaman dilimi ayrılmıştır. Bu zaman diliminde insan robot ile etkileşim için ilk adımı atmıştır. İnsan robota alışveriş merkezi hakkında soru sormuştur. Robot “H” işlemini gerçekleştirerek

“Dinle” durumuna geçmiştir. Robot karşısındaki insanın konuşmasını dinlemiş, dinlediği konuşmayı kaydetmiş, kaydettiği konuşmayı yazıya çevirmiştir. Robot “G” işlemini gerçekleştirerek “Bekle” durumuna tekrar geçmiştir. Robot “Bekle” durumunda bu elde ettiği yazıyı işlemiştir. “Bekle” durumunda robotun daha önce eğitildiği bilgilere göre cevabı hazırlamıştır. Robot “F” işlemini gerçekleştirerek “Konuş” durumuna geçmiştir. Robot “konuş” durumunda iken hazırlanmış olan yazıyı ses sentezleme programı aracılığı ile sentezleyerek ses kartına iletmıştır. Bu durumda robot yol tarifi için “Hareket et” durumuna girerek yolu hareketleriyle göstermiştir. Son olarak hoparlör sayesinde cevap sesli olarak insana ulaştırılmıştır. Yapılan bu deneyin grameri “ABABABJHGFC...” şeklinde ilerler. “ABABAB**JHG**FC...” içinde bulunan “JHG” grameri oluşturulan İBG’ye göre insanın robot hakkında bilgisi olduğunu göstermiş. Bu durumda robot etkileşime iştirak etmiştir.

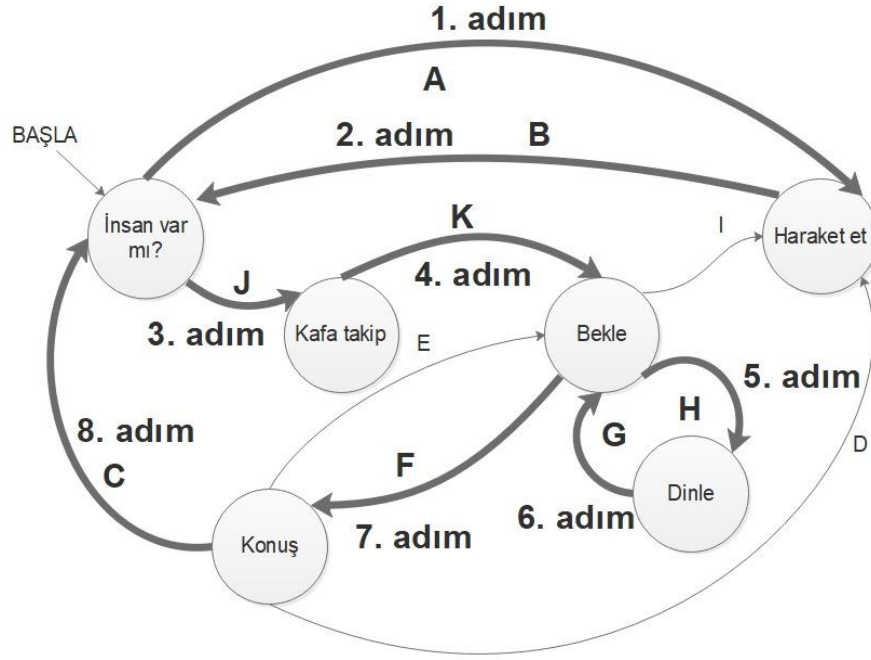
Yapılan beş tekrarın sonuçları aşağıdaki gibidir:

1. Tekrarda insan kaçırma gerçekleşmiştir.
2. Tekrarda yanlış duruma dallanma gerçekleşmiştir
3. Tekrarda işlem başarılı bir şekilde tamamlanmıştır.
4. Tekrarda insan kaçırma gerçekleşmiştir.
5. Tekrarda işlem başarılı bir şekilde tamamlanmıştır.

### 5.2.2. Kafa Takip Modeli Deney 2 Sonuçlar

Deney 2 senaryosuna göre robot kafa takipli insan kontrolü yaparak insanlarla etkileşime geçmektedir. Bu deneyde robot kendisini tanıyan bir insanla konuşurken aynı zamanda yol tarifi de yapmaktadır. Bu durumda insan robot alanına girdiğinde etkileşimi başlattığı için İBG’e göre sonuç insanın robot hakkında bilgisi olduğuna karar verir ve robot etkileşime dahil olur.

Bu deneyin durumları Şekil 4.14’te verilen kafa takipli insan kontrol SDM modeline göre durum geçişleri Şekil 5.5’te verilmiştir.



Şekil 5.5. Kafa takip modeli deney 2 durum geçişleri

Şekil 5.5'e göre aşağıdaki işlemler gerçekleşir:

Robot çalışmaya başladığında sonlu durum makinesi “İnsan var mı?” durumundadır. Robot “İnsan var mı?” durumunda karşısında insan göremediği takdirde, SDM “A” işlemini gerçekleştirmiştir. Robot “Hareket et” durumuna geçer. ARCORE tarafından rastgele üretilen açı ve ilerleme mesafeleri motorlar tarafından yerine getirilerek hareket durumu tamamlanmıştır. Robot hareket eylemini tamamlandıktan sonra “B”, işlemini gerçekleştirerek “İnsan var mı?” durumuna geçmiştir. İnsan bulamayan robot tekrar “B” işlemini gerçekleştirmiş ve “Hareket et” durumuna geçmiştir. Robot aynı işlemi üç kez tekrarlamıştır. Robot “J” işlemini gerçekleştirerek “Kafa takip” durumuna geçmiştir. Robot insanı kafayla takibe başlar. “Kafa takip” durumunda iken robot aldığı görüntüleri işleyerek resim üzerindeki insan yüzünün koordinatlarını belirlemiştir. Belirlenen bu koordinatlar ARCORE tarafından sırasıyla ARCONTROL, beyincik, kafa merkez kontrolcüsü, kafa yatay eklem kontrolcüsü ve kafa dikey eklem kontrolcüsüne gönderilmiştir. Robotun kafasında bulunan yatay ve dikey motorlar, insanı yüzü ortalanacak şekilde hareketi gerçekleştirmiştir. İnsanın hareketli olduğu durumlarda aynı işlemi tekrarlanarak, robotun baktığı yönün insan yüzünü ortalayacak şekilde sürekli emirler oluşturur. Robotun aldığı görüntülere göre insan yüzü her zaman ortalanmıştır. Robot “K” işlemini gerçekleştirerek “Bekle” durumuna geçmiştir. “Bekle” durumunda insanın etkileşimi başlatmak için iki saniyelik

bir zaman dilimi ayrılmıştır. Bu zaman diliminde insan robot ile etkileşim için ilk adımı atmıştır. İnsan robota alışveriş merkezi hakkında soru sormuştur. Robot “H” işlemini gerçekleştirerek “Dinle” durumuna geçmiştir. Robot karşısındaki insanın konuşmasını dinlemiş, dinlediği konuşmayı kaydetmiş, kaydettiği konuşmayı yazıya çevirmiştir. Robot “G” işlemini gerçekleştirerek “Bekle” durumuna tekrar geçmiştir. Robot “Bekle” durumunda bu elde ettiği yazıyı işlemiştir. “Bekle” durumunda robotun daha önce eğitildiği bilgilere göre cevabı hazırlamıştır. Robot “F” işlemini gerçekleştirerek “Konuş” durumuna geçmiştir. Robot “konuş” durumunda iken hazırlanmış olan yazıyı ses sentezleme programı aracılığı ile sentezleyerek ses kartına iletmiştir. Bu durumda robot yol tarifi için “Hareket et” durumuna girerek yolu hareketleriyle göstermiştir. Son olarak hoparlör sayesinde cevap sesli olarak insana ulaştırılmıştır. Yapılan bu deneyin grameri “ABABABJKHGFC...” şeklinde ilerler. “ABABABJKHGFC...” içinde bulunan “JKHG” grameri oluşturulan İBG’ye göre insanın robot hakkında bilgisi olduğunu göstermiş. Bu durumda robot etkileşime iştirak etmiştir.

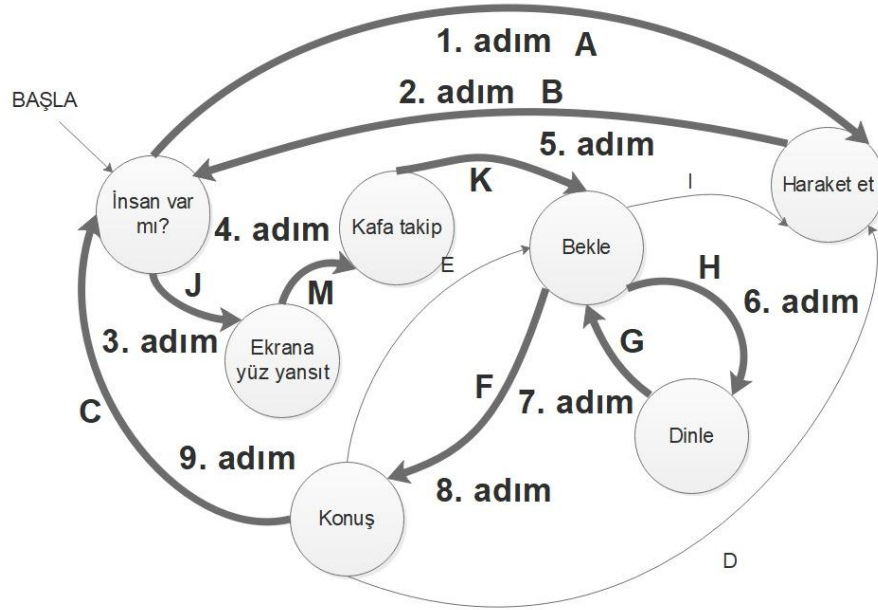
Yapılan beş tekrarın sonuçları aşağıdaki gibidir:

1. Tekrarda yanlış duruma dallanma gerçekleşmiştir.
2. Tekrarda insan kaçırma gerçekleşmiştir.
3. Tekrarda işlem başarılı bir şekilde tamamlanmıştır.
4. Tekrarda işlem başarılı bir şekilde tamamlanmıştır.
5. Tekrarda işlem başarılı bir şekilde tamamlanmıştır.

### 5.2.3. Robot Gözünden kontrol Modeli Deney 2 Sonuçlar

Deney 2 senaryosuna göre robotun gözünden kafa takipli insan kontrolü yaparak insanlarla etkileşime geçmektedir. Bu deneyde robot kendisini tanıyan bir insanla konuşurken aynı zamanda yol tarifi de yapmaktadır. Bu durumda insan robot alanına girdiğinde etkileşimi başlattığı için İBG’ye göre sonuç insanın robot hakkında bilgisi olduğuna karar verir ve robot etkileşime dahil olur.

Bu deneyin durumları Şekil 4.23’te verilen robotun gözünden kafa takipli insan kontrol SDM modeline göre durum geçişleri Şekil 5.6’da verilmiştir.



Şekil 5.6. Robotun gözünden kontrol modeli deney 2 durum geçişleri

Şekil 5.6'ya göre aşağıdaki işlemler gerçekleşir:

Robot çalışmaya başladığında sonlu durum makinesi “İnsan var mı?” durumundadır. Robot “İnsan var mı?” durumunda karşısında insan göremediği takdirde, SDM “A” işlemini gerçekleştirmiştir. Robot “Hareket et” durumuna geçer. ARCORE tarafından rastgele üretilen açı ve ilerleme mesafeleri motorlar tarafından yerine getirilerek hareket durumu tamamlanmıştır. Robot hareket eylemini tamamlandıktan sonra “B”, işlemini gerçekleştirerek “İnsan var mı?” durumuna geçmiştir. İnsan bulamayan robot tekrar “B” işlemini gerçekleştirmiş ve “Hareket et” durumuna geçmiştir. Robot aynı işlemi üç kez tekrarlamıştır. . Robot “J” işlemini gerçekleştirerek “Ekrana yüz yansıt” durumuna geçer. Bu durumda kendi görüntüsünü robotun ekranında gören insanın robota karşı ilgisi artmıştır. İnsan kendini ekranda gördüğü zaman vücudunu robota göre düzeltme psikolojisine girmiştir. Bu esnada insan kendisini yatayda, dikeyde ve uzaklık olarak uygun pozisyona getirmiştir. Robot “M” işlemini gerçekleştirerek “Kafa takip” durumuna geçmiştir. Robot insanı kafayla takibe başlar. “Kafa takip” durumunda iken robot aldığı görüntüleri işleyerek resim üzerindeki insan yüzünün koordinatlarını belirlemiştir. Belirlenen bu koordinatlar ARCORE tarafından sırasıyla ARCONTROL, beyincik, kafa merkez kontrolcüsü, kafa yatay eklem kontrolcüsü ve kafa dikey eklem kontrolcüsüne gönderilmiştir. Robotun kafasında bulunan yatay ve dikey motorlar, insanı yüzü ortalananak şekilde hareketi gerçekleştirmiştir. İnsanın hareketli olduğu durumlarda aynı işlemi tekrarlanarak,



robotun baktığı yönün insan yüzünü ortalayacak şekilde sürekli emirler oluşturur. Robotun aldığı görüntülere göre insan yüzü her zaman ortalanmıştır. Robot “K” işlemini gerçekleştirerek “Bekle” durumuna geçmiştir. “Bekle” durumunda insanın etkileşimi başlatmak için iki saniyelik bir zaman dilimi ayrılmıştır. Bu zaman diliminde insan robot ile etkileşim için ilk adımı atmıştır. İnsan robota alışveriş merkezi hakkında soru sormuştur. Robot “H” işlemini gerçekleştirerek “Dinle” durumuna geçmiştir. Robot karşısındaki insanın konuşmasını dinlemiş, dinlediği konuşmayı kaydetmiş, kaydettiği konuşmayı yazıya çevirmiştir. Robot “G” işlemini gerçekleştirerek “Bekle” durumuna tekrar geçmiştir. Robot “Bekle” durumunda bu elde ettiği yazıyı işlemiştir. “Bekle” durumunda robotun daha önce eğitildiği bilgilere göre cevabı hazırlamıştır. Robot “F” işlemini gerçekleştirerek “Konuş” durumuna geçmiştir. Robot “konuş” durumunda iken hazırlanmış olan yazıyı ses sentezleme programı aracılığı ile sentezleyerek ses kartına iletmiştir. Bu durumda robot yol tarifi için “Hareket et” durumuna girerek yolu hareketleriyle göstermiştir. Son olarak hoparlör sayesinde cevap sesli olarak insana ulaştırılmıştır. Yapılan bu deneyin grameri “ABABABJMKHGFC...” şeklinde ilerler. “ABABAB**JMKHG**FC...” içinde bulunan “JMKHG” grameri oluşturulan İBG’ye göre insanın robot hakkında bilgisi olduğunu göstermiş. Bu durumda robot etkileşime iştirak etmiştir.

Yapılan beş tekrarın sonuçları aşağıdaki gibidir:

1. Tekrarda yanlış duruma dallanma gerçekleşmiştir.
2. Tekrarda işlem başarılı bir şekilde tamamlanmıştır.
3. Tekrarda işlem başarılı bir şekilde tamamlanmıştır.
4. Tekrarda işlem başarılı bir şekilde tamamlanmıştır.
5. Tekrarda işlem başarılı bir şekilde tamamlanmıştır.



## 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez kapsamında sonlu durum makineleri, içerikten bağımsız gramer teknikleri kullanılmıştır. Görüntü işleme yöntemleri ve diyalog yöneticisiyle robotun karşıdaki insan ile etkili iletişim kurması amaçlanmıştır. Robot ilk durumda, görüntü işleme yöntemleriyle insanın karşısında olup olmadığını belirlemektedir. Robot diyalog boyunca, karşısında gördüğü insanın ilgi durumuna göre onun ilgisini çeşitli yöntemler kullanarak kendi üzerine çekmeye ve kendi üzerinde tutmaya çabalamıştır. İlk aşamada insan karşısındaki robota sorular sorarak iletişimin ilerlenmesini sağlamıştır. Robot karşısındaki insanın sorularına göre kullandığı bazı servisler aracılığıyla hizmet vermiştir. Bu servisler hava durumu, haber, yeni sezon ürünler, kampanya, indirimler, haritalama ve eğlence servisleri olarak örneklendirilebilir. Diyalogda daha önce oluşturulan durumlar arasında kullanıcıdan verdiği girdilere uygun olan duruma dallanarak sistem akışı sağlanmıştır. Bu şekilde İRE gerçekleştirilmiştir.

Şekil 4.5'te belirtilen durum makinesine göre robot ilk durumda insan kontrolü yapmaktadır. Eğer robot karşısında insan olmadığını fark ederse hareket ederek insan arayışını sürdürmektedir. Robot insanı bulduğu zaman ilk başta insandan etkileşim bekliyor. Belirlenen zaman içerisinde bu etkileşimi insan tarafından başlatılmazsa robot insana kendisini kullanabilmesi için gereken bilgileri vererek etkileşimi başlatıyor. Etkileşim robotu programlayan programcının belirlediği durum makinesine göre tamamlanıyor.

Şekil 4.14'te belirtilen durum makinesine göre robot ilk durumda insan kontrolü yapmaktadır. İnsan yoksa hareket ederek insan arayışını sürdürmektedir. Robot insanı bulduğu zaman kafasıyla karşısındaki insanın yüz hareketlerini taklit ederek kafa takibini başlatıyor. Robot ilk durumda karşısındaki insandan etkileşim beklemektedir. Eğer robotun karşısındaki insan robotla belirlenen süre içerisinde etkileşime geçmez ise robot karşısındaki insana kendisini nasıl kullanmasını anlatarak etkileşimi başlatıyor. Etkileşim robotu programlayan programcının belirlediği durum makinesine göre tamamlanıyor. Robotta kullanılan durum makinesine eklenen bu kafa takip durumu sayesinde robot Şekil 4.5'te bulunan durum makinesine göre daha başarılı bir İRE gerçekleştirdiği tespit edilmiştir. Bu durum makinesinde robot karşısındaki insanı kafasıyla takip eder. Robot kafa takibi yapılmayan durum makinesine göre daha fazla insana odaklanmaktadır. Robotun yüzünün sağında ve solunda bulunan iki adet mikrofon sayesinde karşısındaki insanın sesini algılamaktadır. Kafa takip durumunun

bulunduğu durum makinesinde mikrofonlar sürekli karşısındaki insanın yüzüne baktığı için sesi en doğru şekilde algılamaktadır. Bu doğru algılama ses işleme kalitesini ve devamında başarılı etkileşim yüzdesini arttırmaktadır. Robot bunu kafa takip sistemi ile yüzünü her zaman insana karşı doğru açıda tutarak başarmaktadır.

Şekil 4.23'te belirtilen durum makinesine göre robot ilk durumda karşısında insan olup olmadığına bakarak insan kontrolü yapmaktadır. Eğer robotun karşısında insan yoksa robot hareket ederek insan arayışını karşısında insan bulana kadar sürdürüyor. Bu durum makinesinde robot insanı karşısında bulduğu zaman kafasıyla karşısındaki insanın yüz hareketlerini takip etmeye başlayarak kafa takibini başlatıyor. Robot kafa takibi ile birlikte üzerinde bulunan ekranda karşısındaki insanın yüzünü gerçek zamanlı olarak yayınlamaya başlamaktadır. Robotun ekranından kendisini gören insan, kendi konumunu robotun onu en iyi göreceği şekilde ayarlamaktadır. Robot kafa takibini başlattıktan ve karşısındaki insanın görüntüsünü ekranda gösterdikten sonra karşısındaki insandan etkileşim bekliyor. Robot karşısındaki insanın etkileşimi başlatmaması halinde ise insana kendisini nasıl kullanacağını anlatarak etkileşimi başlatıyor. Robot ile insanın sağladığı bu etkileşim robotu programlayıcının belirlediği durum makinesine göre tamamlanıyor. Robotun durum makinesine eklenen bu durum sayesinde Şekil 4.14'te bulunan durum makinesine göre daha başarılı bir İRE gerçekleştirdiği tespit edilmiştir. Sağlanan bu başarının altında yatan sebep ise robotun karşısındaki insanın kendisini robotun ekranında gerçek zamanlı olarak görüyor olmasından kaynaklanmaktadır. İnsan robotun ekranında kendini gördüğü zaman psikolojik olarak yüzünü ekrandaki görüntüye göre yatayda ve dikeyde ortalamaktadır. İnsanın yüzünün ekranda küçük veya büyük görünmesine göre insan yaklaşım uzaklaşarak robot ile arasındaki uygun mesafeyi korumaktadır. Bu durum robotun kendisini insana göre ayarlamasına ek olarak insanında kendini robota göre ayarlamasına imkân vermektedir. Robotun yaptığı kafa takibi ve karşısındaki insanın yüzünü ekranına yansıtmasıyla robot ile insan arasında yataydaki ve dikeydeki açılar uygun değerlere ulaşmış olur. Robot ile insanın yüzleri arasındaki uzaklıkta en etkin seviyeye eş zamanlı olarak ulaşır. Bu durum makinesine eklenen insan yüzünün robotun ekranına yansıtılması robotun ses kaçırma oranlarını ciddi şekilde düşürmüştür. Bu yöntem sayesinde başarılı etkileşimin yüzdesini ise arttırmıştır. Aynı zamanda robotun kafası ile karşısındaki insanın yüzünün arasındaki en etkin uzaklığın sağlanması sayesinde robotun insan kaçırma olasılığında da ciddi düşüşler olmuştur. Bu sayede robot ile insan arasında ki başarılı etkileşim yüzdesi artmıştır.

**Çizelge 6.1.** Başarı yüzdeleri

	İnsan kaçırma (%)	Ses kaçırma (%)	Yanlış duruma dallanma (%)	Başarılı etkileşim (%)
İnsan kontrol	30	20	20	30
Kafa takip kontrol	10	10	20	60
Robotun gözünden kontrol	0	10	10	80

Yapılan çalışmada ARGUI üzerinden robota belirli konularda durum makineleri tasarlanarak robota yüklenmiştir. Robot kendisine yüklenen durum makineleri sayesinde karşısındaki insanın söylediği kelimelere karşı ne söylemesi gerektiğine karar verebilmektedir.

Tablo 6.1’de üç farklı durum makinesinin iki farklı deneyde beş tekrar ile elde edilen otuz deneyin toplam sonucu görünmektedir. Sonuçlarda yüzde olarak insan kaçırma, ses kaçırma, yanlış duruma dallanma ve başarılı etkileşim oranları paylaşılmıştır. Şekil 4.5’te verilen durum makinesinde sadece insan kontrolü yapılarak gerçekleştirilen etkileşimde başarı oranı %30’dur. Geriye kalan %70’in %30’u insan kaçırma, %20’si ses kaçırma, %20’si yanlış duruma dallanma olarak gerçekleşmiştir. Daha sonra Şekil 4.14’deki kafa takipli insan kontrolü kullanılarak hazırlanan durum makinesi ile robotun insanla daha başarılı etkileşime geçmesi hedeflenmiştir. Kafa takip kontrolü yapılan durum makinesinde Şekil 4.5’teki sonlu durum makinesine göre %30’luk bir başarı artışı sağlayarak başarı oranını %60’a çıkartmıştır. Geriye kalan %40’in %10’u insan kaçırma, %10’u ses kaçırma, %20’si yanlış duruma dallanma olarak gerçekleşmiştir. SDM’ne eklenen kafa takip özelliği sayesinde, robotun kafasını her zaman insana doğru bakacak şekilde konuma getirmesi ile insan kaçırma noktasında %20 iyileşme sağlanmış ve toplam başarıda %30 artmıştır. Son olarak Şekil 4.23’teki sonlu durum makinesinde robotun karşısındaki insan kendisine robotun gözünden gösterilirken kafa takipli insan kontrolü yapılmıştır. Bu makinede insanlar robotun ekranında robotun gözünden kendilerini gördüklerinden dolayı içgüdüsel olarak vücutlarını robota göre ayarladıkları gözlemlenmiştir. Bu durum oluşabilecek insan kaçırma hatasını ve ses kaçırma hatasını en aza indirerek başarılı etkileşim oranını Şekil 4.14’teki sonlu durum makinesine göre %20 arttırarak %80 seviyelerinde bir başarı elde

edilmesini sağlamıştır. Bu durum robotun canlılık özelliklerini artırdıkça ve robot üzerinde insana dair bilgiler buldukça İRE'deki başarının artacağı ortaya koymuştur.

İleride yapılacak çalışmalarda insanların yaş, cinsiyet ve duygu analizi yapılarak bu oranın daha da arttırılması hedeflenmektedir.



## KAYNAKLAR

- Addo, I. D., Ahamed, S. I. ve Chu, W. C., 2016, Towards Modeling Confidentiality in Persuasive Robot Dialogue, *International Conference on Smart Homes and Health Telematics*, 436-442.
- Adiwahono, A. H., Saputra, V. B., Ng, K. P., Gao, W., Ren, Q., Tan, B. H. ve Chang, T., 2017, Human tracking and following in dynamic environment for service robots, *TENCON 2017-2017 IEEE Region 10 Conference*, 3068-3073.
- Ajulo, M., 2010, Interactive text response for assistive robotics in the home, *Georgia Institute of Technology*.
- Akın, Ö., 2017, Hizla Artan Endüstriyel Robotların Üretim Süreçlerinde Yarattığı Değişimler Ve Türkiye İşgücü Piyasasında Yaratacağı Olası Etkilerin Değerlendirilmesi, *İş ve Hayat*, 3 (6), 42-71.
- Akinrobotics, 2019, Mini Ada, <https://www.akinrobotics.com/tr/akinsoft-mini-insansi-robot-mini-ada.php>:
- Asimov, I., 1942, Runaround, *Astounding Science Fiction*, 29 (1), 94-103.
- Bellarbi, A., Kahlouche, S., Achour, N. ve Ouadah, N., 2016, A social planning and navigation for tour-guide robot in human environment, *2016 8th International Conference on Modelling, Identification and Control (ICMIC)*, 622-627.
- Bellotto, N. ve Hu, H., 2008, Multisensor-based human detection and tracking for mobile service robots, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics)*, 39 (1), 167-181.
- Chen, Y.-L. ve Lin, F., 2000, Modeling of discrete event systems using finite state machines with parameters, *Proceedings of the 2000. IEEE International Conference on Control Applications. Conference Proceedings (Cat. No. 00CH37162)*, 941-946.
- Chiang, S.-Y., Jiang, Y.-Q., Yang, H.-T., Wang, C.-C. ve Lee, Y.-C., 2017, The design of intelligent interactive service robot, *2017 International Conference on Advanced Robotics and Intelligent Systems (ARIS)*, 100-103.
- Demirci, K., 2011, Fonem Teorisinin Önemi Hakkında, *Electronic Turkish Studies*, 6 (2).
- Ghandour, M., Liu, H., Stoll, N. ve Thurow, K., 2016, Interactive collision avoidance system for indoor mobile robots based on human-robot interaction, *2016 9th International Conference on Human System Interactions (HSI)*, 209-215.
- Heckmann, M., 2014, Steps towards more natural human-machine interaction via audio-visual word prominence detection, *International Workshop on Multimodal Analyses Enabling Artificial Agents in Human-Machine Interaction*, 15-24.
- Jiang, S.-Y., Lin, C.-Y., Huang, K.-T. ve Song, K.-T., 2017, Shared control design of a walking-assistant robot, *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, 25 (6), 2143-2150.
- Juang, B.-H. ve Rabiner, L. R., 2005, Automatic speech recognition—a brief history of the technology development, *Georgia Institute of Technology. Atlanta Rutgers University and the University of California. Santa Barbara*, 1, 67.
- Justo, R., Saz, O., Miguel, A., Torres, M. I. ve Lleida, E., 2013, Improving language models in speech-based human-machine interaction, *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 10 (2), 87.
- Kim, K., Lee, C., Jung, S. ve Lee, G. G., 2008, A frame-based probabilistic framework for spoken dialog management using dialog examples, *Proceedings of the 9th SIGdial Workshop on Discourse and Dialogue*, 120-127.

- Lee, C., Cha, Y.-S. ve Kuc, T.-Y., 2008, Implementation of dialogue system for intelligent service robots, *2008 International Conference on Control, Automation and Systems*, 2038-2042.
- Liu, S., Zheng, L., Wang, S., Li, R. ve Zhao, Y., 2016, Cognitive abilities of indoor cleaning robots, *2016 12th World Congress on Intelligent Control and Automation (WCICA)*, 1508-1513.
- Lokesh, S., Kanisha, B., Nalini, S., Devi, M. R. ve Kumar, R., 2018, Speech to speech interaction system using Multimedia Tools and Partially Observable Markov Decision Process for visually impaired students, *Multimedia Tools and Applications*, 1-20.
- Luo, R. C. ve Chen, O., 2012, Wireless and pyroelectric sensory fusion system for indoor human/robot localization and monitoring, *IEEE/ASME Transactions on mechatronics*, 18 (3), 845-853.
- Ma, Y., Xiao, D., Li, R., Hang, R., Zhao, S., Zhao, J. ve Zhang, Y., 2015, Android-based intelligent mobile robot for indoor healthcare, *2015 17th International Conference on E-health Networking, Application & Services (HealthCom)*, 472-474.
- Mallios, S. ve Bourbakis, N., 2016, A survey on human machine dialogue systems, *2016 7th International Conference on Information, Intelligence, Systems & Applications (IISA)*, 1-7.
- Mallios, S., 2018, Virtual Doctor: An Intelligent Human-Computer Dialogue System for Quick Response to People in Need.
- Muda, L., Begam, M. ve Elamvazuthi, I., 2010, Voice recognition algorithms using mel frequency cepstral coefficient (MFCC) and dynamic time warping (DTW) techniques, *arXiv preprint arXiv:1003.4083*.
- Ren, F., Wang, Y. ve Quan, C., 2015, TFSM-based dialogue management model framework for affective dialogue systems, *IEEE Transactions on Electrical and Electronic Engineering*, 10 (4), 404-410.
- Robotis, 2019, Dynamixel, <http://www.robotis.us/dynamixel-pro/?sort=pricedesc>:
- Schrempf, O. C., Hanebeck, U. D., Schmid, A. J. ve Worn, H., 2005, A novel approach to proactive human-robot cooperation, *ROMAN 2005. IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication, 2005.*, 555-560.
- Shen, B. ve Inkpen, D., 2016, Speech Intent Recognition for Robots, *2016 Third International Conference on Mathematics and Computers in Sciences and in Industry (MCSI)*, 185-190.
- Softbank, 2019, Pepper, <https://www.softbankrobotics.com/emea/en/pepper>:
- Stiefelhagen, R., Fugen, C., Gieselmann, R., Holzapfel, H., Nickel, K. ve Waibel, A., 2004, Natural human-robot interaction using speech, head pose and gestures, *2004 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)(IEEE Cat. No. 04CH37566)*, 2422-2427.
- Sun, Y., Sun, L. ve Liu, J., 2016, Real-time and fast RGB-D based people detection and tracking for service robots, *2016 12th World Congress on Intelligent Control and Automation (WCICA)*, 1514-1519.
- Tang, B., Jiang, C., He, H. ve Guo, Y., 2016, Human mobility modeling for robot-assisted evacuation in complex indoor environments, *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, 46 (5), 694-707.
- Topp, E. A. ve Christensen, H. I., 2010, Detecting region transitions for human-augmented mapping, *IEEE Transactions on Robotics*, 26 (4), 715-720.
- Wang, G.-Y., Zhang, Y.-M., Sun, M.-L., Wang, X. ve Zhang, Y., 2016, Speech signal feature parameters extraction algorithm based on PCNN for isolated word

- recognition, *2016 International Conference on Audio, Language and Image Processing (ICALIP)*, 679-682.
- Wu, X., Zheng, F. ve Xu, M., 2001, Topic forest: A plan-based dialog management structure, *2001 IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing. Proceedings (Cat. No. 01CH37221)*, 617-620.
- Yalçın, N., 2008, Konuşma Tanıma Teorisi ve Teknikleri, *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 16 (1), 249-266.



## İLGİLİ MAKAMA

Süleyman Demir'in " İç ortamlarda insan robot etkileşimi " isimli tez çalışmasında ve bu tez çalışmasına paralel yapılan bilimsel yayınlarda, şirketimiz tarafından üretilen robotların ve bu robotlardan alınan verilerin akademik amaçlı kullanımında bir sakınca bulunmamaktadır.

Gereğini saygılarımla arz ederim. 10.01.2019

Adres

**AKIN** AKIN YAZILIM BİLGİSAYAR  
**ROBOTICS** İTHALAT İHRACAT LTD. ŞTİ.  
AKINROBOTICS İNSANSI ROBOT FABRİKASI ŞİBESİ  
Başak Mahallesi Konya Ereğli Caddesi No: 116  
Tel: +90 332 334 02 22 Karatay/KONYA/TÜRKİYE  
Meram V.D. 027 004 5360 Mersis: 0027004536000030

Dr. Özgür Akın  
AKINROBOTICS YÖNETİMİ





## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : Süleyman DEMİR  
**Uyruğu** : T.C.  
**Doğum Yeri ve Tarihi** : AKSARAY-06.06.1990  
**Telefon** : 0541 373 77 24  
**Faks** :  
**E-mail** : suleymandemir.eee@gmail.com

### EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: İnönü Lisesi, Altındağ, ANKARA	2007
Üniversite	: Gaziantep Üniversitesi, Şehitkâmil/Gaziantep	2013

### İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2014	ASKOM	ŞEF
2015	AKINSOFT	Üretim Koordinatörü

### UZMANLIK ALANI

Robotik sistemler, BLDC, Gömülü yazılımlar, Elektronik sistemler, Güç devreleri

### YABANCI DİLLER

İngilizce

### YAYINLAR

Süleyman DEMİR, Akif DURDU Engineering Faculty Department of Electrical and Electronics Engineering Konya Technical University, Konya, Turkey “*Human Robot Interaction in Indoor*” Volume 9 Issue No. 6 ISSN 2321 3361 © 2019 IJESC