

BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ

ENKAZ ÇEVRESİNDE KAZAZEDE ARAYAN ÇOKLU ROBOT
SİSTEMİ

DERYA ÖZER
EBRU DOĞANAY
FEYZULLAH ATASOY
MUHAMMED ŞERİF KAPLAN

LİSANS BİTİRME TEZİ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ

BOLU, 2021

DANIřMAN ONAY

Bu tez alışması Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Mühendislik Fakóltesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü Bitirme Projesi I-II dersleri kapsamında hazırlanmıştır. Lisans Bitirme Tezi olarak uygun bulunmuştur.

Tez Danışmanı:
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Dinçer ERBAş

Tarih:
İmza:

ENKAZ ÇEVRESİNDE KAZAZEDE ARAYAN ÇOKLU ROBOT SİSTEMİ

DERYA ÖZER

EBRU DOĞANAY

FEYZULLAH ATASOY

MUHAMMED ŞERİF KAPLAN

Anahtar Kelimeler: Çoklu Robot Sistemi, Otonom Robot, Enkaz Alanında Kazazede Arama, Haritalandırma ve Robotlar Arası Haberleşme

Özet: Bu tez çalışmasında daha hızlı bir şekilde kazazede aramak için ve arama-kurtarma ekibinin güvenliği açısından çoklu robotlar kullanılmıştır. Yapılan ilk çalışmalarda engellerin bulunmadığı doğrusal bir alan üzerinde robotun bir nesne bulması hedeflenmiştir. Devam eden çalışmalarda ise daha fazla sayıda robot kullanılarak üzerinde engeller bulunan daha gerçekçi bir simülasyon alan içerisinde arama davranışı gerçekleştirilmiş ve arama sırasında her bir robotun yaptığı arama ile ilgili harita bilgisini hafızasında tutması ve gerektiğinde bu bilgiyi diğer robotlarla paylaşması sağlanmıştır. Yapılan simülasyon deneylerinde çoklu robotların haberleşerek işbirlikli bir arama senaryosunda çoklu robot başarımlarına olan etkisi ölçülmeye çalışılmıştır. Yapılan çalışmada Webots simülatörü ve Python programlama dili kullanılarak yazılmıştır.

Abstract: In this thesis, robots were used to search for victims more quickly and for the safety of the search and rescue team. Multiple robots were used in the search for casualties. In the first studies, it was aimed for the robot to find an object on a linear area without obstacles. In the ongoing studies, the search behavior was carried out in a more realistic simulation area with obstacles on it by using more robots, and during the search, it was ensured that each robot keeps the map information about the search in its memory and shares this information with other robots when necessary. In the simulation experiments, it was tried to measure the effect of multi-robots on the performance of multi-robots in a cooperative search scenario by communicating. The study was written using the Webots simulator and the Python programming language.

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Günümüzde deprem, patlama, çökme vb. durumlarının sonucunda mal ve can kaybına kesin bir çözüm bulunamaması insanlığın en büyük sorunlarından biri olduğu düşünülmektedir. Depreme dayanıklı evlerin maliyet olarak yüksek olması, kaliteli mazlemekten kaçınma, insan canının değerinin düşünülmemesi vb. durumlar her geçen gün sorunu daha da artırmaktadır.

Enkazda kazazede aramanın oldukça zor ve zahmetli olduğunu, bu yolda çalışmaya başlayınca daha rahat anlıyorsunuz. Özellikle robotların arama stratejileri, haberleşmesi, robot tasarımı, kapalı alanlarda konum belirleme, robotların uygun simülasyon ortamında denenmesi parametleri oldukça önemlidir . Tasarım yaparken bunların hepsini birden düşünmek zorundasınız. Bu yüzden kazazede arama yapan robot yapmak oldukça zor bir iştir. Türkiye’de kazazede arama üzerine çalışmalar diğer konulara göre oldukça az sayıdadır. Bu yüzden yapılan bu çalışmanın ileride bu tür çalışma yapacak olanlara yardımcı olacağı kanaatindeyiz.

Bu çalışma sırasında, bilgi ve birikimleri ile bizi yönlendiren ve çalışmanın bu aşamaya gelmesinde katkısı olan hocamız Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Dinçer Erbaş’a çok teşekkür ederiz.

Bizi bu zamanlara getiren, her zaman ve her koşulda bizi destekleyen, sevgilerini bize hissettiren ailelerimize çok teşekkür ediyoruz.

İÇİNDEKİLER

| | |
|--|------|
| ÖZET | ii |
| ABSTRACT | iii |
| ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR | iv |
| İÇİNDEKİLER | vi |
| SİMGELER DİZİNİ ve KISALTMALAR | xv |
| ŞEKİLLER LİSTESİ | xvii |
| TABLolar DİZİNİ | xx |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 1.1. Literatür Taraması | 1 |
| 1.1.1. Arama Kurtarma Çalışmalarında Çoklu Robotların Kullanılması | 1 |
| 1.1.2. Robotlar Arası Haberleşme | 2 |
| 1.1.3. Alan Tarama Stratejileri ve Haritalandırma | 2 |
| 1.1.4. Arama Stratejileri | 3 |
| 2. TEZ UYGULAMASI | 6 |
| 2.1. Robot | 6 |
| 2.2. Haberleşme | 7 |
| 2.4. Haritalandırma | 7 |
| 2.4. Algoritma | 8 |
| 2.5. Çevre Simülasyonu | 9 |
| 3. TEST SONUÇLARI | 11 |
| 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER | 11 |
| KAYNAKLAR | 17 |
| ÖZGEÇMİŞ | 19 |

SİMGELER VE KISALTMALAR

| | |
|-----|---|
| BFS | : Breadth First Search ---Genişlik Öncelikli Arama |
| PDM | : Planlama ve Davranış Modülü |
| GPS | : Global Positioning System---Küresel Konumlama Sistemi |
| RF | : Radio Frequency ---Radyo Frekans |

ŞEKİLLER DİZİNİ

| | |
|--|----|
| Şekil 1.1.1.a: Beyrut Liman Patlaması..... | 1 |
| Şekil 1.1.1.b: Deprem Sonrası Enkaz | 1 |
| Şekil 1.1.1.c: İzmir Depremi | 2 |
| Şekil 1.1.4.a: Bireysel Arama Stratejisinin Akış Çizelgesi..... | 4 |
| Şekil 1.1.4.b: Bireysel Arama Stratejisi Kullanılarak Alınan Sonuçlar | 4 |
| Şekil 1.1.4.c: İşbirlikli Arama Stratejisinin Akış Çizelgesi | 5 |
| Şekil 1.1.4.d: İşbirlikli Arama Stratejisi Kullanılarak Alınan Sonuçlar | 5 |
| Şekil 2.1.a: Robot Üzerindeki Mesafe Sensörleri | 7 |
| Şekil 2.1.b: Çoklu Robotlar..... | 7 |
| Şekil 2.3.a: 8x8'lik Karaelerden Oluşan 5x5'lik Alan | 8 |
| Şekil 2.3.b: Görev Sonrası Harita | 9 |
| Şekil 2.5.a: Katlı Çevre Modeli | 11 |
| Şekil 2.5.b: Çevre Modeli | 12 |
| Şekil 2.5.c: Webots Objeleri İle Oluşturulan Çevre Modeli | 12 |
| Şekil 2.5.d: Webots Objeleri İle Oluşturulan Çevre Modelinin Yakın Görseli | 13 |

TABLÖLAR DİZİNİ

| | |
|---|---|
| Tablo 3.a: Ev Test01 | 1 |
| Tablo 3.b: Ev Test02 | 1 |
| Tablo 3.c: Ev Test03 | 2 |
| Tablo 3.d: Sanayi Test01 | 4 |
| Tablo 3.e: Sanayi Test02..... | 4 |
| Tablo 3.f: Ev Test01 Kazazede Tespit Süresi | 4 |
| Tablo 3.g:Ev Test02 Kazazede Tespit Süresi | 4 |
| Tablo 3.i: Ev Test03 Kazazede Tespit Süresi | 4 |
| Tablo 3.h: Sanayi Test01 Kazazede Tespit Süresi | 4 |
| Tablo 3.j: Sanayi Test02 Kazazede Tespit Süresi | 4 |

1. GİRİŞ

1.1. Literatür Taraması

Teknoloji gün geçtikçe ilerlemekte ve değişmektedir. İnsanlığa son derece faydasının olduğu bilinen robot sektörü kazazede arama kurtarma yönünde de faaliyet vermektedir. Robot sektöründe birçok çeşit robot ve bu robotların belli fonksiyonları vardır. Örneğin arama robotlarının önlerine çıkabilecek engellerden kaçma, hedefe en kısa sürede varma, alan tarama gibi fonksiyonları vardır. İncelenen çalışmalarda uygun verilerin olmaması, şu anda test aşamasında olmaları sebebiyle tam bir sonuç karşılaştırılması yapılamamıştır.

1.1.1. Arama Kurtarma Çalışmalarında Çoklu Robotların Kullanılması

Dünya genelinde patlama (Şekil 1.1.1a) , deprem (Şekil 1.1.1b), çökme vb. durumlarla sık sık karşılaşmaktadır. Bu durumlar sonucunda pek çok can kaybı yaşanmaktadır. Ülkemizde de bilindiği üzere en son uğradığımız İzmir depreminde (Şekil 1.1.c) birçok can kaybı yaşandı. Bazı durumlar doğal afet sebebiyle bazı durumlar ise insandan kaynaklı olabilmektedir. Bunlara örnek olarak binalarda kalitesiz malzeme kullanımı, yanlış yerlere yerleşim kurulması, volkanik etkiler, nükleer testler sonucunda yıkıntı oluşmaktadır.

Yıkıntı bölgelerinin can kaybının engellenmesi veya en aza indirilmesi için zaman kavramı çok önemlidir. Her bir saniyenin önem arzettiği bir zamanda ne kadar erken kazazedeye erişilebilirse o kadar iyi sonuçlar alınabilir.



Şekil 1.1.1 a) Beyrut Liman Patlaması



Şekil 1.1.1 b) Deprem Sonrası Enkaz



Şekil 1.1.1 c) İzmir Depremi

Robotlar erişilmesi zor olan ve insan hayatı için tehlikeli olabilecek bu ve benzeri şartlar altında çalışabilme becerilerine sahip olması ve küçük, dar alanlarda çalışabilmeleri insana olan bazı üstünlükleri arasında gösterilebilir. Bu sebeplerle robotlar günümüzde tercih ediliyor ve gelecekte de arama kurtarma çalışmalarında büyük rol oynayacaktır.

1.1.2. Robotlar Arası Haberleşme

Robotlar bilgi alış-verişi yapmak için haberleşirler. Alan tarama, haritalandırma robotlar arası haberleşme yapılarak daha kısa sürede gerçekleşir. Örneğin bir alanın tarama bilgisi diğer robotlara iletilir ve diğer robotlar taranmış bölgelere uğramadan taranmayan bölgelere gider. Çoklu robotların tekli robotlara göre avantajı ise bir robotun görevini yerine getirememesi (hasar alması) durumunda diğer robotların görevlerine devam edebilmeleri sağlanır ve bu şekilde görev tamamlanabilir.

Robotların birbirleriyle haberleşmesi hedefe en kısa zamanda ulaşabilmeyi, önemli bilgi paylaşımını, tek bir robotun üstesinden gelemeyeceği bir durumu çözmesini vb. durumları kapsar. Haberleşirken iletişim mesafesinden çıkılmaması önemlidir aksi takdirde iletişim gerçekleşmez ve asıl olaydan kopulur.

1.1.3. Alan Tarama Stratejileri ve Haritalandırma

Askeri ve sivil amaçlı olarak mayın tarama, arama kurtarma gibi durumlarda kayıpları en aza indirecek şekilde insan ve makine iletişimini kullanarak ortam koşullarının durumlarına göre akıllı bir stratejinin gerçekleştirmek amacıyla alan tarama yapılır.

Aramaya yönelik olarak tarama işlemi için kullanılacak robotlarda çalışacak PDM en kısa sürede hedefe ulaşması ve hedefe ulaşmak için uygun bir tarama yöntemi uygulaması gerekmektedir. Tarama yaparken bir diğer amaç ise engellerden kaçınma, tehlikeli durumlarda daha büyük tehlikeye sebep olmama, ara durumu sırasında

gereksiz tekrarlardan kaçınma ve aranan hedefe doğru devam etme olarak söylenebilir. Arama ortamında insanlar, diğer robotlar, dinamik veya statik nesneler olabilir. Ortam haritası her zaman önceden bilinenemez. Eğer ön bilgi varsa robotlar tarafından kullanılır. Bu bilgi yoksa daha etkin bir çalışma yapılması gerekmektedir.

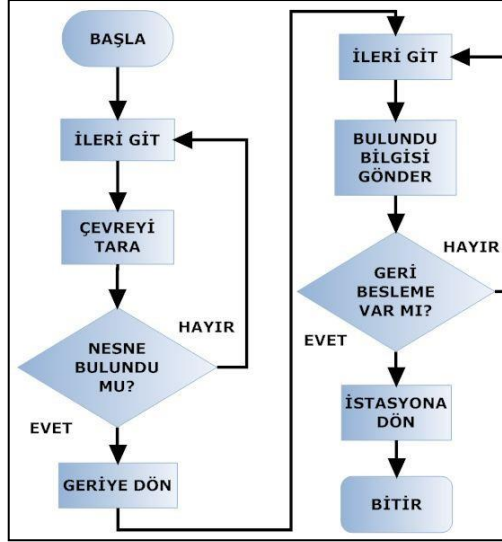
Robotun hedef bulma stratejisinde hedefin belirlendiği noktaya en kısa sürede ulaşma amacı vardır. Hedefe doğru en kısa yolun belirlenmesi durumunda hedef yolu üzerindeki engeller göz önüne alınır. Bilinmeyen engellerden sakınma sağlanır. Bu engeller daha sonra kayıt edilerek bilinen engeller olarak tutulur.

1.1.4. Arama Stratejileri

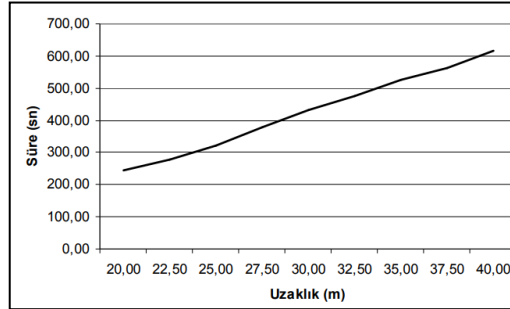
Arama stratejilerinde bir nesnenin aranması ve bulunması durumunda bulunduğu zaman diğer robotlara ve arama ortamı dışında bulunan yetkililere haber vermesi amaçlanmaktadır. Aranan nesne arama ortamında birtakım felaketlere maruz kalmış veya kurtarılmayı bekleyen bir canlı olabilir ve bulunduğu konum bilinmemektedir.

Çeşitli arama stratejileri mevcuttur. Bireysel arama stratejisi, robotlar arası işbirlikli arama stratejisi, sarmal arama stratejisi ve ratsgele arama stratejisi vb. stratejiler örnek verilmektedir.

Bireysel arama stratejisinde (Şekil 1.1.4.a) her bir robot diğer robotlardan bağımsız bir şekilde arama işlemini gerçekleştirir. Herhangi bir robot aranan nesneyi bulduğunda istasyona geri dönerek yetkililere bilgi verir arama biter. Arama yaparken başlıca 2 durum gerçekleşir. İlk durumda ileri hareket etme, ikinci durumda ise üstünde bulunan kamera sayesinde kendi çevresinde dönerek ortam tarama gerçekleştirmesi şeklinde gerçekleşir ve aranan nesne bulunana kadar devam eder. Şekil. 1.1.4. b’de bireysel arama stratejisi kullanılarak alınan deneysel sonuçları gösterilmiştir.

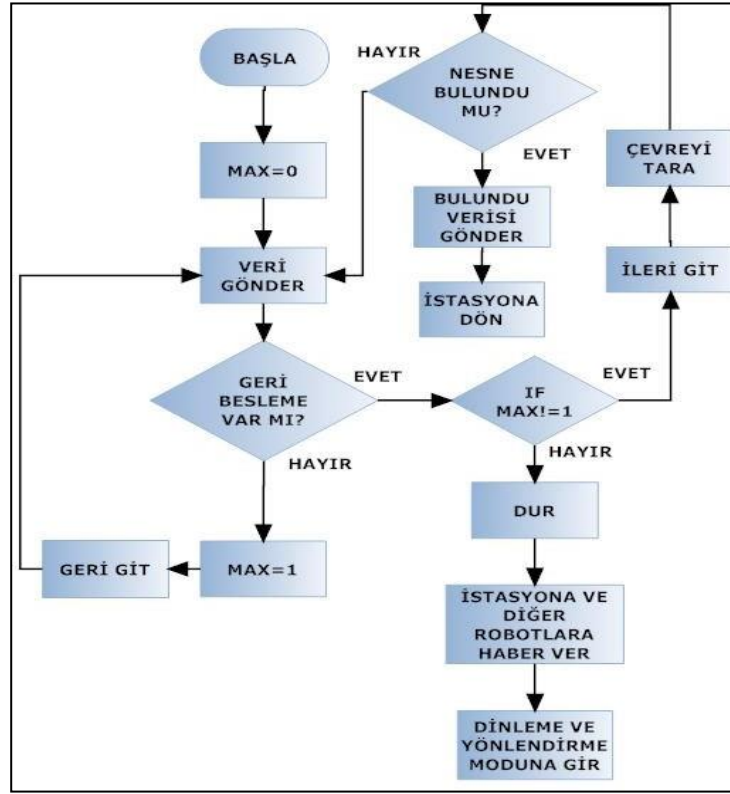


Şekil 1.1.4. a) Bireysel Arama Stratejisinin Akış Çizelgesi

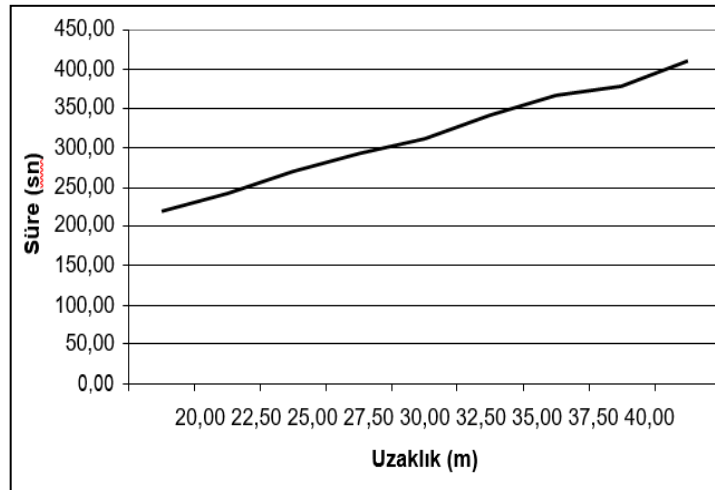


Şekil 1.1.4. b) Bireysel Arama Stratejisi Kullanılarak Alınan Sonuçlar

İşbirlikli arama stratejileri yetkililer ve robotlar arasında sürekli bir haberleşme ağı nın mevcut olduğu bir arama stratejisidir. Bu iletişim ağı sayesinde bireysel arama stratejisinde olduğu gibi aranan nesne bulunduğunda istasyona geri dönme durumu yoktur. Belirli aralıklarla yetkililere bilgi gönderilme durumu mevcuttur. Aranan nesne bulunduğunda robotlar birbirleriyle bilgi paylaşımı yapar ve bulundu bilgisi yetkililere gider. Eğer iletişim ağında kopma durumu olursa robot aramaya arama durumuna ara verir ve mümkün oldukça istastona yakın durur. Bağlantı tekrar sağlandığında robotun o an bulunduğu konum maximum iletişim mesafesi olarak kabul edilir. Şekil 1.1.4. c' de işbirlikli arama stratejisinin akış çizelgesi ve şekil 1.1.4 d'de işbirlikli arama stratejisi kullanılarak alınan sonuçlar verilmiştir.



Şekil 1.1.4. c) İşbirlikli Arama Stratejisi Akış Çizelgesi



Şekil 1.1.4. d) İşbirlikli Arama Stratejisi Kullanılarak Alınan Sonuçlar

2. TEZ UYGULAMASI

Afetler tüm insan yaşamını etkileyen can ve mal kaybına sebep olan teknolojik, insan ve doğal kaynaklı olaylardır. Günümüzde birçok insanın yaralanmasına, can kaybına veya mal kaybına sebep olabilmektedir. Bu tür olaylar sonrası meydana gelen çökmelerin enkazında canlılar mahsur kalabilmektedir.

Afetin ilk 24 saati çok önemlidir çünkü mahsur kalanların canlı çıkma ihtimali daha yüksektir. İlk 24 saat sonrası kazazedelerin canlı bulunabilme ihtimal %50 azalmaktadır. Oluşan enkaz ortamları insanlar için çok tehlikeli olup insan erişiminin oldukça güç olduğu yerlerdir. Afet durumları için yetişmiş personel ve görevlinin sayısının az olması makine ve robotlara ihtiyaç duyulmasına sebep olmuştur.

Enkaz bölgeleri için temel 2 konu vardır:

- Kazazede yer tespiti,
- Kazazedeyi kurtarma planı.

Bu tez uygulaması enkaz alanlarında arama kurtarma faaliyetlerinde, kazazedelere ulaşma konusunda yaşanan zorlukların aşılması konusunda yapılan çalışmadır.

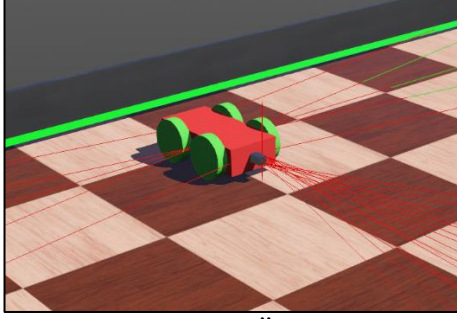
2.1. Robot

Robotlar tasarlanırken ihtiyaç duyulan işlevsellik için çeşitli sensör ve cihazlar kullanılmıştır. Kapalı alanda gps vb. teknolojilerin kullanılamamasından dolayı bütün sistem robotların adımları üzerine inşa edildi.

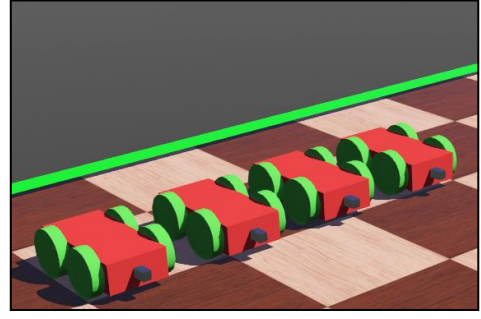
Alıcı-Verici: Robotlar arasında tek yönlü bir iletişimi simüle etmek için, bir robotun bir verici, diğer robotun bir alıcısı olması gerekir. Robotlar arasında çift yönlü iletişimi simüle etmek için, her bir robotta hem alıcı hem de verici olması gerekir. Alıcı-verici seri, radyo, kızılötesi dalgalarını kullanmaktadır. Robotların birbirlerine harita bilgilerinin gönderebilmesi de alıcı-verici ile sağlanmıştır.

Mesafe Sensörleri: Herhangi bir fiziksel temas olmadan yakındaki nesnelerin varlığını algılayabilme özelliğine sahip sensörlerdir. Bu çalışmada robotların duvarları, engelleri vb. yapıları algılayıp çarpmamayı, çukurlara düşmemeyi sağlamak için kullanıldı. Ayrıca robotların motorlarına takılan mesafe sensörleri aracılığı ile robotların tekerlerinin dönme sayıları üzerinden ne kadar mesafe katettikleri hesaplatıldı.

Pusula: Pusula, başlıca olarak ulaşımda ve arazi incelemesinde kullanılan, dünya üzerinde yön tespit etmeye yarayan cihazdır. Bu çalışmada robotların yönlerini bulmaları için kullanıldı.



Şekil 2.1. a) Robot Üzerindeki Mesafe Sensörleri



Şekil 2.1. b) Çoklu Robotlar

2.2. Haberleşme

Robotlar haritanın güncel durumunu, verici üzerinden birbirlerine gönderir. Aynı zamanda kendi konumlarını ve hedef olarak belirledikleri konumları paylaşarak olası çarpışma durumlarından kaçınmaktadır. Robotlar alan değiştirirken birbirlerinden onay bekleyerek bir sonraki alana geçerler.

Gönderilecek mesajlar haritadaki keşfedilmiş noktaların bilgilerini bir paket haline getirir. Öncelikle gönderilecek paketin boyutunun bilgisi iletilir ardından oluşturulan paket gönderilir. Benzer şekilde her robot öncelikle diğer robotlardan gelecek paket büyüklüğü mesajını bekler. Daha sonrasında gelen harita bilgilerini içeren paketi alır ve daha önce edindiği paket büyüklüğü bilgisini kullanarak harita bilgilerine erişir. Buna uygun olarak kendi haritasını günceller.

2.3. Haritalandırma

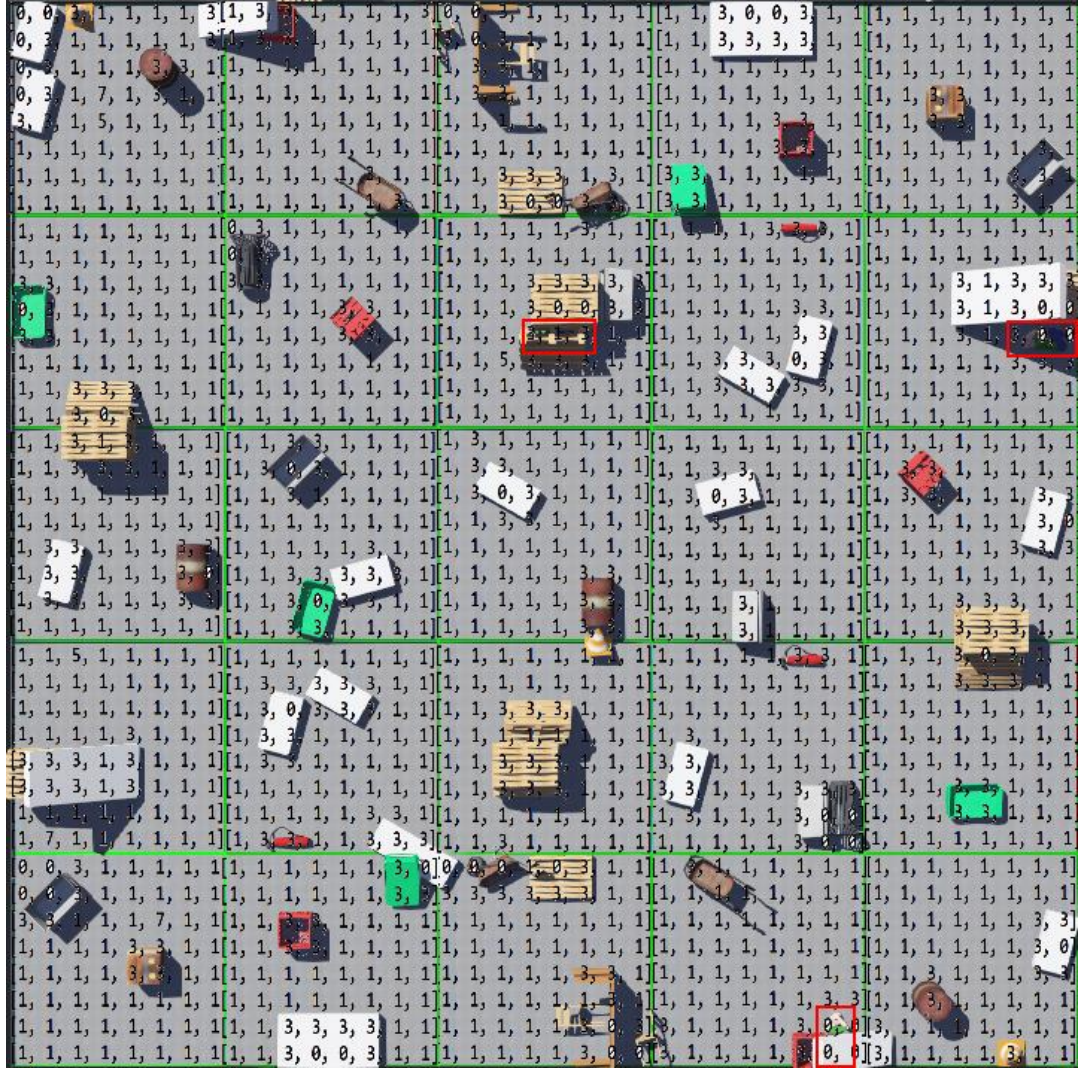
Robotların konum algılarının sağlanması, keşfedecekleri alanlardaki tüm noktaların gezilebilmesi, tespit edeceği engellerin konumlarını hafızalarında tutabilmesi için haritalandırma yapıldı.

Harita, robotların her bir adımını temsil eden 8x8'lik kare alanlardan oluşan, 5x5'lik bir alan(Şekil 2.3.a) olarak oluşturuldu. Alanın gerçek boyutu her bir 8x8'lik kare alanlar için 4 m² ' dir. Yani tüm alan 400 m² ' dir.

Oluşturulan 8x8 'lik alanda keşfedilmeyen kısımlar 0, keşfedilen kısımlar 1, engeller 3 olarak nitelendirildi.(Şekil 2.3.b)



Şekil 2.3. a) 8x8'lik Karelerden Oluşan 5x5'lik Alan



Şekil 2.3. b) Görev Sonrası Harita

2 boyutlu liste halinde tutulan haritaların birleşimi Şekil 2.3.b' de gösterilmiştir. Harita üzerinde kırmızı ile işaretlenmiş kısımlar kazazedeleri temsil etmektedir.

2.4. Algoritma

Robotların kontrolleri için sağlanan algoritma aşağıdaki gibi sırasıyla işlenmektedir:

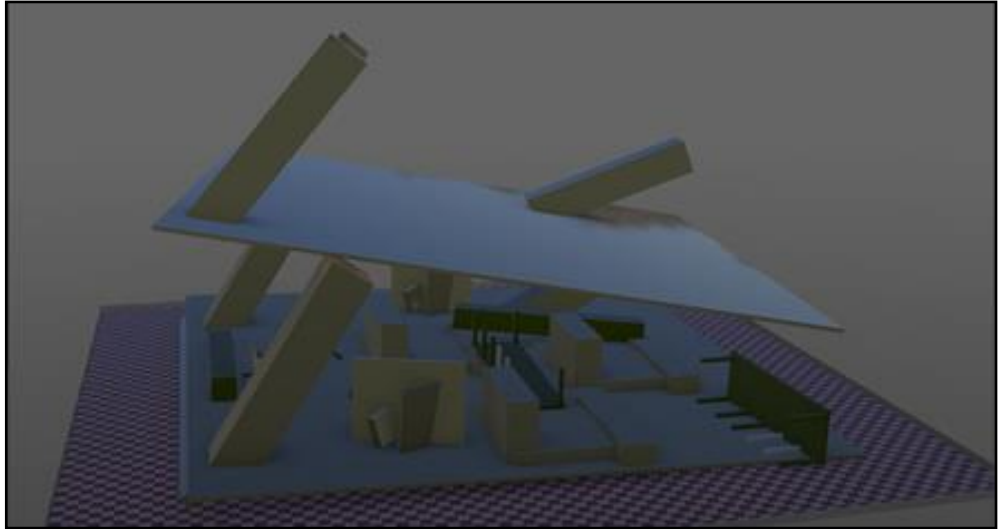
1. Robot sağ, sol ve ön bölgelerinde engel olup olmadığını kontrol eder.
2. Robot kendisine en yakın keşfedilmemiş alanı hedef olarak belirleyip bu hedef alana ilerler(Hedef alan öncelikle robotun ön, daha sonra sağ ve sol bölgeleri temel alınarak belirlenir.).
3. Eğer etrafında gidebileceği keşfedilmemiş bir alan yoksa BFS kullanarak yine kendisine en yakın gidilebilir olan keşfedilmemiş alana ilerler.
4. Robot belirlediği hedefi diğer robotlara göndererek bu hedef için onay ister. Tüm robotlardan onay gelirse ilgili hareket algoritması çalıştırılır.
5. Eğer en az bir robottan onay gelmezse bir süre bekler ve bu süre içerisinde belli zaman aralıklarla tekrar onay ister.
6. Eğer zaman aşımı olursa 2. adıma geri dönlür.
7. Robot hedeflediği konuma varınca hafızasındaki haritayı günceller ve diğer robotlara haritasındaki keşfedilmiş ve engel bulunan alanları bildirir.
8. Isı sensörünün etkin mesafesinde kazazede olup olmadığını kontrol eder ve eğer varsa konumunu kaydeder.
9. Keşfedilmemiş alan kalmayana kadar ilk 8 adım tekrarlanır.
10. Gidilebilecek keşfedilmemiş alan kalmadığında, diğer robotların da aramayı tamamlamasını bekler.
11. Bütün robotlar aramayı tamaladığında aynı anda keşfedilecek bir sonraki bölgeyi hedef olarak belirler.
12. Seçilen hedef bölgenin yönüne göre daha önceden kaydedilmiş engel konum listesi haritaya uygun yerinden eklenerek 3. adım tekrar işletilir.

2.5. Çevre Simülasyonu

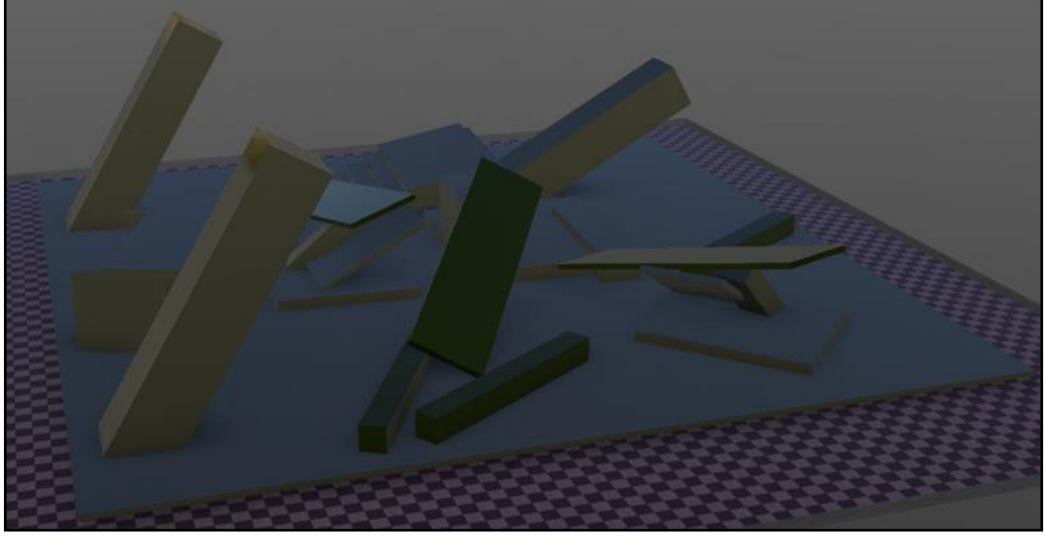
Tez çalışması Webots simülatöründe uygulanmıştır. Çevreyi oluştururken enkaz görseli ele alınarak yıkıntı, dağınıklık durumunun oluşması hedeflendi. Projeyi test etmek için farklı çevre modelleri tasarlandı. Tasarlanan ilk çevre modellerinde daha tek düz parçalardan nesneler elde edildi.

Aşağıda da görülen kod parçasında iç içe oluşturulan iki solid ile şekillerin konumu, yönü, rengi, ağırlığı belirlenmiştir.

```
"Solid { translation 0 -8.04 0 rotation 0.4 -0.2 0.8 1.8 scale 0.5 0.5 0.5 children  
[Solid{ translation 0 0.5 0 rotation 0 1 0 0 scale 1 1 1 children[ DEF t1 Shape{  
appearance PBRAppearance {baseColor 0.3 0.4 0 } geometry Box{size 2 2 0.1 } }]  
boundingObject USE t1 physics Physics {mass 0.3} } ] physics Physics{mass 0.3} }"
```

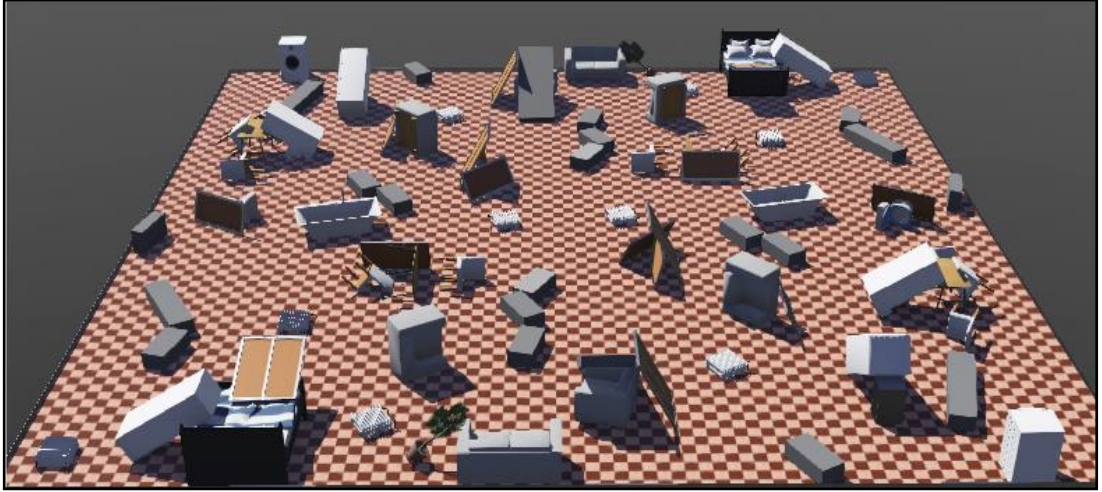


Şekil 2.5. a) Katlı Çevre Modeli

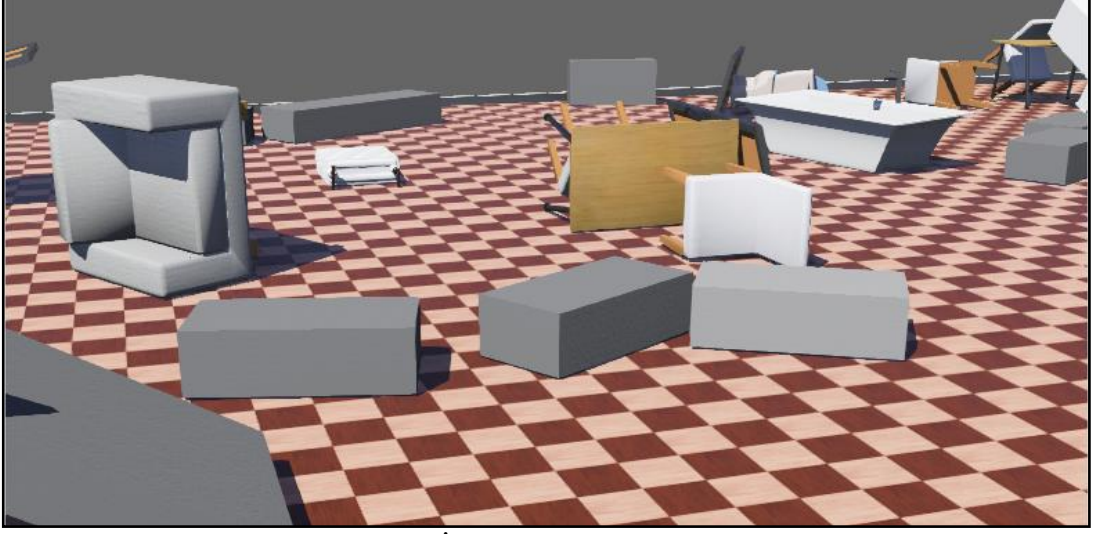


Şekil 2.5. b) Çevre Modeli

Bir diğer tasarlana çevre modelinde ise Webots simülatörünün içinde bulunan hazır nesneler kullanılmıştır. Karışıklık durumu elde edebilmek için nesnelerin yönleri ve konumları üzerinde çalışılmıştır.



Şekil 2.5. c) Webots Objeleri İle Oluşturulan Çevre Modeli



Şekil 2.5. d) Webots Objeleri İle Oluşturulan Çevre Modelinin Yakın Görşeli

3. TEST SONUÇLARI

Testler sonucunda aşağıda görülen sonuçlar elde edilmiştir. Bu deney düzeneğinin lisans ve lisansüstü programlardaki öğrencilerin çoklu robot uygulamalarında çok faydalı olacağına inanıyoruz.

| Harita | Ev Test 01 | | | |
|----------------------------|------------|---------|---------|---------|
| Robot | Robot 4 | Robot 5 | Robot 6 | Robot 7 |
| 1.Alan | 144,83 | 168,58 | 191,49 | 185,66 |
| 2.Alan | 90,69 | 116,48 | 93,95 | 125,25 |
| 3.Alan | 76,86 | 100,03 | 93,95 | 198,91 |
| 4.Alan | 116,35 | 105,66 | 107,65 | 141,70 |
| 5.Alan | 135,17 | 179,39 | 169,54 | 140,80 |
| 6.Alan | 179,90 | 146,62 | 170,56 | 227,01 |
| 7.Alan | 126,27 | 129,02 | 107,78 | 114,69 |
| 8.Alan | 75,20 | 181,44 | 140,61 | 147,14 |
| 9.Alan | 164,16 | 148,10 | 261,76 | 122,50 |
| 10.Alan | 92,16 | 106,69 | 139,65 | 137,47 |
| 11.Alan | 166,72 | 187,14 | 205,31 | 149,12 |
| 12.Alan | 224,64 | 94,91 | 184,45 | 134,46 |
| 13.Alan | 135,55 | 85,76 | 112,90 | 190,98 |
| 14.Alan | 83,90 | 138,82 | 156,42 | 121,22 |
| 15.Alan | 114,11 | 118,08 | 100,48 | 138,88 |
| 16.Alan | 90,50 | 133,76 | 110,91 | 70,02 |
| 17.Alan | 116,22 | 106,50 | 145,60 | 127,30 |
| 18.Alan | 145,28 | 134,59 | 183,68 | 92,74 |
| 19.Alan | 76,80 | 98,50 | 97,66 | 157,06 |
| 20.Alan | 58,56 | 125,18 | 137,66 | 77,38 |
| 21.Alan | 147,65 | 146,18 | 217,98 | 130,30 |
| 22.Alan | 110,98 | 170,75 | 29,18 | 88,32 |
| 23.Alan | 169,60 | 50,94 | 91,39 | 111,81 |
| 24.Alan | 88,51 | 103,62 | 92,10 | 137,54 |
| 25.Alan | 97,34 | 79,49 | 117,57 | 122,18 |
| Ortalama Alan Keşif Süresi | 121,12 | 126,25 | 138,41 | 135,62 |
| Toplam Süre | 4895,42 | 4895,42 | 4895,42 | 4895,36 |

Tablo 3 a) Ev Test 01

| Harita | Ev Test 02 | | | |
|----------------------------|------------|---------|---------|------------|
| Robot | Robot 4 | Robot 5 | Robot 6 | Robot 7 |
| 1.Alan | 170,30 | 206,78 | 215,17 | 212,61 |
| 2.Alan | 85,18 | 183,42 | 119,74 | 106,30 |
| 3.Alan | 124,93 | 146,43 | 101,38 | 172,48 |
| 4.Alan | 125,18 | 122,75 | 160,77 | 106,37 |
| 5.Alan | 110,98 | 156,74 | 184,19 | 78,02 |
| 6.Alan | 0,06 | 110,53 | 201,41 | 115,14 |
| 7.Alan | 113,66 | 93,25 | 116,93 | 96,06 |
| 8.Alan | 105,98 | 117,12 | 123,65 | 121,28 |
| 9.Alan | 208,58 | 132,61 | 157,44 | 165,06 |
| 10.Alan | 103,81 | 89,15 | 90,18 | 33,92 |
| 11.Alan | 139,46 | 165,12 | 148,16 | 169,66 |
| 12.Alan | 198,08 | 151,36 | 75,07 | 184,19 |
| 13.Alan | 121,22 | 70,59 | 256,64 | 200,58 |
| 14.Alan | 123,52 | 123,52 | 145,22 | 145,73 |
| 15.Alan | 130,43 | 173,06 | 117,31 | 106,24 |
| 16.Alan | 88,19 | 130,82 | 101,76 | 117,57 |
| 17.Alan | 135,23 | 90,56 | 163,52 | 61,57 |
| 18.Alan | 122,18 | 172,22 | 214,40 | 121,60 |
| 19.Alan | 97,86 | 129,66 | 77,50 | 104,51 |
| 20.Alan | 122,24 | 99,20 | 112,06 | 131,39 |
| 21.Alan | 176,45 | 104,96 | 119,10 | 181,38 |
| 22.Alan | 88,38 | 124,80 | 103,49 | 164,74 |
| 23.Alan | 104,00 | 125,38 | 95,62 | 130,69 |
| 24.Alan | 135,49 | 135,81 | 130,05 | 140,67 |
| 25.Alan | 143,81 | 66,11 | 80,13 | 88,26 |
| Ortalama Alan Keşif Süresi | 123,01 | 128,88 | 136,44 | 130,24 |
| Toplam Süre | 5014,08 | 5014,14 | 5014,14 | 5014144,00 |

Tablo 3.b) Ev Test 02

| Harita | Ev Test 03 | | | |
|----------------------------|------------|---------|---------|---------|
| Robot | Robot 4 | Robot 5 | Robot 6 | Robot 7 |
| 1.Alan | 131,78 | 129,09 | 125,95 | 91,07 |
| 2.Alan | 110,02 | 64,32 | 87,23 | 63,94 |
| 3.Alan | 127,36 | 98,18 | 146,05 | 93,89 |
| 4.Alan | 107,26 | 119,74 | 105,86 | 113,66 |
| 5.Alan | 140,29 | 137,98 | 126,85 | 123,26 |
| 6.Alan | 72,32 | 124,80 | 113,92 | 93,25 |
| 7.Alan | 50,05 | 90,11 | 53,18 | 112,77 |
| 8.Alan | 132,74 | 114,88 | 164,67 | 194,05 |
| 9.Alan | 106,05 | 151,81 | 26,37 | 122,62 |
| 10.Alan | 227,33 | 72,32 | 138,37 | 147,26 |
| 11.Alan | 118,53 | 161,79 | 106,24 | 136,32 |
| 12.Alan | 209,60 | 181,06 | 198,78 | 58,11 |
| 13.Alan | 114,24 | 95,17 | 102,66 | 116,42 |
| 14.Alan | 128,83 | 90,11 | 123,01 | 129,60 |
| 15.Alan | 77,44 | 152,45 | 160,00 | 99,84 |
| 16.Alan | 52,80 | 170,94 | 119,36 | 104,38 |
| 17.Alan | 107,97 | 128,06 | 118,85 | 150,78 |
| 18.Alan | 168,51 | 140,16 | 131,20 | 191,87 |
| 19.Alan | 147,97 | 99,33 | 132,16 | 222,98 |
| 20.Alan | 157,76 | 107,33 | 108,99 | 117,06 |
| 21.Alan | 152,64 | 103,81 | 99,07 | 151,04 |
| 22.Alan | 116,86 | 117,95 | 111,30 | 81,54 |
| 23.Alan | 160,90 | 132,67 | 72,32 | 115,52 |
| 24.Alan | 110,14 | 106,18 | 194,56 | 162,05 |
| 25.Alan | 189,12 | 65,86 | 126,14 | 147,39 |
| Ortalama Alan Keşif Süresi | 128,74 | 118,24 | 119,72 | 125,63 |
| Toplam Süre | 4747,65 | 4747,71 | 4747,71 | 4747,71 |

Tablo 3.c Ev Test03

| Harita | Sanayi Test 01 | | | |
|----------------------------|----------------|---------|---------|---------|
| Robot | Robot 4 | Robot 5 | Robot 6 | Robot 7 |
| 1.Alan | 95,10 | 110,27 | 136,19 | 88,06 |
| 2.Alan | 41,09 | 99,78 | 124,99 | 80,77 |
| 3.Alan | 171,97 | 58,94 | 122,30 | 72,06 |
| 4.Alan | 171,01 | 72,90 | 176,83 | 157,76 |
| 5.Alan | 208,38 | 125,57 | 99,97 | 122,82 |
| 6.Alan | 53,18 | 80,70 | 98,75 | 152,70 |
| 7.Alan | 121,28 | 88,38 | 101,18 | 111,04 |
| 8.Alan | 101,57 | 148,86 | 96,13 | 125,06 |
| 9.Alan | 133,18 | 302,34 | 224,32 | 236,29 |
| 10.Alan | 114,82 | 79,87 | 74,88 | 66,62 |
| 11.Alan | 144,51 | 157,76 | 188,54 | 203,58 |
| 12.Alan | 179,52 | 25,79 | 206,27 | 165,95 |
| 13.Alan | 138,37 | 103,23 | 221,89 | 201,60 |
| 14.Alan | 212,03 | 152,13 | 109,70 | 127,23 |
| 15.Alan | 91,14 | 97,79 | 75,52 | 46,85 |
| 16.Alan | 123,46 | 119,74 | 144,06 | 124,29 |
| 17.Alan | 103,10 | 128,77 | 124,93 | 118,98 |
| 18.Alan | 153,22 | 178,56 | 79,23 | 126,98 |
| 19.Alan | 108,80 | 118,66 | 155,84 | 116,86 |
| 20.Alan | 133,44 | 115,97 | 132,74 | 119,10 |
| 21.Alan | 157,76 | 191,04 | 97,28 | 138,05 |
| 22.Alan | 156,74 | 103,87 | 82,43 | 134,08 |
| 23.Alan | 141,44 | 109,82 | 127,36 | 116,54 |
| 24.Alan | 101,31 | 116,29 | 89,73 | 108,29 |
| 25.Alan | 147,71 | 83,07 | 118,98 | 152,06 |
| Ortalama Alan Keşif Süresi | 132,17 | 118,80 | 128,40 | 128,55 |
| Toplam Süre | 4805,63 | 4805,63 | 4805,63 | 4805,57 |

Tablo 3. d) Sanayi Test 01

| Harita | Sanayi Test 02 | | | |
|----------------------------|----------------|---------|---------|---------|
| Robot | Robot 4 | Robot 5 | Robot 6 | Robot 7 |
| 1.Alan | 150,40 | 148,61 | 133,50 | 111,87 |
| 2.Alan | 145,73 | 144,77 | 143,42 | 91,78 |
| 3.Alan | 151,68 | 146,43 | 146,75 | 53,57 |
| 4.Alan | 142,66 | 115,33 | 76,48 | 154,43 |
| 5.Alan | 111,94 | 156,74 | 109,25 | 104,13 |
| 6.Alan | 113,92 | 149,82 | 145,34 | 126,72 |
| 7.Alan | 106,11 | 164,80 | 188,35 | 122,37 |
| 8.Alan | 105,15 | 101,82 | 93,18 | 125,06 |
| 9.Alan | 196,48 | 96,58 | 90,05 | 127,10 |
| 10.Alan | 98,62 | 98,30 | 151,17 | 140,10 |
| 11.Alan | 191,94 | 235,71 | 142,78 | 115,90 |
| 12.Alan | 55,87 | 93,38 | 108,42 | 98,75 |
| 13.Alan | 136,51 | 129,98 | 138,43 | 190,59 |
| 14.Alan | 148,03 | 134,72 | 93,89 | 131,84 |
| 15.Alan | 89,86 | 93,95 | 111,87 | 87,68 |
| 16.Alan | 95,74 | 201,09 | 99,71 | 133,50 |
| 17.Alan | 99,01 | 73,98 | 71,17 | 126,98 |
| 18.Alan | 82,43 | 126,98 | 140,54 | 100,93 |
| 19.Alan | 116,16 | 98,94 | 111,55 | 71,23 |
| 20.Alan | 158,08 | 124,93 | 116,86 | 126,46 |
| 21.Alan | 194,24 | 131,01 | 163,20 | 112,77 |
| 22.Alan | 118,53 | 118,53 | 114,82 | 121,15 |
| 23.Alan | 103,23 | 40,32 | 123,65 | 150,21 |
| 24.Alan | 220,35 | 95,74 | 188,99 | 198,34 |
| 25.Alan | 101,76 | 116,03 | 110,66 | 102,21 |
| Ortalama Alan Keşif Süresi | 129,38 | 125,54 | 124,56 | 121,03 |
| Toplam Süre | 4765,63 | 4765,63 | 4765,57 | 4765,63 |

Tablo 3. e) Sanayi Test 02

| | Ev Test 01 | | | |
|------------|------------|---------|---------|---------|
| Robot | Robot4 | Robot 5 | Robot 6 | Robot 7 |
| Kazazede 1 | 616,70 | 411,33 | 591,94 | 485,82 |
| Kazazede 2 | X | X | 2280,70 | X |
| Kazazede 3 | X | 1103,23 | X | 1155,78 |

Tablo 3. f) Ev Test01 Kazazede Tespit Süresi

| | Ev Test 02 | | | |
|------------|------------|---------|---------|---------|
| Robot | Robot4 | Robot 5 | Robot 6 | Robot 7 |
| Kazazede 1 | 312,38 | X | X | 3268,22 |
| Kazazede 2 | 144,83 | 2922,18 | 191,49 | 2930,56 |
| Kazazede 3 | X | 2605,25 | 1979,58 | 2015,68 |

Tablo 3. g) Ev Test02 Kazazede Tespit Süresi

| | Ev Test 03 | | | |
|------------|------------|---------|---------|---------|
| Robot | Robot4 | Robot 5 | Robot 6 | Robot 7 |
| Kazazede 1 | 2427,07 | 2664,90 | 2882,50 | 2550,27 |
| Kazazede 2 | 2795,90 | X | 2692,93 | 3027,07 |
| Kazazede 3 | 1044,86 | 2263,81 | 2315,01 | 2131,20 |

Tablo 3. h) Ev Test03 Kazazede Tespit Süresi

| | Sanayi Test 01 | | | |
|------------|----------------|---------|---------|---------|
| Robot | Robot4 | Robot 5 | Robot 6 | Robot 7 |
| Kazazede 1 | 862,02 | X | 860,22 | X |
| Kazazede 2 | X | 1167,62 | 1255,55 | X |
| Kazazede 3 | X | 1454,40 | X | 2564,61 |

Tablo 3. i) Sanayi Test01 Kazazede Tespit Süresi

| | Sanayi Test 02 | | | |
|------------|----------------|---------|---------|---------|
| Robot | Robot4 | Robot 5 | Robot 6 | Robot 7 |
| Kazazede 1 | 2139,65 | 2286,02 | X | 2042,37 |
| Kazazede 2 | 1707,01 | 1782,27 | 1667,14 | X |
| Kazazede 3 | X | X | X | X |

Tablo 3. j) Sanayi Test02 Kazazede Tespit Süresi

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu bölümde çoklu robot uygulamaları için geliştirilen bir deneysel çalışma yapılmıştır. Tasarlana robotlar Webots simülatöründe Python kodlarıyla yazılmıştır. Isı sensörüyle kazazedeler tespit edilebiliyor. Webots programlarında karmaşık çevre ve robot tasarlamak için daha güçlü bilgisayarlar gerekmektedir. Enkaz çevrelerinde GPS kullanılamamasının sonucu olarak robotların konumlarının, hareket algoritmalarının ve haritalandırmasının çabuk bir şekilde bozulmaları ortaya çıkmıştır. Bu sorunun çözümü olarak radyo frekanslarıyla (RF) konumlama sistemi önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1]. ÇAYIRPUNAR, Ö., "ÇOKLU ROBOT SİSTEMLERİNDE ROBOTLAR ARASI HABERLEŞME VE İŞBİRLİĞİ KULLANILARAK ARAMA VERİMLİLİĞİNİN ARTIRILMASI", 2009
- [2]. Camcı, M., Sariel-Talay, S., "ORTAM TARAMA İÇİN ROBOTLARLA DUYARGA AĞI KONUMLANDIRMA", *Sensor Network Deployment With Robots For Terrain Coverage*, 2009
- [3]. Staranowicz, A., Mariottini, G. L., " A Survey and Comparison of Commercial and Open-Source Robotic Simulator Software ", *Proceedings of the 4th International Conference on PErvasive Technologies Related to Assistive Environments*, 2011
- [4]. TORUN, Y.,ERGÜL, Z., AKSÖZ A., "Aiming of Optimum Energy Efficiency with Rapidly-Exploring Random Tree and Artificial Bee Colony Path Planning Algorithm for Autonomous Robots", *Fen Bilimleri Dergisi*, 2019
- [5]. Cardona, G. A.,Calderon, J. M, "Robot Swarm Navigation and Victim Detection Using Rendezvous Consensus in Search and Rescue Operations", 2019
- [6.] YILDIZ, E., " ENGELLİ BİR ALAN İÇİNDE OTOMATİK OLARAK HEDEFİNİ BULABİLEN BİR MOBİL ROBOTUN TASARIMI, İMALATI VE HAREKET ALGORİTMALARININ GELİŞTİRİLMESİ ",2009
- [7]. Pitonakova, L., Giuliani, M., Pipe, A., Winfield, "AFeature Performance Comparison of the V-REP, Gazebo and ARGoS Robot Simulators", *Lecture Notes in Computer Science*,2018
- [8]. Queralta, j. P., Taipalmaa, J, Pullinen, B.C., Sarker V.K., Gia, T.N., TENHUNEN, H., GABBOUJ, M., RAITOHARJU,J., WESTERLUND,T. "Collaborative Multi-Robot Search and Rescue: Planning, Coordination, Perception, and Active Vision",2020
- [9]. ÇAKMAK, F., USLU E. , AMASYALI M. F. , YAVUZ S., "Thermal based exploration for search and rescue robots," *2017 IEEE International Conference on INnovations in Intelligent SysTems and Applications*, 2017
- [10]. Konyo, M., Ambe, Y., Nagano, H.,Yamauchi,Y.,Tadokoro, S.,Bando, Y.,Itoyama, K.,Okuno,H.G.,Okatani, T.,Shimizu, K.,Ito,E., " ImPACT-TRC Thin

Serpentine Robot Platform for Urban Search and Rescue ", *Part of the Springer Tracts in Advanced Robotics book series*, 2019

[11]. Yılmaz, G., Demiröz-Yıldırım, S., "Afetlerde Kentsel Arama ve Kurtarmada Kullanılan Yöntemler ve Güncel Yaklaşımların Değerlendirilmesi" , *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 2020

[12]. Sarıel, S., Akın, H. L., "Ozerk Robotlar için Bir Genis Alan Taraması Planlama Yöntemi", *Havacılıkta İleri Teknolojiler ve Uygulamaları Sempozyumu*, 2004

[13]. Gürgüzel, G., Türkoğlu, İ., "Kullanım Alanlarına Göre Robot Sistemlerinin Sınıflandırılması" , *Fırat Üniversitesi Müh. Bil. Dergisi*, 2019

[14]. Yaşar, E., "Sürü Robotların Hareket Planlamada Kullanılması", *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (20), 24-29, 2020

ÖZGEÇMİŞ

Derya ÖZER 1997 yılında Erzurum’da doğdu. İlk, orta öğrenimini Bursa’da tamamladı. 2012 yılında Bursa’da Bursa Anadolu Kız Lisesi’nde başladığı lise öğrenimini 2016 yılında bitirdi. 2017 yılında BOLU Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü’ne girdi. Bilgisayar Mühendisliği Bölümü’nde son sınıf öğrencisi olarak mezun olma aşamasındadır.

İletişim Adresi:

e-posta : derya.ozer1997@hotmail.com

Ebru DOĞANAY 1995 yılında İstanbul’da doğdu. İlk, orta öğrenimini İstanbul’da tamamladı. 2009 yılında İstanbul’da Ümraniye Kız Meslek Lisesi’nde başladığı lise öğrenimini 2010 yılında Ümraniye Ticaret Meslek Lisesi’nde devam ederek 2013 yılında bitirdi. 2013 yılında Balıkesir Üniversitesi, Bilgisayar Programcılığı Bölümü’ne girdi. Bilgisayar Programcılığı Bölümü’nü 2015 yılında mezun oldu. 2017 yılında DGS ile BOLU Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü’ne girdi. Bilgisayar Mühendisliği Bölümü’nde son sınıf öğrencisi olarak mezun olma aşamasındadır.

İletişim Adresi:

e-posta : ebrudognayy@gmail.com

Feyzullah ATASOY 1997 yılında Ankara’da doğdu. İlk, orta öğrenimini Ankara’da tamamladı. 2011 yılında Ankara’da Eryaman Lisesi’nde başladığı lise öğrenimini 2015 yılında bitirdi. 2016 yılında BOLU Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü’ne girdi. Bilgisayar Mühendisliği Bölümü’nde son sınıf öğrencisi olarak mezun olma aşamasındadır.

İletişim Adresi:

e-posta: feyzullahatasoy06@gmail.com

Muhammed Şerif KAPLAN 1996 yılında İstanbul’da doğdu. İlk, orta öğrenimini İstanbul’da tamamladı. 2010 yılında İstanbul’da Mecidiyeköy Anadolu Lisesi’nde başladığı lise öğrenimini 2014 yılında bitirdi. 2016 yılında BOLU Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü’ne girdi. Bilgisayar Mühendisliği Bölümü’nde son sınıf öğrencisi olarak mezun olma aşamasındadır.

İletişim Adresi:

e-posta: muhammedserifkaplan@gmail.com