

Proje Ana Alanı : Teknolojik Tasarım
Proje Tematik Alanı : Robotik ve Kodlama
Proje Adı (Başlığı) : Kapasitesi ve Kabiliyeti Genişletilebilir Dört Ayaklı Modüler Robotik Araç (Robot Köpek) Tasarımı

Özet

Bu proje kapsamında, dört ayaklı modüler robotik bir yer aracı (robot köpek) geliştirilmiş, özelleşmiş uzmanlık uygulamaları ile farklı alanlardaki ihtiyaçlara yönelik kabiliyetler kazandırılması hedeflenmiştir. Tekerlekli modellere göre, engebeli arazi koşullarında hareket kabiliyeti açısından daha avantajlı olan dört ayaklı bir modelin tasarımı tercih edilmiştir. Robot köpeğin modüler yapısının yanı sıra, şase ve mekanik tasarımı, hareket, yürüme ve otonom davranış yazılımları da bu projenin özgün yönlerindedir. Proje dâhilinde, Gözcü uygulaması ve Madenci uygulaması olmak üzere, iki uzmanlık alanına yönelik modüller geliştirilmiştir.

Gözcü uygulamasının modülü olan Dron (İHA) istasyonu ile, ilk defa insansız dört ayaklı bir yer aracına insansız hava aracı desteği planlanmıştır. Robot üzerine iniş yapan dronlar için onlara kenetlenerek modül içine çeken ve güvenli bir şekilde muhafaza eden dron istasyonu, tasarıma farklı ve yeni bir yaklaşım getirmiştir. Ayrıca GPS birimi, robotun üzerinde standart takılı olup coğrafi pozisyonu kontrol kumandasından erişilebilmektedir. Gözcü uygulamasının, sınır güvenliği, tesis/arazi çevre koruması alanlarında faydalı olacağı değerlendirilmektedir.

Madenci uygulamasının temel modülü, patlayıcı (Metan) ve zehirli (Karbonmonoksit) gazların havadaki değerlerini kontrol eden Tehlikeli Gaz Tespit modülüdür. Modüle özel hazırlanmış yazılım, maden galerilerinde, hava kalitesini kontrol edip verileri kontrol kumandasına iletmekte, oranların kritik seviyelere ulaşması durumunda alarm üretmektedir.

Her iki uygulama tarafından da kullanılmakta olan Lidar modülü, lazer darbeleri kullanan tarayıcısı ve özgün yazılımı sayesinde, engellerin uzaklığını ve konumlarını algılayıp robot köpeğin engellerden sakınabilmesini sağlamaktadır. Robotun üzerinde standart takılı olan Jiroskop ise eğimli arazilerde dengede kalabilmesini mümkün kılar. Kamera ekipmanı, ana gövde üzerine yapılandırılmıştır ve kullanıcı tarafından kontrol kumandasından izlenebilmektedir.

Anahtar kelimeler: robotik, dört ayaklı robot, robot köpek, madencilik, gözcü, modüler sistemler, otonom araç, dron istasyonu, zararlı gaz tespiti

1. Amaç

Projenin amacı, yapılan işlerde insanlarla birlikte onlara yardımcı olacak ya da insanların sağlık ve güvenlik nedeniyle bulunmasında sakınca olan yerlerde insanların yerini alacak, verilen görevleri yerine getirecek modüler dört ayaklı robotik bir aracın, bir robot köpeğin geliştirilmesidir.

Günümüzde yapılan benzer çalışmaların, birçok görevi yapmaya yönelik bir bütün olarak tasarlandığı, bu nedenle üzerinde kullanıcının belki de hiç ihtiyaç duymayacağı özellikler bulundururken esas odaklanılan alan için ise yetersiz kalabildiği görülmektedir. Bu durumun getirdiği ihtiyaca çözüm olarak farklı uzmanlık alanlarına yönelik uygulamaların modüler olarak tak-çalıştır mantığı ile eklenebildiği, farklı görevler için genişletilebilen bir robot köpek projesi üzerine çalışılmıştır. Projenin bileşenleri ve amaçları şunlardır:

Proje kapsamında Arduino dilinde özgün yazılımlar hazırlanmış ve modüler yapıya sahip robot köpeğin otonom davranışları, isteğe bağlı manuel komuta edilebilmesi, sensörlerden alınan verilerin işlenmesi bu yazılımlar ile gerçekleştirilmiştir.

Ana gövde, modülleri kontrol eden ve kontrol kumandası ile iletişim halinde olan bir mikro kontrolcü bilgisayar ünitesini ve veri ağını, batarya ünitelerini, elektrik düzenleme ve dağıtım sistemini, hareketi sağlayan servo motorlarını, GPS ve iletişim birimlerini, hareketi destekleyen basınç, eğim sensörlerini ve kamera ekipmanını taşır. Temel hareket mekanizmalarını ve refleksleri gerçekleştiren ana taşıyıcı şase olarak tasarlanmıştır, projenin temel bileşenidir.

Proje kapsamında, Gözcü uygulaması ve Madenci uygulaması olmak üzere iki uzmanlık alanı, modüllerin geliştirilmesi amacıyla seçilmiştir.

Gözcü uygulaması, yapılan işlerde insanlarla birlikte onlara yardımcı olmakta, duyu ve hareket kabiliyetleri ile iş kapasitesini ve verimliliği arttırmak suretiyle birinci temel amacı gerçekleştirmektedir. Ana gövde üzerindeki kamera ekipmanı, haricen takılabilir Lidar ve Dron istasyonu modülleri, bu uygulama ile kullanılmaktadır. Ayrıca GPS birimi ile robotun coğrafi pozisyonu kontrol kumandasından izlenebilmektedir. Proje kapsamında dron istasyonu tasarlanmış olup istasyona uyumlu dron şasesi de projeye dâhil edilmiştir. Uygulama ile hedeflenen işlevsel fayda, dört ayaklı bir robot köpek üzerinde bulunacak uçabilen bir aracın sağladığı avantajlara dikkat çekmektir. Robotun üzerinde bulunan dron istasyonu, dronlar için, uçuşun ardından robot köpeğin üzerine iniş yaparak kenetlenmesini, kolları katlanarak modül içine çekilmesini ve güvenli bir şekilde muhafaza edilmesini mümkün kılar. Gözcü uygulamasının ilk defa bir dron (İHA) istasyonu modülü barındırması, bu projenin benzer çalışmalardan farklı olduğu özelliklerinden biridir. Robot köpek gelecekte sınır, tesis, arazi güvenliği konularında, Gözcü uygulamasıyla birlikte çok etkili bir görev aracı olarak kullanılabilir.

Madenci uygulaması, ikinci temel amacı yerine getirmektedir ki bu, insanların sağlık ve güvenlik nedeniyle bulunmasının sakıncalı olduğu yerlerde insanların yerini alıp, verilen görevleri yapabilmelerini sağlamaktır. Madenci uygulaması ana gövde üzerindeki kamera ekipmanı ile, haricen takılabilir Lidar ve Tehlikeli Gaz Tespit modüllerini kullanılmaktadır. Bu uygulamanın amaçlanan işlevsel görevi, maden galerilerinde hava kalitesini kontrol edip patlayıcı (Metan) ve zehirli (Karbonmonoksit) gazların seviyelerini ölçmek, verileri kontrol kumandasına göndermek ve kritik eşikleri aştığı takdirde alarm üretmektir. Bunun yanı sıra önüne çıkan engelleri algılayabilmekte ve kontrol kumandasına anlık kamera görüntüleri yollayabilmektedir. Jiroskop ile yüzeyin eğimine göre gövdenin dengesini sağlayabilmektedir. Tehlikeli Gaz Tespit modülü, üzerine yerleştirilmiş özel ve hassas sensörleriyle, robot köpeğin göreve özel yetenekler kazandırılmasına güzel bir örnektir.

Kontrol kumandası, robot köpeğin manuel kontrol edilebilmesini mümkün kılar, ayrıca robot köpekten elde edilen gaz değerleri ölçümü ya da kamera görüntüleri gibi verilere kullanıcıların erişimini sağlamak amacıyla tasarlanmıştır. Robot ile üzerindeki Wi-Fi birimi aracılığıyla iletişim kurmaktadır.

2. Giriş

Karada, denizde ve havada farklı görevleri yürüten otonom insansız araçlar, geleceği şekillendirecek günümüzün popüler gelişen teknolojileridir.

Kara taşıtlarında, kolay yönetilebilirliği ve nispeten basit mekanik tasarım gereksinimleri nedeniyle geleneksel yaklaşımla çoğunlukla tekerlekli araçlar olsa da, çok ayaklı araçlar tekerlekli araçlarda karşı karşıya kalınan zorlukları kolaylıkla aştığı için, öncelikli araştırma projeleri arasına girmiştir. Çok ayaklı araçlar doğadan esinlenerek geliştirilmeye başlanmıştır ve geniş bir kullanım alanı sunmaktadır.

Tekerlekli otonom araçlar stabilize yollarda rahat kullanım imkanı sağlamakla birlikte, engebeli arazilerde etkinliği azalmaktadır. Bu sebeple her türlü arazi koşullarında iyi performans sağlayan çok bacaklı robotlar, birçok alanda çok daha verimli kullanımından dolayı tercih

edilecektir.

4 ayaklı robot tasarımında yurt dışından iki çalışma ve bir yerli çalışma öne çıkmaktadır. Bunlardan ilki olan ABD menşeli Boston Dynamics, geliştirdiği dört ayaklı robotu SPOT'u farklı sektörlere yönelik çözümler içeren ilk ticari ürün olarak, 74.500 USD fiyatı ile piyasaya sürmüştür (Ek 1) (Spot, 2020).

Bir diğeri, ABD'deki Massachusetts Institute of Technology (MIT) üniversitesi tarafından yürütülmekte olan CHEETAH projesi olup şimdiye kadar daha çok akademik bir çalışma olarak ele alınmaktadır (Ek 1) (Chu, 2019).

Yerli robotik 4 ayaklı araç tasarımlarında öne çıkan örnek, Akın Robotics'in ARAT robotudur, henüz sonuçlandırılmamıştır ve geliştirilmeye devam etmektedir (Ek 1) (ARAT-3.2,2020).

Bunun yanı sıra, internet üzerinden çalışmalarını sergileyen ve dört bacaklı robot tasarımı konusunda çalışmalarını belirli bir seviyeye getirmiş amatör geliştiriciler de mevcuttur. Bunlardan en popüler olanlarından biri, kendi adıyla bir youtube kanalı bulunan James Bruton ve geliştirdiği robot openDog V2 örnek olarak verilebilir (Ek 1) (Bruton,2020).

Bu projenin, özgün olan ve projeyi diğer çalışmalardan ayıran başlıca özellikleri, modüler bir yapıda olması ve tamamen özgün otonom refleks ve hareket yazılımlarıdır. Ayrıca bu projede, benzeri hiçbir çalışmada bulunmayan "Dron istasyonu modülü" ve "Tehlikeli Gaz Tespit modülü" gibi, tamamen yeni yaklaşımlar bulunmaktadır.

Günümüzde yapılan benzer çalışmaların "hepsi bir arada" yaklaşımıyla birçok görevi yapmaya yönelik tasarlanmış olduğu, ancak bu nedenle ortaya çıkan araçların üzerinde kullanıcının belki de hiç ihtiyaç duymayacağı dedektörler ve aparatlar bulunduran modeller olduğu gözlenmiştir. Cihazın ihtiyaç duyulmayan her özelliği, gereksiz ağırlık yükü, bataryadaki süreli enerjinin gereksiz sarfıyatı ve son kullanıcının ihtiyaç duymadığı özelliklerin maliyetini de ödemesi anlamına gelmektedir. Ayrıca "hepsi bir arada" yaklaşımı, aslında batarya ile çalışan küçük bir araçtan bahsedildiğinde, kaçınılmaz olarak "her şeyden biraz"a dönüşmektedir. Mevcut projelerin bu dezavantajları nedeniyle, uzmanlık alanlarına yönelik hassas sensörler ve kabiliyetler kazandırılmış modüler setlerin tasarlanması ve ana gövde üzerindeki yuvalara "tak çalıştır" özelliğinde monte edilebilmesi daha pratik, kullanışlı ve ekonomik olacaktır. Örneğin son kullanıcı, öncelikle standart robot köpek aracını temin edecek, daha sonra madenlerde kullanacaksa "Tehlikeli Gaz Tespit modülünü", Gözcü uygulamasını kullanacak ise "Dron istasyonu modülünü" beraberinde ana gövdeye ekleyecektir. Böylece amaca odaklanmış kendi uzman robot köpeğine daha ekonomik ve işlevsel olarak sahip olabilecektir.

Proje geliştirilirken özellikle bu durum göz önüne alınmıştır. Öncelikle standart temel niteliklere sahip bir robot köpek geliştirilmesi ve hangi yeni özellik eklenmek isteniyorsa, buna yönelik eklenti modülleriyle bambaşka roller ve görevler üstlenebilen uzmanlaşmış modeller haline getirilebilmesi hedeflenmiştir.

Proje kapsamında, robot köpeğin standart modelinin taşınması gereken özellikleri öncelikle belirlendi. Bu özellikler:

. Otonom davranışları gerçekleştiren, kontrol kumandası ile kumanda edilebilmeyi sağlayan, bütün birimlerin ve modüllerin kontrolünü ve koordinasyonunu sağlayan mikro kontrolcü Bilgisayar ünitesi ve veri iletim ağı.

- . Kontrol kumandası ile kurulan kablosuz iletişim için Wi-Fi İletişim birimi
- . Koordinatları kontrol kumandasına aktaran GPS birimi
- . Görüntüleri kontrol kumandasına aktaran kamera modülü
- . Bacaklardaki basınç sensörleri
- . Denge ve eğim algılaması için jiroskop

- . Enerjiyi temin eden Batarya ünitesi
- . Elektrik Regülatör ünitesi ve dağıtım şebekesi
- . Taşıyıcı, koruyucu iskelet; şase aksamı

Temel modelde, hemen hemen bütün uygulamaların ihtiyaç duyacağı bir modül olan Lidar modülü standart kullanılmaktadır. Lidar modülü, bir hedefe ilerlerken ya da sabit dururken engellerden sakınma refleksi gerçekleştirildiğinden robot köpeğin vaz geçilmez modüllerden biridir.

Robotlar bir dizi eylemi bağımsız olarak veya yarı otonom olarak gerçekleştirebilen programlanabilir makinelerdir. Otonom karar veremeyen aygıtlar robot olarak değerlendirilemez. Bu projede geliştirilen robot köpeğin, engellerden sakınma, basınç uygulandığında korunmak için gövde yüksekliğini ayarlama, eğimli yüzeylerde dengesini sağlayabilme kabiliyetleri robot olmanın gerektirdiği otonom davranışlara iyi birer örnektir.

Proje kapsamında, robotun eklenti modülleriyle farklı görevler üstlenerek uzmanlaşmış modeller haline getirilebildiğinin sergilenmesi amacıyla, iki farklı uygulama seçildi.

Bunlardan ilki Gözcü uygulamasıdır ve bu uygulama standart modeldeki Lidar modülünün yanı sıra Dron İstasyon modülünden oluşur. Gözcü uygulamasının görevi, belirli bir alanda dolaşarak gözcülük görevini gerçekleştirmek ve kontrol kumandasına kamera görüntüleri göndermektir.

İkincisi Madenci uygulamasıdır ve bu uygulama standart modeldeki Lidar modülü ile Tehlikeli Gaz Tespit modülünü kullanır. Maden galerilerinde kullanıcı kontrolünde ilerler ve gaz değerleri kritik eşikleri aştığı takdirde, kontrol kumandasına ikaz kodu göndererek alarm oluşturur.

Kontrol kumandası, kullanıcının robot köpek ile iletişimini sağladığı ünitedir. Kablosuz iletişim ile robot köpeği kontrol ettiği gibi, robot köpekten gelen kamera ve sensör verilerinin görüntülendiği birimdir.

Robot köpeğin geliştirilme sürecinde ele alınan konular şunlardır:

- a. Dört ayaklı robot şase tasarımı yapıldı.
- b. Hareket, yürüme, otonom davranış ve diğer yazılımlar Arduinio dilinde yapıldı.
- c. Kontrol kumandası tasarlandı ve robot köpek ile iletişimi sağlandı.
- d. Farklı amaçlarla kullanılabilmesini vurgulayan 2 örnek uygulama geliştirildi (Gözcü ve Madenci uygulamaları).
- e. Modüler yapısını vurgulayan modüller geliştirildi (mikro kontrolcü Bilgisayar ünitesi, Batarya ünitesi, Elektrik voltaj düzenleyici Regülatör ünitesi, Yedek Batarya ünitesi, Lidar modülü, Tehlikeli Gaz Tespit modülü ve Dron İstasyonu modülü).

3. Yöntem

3.1. Şase Tasarımı ve Baskısı

Dış aksam tasarımı öğrenci lisanslı Fusion 360 programı ile hazırlandı ve baskısı 3 boyutlu Anet A8 yazıcıdan alındı. Şaseden beklenen performans, üzerindeki yükü taşıyabilmesi ve maruz kalacağı darbeleri hasarsız karşılayabilmesidir (Şekil 1). Ayrıca robottan beklenen esnekliği ve dengeyi sağlayacak ergonomik bir yapıda olmasıdır (Ek 2). PLA filament ile 3 boyutlu baskısı alınmış olan şasenin yanı sıra, bacak hareketlerini sağlayan servo motorlar, elektrik dağıtım ağı, veri iletişim ağı, basınç sensörleri ve FPV kamera gövdenin temel bileşenleridir (Ek 3).

Şase, gövdede 5 ve bacakta 3 olmak üzere 8 farklı parçadan oluşmaktadır (Ek 4).

Gövde Parçaları

a. Taşıyıcı Orta Katman: Modül kasalarının, alt üst tablaların, elektrik veri dağıtım katmanının ve bacakların monte edildiği ana taşıyıcı katmandır. Üzerinde 4 adet Servo motor bulunur (Ek 5).

b. Alt Kafes Katmanı: Elektrik veri dağıtım katmanını ve modülleri koruyan taban katmandır. Taşıyıcı orta katmana monte edilmektedir (Ek 6).

c. Elektrik Veri Dağıtım Katmanı: Modüllerin, servo motorların ve batarya modülünün arasındaki elektrik dağıtım kabloları ile, sensörler, modüller ve Bilgisayar ünitesi arasındaki veri dağıtım kablolarını taşıyan, koruyan ve düzende tutan katmandır. Taşıyıcı orta katmana monte edilmektedir (Ek 6).

d. Üst Kafes Katmanı: Orta katmandaki ekipmanı ve modülleri koruyan üst katmandır. Kamerayı da bu katman taşır. Taşıyıcı orta katmana monte edilmektedir (Ek 7).

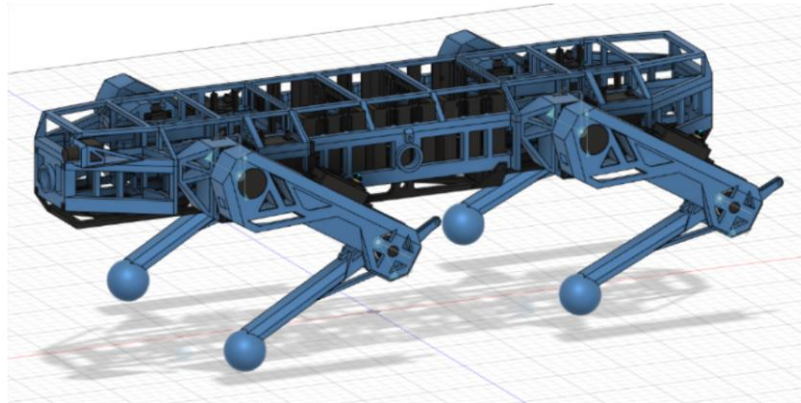
e. Modül Kasaları: Standart ölçülerde, taşıyıcı orta katman üzerindeki yuvalara yerleştirilebilir modül kasalarıdır (Ek 8). 48x48x48 mm ölçülerinde küpler temel alınarak modüler yapıyı gerçekleştirmek üzere tasarlanmıştır. Gövde üzerinde 12 adet 48x48x48 mm ya da 5 adet 102x48x48 mm ya da 4 adet 156x48x48 mm ölçülerinde modül kasalarının sığabileceği alan bulunur.

Bacak Parçaları (Ek 9)

f. Coxa (Omuz/Uyluk Eklemi, 4 Adet): Bacağın yanlara açma kapama hareketini ve ileri geri hareketini yapabilesini sağlayan omuz eklemidir. Üzerinde 1 adet servo motor bulunur.

g. Femur (Bacak Üst Çubuğu, 4 Adet): Bacak diz eklemine üst parçasıdır. Üzerinde bacağın aşağı yukarı hareketini sağlayan 1 adet servo motor bulunur.

h. Tibia (Bacak Alt Çubuğu, 4 Adet): Bacak diz eklemi alt parçasıdır. Diz eklemine bir adet rulman vardır. Üzerinde basınç sensörlerini bulundurur.



Şekil 1. Şase montajlı genel görünümü

Kamera ekipmanı, üst kafes katmanında kendisine özel tasarlanmış bir alanda yer alır. Bu sayede robotun en yüksek noktasından daha iyi bir görüntü açısının alınmasının yanı sıra gerektiğinde kameraya teknik müdahalenin kolayca yapılabilmesi sağlanmaktadır (Ek 10).

Omuz eklemine orta katman ile bağlantısının oynar olma özelliği, bacağın yanlara açma kapama hareketini gerçekleştirilebilmesini sağlar. Şasede verilen uygun eğimler ile içe 45° ve dışarı 70° açılarda hareket alanı arttırılmıştır (Ek 11).

Elektrik ve Veri Dağıtım Katmanı tasarlanırken veri ve enerji girişlerinin yerleri belirlenmiş ve modül kasalarının altında standart konumlarda olmasına dikkat edilmiştir. Ayrıca elektrik, servo motorlara bu katmanın omuz eklemine ulaşan uzantıları ile sağlanmıştır (Ek 12).

Robotun, itme darbe ya da baskı gibi dışarıdan gelen kuvvetleri algılamasını sağlayan, bacaklarındaki basınç sensörleridir. Bu sensörlerin en uygun biçimde konumlandırılabilmesi için bacak alt çubuğunda bir aralık bırakılarak basınç hissi için gereken esneklik sağlanmış, fakat aynı

zamanda üstten kuvvetli bir direnç bloğu konularak, bırakılan aralığın neden olabileceği kırılma önlenmiştir ve dayanıklılığının korunması sağlanmıştır (Ek 13).

Denge, yürüme işlevinde olduğu kadar, şasesinin bütün bölümlerine ve bacaklarına eşit yük dağılımının sağlanması ve dayanıklılık açısından da önemlidir. Bunun en iyi şekilde planlanması için iki adet askı standı hazırlanmıştır ve robotun ön orta ve yan orta denge merkezlerinde stantların birleşimi için uygun boşluklar oluşturulmuştur (Ek 14). Bu sayede robot denge merkezlerinden askıya alınarak ağırlık dağılımı çalışılmış ve dengelenme sağlanmıştır.

Denge unsuru da dikkate alınarak modüller içerisinde en ağır modül olan Batarya ünitesi robotun en ortasındaki 5 ve 8 numaralı alanlara yerleştirilmiştir (Ek 8). Batarya ünitesinin sağ ve solundaki alanlara ise robotun çalışmasında vazgeçilmez olan Bilgisayar ünitesi ve Regülatör üniteleri yerleştirilmiştir. Diğer modüller ya da ek bataryalar 1, 2, 3, 10, 11, 12 numaralı alanlara yerleştirilebilmektedir.

Bacak hareketleri için tasarlanan matematiksel model, bacağın eklem merkezleri üzerinden geçen doğrular temel alınarak yapılmıştır. Bu nedenle, dirsek eklem merkezi ile normal duruşta tabanın yere değen merkez noktası arası hesaplamalara esas alınmıştır. Tasarımda, bacak alt çubuğunun, taban merkezi dikkate alınarak ayağa bağlandığı görülebilir (Ek 15-A).

3.2. Enerji Planlama ve Dağıtım, Enerji Ekipmanı

Enerji kaynağı olarak kullanılacak şarj edilebilir bataryanın kapasitesini ve niteliklerini belirlemek için çalışma yapıldı.

Enerji ihtiyacı planlamada iki kriter göz önüne alındı:

- Enerjiye ihtiyaç duyan birim sayısı ve ihtiyaç duydukları miktar
- Ne kadar süre çalışmasına ihtiyaç duyulduğu, şarj edilme aralığı

Ayrıca, her ne kadar bir batarya kapasitesi belirlenmiş olsa da, modüler yapının bir avantajı olarak mevcut batarya kapasitesine ek yeni batarya üniteleri eklenebilir ve batarya kapasitesi artırılabilir zira her modül yuvasında elektrik konnektörlerinin yanı sıra batarya giriş konnektörü de bulunmaktadır.

Enerjiye ihtiyaç duyan birimler şu şekilde gruplanabilir (Ek 16):

a. Servo motorlar: Her bir servo motorun ihtiyaç duyduğu enerji miktarı 6V ve 1000mA olup 12 adettir. Enerji planlamamıza ekleyeceğimiz miktar 6V ve 12x1000mA dir.

b. Bilgisayar (mikro kontrolcü) ünitesi: Teensy 3.5 mikro kontrolcü olarak seçilmiş olup, üzerinde kendisi gibi elektrik enerjisine ihtiyaç duyan GPS birimi, Wi-Fi birimi ve Jiroskop birimleri ekli. Bu ünitenin çalışması için 5V ve 45mA gereklidir (Ek 17, Ek 18).

c. Modüller: Robotun 1, 2, 3, 10, 11, 12 numaralı 6 adet alanı modül eklemeleri için ayrılmıştır (Ek 8). Robotumuzun 6 adet modül ekleme kapasitesi dikkate alınarak her bir modül alanı için standart elektrik kaynağı erişim noktaları tasarlanmıştır. Modülün yerine getireceği görevler ya da ekipmanın özel yapısı nedeniyle farklı elektrik ihtiyacı olabileceği düşünülerek 3.3V ve 5V olmak üzere farklı voltajlarda elektrik erişimi bulunmaktadır. Modüllerin toplamda 3000mA elektriğe ihtiyaç duyacağı öngörülmüştür.

d. Basınç Sensörleri ve Kamera: Basınç sensörleri 5V, kamera 5V 200mA enerjiye ihtiyaç duymaktadır.

Olabilecek maksimum enerji ihtiyacı aşağıdaki şekilde hesaplandı:

Sistemin harcadığı mA = (12 x 1000mA) + (45mA) + (3000mA) + (200mA) = 15.245 mA

Elektrik ihtiyacının belirlenmesi ile Batarya ünitesinde kullanılacak donanım planlandı. Batarya ünitesinde 2 adet 7.4V 2000 mAh Li-Polymer PİL kullanılmıştır (Ek 19). Kapasitenin kullanım süresi, yukarıda yapılan hesaplamalar dikkate alındığında aşağıdaki şekilde belirlenmiştir.

Bataryaların toplam mAh / sistemin harcadığı mA = Saat

Tüm ekipmanın aynı anda elektrik tükettiği toplam Dakika = Saat*60

$2 \times 2000 \text{ mAh} / 15.245 \text{ mA} = 0.2624 \text{ Saat}$

Tüm ekipmanın aynı anda elektrik tükettiği toplam Dakika = 15.75 Dakika

Daha yüksek kapasiteli bataryalar ile kullanım süresi arttırılabilir ve kapasitesi yukarıdaki metot ile hesaplanabilir.

Batarya ünitesi 102x48x48 mm ebatlarındaki modül kasasında yer almaktadır (Ek 20).

Elektriğin bataryalardan sistem bileşenlerine dağıtımında, planlanması gereken bir diğer ünite de Regülatör ünitesidir (Ek 21). Birimler 6V, 5V ve 3.3V elektrik değerlerinde güç beslemesine ihtiyaç duymaktadırlar. Servo motorlar 6V'a ihtiyaç duyması ve 12 adet olması ile elektrik enerjisi kullanımında en büyük paya sahip birimdir. Bu sebeple, her biri 3 servo motoru beslemek üzere 4 adet regülatör bunun için planlandı. Basınç sensörleri, bilgisayar ünitesi, kamera gibi 5V kullanan ekipmanın yanı sıra, 5V'a ve 3.3V'a ihtiyaç duyabilecek modüller için 1'er adet regülatör planlandı (Ek 22). Regülatör ünitesi 102x48x48 mm ebatlarındaki modül kasasında yer almaktadır (Ek 23). Elektrik kablolama, Elektrik ve Veri Dağıtım Katmanında yapılmıştır (Ek 12, Ek 15-B).

3.3. Bilgisayar Ünitesi, Veri Ağı Planlama ve Kurulumu

Bilgisayar ünitesi, kontrol kumandası ile kablosuz iletişim kurarak robotun kumanda edilebilmesini sağlayan, otonom davranışları gerçekleştiren, sensörlerin, birimlerin ve modüllerin kontrolünü ve koordinasyonunu sağlayan birimdir. Mikro kontrolcü, Wi-Fi birimi, GPS birimi ve Jiroskopu içeren ünedir (Ek 24). Bilgisayar ünitesinin kurulumu 102x48x48 mm ebatlarındaki modül kasasına yapılmıştır (Ek 25).

Mikro kontrolcü olarak işlemci hızı nedeniyle Teensy 3.5 tercih edilmiştir. Ünite içinde yer alan GPS, Wi-Fi, Jiroskop birimlerinin yanı sıra servo motorların kontrolü ve bacaklarda bulunan basınç sensörleri de kendisine bağlıdır (Ek 17, Ek 18).

3.4. Kontrol Kumandası Tasarımı ve Kurulumu

Kontrol kumandası, kullanıcının robot köpek ile iletişimi sağladığı ünedir. Kablosuz iletişim ile robot köpeğin hareketlerini kontrol ettiği gibi, robot köpekten gelen kamera ve sensör verilerinin görüntülediği birimdir. GPS koordinatları ve Gaz ölçüm verileri görüntülemenin yanı sıra, gaz seviyeleri insan sağlığını tehlikeye düşürecek eşik seviyeyi aştığında LCD ekran üzerinden ikaz verir.

Kasa tasarımı, sağda ve solda iki adet kontrol çubuğu, ortada LCD ekran ve üst kısımda FPV kamera ekranı tutacakları olan, ayrıca buton ve anahtar montaj alanları bulunan, içinde batarya, mikro kontrolcü, Wi-Fi birimi yuvaları bulunan bir yapı olarak tasarlanmıştır (Ek 26).

Kontrol kumandasının üzerinde, açma/kapama ve kontrol işlemlerini gerçekleştirmek üzere 5 adet anahtar, 3 adet buton ve 2 adet kontrol çubuğu bulunmaktadır (Ek 27). Ayrıca, robotun parametrelerini değiştirmek, modül sensör verileri, GPS verileri gibi bilgileri görebilmek için, bir adet 2 satır ve 16 sütunlu LCD ekran mevcuttur.

Kontrol kumandasında 1 adet Wi-Fi modülü ve 1 adet FPV Monitör yer almaktadır (Ek 28). Ayrıca 1 adet 3.7V 590 mAh Li-Polymer Pil ve TP4056 3.7V 1S 5V 1A Lipo Şarj kartı bulunmaktadır. FPV kamera ekranının bataryası kendi üzerindedir. Mikro kontrolcü olarak Arduino Micro kullanılmıştır. Son olarak, veri dağıtım ağı ve elektrik kablolama tasarımı yapılmış, montajı tamamlanmıştır (Ek 29, Ek 30).

3.5. Kontrol Kumandası Yazılımı ve Akış Şeması

Kontrol kumandası yazılımında 3 unsur öne çıkar (Ek 31):

- a. Menü kullanımı
- b. Robottan veri alma

c. Robota veri gönderme

Yazılım; gerekli kütüphanelerin belirtilmesi, kod içinde kullanılan değişkenlerin tanımlanması ve değişkenlere ön değerlerin atanması ile başlar. Arduinonun Wi-Fi modülü pinlerine ve LCD pinlerine görev atamasından sonra Menü ve Alt menü dizini oluşturularak devam eder (Ek 31-A).

Daha sonra robot ile kablosuz erişim kurulur ve robotun en son üzerinde yüklü olan yapılandırma dosya verisi alınır. Bu safhada, eğer robot ile bağlantı kurulamaz ise, kontrol kumandası üzerindeki ön değerler esas alınır (Ek 31-B).

Bir sonraki aşama ise tuşların, kontrol çubuğunun ve düğmelerin kontrolünün yapıldığı bölümdür. Tuşların kontrolü ile, menü üzerinde hareket edildiği gibi, ayarların yapılabilmesi ve robotun verilerinin azaltılıp artırılması da sağlanır. Sonrasında, güncellenen bu ayar verileri robota gönderilir. Ayrıca yine bu bölümde, robottan okunan GPS verileri ve Gaz Sensör verileri LCD ekranda görüntülenmektedir (Ek 31-C). Havadaki CO ve CH4 Gaz değerleri kritik eşik aşıldığında ekranda ikaz mesajı verir. Kontrol çubukları ve anahtarların kontrol edilmesi ve alınan verilerin işlenmek üzere robota gönderilmesi ile devam eder. Veri iletme ve veri alma durumları ekranda güncellenir. Son olarak, tuşların, kontrol çubuğunun ve düğmelerin kontrolünün yapıldığı döngünün başına, rutini tekrarlamak üzere geri döner (Ek 31-D).

Kontrol kumandası üzerinde bulunan açma/kapama anahtarından elektrik kesilip ünite kapatılıncaya kadar döngü devam eder.

3.6. Kontrol Kumandası Menü Ağacı

Kontrol kumandası üzerinden, robotun elde ettiği sensör verilerini görmenin yanı sıra, robotun işleyişiyle ilgili ayarlamalar yapmak, bazı servisleri açmak ya da kapatmak da mümkündür. Kontrol kumandası üzerindeki 3 ve 4. anahtarlara bir görev atanmamıştır ve menü üzerinden bu anahtarlara görev ataması yapılabilir. Ayrıca GPS konum verilerinin yanı sıra uydudan alınan tarih ve saat bilgisine de menüden erişilebilmektedir. Robotun ayarları kontrol kumandası üzerinden değiştirildikten sonra istenirse yine menü üzerinden bütün değerler standart başlangıç değerlerine döndürülebilir. Kontrol kumandası menüsü başlıkları ve işlevleri yazılım içinde tanımlanmıştır (Ek 31-A, Ek 32).

3.7. Hareket Matematik Modelleri

Hareketler, yerinde hareket ve yürüme olmak üzere iki başlık altında incelenebilir. Her iki hareket biçimi de yazılım ile gerçekleştirilse de temelde matematik formüller denklemler ve hesaplamalara dayanır. Dolayısıyla hareket yazılımlarından önce, bu hareketleri mümkün kılan matematik modellerini incelemek gerekir. Projede, Kinematik Model (Kinematics) ve Ters Kinematik (Inverse Kinematics) Model kullanılmıştır.

A. Kinematik Model

Kinematik model, ayak ucunun omuza olan uzaklığı X,Y,Z cinsinden verildiğinde, motor açılarının sonuç olarak elde edildiği matematik modelidir. Bu modelde X,Y,Z koordinat bilgileri, girdi olarak verilir ve çıktı olarak a1, a2 ve a3 açılarının dereceleri bulunur (Ek 33). Yürüme hareketi gerçekleştirilirken bu modelin kullanıldığı bir fonksiyon hazırlanmış ve gerekli veriler elde edilmiştir (Ek 34). Bu veriler, eklemlerdeki servo motorların kaç derecelik bir açıda döneceğini belirleyen servo motor açı değerleridir. Kinematik model, yürüme hareketinin yazılımında, her bir bacağın hareketinin modellenmesinde kullanılır.

Bunun yanı sıra, robotun yerinde hareket etmesinin gerçekleştirilmesinde, Kinematik modele girdi olarak verilen değerler Ters Kinematik model kullanılarak elde edilir.

B. Ters Kinematik

Ters Kinematik model, gövdenin düzlemsel hareketinin veya eğiminin modellenmesinde kullanılır (Ek 35). Çıktı olarak her bir bacağın hareketinin belirlendiği, kinematik model formüllerinde girdi olarak kullanılacak X, Y ve Z verileri, bu model ile elde edilir (Z verisi, bakış açısı değiştirilerek formülde X'in yerini alır ve bu şekilde hesaplanır). Gövde düzleminin, X,Y,Z koordinatlarında hareket etmesini veya X,Y,Z koordinatlarında eğilmesini sağlayan matematik modelidir ve bunun için bir fonksiyon hazırlanmıştır (Ek 36). 'a', 'h' değerleri girdi olarak verilir ve X_f , Y_f , X_r , Y_r çıktı olarak alınır. 'a', gövde düzleminin eğimi ile oluşacak fark açısını temsil eder. 'h' ise, gövde düzleminin orta noktasından zemine dik açıyla çizilen çizginin (mesafenin) uzunluğunu temsil eder.

Kısaca özetlemek gerekirse, öncelikle gövdenin ne biçimde hareket edeceği (sağa sola, öne arkaya veya yukarı aşağı hareket, öne arkaya, sağa sola eğilme gibi) belirlenir (Ek 37, Ek 38). Buna göre "a" açısı ve "h" mesafesi verilerek her bir bacağın omuzundan ayak ucuna kadar olan mesafeyi temsil eden X ve Y verileri elde edilir. Bu veriler, kinematik modelde girdi olarak kullanılır ve motorların kaç derecelik açıyla hareket etmesi gerektiği verisi olan a_1 , a_2 , ve a_3 açıları verileri elde edilir. Bu açısal değerler, motorlara dönüş komutu yollanarak hareket gerçekleştirilir.

X,Z düzlemini, merkez noktası sabit kalmak suretiyle döndürmek için, Ters Kinematik Model farklı bir biçimde kullanılır (Ek 39). Bu hareket, robotun gövde düzleminin, yerinden hareket etmeksizin sağa veya sola yönelmesini ifade eder. Matematik modeline girdi olarak "a" açısı, yani sağa veya sola dönüş açısı derecesi verilir ve çıktı olarak bacağın X ve Z mesafe değerleri elde edilir. Bu veriler ise yine Kinematik modelde girdi değerleri olarak kullanılır ve bacak motorlarının açısal değerleri elde edilir. Sonuçta bu açısal değerler ölçüsünde, motorlara dönüş komutu yollanarak sağa ve sola yönelme hareketleri sağlanmış olur (Ek 38).

3.8. Yerinde Hareket ve Yazılımı

Yerinde hareket, robotun ayakları yerde sabit hareketsiz kalmak suretiyle, gövde düzleminin farklı yönlere eğilme, esneme ve yönelme davranışlarıdır. Yerinde hareket, Jiroskop verilerine göre eğimli yüzeylerde otonom olarak dengesini koruma ve kontrol kumandası ile gövdeyi sabit halde hareket ettirme durumlarında çalışır. 12 farklı hareketi kapsar (Ek 37, Ek 38).

Ters Kinematik ve Kinematik matematik modellerinin kullanıldığı yazılım, kontrol çubuklarının verilerinin okunması ile başlar. Jiroskop verileri ile mevcut eğim durumu tespit edilir. PI (Proportion Integral - Oransal İntegral) kontrolü ile eğim dengelenir ve kontrol çubuklarından okunan ne kadar eğilmesi gerektiği verisine eklenir. Ters Kinematik model fonksiyonu çalıştırılır. Daha sonra, basınç sensörleri girdileri okunur ve bu veriler ile harekete etki edecek geri bildirim belirlenir. Son olarak Kinematik model fonksiyonu çalıştırılır ve bacak pozisyonları ayarlanır (Ek 40, Ek 41-I).

3.9. Yürüyüş ve Yazılımı

Robotun yürüme biçimi Tırs (Trot) olarak tanımlanabilir (Yılmaz ve Ertuğrul, 2013). Tırs yürümede her an 2 ayak yere basarken 2 ayak havadadır, dengeli ve hızlı bir yürüyüş biçimidir (Ek 42). Sağ ön ayak ve sol arka ayak hareket eder, daha sonra sol ön ayak ve sağ arka ayak hareket eder. Tam hareket 2 aşamada gerçekleşir. Yürüyüş hareketini gerçekleştirme işleminde Kinetik Model'den istifade edilmiştir.

Yürüyüş yazılımı, bacağın bir adım atarken 3 farklı hareket evresi olduğu değerlendirilerek planlanmıştır (Ek 43). Bacağın ileri yere basış hareketi (AC), bacağın geriye çekilmesi (CB) ve bacağın havaya kaldırılması (BA) olmak üzere, bu 3 farklı evre bacağın yürüyüş hareketinin temeli olan "Adım"ı oluşturur. "Path" bacak hareket aralığı sıklığını simgeler, "t" ise zamanı

simgeler. Yürüyüş, “t” zamanda “path” sıklığında hareketlerin birbiri ardınca A’dan B’ye, B’den C’ye ve C’den A’ya hareketi ile oluşur.

Yazılım ilk olarak, kontrol çubuğunun (Joystick) verilerinin yürüyüşün yönüne ve adım uzunluğuna oranlanması ile başlar. Daha sonra adımın hangi evresinde olduğu kontrolü yapar. Buna göre adımın hareketi hesaplanır ve hareketin gerçekleştirileceği diziye eklenir. Bacağın hareket evresi bir arttırılır, böylece bir sonraki döngüde adımın sonraki safhasının hesaplanması sağlanır. En son olarak Kinematik model fonksiyonu çalıştırılır ve bacakların dizideki hesaplanmış pozisyonları alması sağlanır (Ek 44, Ek 41-J). Bu rutin tekrarlanarak düzenli yürüyüş sağlanır.

3.10. Otonom Davranış yazılımları

A. Engellerden Sakınma

Engellerden sakınma otonom davranışı, hedefe ilerlerken önüne çıkan engellere göre yön değiştirme ve sabit haldeyken üzerine yaklaşan cisimden sakınma uzaklaşma şeklinde gerçekleşir. Bu Otonom davranışın gerçekleşmesi için robot üzerine Lidar modülünün takılı ve çalışır durumda olması gerekir.

360 derece dönerek çevresindeki engelleri algılayan Lidar sensörünün verileri modül tarafından değerlendirilir. Bu engellerin davranışa etkisi hesaplanır ve kontrol çubuğu (Joystick) verisine benzer robotu yönlendirecek verilere dönüştürülür, Bilgisayar ünitesine gönderilir (Ek 50). Bilgisayar ünitesinde alınan veriler, kontrol kumandasından gönderilmiş hareket komutu kontrol çubuğu (Joystick) verisi gibi değerlendirilir ve engele çarpmamak üzere belirtilen yöne hareket ettirilir (Ek 44).

B. Baskı uygulandığında korunmak için gövde yüksekliğini ayarlama

Robotun, itme darbe ya da baskı gibi dışarıdan gelen kuvvetlerden kendini koruması için uyguladığı otonom refleksdir. Gövdeye yapılan basılarda ve uygulanan kuvvetlerde, gövdenin ya da motorların zarar görmemesi amacıyla, bacak motorları hareket ettirilerek gövdenin alçaltılması ve bu sayede kuvvetin etkisinin azaltılması sağlanır. Tibia üzerinde bulunan basınç sensörleri, uygulanan kuvvete karşılık analog veri üretirler. Basınç verisi, robotun kendi ağırlığından kaynaklı oluşan basınç değeri olan bu eşik değerinden fazla ise, basınç verileri tekrar eşik değerinin altına düşünceye kadar motorlar hareket ettirilir ve gövde alçaltılır (Ek 40). Bu otonom davranış, isteğe bağlı olarak kontrol kumandası üzerinden aktif hale getirilebilir veya kapatılabilir.

C. Eğimli yüzeylerde dengesini sağlayabilme

Robotun, zeminin eğimine göre gövde dengesini koruyabilmek için, bacaklarının duruşunu değiştirmek suretiyle, gövde düzleminin düz zemine paralel hale getirilmesini sağlayan otonom harekettir. Bunun sağlanması için Bilgisayar ünitesi üzerinde bulunan jiroskop kullanılır. İlk olarak Jiroskoptan X,Y,Z verileri okunur (Ek 41-D). Okunan bu Jiroskop verileri ile mevcut eğim durumu tespit edilir, PI (Proportion Integral - Oransal İntegral) kontrolü ile eğim dengelenir ve ne kadar eğilmesi gerektiği verisine eklenir. Yerinde hareket fonksiyonu çalıştırılır ve bacak pozisyonları ayarlanır, böylece gövde dengelenir (Ek 40). Bu otonom davranış, isteğe bağlı olarak kontrol kumandası üzerinden aktif hale getirilebilir veya kapatılabilir.

3.11. Robot Bilgisayar Ünitesi Sistem Yazılımları ve Akış Şeması

Robot Bilgisayar ünitesi üzerinde çalışan yazılım 11 bölümde incelenebilir (Ek 41).

- A. Başlangıç bölümü, tanımlar, görev ve ön değer atamalar
- B. SD kart tanımlama ve okuma
- C. Wi-Fi bağlantı birimi tanımlama ve kontrol kumandası ile bağlantı
- D. Jiroskop bağlantısı ve verilerin okunması
- E. Lidar modülü ile iletişim

- F. Dron İstasyonu modülü ile iletişim
- G. Tehlikeli Gaz Tespit modülü ile iletişim
- H. GPS biriminden koordinat verileri okuma ve işleme
- I. Robotun yerinde hareket etme işlemleri
- J. Robotun yürüme işlemleri
- K. Fonksiyonlar

A. Başlangıç bölümü, tanımlar, görev ve ön değer atamalar:

Gerekli kütüphanelerin, değişkenlerin tanımlandığı, ön değerlerinin atandığı, pinlerin tahsis edildiği başlangıç bölümüdür (Ek 41-A).

B. SD kart tanımlama ve okuma: Teensy üzerinde bulunan SD kart yuvasına takılı hafıza kartının kullanıma hazırlandığı ve bu karttan robotun başlangıç değerlerinin kayıtlı olduğu Ayarlar verisinin okunduğu bölümdür (Ek 41-B).

C. Wi-Fi bağlantı birimi tanımlama ve kontrol kumandası ile bağlantı:

Bilgisayar ünitesinin Wi-Fi birimi aktif hale getirilir ve kablosuz erişim açılır. Kontrol kumandası ile bağlantı kurulur (Ek 41-C). SD karttan okunan ayar verileri kontrol kumandasına gönderilir. Bu sayede kullanıcı, robotun çalışma ayarlarını kontrol kumandası üzerindeki ekrandan görüntüleyebilir ve bu verileri düzenleyebilir.

D. Jiroskop bağlantısı ve verilerin okunması:

Bu bölümde ayrıca, Bilgisayar ünitesinde bulunan jiroskop biriminden X,Y,Z eksen verileri okunur (Ek 41-D). Bu veriler, daha sonra yerinde hareket fonksiyonunda değerlendirilir. Konu, “3.10.C. Otonom Davranış Yazılımları - Eğimli yüzeylerde dengesini sağlayabilme” bölümünde detaylı anlatılmıştır (Ek 40).

E. Lidar modülü ile iletişim: Lidar ile iletişimin sağlandığı bölümdür (Ek 41-E). Önce Lidarın açık/kapalı durumunun kontrol kumandası üzerinden değiştirilip değiştirilmediği kontrol edilir. Değiştirildiyse bu durum Lidar modülüne gönderilir. Lidar açıksa her 0.5 saniyede bir Lidar modülü dinlenir ve gelen veri varsa engellerden sakınma davranışını gerçekleştiren otonom yazılımında değerlendirmeye alınır. Konu, “3.10.A. Otonom Davranış Yazılımları - Engellerden Sakınma” bölümünde detaylı anlatılmıştır.

F. Dron İstasyonu modülü ile iletişim: Dron İstasyonu modülü, içinde katlanabilir bir dronun muhafaza edildiği bir dron istasyonunu ifade eder. Kontrol kumandasından Bilgisayar ünitesine, Dronun aktif hale getirilmesi komutunun ulaşması durumunda, Bilgisayar ünitesi bu bilgiyi Dron İstasyonu modülüne iletir. Modül, gelen veriye göre, dronu taşıyan platformu modül dışına çıkarır ya da platformu ve dronu katlayıp modül içinde muhafazaya alır (Ek 41-F).

G. Tehlikeli Gaz Tespit modülü ile iletişim: Tehlikeli Gaz Tespit modülünün açık/kapalı durumunun kontrol kumandası üzerinden değiştirilip değiştirilmediği kontrol edilerek başlanır. Değiştirildiyse bu bilgi Tehlikeli Gaz modülüne gönderilir ve modül çalıştırılır ya da kapatılır. Tehlikeli Gaz Tespit modülü açıksa bu durumda da her 0.5 saniyede bir modül dinlenir. Tehlikeli gaz seviyesi değerleri sensör ile okunur ve Bilgisayar ünitesine gönderilir. Bilgisayar ünitesi, bu verileri bir veri paketi haline getirerek kontrol kumandasına gönderilmeye hazır hale getirir ve kontrol kumandasından bu veri talep ediliyorsa gönderilir (Ek 41-G).

H. GPS birimi Koordinat verileri okuma ve işleme: Bilgisayar ünitesi, GPS açık/kapalı durumunu kontrol eder. GPS aktif ise, robotun konum koordinat bilgileri ile tarih ve saat gibi bilgileri okunur. Okunduktan sonra bu bilgiler kontrol kumandasına gönderilir. Böylece kullanıcı ekranda bu bilgilere erişebilir. Görüntülenen bilgiler Enlem, Boylam, Saat, Dakika ve Tarih (Gün/Ay/Yıl) bilgileridir (Ek 41-H).

I. Robotun yerinde hareket etme işlemleri: Yazılımın, robotun yerinde hareket etme işlemlerinin gerçekleştirildiği kısım “3.8 Yerinde Hareket ve Yazılımı” bölümünde detaylı

anlatılmıştır (Ek 41-I). Basınç sensör verileri bu bölümde okunur.

J. Robotun yürüme işlemleri: Yazılımın, robotun yürüme işlemlerinin gerçekleştirildiği kısmı “3.9.Yürüyüş ve Yazılımı” bölümünde detaylı anlatılmıştır (Ek 41-J).

K. Fonksiyonlar: Ana döngü içerisinde çağırılan, bağımsız alt yazılım modülleridir (Ek 41).

3.12. FPV Monitör ve Kamera birimleri

Proje kapsamında, robot köpeğin üzerinde 1 adet kamera kullanılmıştır. Bu kameranın görüntüleri, kontrol kumandası üzerinde bulunan FPV monitöre aktarılmaktadır. Monitör ve kameralar üzerinde bütünleşik kablosuz iletişim modülleri bulunmaktadır ve 5.8GHz frekansı üzerinden iletişim kurmaktadır. Monitör 6 bant ve 48 kanallıdır, 5 bant ve 40 kanallı kameraya farklı kanallardan erişebilmektedir (Ek 45).

3.13. Lidar Modülü Tasarımı ve Donanımı

Lidar modülü, robotun önüne çıkan engelleri algılamasını sağlayan ünedir (Ek 46). Çevresindeki cisimlerin mesafesini algılar, engel değerlendirmesi yaparak verilere dönüştürür, Bilgisayar ünitesine gönderir. Bilgisayar ünitesinde bu veriler robotun hareketine yansıtılır ve bu sayede robotun engellerden sakınması mümkün olur.

Modül tasarımı, Lidar sensörünün 360° dönerek tüm çevresindeki cisimlerin mesafelerini algılamak üzere tasarlanmıştır ve 6 parçadan oluşur (Ek 47).

A. Lidar Gözü Döner Tablası: Bu parça Lidar modülünün en tepesinde yer alır ve üzerindeki VL53L0X sensörünün kızılötesi dalga boyunda gönderdiği sinyal atımları sayesinde çevresindeki cisimlerin 2 metreye kadar mesafelerini ölçebilmektedir. Hareketli bir parçadır ve 360° dönerek her yönden etrafını tarar. Taşıyıcı blok üzerindeki bakır şeritleri saran bakır teller sayesinde 360° dönüşleri esnasında kesintisiz elektrik enerjisi temin edebilmektedir.

B. DC Motor: Lidar gözü döner tablasının 360° dönüşünü sağlar.

C. DC Motor Sabitleyici Yuva: DC motoru Bakır Şeritli Taşıyıcı Bloğa sabitler.

D. Bakır Şeritli Taşıyıcı Blok: Modülün temel taşıyıcı Bloğudur. Bakır şeritlerin çevresine sarıldığı, silindirik şeklinde ve 4 kanaldan oluşan bir yapısı vardır. Bu sayede Lidar gözü tablasının dönüşü esnasında kesintisiz elektrik alabilmesini sağlar.

E. Elektronik Devre: Bu katmanda Lidar modülün algıladığı verileri, Bilgisayar ünitesine göndermek üzere hazırlayan 1 adet Arduino Pro Mini 3.3V / 8MHz bulunur. Veri yolu ve elektrik kabloları da bu bölümdedir (Ek 48, Ek 49).

F. Modül Kasası: Modüler yapının temel modülü olan, 48x48x48 mm ölçülerinde bir kasa kullanılmıştır.

3.14. Lidar Modülü Yazılımı ve Akış Şeması

Yazılım; gerekli kütüphanelerin ve değişkenlerin tanımlanması, değişkenlere ön değerlerin atanması ve Arduinonun pinlerinin tahsis edilmesi ile başlar. Bilgisayar ünitesinin veri paketi istemesi durumunda yapılacak işlemleri içeren fonksiyona yönlendiren, olay (event) tanımı yapılır. Ardından, Bilgisayar ünitesinin aktifleştirme durum verisini göndermesi halinde yapılacak işlemleri içeren fonksiyona yönlendiren, olay (event) tanımı yapılır. Son olarak Lidar sensörü başlatılır (Ek 50-A).

Daha sonra, bir döngü başlatılır ve Bilgisayar ünitesinin gönderdiği aktifleştirme durumu Motoru çalıştıran pine yazılır, böylece Lidar Gözü Tablasını döndüren DC motoru gelen aktifleştirme durumuna göre çalıştırılır veya durdurulur. Lidar sensörü ile mesafe verileri okunur, bu veriler değerlendirilir. Hangi yöne hareket etmesi gerektiği belirlenir ve veri dizininin sonuna eklenir. Lidar tam bir dönüş yaptıysa ve en az yarım saniye geçtiyse veya veri dizinine en az 200 veri eklendiyse veri paketlenir ve dizi sıfırlanıp döngünün başına dönlür (Ek 50-B). Döngünün

çalışması esnasında, Bilgisayar ünitesinin veri paketi istemesi durumunda en son paketlenmiş veri Bilgisayar ünitesine gönderilir. Bilgisayar ünitesinin aktifleştirme verisi göndermesi durumunda veri döngü içerisinde değerlendirmek üzere tutulur. Lidar modülü, kontrol kumandası üzerinden açılıp kapatılabilir.

3.15. Tehlikeli Gaz Tespit Modülü Tasarımı ve Donanımı

Tehlikeli Gaz Tespit modülü, maden galerilerinde, patlayıcı Metan (CH₄) ve zehirli Karbonmonoksit (CO) gazların havadaki seviyelerini ölçerek Bilgisayar ünitesine gönderen modüldür (Ek 51). Bilgisayar ünitesi verileri kontrol kumandasına iletir. Tehlikeli gaz seviyeleri kritik eşiği aştığında modül üzerinde sesli ve ışıklı, kontrol kumandası ekranında ise görüntülü alarm üretilmektedir.

Bu modülün yapılış amacı, her ne kadar öncelikli olarak madenlerde insan hayatını tehdit eden iki önemli gazın, Karbonmonoksit (CO) ve Metan (CH₄) seviyelerini ölçmek olsa da, kullanılan MQ7 Sensörü bu gazlara ek olarak Hidrojen (H₂), LPG (Propan ve Bütan gazlarının belli oranlarda karışımından oluşan Sıvılaştırılmış Petrol Gazı) ve Alkol seviyelerini de ölçebilmektedir. Dolayısıyla bu gazların havadaki seviyeleri de ölçülmekte ve kontrol kumandasında görüntülenmektedir.

Modül üzerinde bir adet Arduino Pro Mini 3.3V/8MHz vardır (Ek 52). Mikro kontrolcü, Metan gazı ve Karbonmonoksit seviyelerinin insan sağlığını tehlikeye düşürecek seviyeye ulaşp ulaşmadığını kontrol eder. İnsan sağlığını tehlikeye düşürecek seviyeler, Metan gazı için 10000 ppm (parts per million) yani havadaki oranı %1 ve üzeri, Karbonmonoksit için ise 50 ppm (havadaki oranı % 0.005) ve üzeri olarak alınmıştır (Ergun, 2007).

Tehlikeli Gaz Tespit modülünü oluşturan parçalar (Ek 53)

- A. Koruyucu Izgara: Modülün üstünde ızgara biçimindeki koruyucu plakadır.
- B. Sensör ve Devre Taşıyıcı Blok: Üzerinde MQ-7 Gaz Sensörü montajı için bir yuva ile Arduino, Buzzer ve Ledleri taşımak için çerçeve bulunan taşıyıcı bloktur.
- C. Modül Kasası: En küçük ebatlardaki modül olan 48x48x48 mm bir kasa kullanılmıştır.

3.16. Tehlikeli Gaz Tespit Modülü Yazılımı ve Akış Şeması

Yazılım; gerekli kütüphanelerin ve değişkenlerin tanımlanması, değişkenlere ön değerlerin atanması ve Arduionun pinlerine görev ataması ile başlar. Bilgisayar ünitesinin veri paketi istemesi durumunda, yapılacak işlemleri içeren fonksiyona yönlendiren olay (event) tanımı yapılır. Ardından Bilgisayar ünitesinin aktifleştirme durum verisini göndermesi halinde yapılacak işlemleri içeren fonksiyona yönlendiren olay (event) tanımı yapılır. Bu bölümde son olarak MQ7 Gaz Sensörü kalibrasyonu yapılır (Ek 54-A).

Daha sonra bir döngü başlatılır ve Bilgisayar ünitesinin gönderdiği aktifleştirme durumu Yeşil Led'in pinine yazılır, böylece Yeşil Led gelen aktifleştirme durumuna göre yakılır veya söndürülür. MQ-7 Sersör ile havadaki CO, CH₄ gazları seviyeleri ve sensörün ölçüm kapasitesine dâhil H₂, LGP ve Alkol seviyeleri ölçülür, veriler pakete yazılır. CO veya CH₄ değerleri tehlike limitlerini aşmışsa Kırmızı Led yakılır ve Buzzer alarm verir. CO veya CH₄ değerleri tehlike limitlerinin altında ise Kırmızı Led söndürülür ve Buzzer alarmı susturulur. Daha sonra döngünün başına dönülür (Ek 54-B). Döngünün çalışması esnasında, Bilgisayar ünitesinin veri paketi istemesi durumunda veri paketi gönderilir. Bilgisayar ünitesinin aktifleştirme verisi göndermesi durumunda, veri döngü içerisinde değerlendirmek üzere tutulur. Modül, kontrol kumandası üzerinden açılıp kapatılabilir.

3.17. Dron İstasyonu Modülü ve Yazılımı

Dron İstasyonu modülü, insansız yer aracı ile insansız hava aracının eş güdüm içinde kullanılabilceği bir modül olarak tasarlanmıştır (Ek 55). Modül ile hedeflenen, dört ayaklı bir robot köpek üzerinde bulunacak uçabilen bir aracın sağladığı avantajlara dikkat çekmektir. Robot üzerine monte edilen modül, içerisinde katlanabilir bir dron bulundurmaya imkân tanır. Proje kapsamına katlanabilir bir dron şasesi de eklenmiştir. Kontrol kumandası üzerinden gönderilen komut ile, platform ve üzerindeki dron yukarıya doğru, istasyon dışına çıkartılır. Bu esnada platform açılarak dronun katlanmış kanatlarının da açılması sağlanır, uçuşa hazır hâle getirilir. İşlem tamamlandıktan sonra yine kontrol kumandasından gönderilen komut ile, platform kasa içine çekilir. Bu esnada, platform kapanırken dronun kanatlarını da katlar ve onu da kasanın içine çeker. Kasa içinde güvenli bir şekilde muhafaza edilir.

Modül 4 parçadan oluşur (Ek 56):

- A. Katlanabilir Dron Şasesi: Dron şasesi tasarlanmış ve projeye eklenmiştir.
- B. Dron Platformu: Üzerinde katlama mekanizması bulunur. İstasyon içine çekilirken dronu katlayan ve dışına çıkarılırken dronun kanatlarını açan hareketli parçadır.
- C. Dc Motor: Dron platformunu ve dronu, istasyon modülünün dışına çıkarır ya da istasyonun içine çeker.
- D. Koruyucu Kasa: 156x48x48 mm ölçülerinde modül kasası kullanılmıştır. Ayrıca içerisinde 1 adet Arduino Pro Mini bulunmaktadır.

Modül üzerinde bir adet Arduino Pro Mini 3.3V/8MHz vardır (Ek 57). Bunun dışında bir adet DC motor, 1 adet mikro limit anahtarı, 12 adet direnç ve 8 adet transistör kullanılmıştır.

Dron İstasyonu yazılımı; gerekli kütüphanelerin ve değişkenlerin tanımlanması, değişkenlere ön değerlerin atanması ve Arduinonun pinlerine görev tahsis edilmesi ile başlar (Ek 58). Ardından Bilgisayar ünitesinin aktifleştirme durum verisini göndermesi halinde yapılacak işlemleri içeren fonksiyona yönlendiren, olay (event) tanımı yapılır. Motor çalıştırılarak platform dışarıdaysa içeri alınması sağlanır. Platform içeri girdiğinde limit anahtarını kapatır, bu durumda motor durdurulur.

Daha sonra bir döngü başlatılır ve Bilgisayar ünitesinin gönderdiği aktifleştirme durumu kontrol edilir. Modül aktifleştirildi ise motor 4 saniye boyunca saat yönünün tersine döndürülerek platform ve dron istasyon dışına çıkarılır. Modül aktif durumu kapatıldı ise motor saat yönünde limit anahtarı kapatılıncaya kadar çalıştırılır, böylece platform ve dronun modül içine alınması sağlanır. Modül kontrol kumandası üzerinden açılıp kapatılabilir.

3.18. Yedek Batarya Ünitesi

Robotun elektrik ve veri altyapısı planlanırken projenin modüler yapısına da uygun olarak her modül yuvasına elektrik giriş konnektörü eklenmiştir. Bu sayede, “Tak-Çalıştır” mantığı ile ilave batarya modüllerinin takılabilmesi ve robotun çalışma süresinin arttırılabilmesi sağlanmıştır. Bu ünite 48x48x48 mm ölçülerinde bir kasa içinde yer almaktadır (Ek 59).

Yedek Batarya ünitesinde 2 adet 7.4 V 2S Lipo Batarya 1350 mAh 25C Pil kullanılmıştır (Ek 60). Kapasitenin kullanım süresi, Enerji Planlama ve Dağıtım, Enerji Ekipmanı bölümünde 15.245 mA olarak hesaplanan enerji ihtiyacı dikkate alındığında, aşağıdaki şekilde belirlenmiştir:

Bataryaların toplam mAh / sistemin harcadığı mA = Saat

Tüm ekipmanın aynı anda elektrik tükettiği toplam Dakika = Saat*60

2 x 1350 mAh / 15.245 mA = 0.177 Saat

Tüm ekipmanın aynı anda elektrik tükettiği toplam Dakika = 10.62 Dakika

4. Proje İş-Zaman Çizelgesi

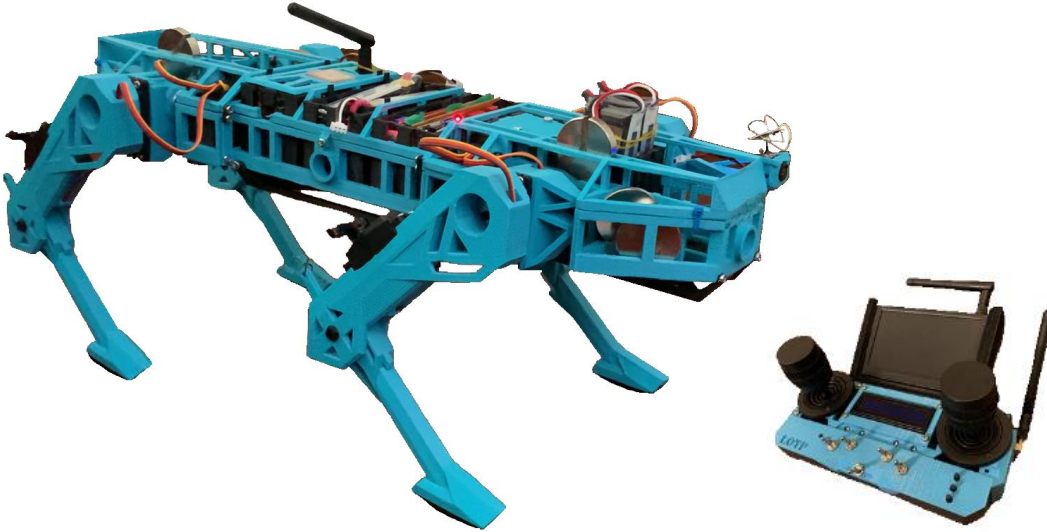
Faaliyet	Hafta	Ay				Ağustos				Eylül				Ekim				Kasım				Aralık			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
<i>Proje Hazırlık ve Dökümantasyon</i>																									
	Hazırlık ve Planlama	■																							
	Proje Dosyası					■				■				■					■		■				
<i>Ana Gövde</i>																									
	Şase																								
	Gövde Şasesinin tasarımı		■																						
	Gövde Şasesi 3 boyutlu yazıcıdan çıktısının alınması		■																						
	Gövde Montajı			■																					
	Batarya Ünitesi ve elektrik																								
	Batarya ünitesi enerji dağıtım planla			■																					
	Batarya ünitesi montajı ve çalıştırılması			■																					
	Elektrik dağıtım ağı planlaması ve kurulumu				■																				
	Regülatör Ünitesi																								
	Regülatör Modülü ve elektrik altyapısı tasarla				■																				
	Elektrik dağıtım kurulumu				■																				
	Bilgisayar Ünitesi																								
	Bilgisayar Ünitesi işlemci ve mimari belirle tasarla					■																			
	Bilgisayar Ünitesi montajı ve çalıştırılması					■																			
	Veri iletim ağı planlanması ve kurulumu						■																		
	Sensörler ve İletişim																								
	Basınç sensörü montajı ve çalıştırılması							■																	
	Gyro Sensörü montajı ve çalıştırılması							■																	
	Gps modülü montajı ve çalıştırılması								■																
	Wi Fi modülü montajı ve çalıştırılması									■															
	Yazılımlar																								
	Kontrol Ünitesi ile iletişim yazılımı											■													
	Yürüme yazılımı												■												
	Yerinde hareket ve yönelme yazılımı												■												
	Denge Yazılımı													■											
	Basınç Geribildirim Yazılımı														■										
	Modüller ile iletişim ve konuşma yazılımı															■			■		■				
	Kamera																								
	Kamera Modülü sistem tasarlanması																								
	Kamera montajı ve çalıştırılması																								
	Kamera görüntüsünün transferi																								
<i>Modül 1 (Tehlikeli Gaz Tespit Modülü) - Madenci Uygulaması Modüllerindedir.</i>																									
	Modül tasarım kurulum ve çalıştırma																				■				
	Gaz Sensörlerinin ve taşıyıcı kartların montajı ve çalıştırılması																				■				
	Sensör verilerini okuma kontrol ünitesine gönderme yazılımı																				■				
<i>Modül 2 (Lidar Modülü) - Gözcü ve Madenci Uygulaması Modüllerindedir.</i>																									
	Modül tasarım ve kurulum																				■				
	Lidar montajı ve çalıştırılması																				■				
	Engellerinden Sakınma yazılımı																				■				
<i>Modül 3 (Dron İstasyonu Modülü) - Gözcü Uygulaması Modüllerindedir.</i>																									
	Dron Taşıyıcı İstasyon Modül Tasarımı																				■				
	Drone Şase Tasarımı																				■				
	Drone istasyonu Kontrol Yazılımı																				■				
<i>Kontrol Ünitesi</i>																									
	Kontrol Ünitesi kasası tasarla																				■				
	Kontrol Ünitesi Elektronik altyapı tasarımı ve montajı																				■				
	Batarya ve elektrik kurulumu																				■				
	Kablosuz erişim kurulumu																				■				
	Kontrol Ünitesi montajı ve çalıştırılması																				■				
	FPV Monitor montajı ve çalıştırılması																				■				
	Ana gövde hareket kontrol yazılımı																				■				
	Modüllerin sensör verilerini alma ve ekranda gösterme yazılımı																				■				
	Ekrana kontrol ve ayar menüleri, aktivasyon ve veri ekranları																				■				
<i>Son Test: Bütün özelliklerin son kontrolü</i>																									

5. Bulgular

Robot ve kontrol kumandasının performansları, geliştirme aşamasında ve bitiminde test edildi; genel özelliklerini belirlemek için ölçümleri yapıldı. Bir araya getirilen veriler ve bulgular Ek 61’de listelenmiştir. Robotun yapımında kullanılan ekipmanın performans değerleri, robotun genel performansı ve dayanıklılığında belirleyici olmuştur (Ek 62, Ek 63). Kullanılan malzemelerin kapasiteleri, yapılan testlerin sonuçlarına ve teknik bilgi formlarında verilen değerlere göre belirlenmiştir.

6. Sonuç ve Tartışma

Projenin sonunda, özgün bir yazılımı bulunan, farklı algılama, görev ve hareket kabiliyetlerine sahip, otonom yetenekleri olan bir robot köpek ve kontrol kumandasının yapımı başarıyla tamamlandı (Şekil 2). Robot köpeğin özellikleri ve hareket kabiliyetleri aşağıda sıralanmıştır:



Şekil 2. Robot Köpek ve Kontrol Kumandası

Özellikleri:

a. Modüler olması: Robot köpeğimizi diğer benzer projelerden ayıran en önemli özelliklerinden biri köpeğimizin modüler bir yapıya sahip olmasıdır. “Tak-Çalıştır” mantığı ile üzerine takılan yeni modüllerle yeni yetenekler kazandırılabilirdiği gibi, ilave batarya modülleri ile çalışma süresinin arttırılabilmesi de mümkündür.

b. Geliştirilmeye açık olması: Proje kapsamında, Bilgisayar, Batarya ve Regülatör üniteleri gibi robotun çalışmasını sağlayan temel ünitelerin yanı sıra Dron İstasyonu, Lidar, Tehlikeli Gaz modülleri ve Yedek Batarya ünitesi de hazırlanmıştır. Buna ek olarak yapısının geliştirilmeye açık olması sayesinde, ileride daha birçok özel modül geliştirilip takılabilir.

c. Yazılımının güncellenebilir olması: Güncellenebilir açık yazılımı ile birçok yeni karakteristik özellik ve davranış eklenebilir.

d. Bakımının ve arıza müdahalelerinin kolay olması: Yine modüler yapısı sayesinde, arıza durumunda, ilgili ünite veya modül çıkarılıp yerine çalışır olanın takılarak eskisi tamir edilinceye kadar robottan kesintisiz verim almaya devam edilebilir. Aynı şey batarya modülü için de

geçerlidir. Bataryanın bitmesi durumunda dolu batarya ünitesi ile değiştirilir ve böylece şarj süresince robotun servis dışı kalmasının önüne geçilmiş olur.

e. Otonom özellikleri: Tamamı kullanıcıdan bağımsız olarak gerçekleşen, hedefe ilerlerken önüne çıkan engellere göre yön değiştirebilme, sabit hâldeyken üzerine yaklaşan cisimden sakınma, basınç uygulandığında korunmak için gövde yüksekliğini ayarlama, eğimli yüzeylerde dengesini sağlayabilme davranışları; robot olmanın gerektirdiği otonom davranışlara iyi birer örnektir. Ayrıca zehirli gazların oranlarında kritik eşik aşımalarında ikaz alarmı üretmektedir. Otonom özellikler isteğe bağlı olarak açılıp kapatılabilir.

f. Kumanda edilebilir olması: Robot köpek, kontrol kumandası ile uzaktan kumanda edilerek kullanıcının sağlık veya güvenlik nedeniyle bulunmasında sakınca olan yerlere ya da giremeyeceği dar alanlara girebilmektedir. Üzerindeki kameranın görüntülerini ve diğer sensör verilerini kontrol kumandasına iletebilir.

g. Algılama kapasitesi: Lidar ve Tehlikeli Gaz Tespit modülleri sayesinde önündeki engelleri algılayabilmekte; havadaki patlayıcı ve zehirli gazların seviyelerini ölçebilmektedir. Bunun yanı sıra, basınç sensörü sayesinde gövdeye dışarıdan uygulanan basıncı hissedebilmekte, jiroskop sayesinde gövde eğimini ölçebilmektedir. GPS ile coğrafi enlem ve boylam koordinatlarını alabilmektedir. Kamerası ile çevresini görüntüleyebilmekte ve bu görüntüleri kablosuz olarak kullanıcıya iletebilmektedir. Kablosuz iletişim kurarak alıcı verici birimi sayesinde kontrol kumandası gibi harici cihazlarla konuşabilmektedir.

Hareket Kabiliyetleri:

a. Sabit duruş hareketleri: Eksensel ve Vektörel hareketler ile sabit duruş anında X, Y, Z eksenlerinde farklı yönlere yönelebilmektedir. Bu özellikle kamera ile farklı açılara bakabilmeyi mümkün kılmaktadır.

b. Yürüyüş: Her an 2 ayak yere basarken 2 ayak havadadır ve tam hareket 2 aşamada gerçekleşir.

Proje sonucunda tamamlanan robot köpek modelinde, kullanılan donanımların tercihi yapılırken 2 konu özellikle dikkate alınmıştır: Bunlar, kullanılan malzemenin istenen fonksiyonu yerine getirebilmesi ve proje bütçesini mümkün olduğu kadar aşmamaktır. Daha yüksek bir proje bütçesi ile sensör duyarlılık aralığı daha geniş ve daha hassas, daha dayanıklı, batarya ömrü daha uzun, daha hızlı ve kuvvetli modellerin, aynı teknik tasarım ve yazılım kullanılarak geliştirilebilmesi mümkündür. Dolayısıyla modelin tüm fonksiyonlarının uyumlu ve sorunsuz çalışması sağlanmıştır ancak daha yüksek bir bütçe ile model daha iyi performans sergileyen endüstriyel bir ürüne dönüştürülebilir.

7. Öneriler

Dört ayaklı otonom robotlar gelecekte birçok alanda kullanım yeri bulabilecektir. Proje kapsamında da bunlara örnek olabilecek örnekler seçildi. Projenin de amacı olarak belirlenmiş iki başlık üzerinden değerlendirilecek olursa dört ayaklı otonom robotlar insanlara yardımcı olarak ya da insanların sağlık ve güvenlik nedeniyle bulunmasında sakınca olan yerlerde insanların yerini alarak çok önemli görevler yerine getirebilirler.

Potansiyel kullanım alanlarını örneklendirmek gerekirse

İnsanlara yardımcı olarak görevlendirilebilecek alanlar:

. Sınırlarda görev yapan sınır güvenlik ve illegal geçişleri kontrol eden Gözcü robotları (Bu

proje kapsamında yapılmıştır.)

- . Askerî alanda silahlı savunma robotları
- . Askerler ile birlikte operasyonlarda onlar için mühimmat ve erzak taşıyan yük robotları
- . Kritik hassas tesislerin çevre güvenliğinde görev yapan bekçi robotları
- . Boru hatları kontrol ve bakım robotları
- . Otelde konukları odalarına götüren, eşyalarını taşıyan hizmet sektörü robotları
- . Kargo teslimatı yapan lojistik robotlar
- . Arazide kayıp şahıs ya da cisim arayan robot köpekler
- . Tarımsal alanlarda ürünün verimini, toprağın durumunu kontrol eden ve zararlılarla mücadele eden tarım robotları
- . Bina veya çevre temizliği yapan vakumlu süpürge eklenmiş temizlik robotları

İnsanların sağlık ve güvenlik nedeniyle bulunmasında sakınca olan yerlerde, insanların yerini almak üzere görevlendirilebilecek alanlar:

- . Zehirli gazlar nedeniyle girilemeyen alanlarda çalışacak robotlar (Madenler)
(Bu proje kapsamında yapılmıştır.)
- . Yangınlara müdahale eden itfaiyeci robotları
- . Radyoaktif alanlarda (nükleer santraller gibi) görev yapan (çevre güvenliği, bakım, onarım vb.) robotlar

- . Mayın taraması ve imhası yapan robotlar
- . Aşırı sıcak veya aşırı soğuk yerlerde görev yapan robotlar (Yanardağ ağzı, Kutuplar)
- . Uzay görevlerinde başka gezegenlerin yüzeylerinde kullanılacak görev robotları
- . Bulaşıcı hastalık taşıyan hastaların bakımını yapan hemşire robotlar
- . İnsanların sığamayacakları yerlerde çalışacak robotlar (Göçükler, Yer altı galerileri)

Proje kapsamında robot köpeğin üzerine amaca yönelik donanım ve algılayıcılar eklendi. Gelecekte çok daha farklı ve kapsamlı sensörler ve uygulamalar eklemek suretiyle farklı yetenekler kazandırılabilir. Örnek vermek gerekirse

- . Gece görüş kamerası
- . Radyasyon Sensörü
- . Kamera görüntüleri kayıt ünitesi
- . Yapay zekâ yazılımları ile tam otomasyon
- . Güçlendirilmiş bataryalar ile daha uzun çalışma süresi
- . Güçlendirilmiş şase ile yük taşıyabilme kapasitesinin artırılması
- . Yüz tanıma uygulaması
- . Otonom yazılımlar hazırlanarak tanımlanan coğrafi pozisyonlar arasında rutin devriye görevi yapan uygulama

Ayrıca bu projede Dron sadece bir model olarak kullanıldı. Ancak dronun üzerinden havalanıp tekrar yerine konacağı ve içine alınıp muhafaza edilebileceği bir istasyon ve katlanır bir dron şasesi tasarlandı. Bir sonraki geliştirilmiş modelde, bu modele uygun çalışan bir dronun da sisteme eklenmesi ve aynı kontrol kumandasıyla kumanda edilebilmesi ile proje daha etkin bir hale getirilebilir.

Gelecekte bu ve benzer projelerde çalışanların bu alanlara odaklanması, dört ayaklı otonom robotların ihtiyaç duyulan alanlarda daha etkin yer almasını sağlayacaktır.

8. Kaynaklar

ARAT-3.2. (2020). Akin Robotics 4 Ayaklı Robot Projesi. Erişim Tarihi: 7 Ağustos 2020. Erişim Adresi: <https://www.akinrobotics.com/tr/dort-ayakli-robot-arat-3-2>

Bruton, J. (2020). *openDog v2*. Youtube. Erişim Tarihi: 3 Ağustos 2020. Erişim Adresi: <https://www.youtube.com/playlist?list=PLpwJq86vov9CcmrLGyM2XyyYDAYG0-Iu>

Chu, J. (2019, Mart 4). Mini cheetah is the first four-legged robot to do a backflip. *MIT News*. Erişim Tarihi: 6 Ağustos 2020. Erişim Adresi: <https://news.mit.edu/2019/mit-mini-cheetah-first-four-legged-robot-to-backflip-0304>

Ergun, A.R. (2007), *Yeraltı Maden İşletmelerinde Gaz ve Toz Patlamaları ve Önlemler* (İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi). Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara. Erişim Tarihi: 10 Aralık 2020.

Erişim Adresi: <https://ailevecalisma.gov.tr/media/1354/alirizaergun.pdf>

Spot. (2020). Boston Dynamics. Erişim Tarihi: 5 Ağustos 2020.

Erişim Adresi: <https://www.bostondynamics.com/spot>

Yılmaz, O. ve Ertuğrul, M. (2013). Atlarda yürüyüş çeşitleri ve kusurları. *Akademik Ziraat Dergisi 2(1),43-54*. Erişim Tarihi: 17.10.2020.

Erişim Adresi: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/114483>

9. Ekler

EK BELGELER kısmına dosyalar yüklenmiştir.

Ek 1 Dört Ayaklı Robot Tasarımında Öne Çıkan Çalışmalar

Ek 2 Şase Genel Görünüm

Ek 3 Gövde ve Bacaklar Malzeme Listesi

Ek 4 Gövde ve Bacak Parçaları

Ek 5 Taşıyıcı Orta Katman

Ek 6 Alt Kafes Katmanı, Elektrik ve Veri Dağıtım Katmanı

Ek 7 Üst Kafes Katmanı

Ek 8 Modül Kasaları

Ek 9 Bacaklar

Ek 10 Üst Kafeste Kamera Ekipmanı için tasarlanmış alan

Ek 11 Şasede omuz hareketi için yapılan eğimlerin tasarımı

Ek 12 Elektrik Veri dağıtım ve girişleri tasarımı

Ek 13 Basınç Sensörünün Bacak Alt Çubuğu üzerindeki yerleşim tasarımı

Ek 14 Denge Merkezleri

Ek 15 Bacak Bağlantısı ve Elektrik Veri Dağıtım

Ek 16 Elektrik ve Veri Dağıtım Genel Şeması

Ek 17 Bilgisayar Ünitesi Elektrik ve Veri Dağıtım Şeması

Ek 18 Bilgisayar Ünitesi Elektrik Veri Dağıtım ve Konnektör Veri yolları Şeması

Ek 19 Batarya Ünitesi Malzeme Listesi

Ek 20 Batarya Ünitesi

Ek 21 Regülatör Ünitesi Parça Listesi

Ek 22 Regülatör Ünitesi Elektrik Şeması

Ek 23 Regülatör Ünitesi

Ek 24 Bilgisayar Ünitesi Malzeme Listesi

- Ek 25 Mikro Kontrolcü Bilgisayar Ünitesi
- Ek 26 Kontrol Kumandası Tasarımı
- Ek 27 Kontrol Kumandası Tuşlar ve Elektrik Veri Dağıtım Yapısı
- Ek 28 Kontrol Kumandası Malzeme Listesi
- Ek 29 Kontrol Kumandası Elektrik ve Veri Dağıtım Şeması
- Ek 30 Kontrol Kumandası Elektrik Dağıtım ve Veri Dağıtım Şemaları
- Ek 31 Kontrol Ünitesi Yazılım
- Ek 32 Kontrol Kumandası Menü Ağacı
- Ek 33 Kinematik Model Şeması ve Formülleri
- Ek 34 Kinematik Model Fonksiyonu
- Ek 35 Ters Kinematik Şeması ve Formülleri
- Ek 36 Ters Kinematik Model Fonksiyonu
- Ek 37 Kinematik model ve Ters Kinematik model Yerinde Hareket Uygulamaları 1
- Ek 38 Kinematik model ve Ters Kinematik model Yerinde Hareket Uygulamaları 2
- Ek 39 XZ Düzleminin Ters Kinematik Model Şeması ve Formülleri
- Ek 40 Yerinde Hareketler
- Ek 41 Bilgisayar Ünitesi Yazılım
- Ek 42 Tırıs yürüme modeli
- Ek 43 Adımda temel bacak hareketleri
- Ek 44 Yürüme Yazılımı ve Akış Şeması
- Ek 45 Kamera ve Ekran Kurulumu
- Ek 46 Lidar Modülü Malzeme Listesi
- Ek 47 Lidar Modülü Tasarımı
- Ek 48 Lidar Modülü Elektrik ve Veri Dağıtım Şeması
- Ek 49 Lidar Modülü Elektrik Şeması ve Veri Dağıtım Şeması
- Ek 50 Lidar Modülü Yazılımı ve Akış Şeması
- Ek 51 Tehlikeli Gaz Tespit Modülü Malzeme Listesi
- Ek 52 Tehlikeli Gaz Tespit Modülü Elektrik ve Veri Dağıtım Şeması
- Ek 53 Tehlikeli Gaz Tespit Modülü Tasarımı
- Ek 54 Tehlikeli Gaz Tespit Modülü
- Ek 55 Dron İstasyonu Modülü Malzeme Listesi
- Ek 56 Dron İstasyonu Modülü Tasarım
- Ek 57 Dron İstasyonu Modülü Elektrik ve Veri Dağıtım Şeması
- Ek 58 Dron İstasyonu Modülü Yazılımı ve Akış Şeması
- Ek 59 Yedek Batarya Ünitesi Tasarımı
- Ek 60 Yedek Batarya Ünitesi Malzeme Listesi
- Ek 61 Performans Değerleri
- Ek 62 Kullanılan Ekipmanın Performans ve Dayanıklılık Değerleri
- Ek 63 Kullanılan Ekipman Teknik Özellikler