



HoReCa Sektörü için Doğal Navigasyon Otonom Mobil Servis Robotu: komiBot

Gökhan ATALI^{1*} , Şeyma DEĞİRMENCİ² , Emre DEMİRÖZ³ 

^{1*} Mekatronik Mühendisliği, Teknoloji Fakültesi, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Türkiye.
gatali@subu.edu.tr

² Mekatronik Mühendisliği, Teknoloji Fakültesi, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Türkiye.
B200104021@subu.edu.tr

³ Mekatronik Mühendisliği, Teknoloji Fakültesi, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Türkiye.
B200104067@subu.edu.tr

ÖZ

Bu çalışmada, özgün tasarlanan bir mobil otonom servis robotunun ROS (Robot İşletim Sistemi) entegrasyonu ve performans değerlendirmesi kapsamlı bir şekilde incelenmektedir. Araştırmanın odak noktası, robotun ROS altyapısı altında nasıl entegre edildiği ve gerçek dünya testlerinin nasıl yürütüldüğüdür. Bu bağlamda, çalışma iki ana aşamada gerçekleştirilmiştir: simülasyon ve gerçek dünya testleri. Simülasyon testleri, Gazebo simülasyon ortamında gerçekleştirilmiştir. Sanal dünyada, robotun temel kinematik verileri olan x ve y pozisyonları, açılma hızı ve çizgisel hızı incelenmiştir. Bu verilerin analizi, robotun gerçek dünya senaryolarında nasıl tepkiler verebileceğini anlamamıza yardımcı olmuştur. Robotun engellere yaklaşımı, "move_base" paketi ile denetlenmiş ve detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, robotun engel algılama, kaçınma ve manevra yeteneklerinin hem simülasyon hem de gerçek dünya senaryolarında etkili bir biçimde çalıştığını doğrulamaktadır. Sonuç olarak, bu çalışma, otonom mobil robotun (komiBot) başarılı entegrasyonunu ve gerçek dünya testlerini içermekte ve robotun kinematik verilerini ve engellere yaklaşımını ayrıntılı bir şekilde incelemektedir. Bu çalışmanın sonuçları, otonom robot sistemleri alanında ilerleme hedefleyen araştırmacılar ve uygulamacılar için önemli bir temel sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Otonom mobil robot, ROS, Engel tanıma, Servis robotu

Natural Navigation Autonomous Mobile Service Robot for HoReCa Sector: komiBot

ABSTRACT

In this study, the comprehensive integration and performance evaluation of an autonomously designed mobile service robot within the Robot Operating System (ROS) framework is extensively investigated. The focal point of the research lies in elucidating how the robot is integrated under the ROS infrastructure and how real-world tests are conducted. In this context, the study unfolds in two

* Sorumlu yazarın e-posta adresi: gatali@subu.edu.tr

main stages: simulation and real-world tests. Simulation tests are conducted in the Gazebo simulation environment, where the fundamental kinematic data of the robot, such as x and y positions, angular velocity, and linear velocity, are examined. The analysis of these data aids in understanding how the robot may respond in real-world scenarios. The robot's approach to obstacles is controlled using the "move_base" package and thoroughly analyzed. The results obtained affirm the effective operation of the robot's obstacle detection, avoidance, and maneuvering capabilities in both simulation and real-world scenarios. Consequently, this study encompasses the successful integration of the autonomous mobile robot (komiBot) and detailed examinations of its kinematic data and approach to obstacles. The outcomes of this study provide a significant foundation for researchers and practitioners aspiring to advance in the field of autonomous robot systems.

Keywords: Autonomous mobile robot, ROS, Obstacle detection, Service robot

1 Giriş

Gelişen teknoloji, insan yaşamının her alanında önemli dönüşümlere neden olurken bu değişimlerin sektörler arasında yarattığı etkiler de kaçınılmaz olmaktadır. Gerek özel gerekse kamu kurumlarında her geçen gün kullanılan hizmetler otonom hale gelmektedir. Yiyecek içecek sektörü de dâhil olmak üzere birçok alanda sunulan hizmetlerin de otonom özellikler taşıyan sistemlere yöneldikleri görülmektedir [1]. Bu bağlamda, HoReCa ("Hotel", "Restaurant", "Cafe") sektörü, teknolojik yeniliklerin hızla benimsendiği ve dönüştüğü alanlardan biri olarak öne çıkmaktadır. Covid-19 pandemi sürecinde, robotların üretiminde ve hizmet sunumlarında daha çok yer almaları düşüncesi, turizmde robotlaşma uygulamaları ile robot-insan ilişki ve etkileşimlerini incelemeyi araştırmacılarca daha önemli bir hale getirmiştir [2]. Bu bağlamda otomatik sistemler ve otonom robotlar kullanılmaya başlanmıştır [3]. Robotlar genellikle endüstriyel veya hizmet odaklı olarak sınıflandırılır. Endüstriyel robotlar çeşitli endüstriyel görevleri yerine getirmek için sabit veya hareketli olarak kullanılırken, hizmet robotları insan odaklı işleri gerçekleştirmek üzere fiziksel ve sosyal etkileşimlerde bulunabilir [4]. Servis robotları, gelişen yapay zeka algoritmaları ve otomasyon teknolojileri sayesinde, işletmelerin verimliliğini artırma, müşteri deneyimini iyileştirme ve kaynakları daha etkin kullanma potansiyeli sunmaktadır [5,6]. Yeme-içme sektöründe yaşanan yoğun rekabet, işletmeleri daha yenilikçi çözümler arayışına yönlendirmiştir. Bu noktada, akıllı robotlar, sipariş alımından masaların düzenlenmesine kadar geniş bir yelpazede hizmet sunma kapasitesine sahiptir [7]. Otellerdeki restoranlardan sokak lezzetlerinin sunulduğu kafelere kadar farklı işletme türlerinde, servis robotlarının kullanımı işletmelerin hızlı ve etkili hizmet sunmasına olanak tanımaktadır [8]. Projemizin temel amacı, turizm otelcilik sektöründeki yeme-içme işletmelerinin, akıllı servis robotlarını kullanarak operasyonel verimliliği artırma potansiyelini değerlendirmektir. Bu amaç doğrultusunda, robotların yemek servisinden masaların temizlenmesine kadar olan süreçlerdeki rolü üzerine odaklanarak işletmelerin verimlilik artışı, hizmet kalitesi ve maliyet tasarrufu gibi kritik konulardaki deneyimler ele alınacaktır. Robotların yemek servisi aşamasında, akıllı algoritmalar sayesinde siparişlerin hızlı ve doğru bir şekilde alınması ve mutfığa iletilmesi sağlanacaktır. Bu süreç, insan hatalarını minimize ederken servisin hızını artıracaktır. Aynı şekilde, mutfakta yemek hazırlık süreçlerinin otomasyonu sayesinde daha düzenli ve tutarlı sonuçlar elde edilecektir. Robotlar, masaları tespit edecek, tabak ve bardakları toplayacaktır. Masaları temizleyecek ve hızla yeni müşterilere hazır hale getirecektir. Bu işlem, işletmelerin daha hızlı bir dönüşüm sağlamalarına ve dolayısıyla daha fazla müşteriye hizmet sunmalarına olanak tanır. Robotlar ayrıca, işletmelerin hizmet kalitesini artırmalarına da yardımcı olabilir. Özellikle yemek servisi sırasında robotlar, müşterilere etkileyici ve eğlenceli bir deneyim sunabilir. Örneğin, robotlar yemekleri sunarken veya müşterilerin sorularını cevaplarken etkileşimde bulunabilirler. Bu etkileşim, müşterilerin ziyaretlerini daha unutulmaz hale getirebilir. İşletmelerin bu robotları başarıyla uygulayabilmeleri için iyi bir planlama ve yönetim gerekmektedir. İnsan-personel etkileşimi yerine robotlarla yapılan etkileşimin, bazı müşteriler için duygusal iletişim eksikliği hissi yaratabileceği unutulmamalıdır. Bu nedenle, robotların kullanımının insan-müşteri etkileşimini tamamlamak amacıyla tasarlandığı unutulmamalıdır [9,10].

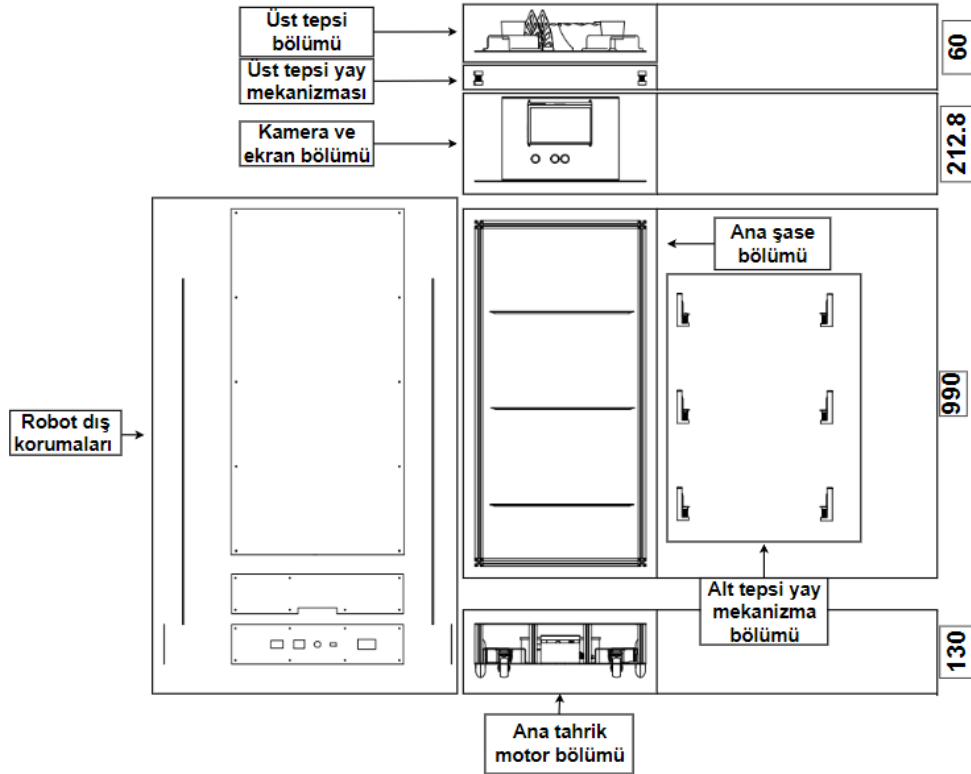
Sonuç olarak akıllı servis robotlarının yeme-içme işletmelerindeki etkisi, sektörün geleceğini şekillendirme potansiyeline sahiptir. Bu makale, turizm sektöründeki yeme-içme işletmelerinde kullanılmak üzere özgün olarak tasarlanan doğal navigasyon özellikli bir mobil robotun (komiBot) tasarım, imalat, yazılım ve testlerini kapsamaktadır.

2 Metodoloji

2.1 Otonom Mobil Robotun Özgün Tasarımı

Bu çalışmada kullanılan robotun 3D modeli Autodesk Fusion 360 programında oluşturulmuştur. Bu model robotun fiziksel şekillerini ve görsel özelliklerini içermektedir. Şekil 1’de robotun genel teknik resmi mm birimi kullanarak ölçütleri belirtilerek sunulmuştur. Bu sayede, robotun fiziksel özelliklerini ve hareketlerini detaylı bir şekilde planlayarak üretim aşamasına hazırlık yapılmıştır. Şekil 2’de gösterilen robotun tepsi taşıma bölgesindeki yaylı kısım, titreşimi engellemesi için özgün olarak tasarlanmıştır. Tepsi tutucular ve iskelet sigma profilden oluşturulmuş olup ana tahrik gövdesi sac levhadan üretilmiştir. Ana tahrik gövdesi, elektronik aksamın yerleşimine uygun tasarlanmıştır.

Bu aşamada, oluşturulan 3D model ve tasarım detayları, üretim sürecine geçiş için sağlam bir temel oluşturmaktadır. Robotun fiziksel özellikleri, hareket kabiliyeti ve yapısı, detaylı bir şekilde planlanarak üretim aşamasına hazırlık yapılmıştır. Bu sayede, gerçek dünyada robotun istenilen görevleri etkili bir şekilde yerine getirmesi amaçlanmaktadır. Amaç doğrultusunda, simülasyon ortamında kontrolleri yapılması üzerine oluşturulan katı modelden urdf format alınmıştır. Urd formatı, robotların tanımlanması, simülasyonu ve görselleştirilmesi için önemli bir araçtır. Bu formatı kullanarak robot daha gerçekçi bir şekilde modellenmiş ve simüle edilmiştir.



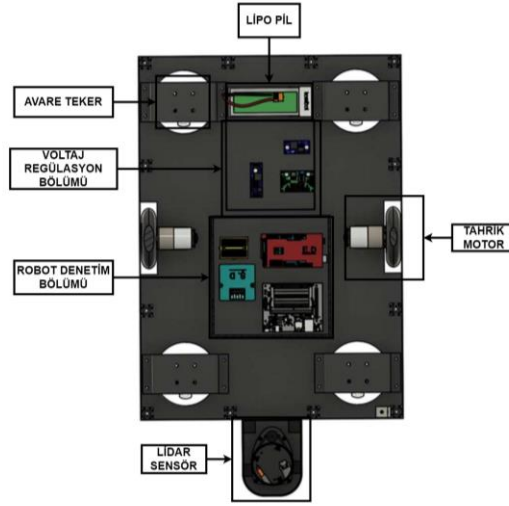
Şekil 1. Çalışmada Kullanılan Otonom Mobil Robot Teknik Resim



Şekil 2. Üst ve Alt Tepsi Süspansiyon Bölümü

2.2 Elektronik Bileşenler

Çalışmada kullanılan robotun elektronik bileşenleri arasında Jetson Nano kontrol kartı, Arduino Mega, Lidar sensör, Kinect kamera, Motor sürücü kartı ve sistem için gerekli olan elektrik enerjisini sağlayacak batarya ve DC dönüştürücü modüller kullanılmaktadır. Şekil 3'te ana tahrik gövdesi üzerinde kurulu elektronik bileşenler belirtilmiştir. Jetson Nano kontrol kartı sistemin merkezi olarak görev yapmakta ve tüm sensörlerin verilerini işlemektedir. Aynı zamanda motorların kontrolünü gerçekleştirmektedir. Arduino Mega, Jetson Nano tarafından gönderilen sinyalleri alıp motor sürücüler ve enkoderler arasındaki iletişimi sağlamak ve hareket kontrolünü gerçekleştirmektedir. Motor sürücü kartı, robotun hareketini kontrol etmek için kullanılmış olup enkoderler, robotun hareket konumunun gerçek zamanlı olarak ölçülmesini sağlamaktadır.



Şekil 3. Otonom Mobil Robot Ana Tahrik Gövde 3D Görüntüsü

2.3 ROS (Robot Operating System)

ROS, dünya çapında yaygın olarak kullanılan bir robot işletim sistemidir. Robotik platformlar için özel olarak tasarlanmıştır ve birçok robotik araç, donanım simülasyonu ve yazılım düğümleri arasında mesaj aktarımı sağlar [11]. Yayın topolojisi ile çalışır ve düğümler bağımsız olarak veya birden çoğa aboneli modellerle çalışabilmektedir. Ayrıca TCP/IP ve SSH gibi birçok ağ protokolünü de destekler. Özellikle robotik platformlar için özelleştirilmiş bir altyapı sağlayan ROS, çeşitli robotik araçlar, donanım simülasyonları ve yazılım düğümleri arasında veri iletişimini kolaylaştırmak amacıyla kullanılmaktadır [12]. Şekil 4'te üretimi gerçekleştirilen otonom mobil robotun donanımı gösterilmiştir.

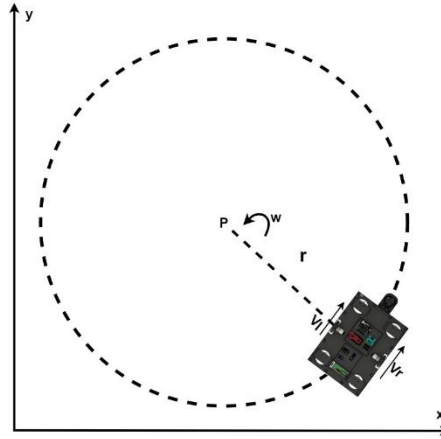


Şekil 4. Çalışmada Kullanılan Otonom Mobil Robot (komiBot)

Bu çalışma kapsamında, tamamen özgün tasarlanmış bir otonom mobil robot, ROS altyapısı içerisinde başarılı bir şekilde entegre edilmiştir. Geliştirilen özgün otonom mobil robot, ROS yazılımının temelini oluşturmaktadır. Bu robot, kendine özgü tasarım prensipleri ve ileri teknolojik özellikler ile donatılmıştır. Bu bağlamda, özgün otonom mobil robotun ROS işletim sistemi ile uyumlu bir şekilde entegrasyonu, teknolojik alanda ileri seviyede çalışmaların temelini oluşturan başarılı bir örneği sunmaktadır.

2.4 Kinematik Model

Otonom mobil robot platformunun hareket kabiliyeti, sınırlı çalışma alanlarında büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle projemiz kapsamında robotun hareket kabiliyetini anlamak için detaylı kinematik ve dinamik analizler gerçekleştirilmiştir. Bu analizler, robotun enerji ihtiyacının belirlenmesine ve mekanik sistemin hareketinin analizine olanak sağlamaktadır.



Şekil 5. Otonom Mobil Robotun Kinematik Modeli

Diferansiyel tekerleklerin doğrusal hızı, mobil robotun Şekil 5'te gösterilen nokta etrafındaki dönüşünü etkilemektedir. Bu nedenle, her bir tekerleğin doğrusal hızı, gösterilen P noktası etrafında dönen bir mobil robotun doğrusal hızını tespit etmek için hesaplanır ve aritmetik ortalaması alınmaktadır. Sonuç olarak Denklem 1 ve 2 elde edilmektedir. Denklem 1 ortalama doğrusal hızı hesaplamak için kullanılır. Denklem 2'de verilen hızlar tekerleklerin açısal hızları ile oluşturulabilmektedir. Ayrıca Denklem 1 ve 2'de verilen ifadelerin nicelik birimleri Tablo 1'de sunulmuştur. Şekil 5'te ana tahrik gövdenin harekete ilişkin yönünü ifade eden dönme matrisi Denklem 2'de verilmiştir

$$v = \frac{vr + vl}{2} = r \frac{(\varphi_r + \varphi_l)}{2} \quad (1)$$

$$\omega = \frac{vr - vl}{2L} = r \frac{(\varphi_r - \varphi_l)}{2} \quad (2)$$

Tablo 1. Robotun kinematik modelinin kısaltma tablosu

Sembol	Nicelik	Birim
v	Doğrusal hız	m/s
ω	Robotun açısal hızı	rad
vr	Sağ tekerleğin doğrusal hızı	m/s
vl	Sol tekerleğin doğrusal hızı	m/s
φ_r	Sağ tekerleğin açısal hızı	rad
φ_l	Sol tekerleğin açısal hızı	rad
r	Robotun doğrusal hızı	m
L	Sağ ve sol tekerlek arasındaki mesafe	m
θ	Robotun yön açısı	rad
q	Robotun temel çerçevedeki durum matrisi	m/s
T	Dönme matrisi	-

$$q = \begin{bmatrix} x \\ y \\ \theta \end{bmatrix} \quad (3)$$

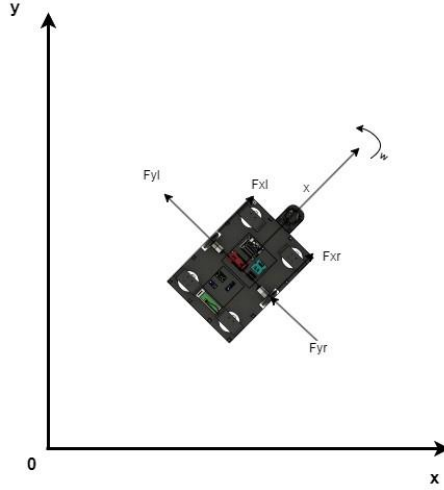
$$T(\theta) = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta & 0 \\ -\sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Robot ana tahrik gövdesinin kinematik modeli Robotun temel çerçevedeki durum matrisi olan Denklem 3 ve θ açısına bağlı dönme matrisi olan Denklem 4 kullanılarak elde edilmiştir (Denklem 5).

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ \theta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{r}{2} & \frac{r}{2} \\ 0 & 0 \\ \frac{r}{-L} & \frac{r}{L} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varphi_r \\ \varphi_l \end{bmatrix} \quad (5)$$

2.5 Dinamik Model

Diferansiyel tekerlekli mobil robot platformunun dinamik modeli Newton-Euler yöntemiyle oluşturulmuştur. Robot platformunun hareketi sırasında ön ve arka tekerleklere hareket yönünün tersi yönde bir kuvvet etki etmektedir. Ancak etkisi çok küçük olduğundan ihmal edilebilir seviyededir. Mobil robot platformuna etki eden kuvvetler Şekil 6'daki kuvvet diyagramında gösterilmektedir.



Şekil 6. Otonom Mobil Robotun Kuvvet Diyagramı

Hareketli robot için gerekli olan hız ve koordinatlar arasındaki bağlantıyı veren x ve y koordinatlarına ait hareket denklemleri Denklem 6'da verilmiştir. Robotun dinamik modelini ifade eden tüm kısaltmalar Tablo 2'de verilmiştir.

$$\begin{aligned}\dot{x} &= v_x \cos \theta - v_y \sin \theta \\ \dot{y} &= v_x \sin \theta + v_y \cos \theta\end{aligned}\quad (6)$$

Tablo 2. Otonom mobil robotun dinamik modelinin kısaltma tablosu

Sembol	Nicelik	Birim
v	Boyuna Hız Vektörü	m/s
ω	Yanal Hız Vektörü	m/s
θ	Başlık Açısı	rad

Yanal hız ve boylamsal hız ile ilişkili olan yön açısı hızının fonksiyonu Denklem 7'de gösterilmektedir.

$$\dot{v}_y = f(v_x, \omega)\quad (7)$$

Mobil robotun dinamik modeli Denklem 8'de verilmiştir. Robotun, tekerlek yön açılarındaki oluşabilecek farklılıklar dikkate alındığında $\dot{\theta} = \omega$ olabileceği gibi ileri yön hareket vektöründen sapması olabilir.

$$\begin{aligned}\dot{x} &= v_x \cos \theta - v_y \sin \theta \\ \dot{y} &= v_x \sin \theta + v_y \cos \theta \\ \dot{\theta} &= \omega \\ \dot{v} &= f(v_x, \omega)\end{aligned}\quad (8)$$

2.6 Odometri Verisine Kalman Filtresinin Uygulanması

Kalman filtresi, bir sürecin veya sistemin durumunu tahmin etmek veya izlemek için kullanılan istatistiksel bir filtreleme yöntemidir. Genellikle belirsiz veya gürültülü ölçümlerle bir sistemin durumunu hesaplamak için kullanılır [13]. Odometri ise bir cismin hareketini izlemek ve bu hareket sonucunda cismin konumunu tahmin etmek için kullanılan bir yöntemdir. Özellikle robotik sistemlerde, tekerleklerin dönme miktarları veya sensörler aracılığıyla cismin hareketi izlenerek odometri verileri elde edilir. Kalman filtresi, bu odometri verilerinin belirsizliklerini ve hatalarını düzeltmekte ve daha doğru bir konum

tahmini yapılmasına yardımcı olmaktadır.

Tablo 3. Kalman filtresinin kısaltma tablosu

$\mu_1(m)$	İlk ortalama. Birimi metredir.
σ_1^2	İlk varyans
$\mu_2(m)$	Ölçülen Ortalama. Birimi metredir.
σ_2^2	Ölçülen Varyans

Kalman filtresi uygulamasında kullanılan metriklere ait denklemler;

$$\mu' = \frac{\sigma_1^2 \cdot \mu_2 + \sigma_2^2 \cdot \mu_1}{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} \quad (9)$$

Denklem 9, mevcut tahminlerin ağırlıklı bir kombinasyonunu kullanarak yeni bir tahmin oluşturmaktadır.

$$\sigma^{2'} = \frac{\sigma_1^2 \cdot \sigma_2^2}{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} = \frac{1}{\frac{1}{\sigma_1^2} + \frac{1}{\sigma_2^2}} \quad (10)$$

Denklem 10, varyansların harmonik ortalama formülünü kullanarak yeni bir tahmin varyansını hesaplamaktadır.

$$\mu' = \mu_1 + \mu_2 \quad (11)$$

Denklem 11, ortalama değerlerin toplamını alarak yeni bir ortalama tahmini oluşturmaktadır.

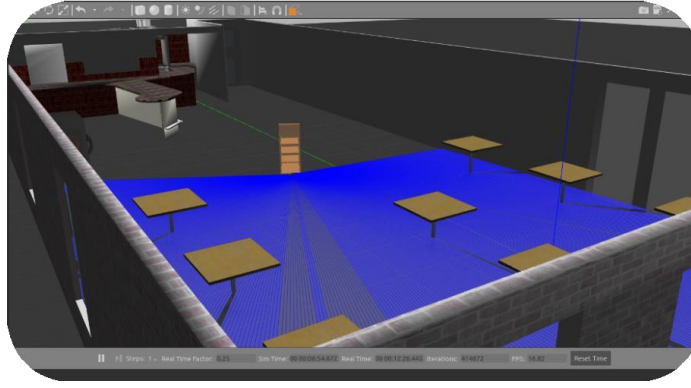
$$\sigma^{2'} = \sigma_1^2 + \sigma_2^2 \quad (12)$$

Denklem 12, varyans değerlerini toplayarak yeni bir tahmini varyans değeri hesaplamaktadır.

3 Deneysel Çalışma

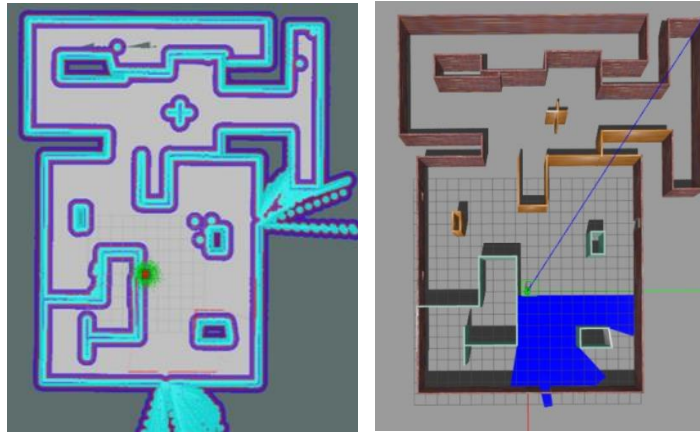
3.1 Simülasyon Testleri

Bu bölümde, özgün tasarım otonom mobil robotun ROS çerçevesinde gerçekleştirilen simülasyon testleri detaylı bir şekilde anlatılmaktadır. Bu testler, geliştirilen robot platformunun çeşitli senaryolarda performansını değerlendirmek ve otonom sürüş yeteneklerini analiz etmek amacıyla yürütülmüştür. Simülasyon testlerinin başlangıcında, robot modelinin tam ve doğru bir biçimde temsil edilmesi gerekliliği vardı. Bu amaçla, Xacro dosyaları kullanılarak robot modeli ayrıntılı bir şekilde tanımlandı. Xacro dosyaları, robotun fiziksel özelliklerini, donanım bileşenlerini ve sensörlerini birebir şekilde modellemek üzere kullanılmıştır. Bu dosyalar, robotun anatomik yapısını detaylıca tasvir ederken aynı zamanda ROS platformu ile uyumlu bir şekilde entegre olmalarını sağlamıştır.



Şekil 7. Otonom Mobil Robot Gazebo Simülasyon Ortamı

Bu dosyalar sayesinde robotun fiziksel yapısı, donanım bileşenleri ve sensörleri ayrıntılı bir biçimde modellendi. Şekil 7’de gösterildiği gibi elde edilen model, Gazebo ve RViz simülasyon ortamlarına aktarılarak gerçek dünya koşullarına en yakın bir şekilde simülasyon gerçekleştirildi. Simülasyon testlerinin bir parçası olarak AMCL (Adaptive Monte Carlo Localization) ve Move Base paketlerinden yararlanıldı. AMCL, robotun konumunu yüksek bir hassasiyetle tahmin edebilmesi için kullanılan bir lokalizasyon algoritmasıdır. Bu algoritma, monte carlo yöntemlerini adapte ederek robotun gerçek konumunu haritalanmış bir ortam içinde doğru bir şekilde belirlemektedir. Diğer yandan, Move Base paketi robotun otonom navigasyonunu yönetmek üzere kullanılmıştır. Bu paket, belirlenen hedeflere güvenli bir şekilde ulaşmak için hareket planları oluşturur ve bu planları gerçek zamanlı olarak güncelleyebilir. Şekil 8’de robot simülasyon ortamında gösterilmiştir. AMCL ile gerçekleştirilen testlerde, robotun konum tahminlerinin gerçek dünya koordinatları ile karşılaştırılarak elde edilen sonuçlar değerlendirildi. Move Base paketi sayesinde ise robotun verilen hedeflere nasıl güvenli bir şekilde ulaştığı ve navigasyon stratejilerinin etkinliği incelendi. Ayrıca, robotun engelleri nasıl atladığı, engellerden kaçındığı ve bu engellere karşı verdiği tepkiler detaylı bir şekilde analiz edildi. Bu testler, geliştirilen algoritmaların ve yazılımın performansını değerlendirmek ve geliştirmek için büyük öneme sahiptir. Bu simülasyon testleri, özgün tasarım otonom mobil robotun ROS tabanlı yazılımının, farklı senaryolarda nasıl tepki verdiği ve otonom sürüş yeteneklerini ne ölçüde etkin bir şekilde gerçekleştirdiği konularında derinlemesine bir içgörü sağlamaktadır. Bu aşama, geliştirilen robot platformunun gerçek dünya uygulamalarında sergileyeceği performansın öngörülmesine yardımcı olmuş ve yazılımın doğruluk ve güvenilirlik düzeyini belirlemek amacıyla temel bir adım olarak öne çıkmıştır.

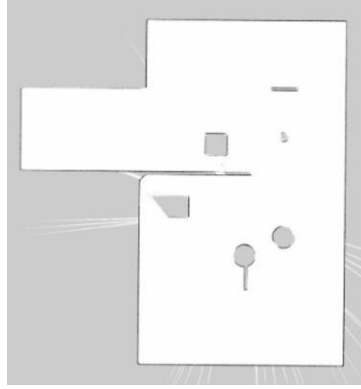


Şekil 8. Otonom Mobil Robot Simülasyon Ortamı

3.2 Gerçek Dünya Testleri

Bu bölümde, gerçek dünya testleri adı altında yürütülen çalışmaların ayrıntıları ele alınmaktadır. Bu testlerde, özgün tasarım otonom mobil robotun performansının gerçek dünya koşullarında nasıl olduğu ve otonom yeteneklerinin nasıl gerçekleştiği detaylı bir şekilde incelenmiştir. Gerçek dünya testlerinde

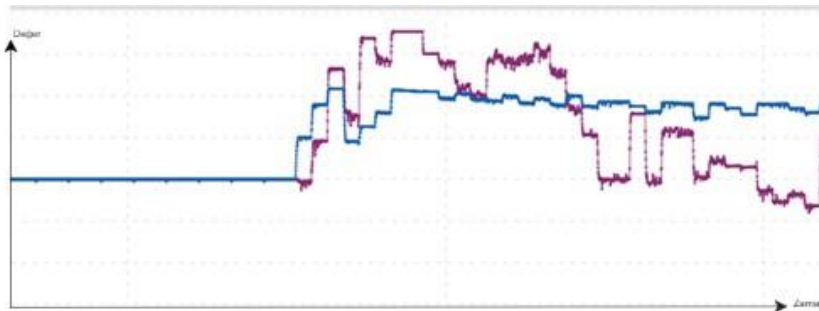
otonom mobil robot haritalandırma testi Şekil 9'da gösterilmiştir. Arduino ve Jetson Nano arasındaki iletişim, ROS platformu üzerinden ROSSerial aracılığı ile gerçekleştirilmiştir. Bu iletişim protokolü, düşük seviyeli mikrodenetleyicilerin yüksek seviyeli yazılım platformları ile haberleşmesini sağlayarak robotun veri paylaşımını mümkün kılar. Bu sayede Jetson Nano, Arduino üzerinde çalışan sensör ve aktüatörlerin verilerine erişebilir ve bunları işleyebilir. Robotun hareketi, motor sürücüsü tarafından kontrol edilen motorlar vasıtasıyla sağlanmıştır. Motor sürücüsü, Jetson Nano tarafından gönderilen komutlara göre motorların hızını ve yönünü ayarlar. Bu sayede robotun istenilen şekilde hareket etmesi sağlanmıştır. Lidar sensörü, gerçek dünya ortamında haritalandırma ve otonom navigasyon için kritik bir bileşendir. Lidar sensörü sayesinde çevresel veriler toplanarak gerçek zamanlı haritalar oluşturulmuş ve robotun çevresini algılaması sağlanmıştır. Otonom navigasyon için ise toplanan bu veriler, harita üzerindeki hedeflere yönlendirilerek robotun güvenli ve etkili bir şekilde hareket etmesi sağlanmıştır. Bu görüntü verileri, navigasyon ve nesne tespiti gibi önemli görevler için kullanılmıştır. Bu gerçek dünya testleri, özgün tasarım otonom mobil robotun sahip olduğu farklı sensörler ve yazılım yeteneklerinin gerçek dünya uygulamalarındaki performansını gözler önüne sermek üzere tasarlanmıştır. Robotun Arduino ile Jetson Nano arasındaki entegrasyonu, motor sürücüsü ile hareket kontrolü, lidar sensörü ile haritalandırma, makinenin gerçek dünya koşullarında nasıl başarılı bir şekilde çalıştığını gösteren önemli ayrıntıları sunmaktadır.



Şekil 9. Otonom Mobil Robot Haritalandırma Testi

4 Sonuçlar

Bu aşamada kalman filtresi ve Gazebo simülasyon testleri gerçekleştirilmiştir. Kalman filtresinde Gauss dağılımı metodu kullanılmış olup verilen formüllerde başlangıç değerleri farklı girilerek elde edilen sonuçlar gözlemlenmiştir. Test aşamasında zaman saniye olarak konum ise metre olarak girilmiştir. Gazebo simülasyon ortamında detaylı bir sanal dünya oluşturulmasıyla şekillendirilmiştir. Bu sanal dünyada, otonom mobil robotun performansı ve tepkileri titizlikle incelenmiştir. Robotun x ve y pozisyonları, açısal hızı ve çizgisel hızı gibi temel kinematik verileri hassas bir şekilde eş zamanlı elde edilerek ele alınmış ve çeşitli senaryolar altında analiz edilmiştir. Elde edilen veriler Şekil 10'da gösterilmiştir. Bu veriler, robotun anlık konumunu belirtirken çizgisel ve açısal hız değerleri robotun hareket hızını ve yönelimini yansıtmaktadır. Robotun gönderdiği mesajlar, ROS üzerinde yaygın olarak kullanılan "topic" adı verilen veri iletim mekanizmaları aracılığıyla elde edilmektedir.



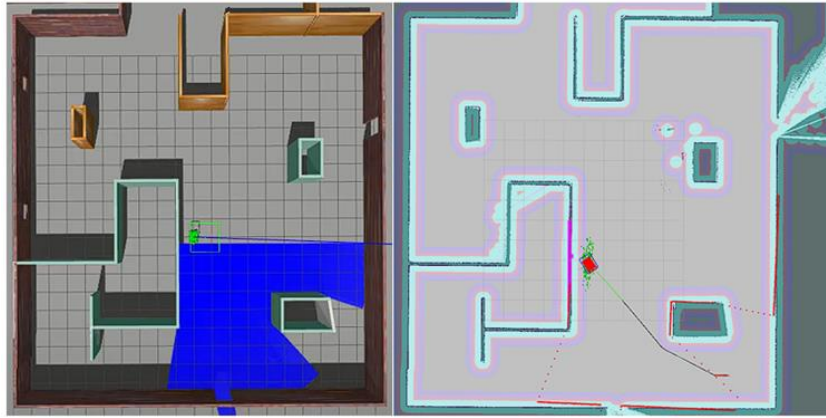
Şekil 10. Mobil Robota move_base Paketinden Gelen Çizgisel ve Açısal Hızlar

- Robotun çizgisel hızı(m/s)
- Robotun açısal hızı(rad/s)

Bu mesajlar arasında özellikle "odometri" ve "twist" mesajları öne çıkmaktadır. "Odometri" mesajı, robotun anlık pozisyonunu ve yönelimini içeren verileri içerir. x ve y pozisyonları, açısal hız ve çizgisel hız gibi değerler bu mesajın içeriğini oluşturur. "Twist" mesajı ise robotun hareket hızını ve yönelimini belirleyen çizgisel ve açısal hız değerlerini içerir. Birim olarak, çizgisel hız m/s cinsinden ifade edilirken açısal hız rad/s cinsinden ifade edilir. Bu analizlerin ardından, farklı senaryolarda robotun verdiği tepkiler dikkatlice incelenmiş ve bu tepkilerin gerçek dünya uygulamalarında robotun hareket yetenekleri üzerindeki olası etkileri değerlendirilmiştir. Bu bağlamda elde edilen sonuçlar, otonom mobil robotun hız, konum ve genel davranışlarının gerçek dünya senaryolarına nasıl yansiyebileceğini anlamamıza katkı sağlamıştır. Ayrıca, çalışmanın bu aşamasında, robotun karşılaştığı engellere olan yaklaşımı da kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Gazebo simülasyon ortamında oluşturulan senaryolarda, robotun önüne çeşitli engeller yerleştirilmiş ve bu engellere yaklaşımı titizlikle gözlemlenmiştir. Belirlenen yol planı içerisine farklı şekiller ve boyutlardaki engeller yerleştirilerek robotun yol planı algoritması değerlendirilmiştir. Robotun engellere olan tepkisi, "laser_scan" sensörü aracılığıyla elde edilen verilerin analiziyle değerlendirilmiştir. Bu çalışmanın son aşamasında, otonom mobil robotun farklı senaryolarda sergilediği davranışlar ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Geliştirilen senaryolar, robotun engellerle karşılaşma ve hedefe yönelme durumlarına dair kapsamlı bir değerlendirme sunmaktadır. Çalışma aşağıda belirtilen senaryolar çerçevesinde yapılmış ve sonuçlar bu senaryoların analizine dayanmaktadır:

4.1 Senaryo 1

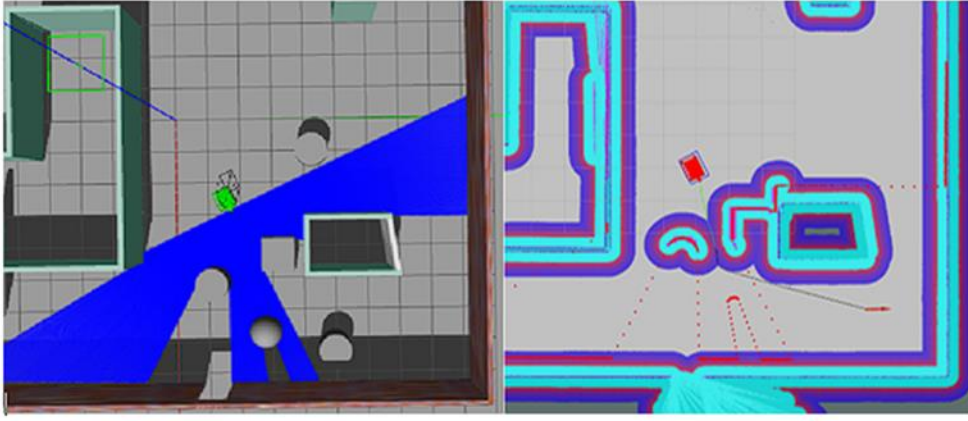
Bu senaryoda, robotun engel olmadan hedefe yönelmesi ve çizdiği yol planı detaylı bir şekilde incelenmiştir. Şekil 11 üzerinde mobil robot engelsiz yol planı gösterilmiştir. Robotun düzgün ve engelsiz bir yolda hedefine nasıl ilerlediği ve çevresel değişkenliklere nasıl tepki verdiği gözlemlenmiştir.



Şekil 11. Mobil Robot Engelsiz Yol Planı

4.2 Senaryo 2

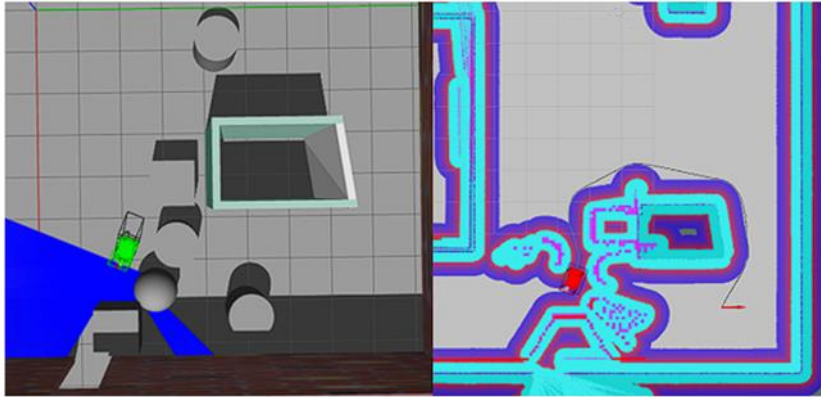
İkinci senaryo, robotun hedef yol üzerine yerleştirilen cisimlerin yol planına olan etkisini incelemek amacıyla tasarlanmıştır. Bu senaryoda, yol üzerine yerleştirilen cisimlerin robotun hareketini nasıl etkilediği ve robotun bu değişen koşullara nasıl uyum sağladığı analiz edilmiştir. Şekil 12 mobil robot engelsiz yol planı 1 üzerinde detaylandırılmıştır.



Şekil 12. Mobil Robot Engelli Yol Planı

4.3 Senaryo 3

Üçüncü senaryo, robotun başka bir yol planı yaparak hedef yolunu değiştirmesinin gerektiği durumları ayrıntılı olarak göstermektedir. Bu senaryo, robotun, cisimler hedef yolunu tamamen kapattığında, yeni bir yol planı oluşturarak hedef yolunu değiştirmesini vurgulamaktadır. Şekil 13 mobil robot engelsiz yol planı 2 üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 13. Mobil Robot Engelli Yol Planı

Bu çalışmada, otonom mobil robotun hareket tahmini sürecinde Kalman filtresiz ve Kalman filtresi kullanılarak elde edilen sonuçlar detaylı bir şekilde incelenmiştir. Elde edilen veriler, iki farklı yöntemin robotun konumunu tahmin etme yeteneği üzerindeki etkilerini göstermektedir. Kalman filtresiz yöntemle elde edilen sonuçlar, hızlı ve doğru bir hareket tahmini sağlama konusunda sınırlamalar ortaya koymaktadır. Bu yöntem, sensör verilerinin gürültüsü ve sistem modelindeki belirsizliklerle başa çıkmakta zorlanmaktadır, bu da konum tahmininin güvenilirliğini azaltmaktadır. Öte yandan, Kalman filtresi kullanılarak elde edilen sonuçlar daha kesin ve güvenilir bir konum tahmini sağlamaktadır. Kalman filtresinin belirsizlikleri düzeltme ve sensör verilerini daha etkili bir şekilde entegre etme yeteneği, robotun gerçek dünya koşullarında daha iyi performans sergilemesine olanak tanımaktadır. Bu bulgular, Kalman filtresinin otonom mobil robotun hareket tahmini sürecinde önemli bir rol oynayabileceğini ve sistem performansını artırabileceğini göstermektedir.

4.4 Teşekkür

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde her türlü imkânı sağlayan Robot Teknolojileri ve Akıllı Sistemler Uygulama ve Araştırma Merkezi (ROTASAM)'a teşekkür ederiz.

4.5 Rakip Çıkarlar

Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

4.6 Yazarların Katkıları

Gökhan ATALI: Makale için fikir geliştirme, sonuçlara ulaşma yöntemlerini planlama, sonuçların açıklanması ve sunumu için sorumluluk alma, literatür taraması sorumluluğunu alma, makalenin tamamının oluşturulmasında katkı sağlama.

Şeyma DEĞİRMENCİ: Makale için fikir geliştirme, sonuçlara ulaşma yöntemlerini planlama, sonuçların açıklanması ve sunumu için sorumluluk alma, literatür taraması sorumluluğunu alma, makalenin tamamının oluşturulmasına ek olarak, bu çalışmada robotun otonom sürüşünde ve elektronik bağlantılarında da aktif bir rol üstlenmiştir.

Emre DEMİRÖZ: Makale için fikir geliştirme, sonuçlara ulaşma yöntemlerini planlama, sonuçların açıklanması ve sunumu için sorumluluk alma, literatür taraması sorumluluğunu alma, makalenin tamamının oluşturulmasına ek olarak, bu çalışmada robotun otonom sürüşünde ve elektronik bağlantılarında da aktif bir rol üstlenmiştir.

Kaynakça

- [1] E. Çirioğlu, A. S. Çetin, and A. Albayrak. "Yiyecek içecek işletmelerinde kullanılan dijital uygulamaların Swot analizi ile değerlendirilmesi." pp. 127, Kongre Kuralları , 2021.
- [2] G. Özgürel. "Turizmde robotlaşma: Yiyecek-içecek sektöründe robot şefler ve robot garsonlar.", pp. 1849-1882, OPUS International Journal of Society Researches 18. Yönetim ve Organizasyon Özel Sayısı, 2021. <https://doi.org/10.26466/opus.899296>
- [3] D. Okatan and Y. Yıldırım. "ENDÜSTRİ 4.0 TEKNOLOJİLERİNİN TURİZM SEKTÖRÜNE YANSIMALARI: LİTERATÜR İNCELEMESİ.", pp. 168-185, vol.4, no.2, Journal of Tourism Intelligence and Smartness, 2021.
- [4] G. Lukanova and G. Ilieva. "Robots, artificial intelligence, and service automation in hotels." pp. 157-183, Robots, artificial intelligence, and service automation in travel, tourism and hospitality. Emerald Publishing Limited, 2019. <https://doi.org/10.1108/978-1-78756-687-320191009>
- [5] M. Çerkez and Ö. Kızıldemir. "Yiyecek-içecek işletmelerinde yapay zekâ kullanımı." pp. 1264-1278, vol.4, no.2, Türk Turizm Araştırmaları Dergisi, 2020.
- [6] R.E. Özgüneş, D. Bozok, and D. Küçükaltan. "Yiyecek ve içecek sektöründe ileri teknoloji ve pandemik düzene doğru: yakın gelecekte bir robota 'eline sağlık!' diyebilir miyiz?." pp.1124-1139, vol.22, no.4, Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 2020. <https://doi.org/10.32709/akusosbil.797343>
- [7] S.K. Özsoy. "İnsan Ve Servis Robotları Etkileşimi: Roomba Robotik Elektrik Süpürgesi İtalya Ev Örneği." Diss. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [8] S. İbiş. "Turizm endüstrisinde robotlaşma.", pp. 403-420, vol.3, no.3, TÜRK TURİZM ARAŞTIRMALARI DERGİSİ, 2019.
- [9] Ş.B. Uzan and Y. Sevimli. "Gastronomideki robotik uygulamalar ve yapay zekâ.", pp. 46-58, vol.2, no.2, Tourism and Recreation, 2020. <https://dergipark.org.tr/en/pub/tourismandrecreation/issue/59266/777446>
- [10] S. Doğan and A. Vatan. "Misafirler, hizmet robotları hakkında ne düşünüyor? TripAdvisor'daki yorumlara yönelik bir araştırma.", 2019.
- [11] A. Glasauer and N. S. Chandel. "Ros.", pp. 100-102, vol.23, no.3, Current Biology, 2013. <https://doi.org/10.1155/2021/7753857>
- [12] M. Gök, Ö.Ş. Akçam and H. Aydemir. "Otonom Mobil Robotlar İçin ROS El Kitabı." 2022. <https://hdl.handle.net/20.500.12452/9176>
- [13] İ. Çayiroğlu. "Kalman filtresi ve programlama." Fen ve Teknoloji Bilgi Paylaşımı vol. 1, 2012.



© 2020 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).