

GAZİ

JOURNAL OF ENGINEERING SCIENCES

## The Design Process Model with Deep Learning Support for Unmanned Ground Vehicles

Cüneyd Demir<sup>a</sup>, Cengiz Eldem<sup>b</sup>

Submitted: 03.09.2024 Revised: 08.12.2024 Accepted: 28.12.2024 doi: 10.30855/gmbd.0705AR15

### ABSTRACT

**Keywords:** UGV, Unmanned ground vehicle, Deep learning, Design process model

<sup>a</sup> Kırşehir Ahi Evran University,  
Mucur Vocational School,  
Dept. of Computer Technologies,  
40100 – Kırşehir, Türkiye  
Orcid: 0000-0002-4628-7786

<sup>b</sup> Gazi University,  
Technology Faculty,  
Dept. of Industrial Design Engineering  
06560 – Ankara, Türkiye  
Orcid: 0000-0001-6652-7452

\*Corresponding author:  
cuneyd.demir@ahievran.edu.tr

The study focuses on the challenges associated with the design of unmanned ground vehicles (UGVs), which are among the most critical elements of modern defense technologies. These vehicles are prominent for their high performance in critical military operations and provide tactical superiority for countries in various areas, from ground operations to safe withdrawal at the international level. The study emphasizes the necessity of using modern design techniques instead of traditional methods and, in this context, introduces a new design process model. The model consists of three fundamental stages. The first stage involves defining the problem, detailing the specifications, and identifying the requirements and constraints. The second stage focuses on evaluating alternative proposals and selecting a solution compatible with artificial intelligence. In this stage, the most suitable UGV was identified using deep learning techniques, particularly through a three-layer artificial neural network architecture, achieving successful predictions with a %99.7 accuracy rate. The final stage includes presenting the proposed solution for user feedback and approval. The findings demonstrate that deep learning methods can be effectively used in UGV design, providing strategic advantages with high accuracy rates.

## İnsansız Kara Araçları İçin Derin Öğrenme Destekli Tasarım İşlem Modeli

### ÖZ

Çalışmanın temelinde modern savunma teknolojilerinin en kritik unsurlarından biri olan insansız kara araçlarının (İKA) tasarımına yönelik sorunlar ele alınmıştır. Bu araçlar, kritik askeri operasyonlarda yüksek performans ile ön plana çıkmakta ve uluslararası düzeyde, kara operasyonlarından emniyetli geri çekilmeye kadar birçok alanda ülkeler için taktiksel üstünlük sağlamaktadır. Bu çalışmada, geleneksel tasarım yöntemlerinden ziyade modern tasarım tekniklerinin kullanılması gerektiği vurgulanmış ve bu bağlamda yeni bir tasarım işlem modeli geliştirilmiştir. Tasarım işlem modeli, üç temel aşamadan oluşmaktadır. İlk aşama, problemin tanımlanması, şartname bilgilerinin detaylandırılması ve ihtiyaç-kısıtların belirlenmesi sürecini kapsamaktadır. İkinci aşama ise alternatif önerilerin değerlendirilmesi ve yapay zekâ ile uyumlu bir çözümün seçilmesidir. Bu aşamada, derin öğrenme teknikleri kullanılarak en uygun İKA belirlenmiştir. Özellikle üç katmanlı bir yapay sinir ağı mimarisi kullanılmış ve %99,7 doğruluk oranı ile başarılı tahminler elde edilmiştir. Son aşama, kullanıcı geri bildirim ve onayı için çözüm önerisinin sunulmasını içermektedir. Elde edilen bulgular, derin öğrenme yöntemlerinin İKA tasarımında etkin bir şekilde kullanılabileceğini ve yüksek doğruluk oranları ile stratejik avantajlar sağlanabileceğini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** İKA, İnsansız kara araçları, Derin öğrenme, Tasarım işlem modeli

## 1. Giriş (Introduction)

İnsansız kara aracı (İKA), geleceğin ordularında önemli bir rol oynayan otonom sistemlerdir. Bu araçlar, üzerlerinde bulunan elektronik görüş sistemleri, çeşitli sensörler ve uzaktan kumandalı silah sistemleri sayesinde savaş alanındaki riskleri minimize etmek ve herhangi bir tehdidi etkisiz hale getirmek amacıyla tasarlanmıştır. İnsansız kara aracının güncel tanımı, yüksek hareket kabiliyetine sahip ve dayanıklı bir platform üzerinde, göreve özgü çeşitli modüllerin eklenerek uyum sağlayabildiği bir araç olarak yapılabilir. Bu araçlar, ayarlanabilir otonomi düzeyleri ve modüler kontrol konsolları ile uzaktan yönetilebilir, zeminle temas ederek ilerleyen yeni nesil insansız araçlar olarak ifade edilir [1].

Gelişen teknolojiyle insansız kara araçları savunma, tarım, lojistik ve keşif gibi alanlarda önemli bir yer edinmiştir. Kaynak araştırmaları, İKA üzerine yapılan çalışmaların genellikle otonom hareket, engel algılama, yol planlaması, sensör entegrasyonu ve çeşitli endüstriyel uygulamalara odaklandığını göstermektedir. Bununla birlikte, İKA tasarımı üzerine gerçekleştirilen araştırmalarda çoğunlukla geleneksel yöntemlerin kullanıldığı belirlenmiştir. Bu eksiklikleri gidermek amacıyla, modern tasarım metodolojilerini temel alan ve derin öğrenmeyi karar verme aşamasında entegre eden yeni bir tasarım işlem modeli geliştirilmiştir.

Geliştirilen model, askeri İKA tasarımını derin öğrenme ile gerçekleştirme kapasitesine sahip olup, bu araçların doğru seçim ve konfigürasyonunu sağlayarak görev etkinliğini artırmayı hedeflemektedir. Literatürde, modern tasarım metodolojilerini esas alan kapsamlı bir tasarım işlem modelinin eksikliği, karar süreçlerinde derin öğrenmenin kullanılmamış olması ve kullanıcı odaklı bir programın bulunmaması, bu çalışmayı akademik ve özgün açıdan önemli kılmaktadır.

Son yıllarda askeri maksatlı insansız kara araçları ile ilgili yapılan önemli çalışmalar detaylı olarak verilmiştir. Yamauchi (2004), askeri insansız kara aracı olan iRobot PackBot platformuyla gerçekleştirilen kimyasal ve radyasyon algılama için CHARS, İKA ve İHA özelliklerini birleştiren Griffon, yaralı taşıma için Valkyrie ve otonom şehir içi navigasyon geliştiren Wayfarer olmak üzere dört Ar-Ge projesini tanıtmaktadır [2]. Hussain ve arkadaşları (2005), evrimsel hesaplama ve ajan tabanlı teknolojiler kullanarak İKA'ların taktiksel tepkilerini optimize eden ve hızlı lojistik planlama sağlayan bir prototip geliştirmiştir [3]. Trentini ve Beckman (2010), asimetrik çatışmalarda yaya askerlerin farkındalığını artırmak için İKA'ların yük taşıma ve destek, İHA'ların ise gözetim ve hızlı manevra kabiliyetiyle iş birliği yapmasını önermektedir [4].

Arrshith ve arkadaşları (2018), elektromanyetik tabanca ile donatılmış, kompakt ve kamuflej yeteneklerine sahip insansız kara araçlarının, mayın temizleme, lojistik destek ve silah montajı gibi görevlerde askeri birliklere güvenli bir şekilde destek sağladığını ele almıştır [5]. Naranjo ve arkadaşları (2018), manuel kullanım seçeneğini korurken otonom navigasyon ve teleoperasyon yetenekleri kazandıran, askeri hizmet araçlarını insansız kara araçlarına dönüştüren bir otomasyon kiti geliştirmiştir [6]. Nohel ve arkadaşları (2020), Manevra Kontrol Sistemi CZ ile otonom araç gruplarının taktiksel kullanımını ormanlık ve açık arazilerde üç senaryoyla değerlendirerek, askerlerin hayatını koruma ve düşmanı etkisiz hale getirme amaçlarına odaklanmıştır [7].

Chothani ve arkadaşları (2020), tehlikeli çevre ve coğrafi engellere uyum sağlayabilen, uzaktan kontrol edilebilen ve otonom engel kaçınma yeteneğine sahip düşük maliyetli bir insansız kara aracı tasarlamıştır [8]. Ni ve arkadaşları (2021), X-by-wire teknolojisi ve bulut tabanlı kontrol yaklaşımlarının insansız kara araçlarının çevre algılama, hareket planlama ve dinamik kontrol performansını artırmadaki rolünü incelemiştir [9]. Vichore ve arkadaşları (2021), çatışma bölgelerinde insan kaybını azaltmak için, gerçek zamanlı görüntü işleme algoritmalarıyla otonom veya internet üzerinden uzaktan kontrol edilebilen bir insansız kara aracı geliştirmiştir [10]. Hajdu ve arkadaşları (2022), askeri insansız kara araçlarının dayanıklılığını ve sürdürülebilirliğini analiz ederek, duyuşal bileşenlere dayalı bir sistem-özerklik dayanıklılık sınıflandırması ve teorik bir çözüm önerisi sunmuştur [11]. Rashid ve arkadaşları (2022), uzaktan kontrol edilen sürüş ve %45 hedef vurma oranına sahip AK-47 simülasyonu ile donatılmış ateşleme mekanizması sunan bir insansız kara aracı prototipi geliştirmiştir [12]. Krecht ve arkadaşları (2023), askeri insansız kara araçlarının dayanıklılığını süreç grafikleriyle nicel olarak analiz eden bir yöntem sunarak, bu yaklaşımı bir İKA'nın algılama alt sistemi üzerinde uygulamış ve sonuçları değerlendirmiştir [13].

Rahman ve arkadaşları (2023), yüz tanıma için Haar-cascade ve LBPH algoritmalarını kullanan, lazerli

taret sistemiyle asker katılımını azaltarak güvenlik sorunlarını çözmeyi hedefleyen bir insansız kara aracı geliştirmiştir [14]. Wu ve arkadaşları (2023), askeri insansız kara araçlarının otonom yeteneklerini ölçmek için çevresel karmaşıklığı nesnel ve öznel boyutlarıyla değerlendiren entropi tabanlı bir hiyerarşik yöntem önermiştir [15]. Pan ve arkadaşları (2024), düşük irtifa İHA ve İKA görüntü verilerini askeri istihbarata dönüştüren, MOCO veri setiyle üstün performans gösteren MAE-MilitIC adlı görüntü altyazılama mimarisini tanıtmıştır [16].

## 2. Materyal ve Metot (Material and Method)

Askeri kullanım için geliştirilen bir tasarım programıyla, insansız kara araçlarının görev profilleri belirlenmiştir. Program kapsamında, temel mekanik sistemler tanımlanarak bir tasarım katalogu ve kataloga uygun bir veri tabanı oluşturulmuştur. Kullanıcı seçimleri doğrultusunda, sahada beklenen performans ve özellikler analiz edilmiş ve derin öğrenme karar mekanizması kullanılarak en uygun insansız kara aracı tasarımı gerçekleştirilmiştir.

### 2.1. Tasarım işlem modeli (Design process model)

Geçmişteki sistematik tasarım yöntemleri, modern teknolojilere entegre edilerek güncellenmiş ve karar verme yapılarıyla daha gelişmiş teknikler sunmuştur. Ancak, insansız kara araçları için derin öğrenme tabanlı tasarım işlem modellerinde bu yöntemlerin sınırlı kaldığı ve tek başına yeterli olmadığı görülmektedir. Her bir teknik, bilgi temsili, organizasyonu, karar yapısı ve alternatif çözüm üretme yöntemleri açısından kendine özgü özellikler barındırır da karmaşık tasarım süreçlerinde kapsamlı bir çözüm sunmada yetersiz kalmaktadır.

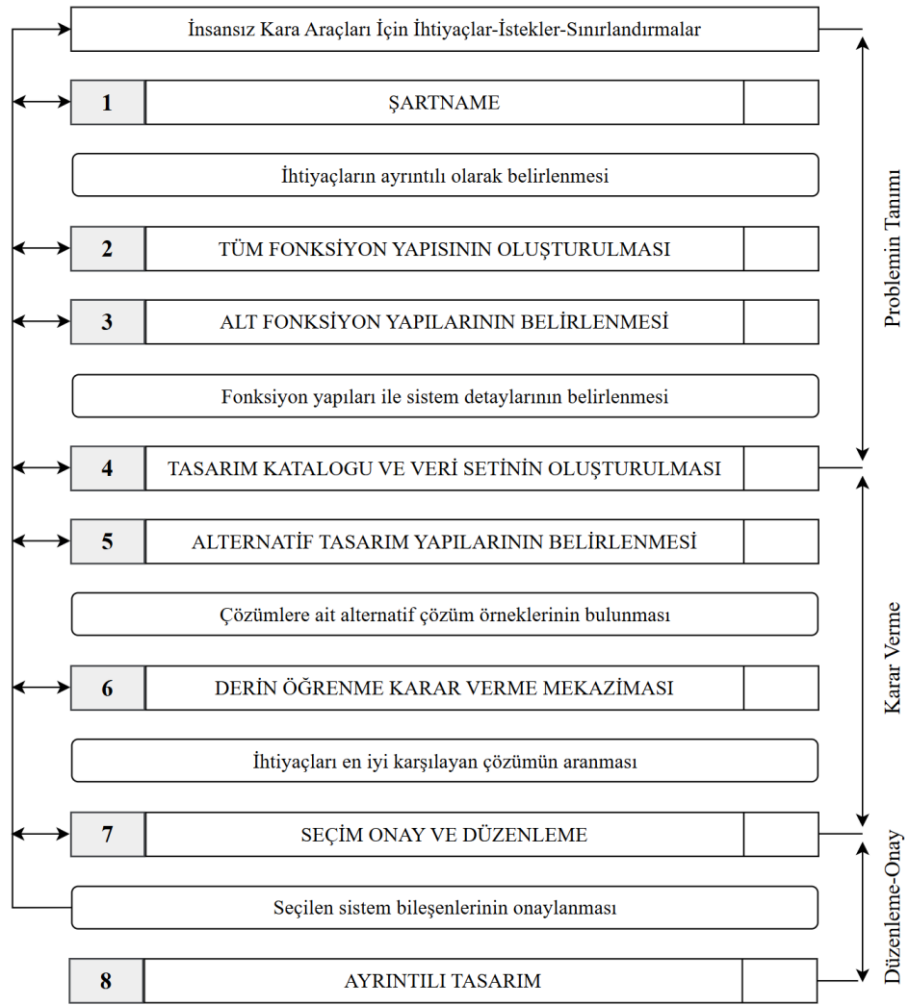
İnsansız kara araçları için, geleneksel yöntemlere kıyasla daha verimli, maliyet ve zaman açısından avantajlı, düşük hata oranına sahip modern tasarım tekniklerine geçiş hedeflenmiştir. Bu bağlamda, fonksiyonel tasarımı ifade edebilen, veri tabanını etkin kullanan, yapay zeka ile alternatif çözümleri değerlendiren ve geri bildirim sağlayabilen bir sistematik tasarım tekniği geliştirilmiştir. Bu yeni model, tasarım süreçlerini kolaylaştırarak daha etkili, uyarlanabilir ve yenilikçi çözümler sunmaktadır.

Geliştirilen tasarım işlem modeli üç ana aşamadan oluşmaktadır (Şekil 1):

- Problemin tanımı aşaması, insansız kara araçları için tasarım şartnamesi hazırlayarak fonksiyon yapılarını belirleyip alt fonksiyonlara ayırmak suretiyle, enerji, malzeme ve sinyal gibi girdilerle sistemin çıktıları arasındaki ilişkileri netleştiren ve katalog çözümlerine uyumlu bir yaklaşım sunan bir süreçtir.
- Karar verme aşaması, insansız kara araçları için fonksiyon yapıları ve ihtiyaç ilişkileri üzerinden derin öğrenme destekli karar verme teknikleriyle alt sistem elemanlarının seçimini hızlandıran, maliyetleri düşüren ve alternatif çözümler sunan bir değerlendirme sürecidir.
- Düzenleme ve onay aşaması, insansız kara aracının alt sistemlerinin, katalog esas alınarak en uygun yapıların seçimiyle belirlenip ayrıntılı tasarım öncesinde tamamlandığı süreci ifade eder.

Bu çalışmada öncelikle insansız kara aracı ile ilgili kompleks olan problemin tespiti yapılmıştır. Bu karmaşık problem, kötü hava koşullarına uyum sağlayabilen, yumuşak ve engebeli zeminler üzerinde etkili bir şekilde hareket edebilen, çeşitli intikal konfigürasyonlarına uygun hareket yeteneğine sahip, hem uzaktan kontrol edilebilen hem de otonom operasyonlara uygun şekilde donatılmış, uzun görev sürelerini destekleyen, yüksek manevra kabiliyetine sahip, görev amaçlarına uygun faydalı yükler taşıyabilme kapasitesine sahip, yüksek enerji verimliliği ve iyi yol tutuş özelliklerine sahip, geniş kapsama alanı sunan, istenilen hız ve ivmelenme seviyelerine ulaşabilen, yüksek stabilite özellikleriyle ve tasarım aşamasında belirlenen genel ve özel şartlara uygun dayanıklılık, güvenlik ve fonksiyonellik açısından optimize edilmiş bir insansız kara aracının tasarımıdır.

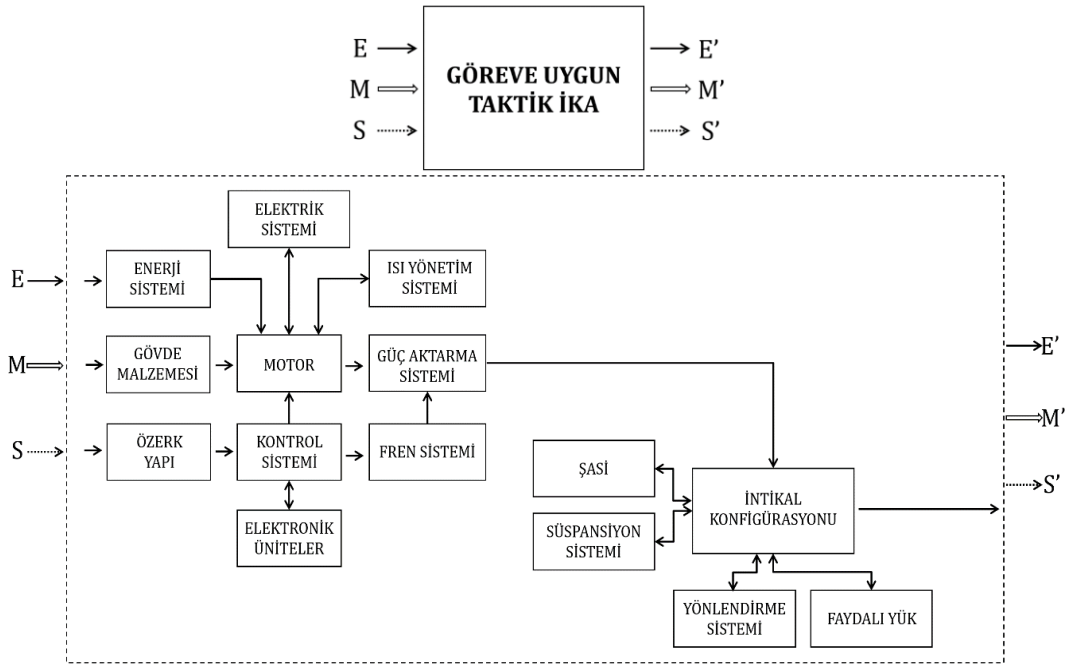
Karar verme yapısı olan derin öğrenmenin uygun alternatifleri oluşturulabilmesi için, şartname aşamasında tasarımcıdan ya da müşteriden bazı cevaplar istenmektedir. Tasarımcı ya da müşteriden karar verme sistemi için insansız kara aracının maliyeti, boyutsal sınıflandırması, özerklik seviyesi, kapsama alanı, yerine getireceği görevler, kullanılacak motor tipi, görev yapacağı arazi tipi, manevra kabiliyeti durumlarına dair cevaplar istenmektedir.



Şekil 1. Tasarım işlem modeli  
(Design process model)

Tasarlanan sistem yapısı, enerji, malzeme ve sinyal bileşenlerini giriş ve çıkış olarak ele alarak, insansız kara aracının çalışma prensibini yüksek düzeyde temsil eder. Fonksiyon yapısı, sistemin girdileri (E, M, S) ve çıktıları (E', M', S') ile alt sistemlere ayrılmıştır. Şekil 2, genel fonksiyon yapısını ve alt sistemlerin ilişkilerini ve bağlantılarını açıklayan bir blok diyagramdır. Bu yapı, insansız kara aracının farklı bileşenlerinin nasıl bir bütün olarak işlediğini göstermektedir.

Şekil 2'de insansız kara aracının enerji, mekanik ve elektronik sistemleri arasındaki etkileşimler açıkça gösterilmiştir. Enerji sistemi, motora güç sağlar ve bu motor, sistemin merkezi bileşeni olarak görev yapar. Motor, elektrik sistemi, ısı yönetim sistemi, güç aktarma sistemi ve kontrol sistemi ile bağlantılıdır. Güç aktarma sistemi, motor tarafından üretilen gücü diğer parçalara aktarır. Kontrol sistemi ise motorun, elektronik ünitelerin ve özerk yapıların operasyonlarını yönetir. Bu kontrol sistemi, aynı zamanda fren sistemi ile de ilişkilidir. Aracın yapısal bileşenleri arasında gövde malzemesi ve şasi bulunmaktadır. Şasi, aracın iskeletini oluşturur ve intikal konfigürasyonu ile bağlantılıdır. Süspansiyon sistemi, intikal konfigürasyonu ile çalışarak aracın sürüş ve yol tutuş özelliklerini yönetir. İntikal konfigürasyonu, şasi, süspansiyon sistemi, yönlendirme sistemi ve faydalı yük ile etkileşim içerisindedir. Yönlendirme sistemi, aracın yön kontrolünü sağlar. Faydalı yük ise aracın görevine yönelik sistemleri üzerine alır. İnsansız kara aracı, birbiriyle etkileşimde olan bütün sistemlerin entegre bir şekilde sağlıklı olarak çalışması ile harekete geçer.



Şekil 2. Tüm ve alt fonksiyon yapısı  
(Overall and sub-functions structure)

Kavramsal tasarım süreci, sistem yapılarının ve ilişkilerinin belirlenmesiyle başlar. Alt sistemlere uygun tüm mekanik yapıların bilinmesi, alternatif çözümler geliştirilmesini sağlar. Bu çözümler, çeşitli değerlendirme yöntemleriyle analiz edilerek en uygun seçenekler belirlenir. Kavramsal tasarımda uygun çözümün sembolik bir temsili yeterlidir. Boyutlandırma, mukavemet hesapları ve detaylı şekillendirme gibi işlemler mühendislik aşamasında gerçekleştirilir.

İnsansız kara aracı tasarımına etkiyecek nedenlerin başında, insansız kara aracının kullanım amacının ve intikal konfigürasyonunun belirlenmesi gelir. Özerk yapısının ve kontrol yönteminin belirlenmesi, üzerine alacağı faydalı yük ile görevinin tespiti, motor türü ve buna göre enerji sisteminin saptanması, güç aktarma, fren, ısı yönetim ve elektrik sistemlerinin belirlenmesi, çalışacağı arazi tipine göre süspansiyon sisteminin seçimi, manevra kabiliyetine göre yönlendirme sisteminin belirlenmesi, ortalama ağırlığının kaç kilogram aralığında olacağını saptanması, dayanıklılığının belirlenmesi vb. bütün seçimler insansız kara aracının kullanım amacına ve intikal konfigürasyonuna bağlı olarak belirlenecek alt sistemlerdir.

Tasarım işlem modelinde, alternatif tasarımların üretilmesi, düzenlenmesi ve fonksiyonel yapılar üzerinde değişikliklerin yapılması için, olabildiğince geniş bir çözüm yelpazesi sunabilen tasarım katalogları kullanılmıştır. İnsansız kara araçlarının genel tasarımında, birbirleriyle karmaşık ilişkiler içinde olan çok sayıda alt sistem bulunmaktadır (Tablo 1).

Tasarım gereksinimleri, alt sistemler arasındaki ilişkiler dikkate alınarak analiz edilmiş ve en uygun çözümün belirlenebilmesi için kapsamlı bir veri seti hazırlanmıştır. Bu veri seti, tasarım katalogundan alınan özerk yapı, kontrol sistemi, faydalı yük, gövde malzemesi, motor, enerji sistemi, güç aktarım sistemi, fren sistemi, ısı yönetim sistemi, elektrik sistemi, yönlendirme sistemi, süspansiyon sistemi, intikal konfigürasyonu, şasi ve elektronik ünitelerden oluşan 15 ana parametreyi kapsamaktadır.

Tasarım katalogu üzerinden oluşturulan çözüm uzayında toplamda 907 milyon 200 bin çalışan ve çalışmayan sistem bulunmaktadır. Ancak, hazırlanan veri seti, 15 ana parametre için doğrulanmış ve uygulanabilir yaklaşık 15 bin çalışan sistemden oluşmaktadır. Bu sistemler, tasarım katalogunda yer alan farklı özellik ve yapıdaki alternatifleri kapsamaktadır. Veri setinin kalitesi, yalnızca doğrulanmış ve pratikte uygulanabilir yapıların seçilmesiyle sağlanmıştır.

Verilerin güvenilirliği, bir insansız kara aracının çalışma prensiplerine uygun şekilde parametreler ve bu parametre çeşitleri üzerinde yapılan kapsamlı literatür taramaları ile desteklenmiştir. Veri artırma sürecinde mevcut parametre kombinasyonlarının türevleri alınarak veri çeşitliliği artırılmış, ayrıca tasarım kataloguna eklenebilecek yeni parametreler veri artırma işlemi desteklemiştir.

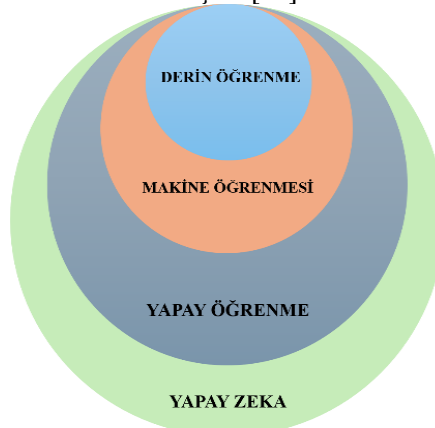
Tablo 1. İKA tasarım kataloğu  
(UGV design catalog)

TASARIM KATALOGU											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Özerk Yapı	Manuel	Yarı-Otonom	Otonom							
2	Kontrol Sistemi	RF Kumanda	Uzaktan Kumanda Modülü	Uydu							
3	Faydalı Yük	Gözetleme Sistemi	Bomba İmha Sistemi	Taşıyıcı Sistem	Silah Sistemi	Mayın-Engel Temizleme Sistemi					
4	Motor	0-20 kw	20-75 kw	75-300 kw	300+ kw	25-100 Hp	100-400 Hp	400+ Hp	25-100 Hp + 0-20kw	100-400 Hp + 20-75 kw	400+ Hp + 75+ kw
5	Yönlendirme Sistemi	Ackerman	Diferansiyel	4WS	Skid-Steer	Aktif Dönüşlü					
6	Süspansiyon Sistemi	Kauçuk-Elastomerik	Yay ve Amortisör Sistemleri	MacPherson	Çift Salıncaklı	Burulabilen Mil	Katı Aks	Hidroprnömatik			
7	Gövde Malzemesi	Polimer Malzemeler	Kompozit Malzemeler	Alüminyum Alaşımlar	Çelik Alaşımlar						
8	Enerji Sistemi	Pil	Batarya	Yakıt Hücresi	Yakıt Tankı						
9	Güç Aktarma Sistemi	Sabit Oranlı Transmisyon	Elektrikli Transmisyon	Değişken Oranlı Transmisyon							
10	Fren Sistemi	Dinamik Frenleme	EBS	ABS	Rejeneratif Frenleme						
11	Isı Yönetim Sistemi	Hava Soğutmalı	Yağ Soğutmalı	Su Soğutmalı							
12	Elektrik Sistemi	Akisüz	12V-Akü	24V-Akü	28V-Akü						
13	Elektronik Üniteler	Sensörler-Kameralar-İşlemciler-Güç Dağıtım Üniteleri-Kablolar									
14	İntikal Konfigürasyonu	2 Tekerlekli	4 Tekerlekli	6 Tekerlekli	8 Tekerlekli	Paletli					
15	Şasi	2 Tekerlekli Şasi	4 Tekerlekli Şasi	6 Tekerlekli Şasi	8 Tekerlekli Şasi	Paletli Şasi					

## 2.2. Derin öğrenme (Deep learning)

Yapay zeka, teoriden pratiğe geçerek problemlerin çözümü için algoritmalar geliştirilmesine ve ürün ile hizmetlerde etkin kullanımına olanak sağlamıştır [17]. Yapay zeka, insan davranışlarını taklit eden robotlar ve konuşma, anlama, görme gibi insan zekası işlevlerini gerçekleştiren programlar geliştirmeyi hedefler. Temel amacı, akıllı makineler oluşturup zekanın özünü keşfetmektir [18]. Yapay öğrenme, makinelerin görevleri yerine getirme ve sorunları otomatik çözüme yeteneklerini geliştirmeyi amaçlar. Yapay zeka ve alt kategorilerinin hiyerarşik yapısı Şekil 3'te gösterilmiştir [19].

Makine öğrenimi, verileri analiz ederek öngörü ve modelleme yeteneği kazandıran algoritmalar geliştiren yapay zeka disiplini [20]. Makine öğrenimi, matematiksel modeller ve ayarlanabilir parametreler kullanarak verileri analiz eder, tahminler yapar ve yeni içgörüler sağlar. Verilerin işlenmesi, öznetelik çıkarımı ve normalizasyon süreçlerinden geçtikten sonra, sınıflandırma algoritmaları ile analiz gerçekleştirilir [21]. Yapay sinir ağlarındaki katmanlı yapı ile alt seviyeden üst seviyeye veri soyutlamaları öğrenir. Geri yayılım algoritmasıyla parametreler ayarlanarak, büyük veri setlerindeki karmaşık yapılar modellenir ve anlaşılır [22].



Şekil 3. Yapay zeka ve alt dalları [28]  
(Artificial Intelligence and Its Subfields)

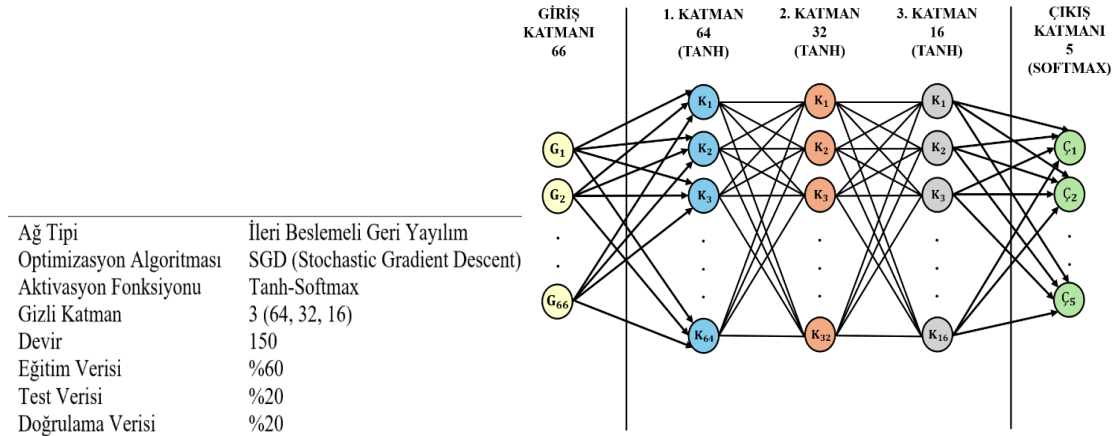
Derin öğrenme, katmanlar arası hiyerarşik yapısıyla otomatik özellik çıkarımı yapabilen, çoklu



işlemleri eş zamanlı gerçekleştiren bir yöntemdir [23]. Derin öğrenme modelleri, doğrudan veriden öğrenerek geniş veri seti ihtiyacını azaltır. Yüksek boyutlu verilerde karmaşık yapıları çözmeye yeteneğiyle konuşma, görme, doğal dil işleme, konuşma tanıma, bilgisayarlı görü ve çoklu görev öğrenimi gibi geniş bir uygulama alanı sunar [24]. Geçmişte derin öğrenme, veri işleme kapasitelerinin yetersizliği nedeniyle yaygın değildi. Günümüzde ise yeterli veri ve gelişmiş altyapılar sayesinde geniş çapta kullanılabilir hale gelmiştir [25]. Derin öğrenme, yapay sinir ağları ve çok katmanlı modellerle veri ayrıştırması yapar ve görsel tanıma, konuşma algılama, nesne tespiti, ilaç geliştirme ve genom analizi gibi alanlarda hızla ilerlemektedir [26]. Derin öğrenme, makine öğrenmesinin bir dalı ve yapay zekanın temel bileşenlerinden biridir. Büyük verilerden anlam çıkararak sonuçlar üreten bu yöntem, özellikle görüntü işleme ve nesne tanıma gibi alanlarda önemli bir yer tutmaktadır [27]. Derin öğrenme, makine öğrenmesinin en çarpıcı ve önemli uygulamalarını gerçekleştirmeyi sağlamıştır.

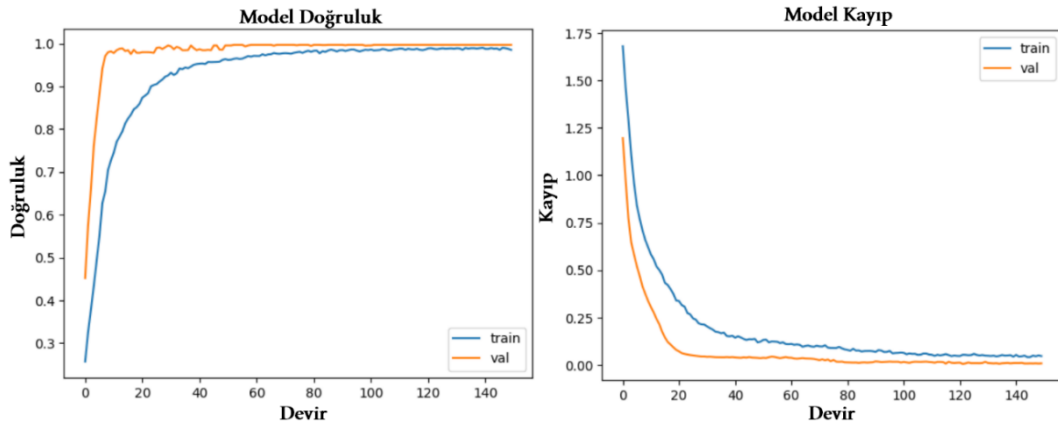
### 2.3. Yapay sinir ağları modeli (The artificial neural network model)

Yapay sinir ağları, insan beyninden esinlenerek geliştirilen ve karmaşık veri ilişkilerini öğrenebilen güçlü bir sınıflandırma algoritmasıdır. Geliştirilen tasarım işlem modelinin derin öğrenme ile karar verme aşamasında kullanılmak üzere bir YSA modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen YSA modeli, ileri beslemeli geri yayılım mimarisine tasarlanmış, kayıp fonksiyonunu minimize etmek için SGD optimizasyon algoritması kullanılmıştır. Aktivasyon fonksiyonları olarak Tanh ve Softmax seçilmiş, modelde sırasıyla 64, 32 ve 16 nöronlu üç gizli katman bulunmaktadır. Model, 150 devir boyunca eğitilmiş ve veri kümesi %60 eğitim, %20 test, %20 doğrulama olarak bölünmüştür. Detaylar Şekil 4'te sunulmuştur.



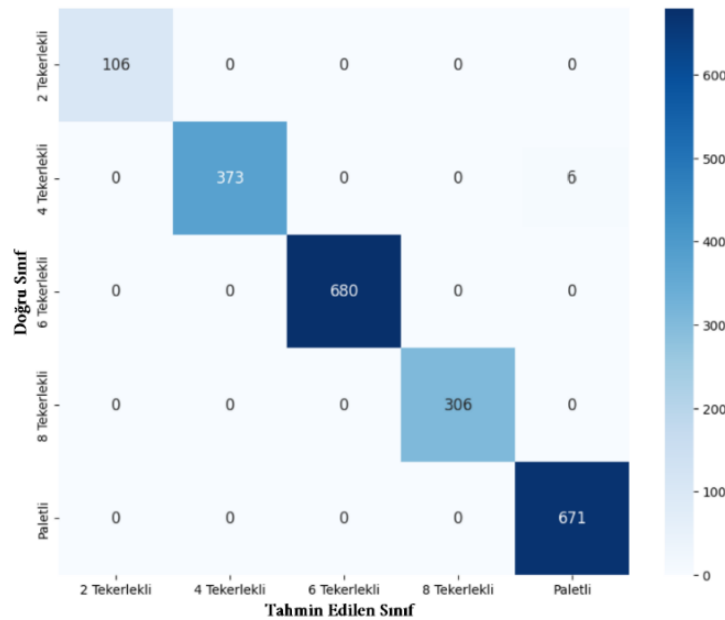
Şekil 4. Model mimarisi  
(Model architecture)

Modelin doğrulama verisinde kısa sürede yüksek doğruluk seviyesine ulaşip bunu koruması, eğitimin etkili olduğunu göstermektedir. Eğitim verisi üzerindeki kayıp değerinin düzenli olarak azalması, başarılı bir öğrenme sürecine işaret etmektedir. Şekil 5'te görüldüğü gibi, model hem eğitim hem de doğrulama verilerinde performansını optimize etmiş, doğrulama kaybı başlangıçta hızla düşüp sabit bir seviyeye ulaşmıştır. Bu durum, modelin istikrarlı bir performans sergilediğini ve aşırı öğrenme belirtilerinin olmadığını göstermektedir.



Şekil 5. Model doğruluk ve kayıp grafikleri  
(Model accuracy and loss graphics)

Modelin sınıflandırma performansı Şekil 6'da bulunan karışıklık matrisi grafiği üzerinde gösterilmektedir. Modelin neredeyse bütün sınıfları için doğru sınıflandırma mevcut iken 6 adet 4 tekerlekli insansız kara aracı paletli olarak yanlış bir şekilde sınıflandırılmıştır.



Şekil 6. Karışıklık matrisi  
(Confusion matrix)

Tablo 2'de, 3 gizli katman ve 64, 32, 16 nöron sayısı ile oluşturulan modellerde, Adagrad, Adam, Lion, Nadam, RMSprop ve SGD optimizasyon algoritmaları farklı aktivasyon fonksiyonları (relu, sigmoid, tanh) ile denenmiştir. Modellerin performansı, Anaconda Jupyter Notebook ortamında elde edilen karışıklık matrisleri kullanılarak değerlendirilmiş ve doğruluk, kesinlik, duyarlılık, F1 skoru gibi metriklerle karşılaştırılmıştır. Bu analizler, deneme yanılma yöntemiyle en iyi modelin belirlenmesine yöneliktir ve sonuçlar tabloda detaylı olarak sunulmuştur.



Tablo 2. Deneme-yanılma yöntemi ile performans metrikleri raporu  
(Performance metrics report using trial and error method)

3 katmanlı (64, 32, 16) nöron sayılı	Optimizasyon Algoritmaları	Aktivasyon Fonksiyonu	Doğruluk	Sınıflar	Kesinlik	Duyarlılık	F1 Ölçütü
	3 katmanlı (64, 32, 16) nöron sayılı	Adagrad	Tanh	0.944	2 Tekerlekli	0.67	0.65
4 Tekerlekli					0.97	0.90	0.93
6 Tekerlekli					0.99	0.96	0.97
8 Tekerlekli					0.88	1.00	0.93
Paletli					0.99	1.00	0.99
Adam		Sigmoid	0.969	2 Tekerlekli	1.00	1.00	1.00
				4 Tekerlekli	1.00	0.93	0.96
				6 Tekerlekli	0.89	0.99	0.94
				8 Tekerlekli	1.00	1.00	1.00
				Paletli	0.99	1.00	0.99
		Tanh	0.974	2 Tekerlekli	0.85	1.00	0.92
				4 Tekerlekli	1.00	0.99	1.00
				6 Tekerlekli	0.90	1.00	0.95
				8 Tekerlekli	1.00	0.93	0.96
				Paletli	1.00	1.00	1.00
Lion		Tanh	0.963	2 Tekerlekli	1.00	1.00	1.00
				4 Tekerlekli	1.00	0.98	0.99
				6 Tekerlekli	0.93	1.00	0.96
				8 Tekerlekli	1.00	0.90	0.95
				Paletli	0.99	1.00	1.00
SGD	Tanh	0.997	2 Tekerlekli	1.00	1.00	1.00	
			4 Tekerlekli	1.00	0.98	0.99	
			6 Tekerlekli	1.00	1.00	1.00	
			8 Tekerlekli	1.00	1.00	1.00	
			Paletli	0.99	1.00	0.99	
Nadam	ReLU	0.975	2 Tekerlekli	0.92	0.98	0.95	
			4 Tekerlekli	1.00	1.00	1.00	
			6 Tekerlekli	0.90	1.00	0.95	
			8 Tekerlekli	1.00	1.00	1.00	
			Paletli	1.00	0.85	0.92	
	Sigmoid	0.965	2 Tekerlekli	1.00	0.98	0.99	
			4 Tekerlekli	1.00	0.99	1.00	
			6 Tekerlekli	0.94	1.00	0.97	
			8 Tekerlekli	1.00	1.00	1.00	
			Paletli	0.99	1.00	1.00	
	Tanh	0.943	2 Tekerlekli	0.75	0.70	0.72	
			4 Tekerlekli	0.86	0.90	0.88	
			6 Tekerlekli	0.99	0.96	0.97	
			8 Tekerlekli	0.88	1.00	0.93	
			Paletli	1.00	0.99	0.99	
RMSprop	Sigmoid	0.937	2 Tekerlekli	1.00	0.56	0.72	
			4 Tekerlekli	1.00	0.97	0.99	
			6 Tekerlekli	0.92	1.00	0.96	
			8 Tekerlekli	1.00	1.00	1.00	
			Paletli	0.99	1.00	0.99	
	Tanh	0.967	2 Tekerlekli	1.00	0.99	1.00	
			4 Tekerlekli	0.84	0.93	0.88	
			6 Tekerlekli	1.00	0.94	0.97	
			8 Tekerlekli	0.97	1.00	0.99	
			Paletli	0.99	1.00	1.00	

#### 2.4. Makine öğrenmesi modelleri ile karşılaştırma (Comparison with machine learning models)

Tablo 3'te, Rastgele orman, K-NN ve YSA olmak üzere üç farklı makine öğrenimi sınıflandırma algoritmasının performansları karşılaştırılmıştır. Genel doğruluk oranlarına göre YSA (%99,7) en iyi performansı sergilerken, Rastgele Orman (%98,7) ve K-NN (%98,0) nispeten daha düşük doğruluk değerleri sunmuştur. Kesinlik, duyarlılık ve F1 skorları açısından da YSA tüm sınıflarda en yüksek değerlere ulaşmıştır. Rastgele orman algoritması bazı sınıflarda güçlü performans göstermiş olsa da özellikle tekerlekli araç sınıfında düşük duyarlılık ve kesinlik oranları ile dikkat çekmiştir. K-NN algoritması genel olarak dengeli bir performans göstermiş, ancak YSA'nın sağladığı yüksek doğruluk seviyesine erişememiştir. Sonuç olarak, YSA hem genel doğruluk hem de diğer sınıflandırma metriklerinde üstün performansı ile, tasarım işlem modeli karar verme mekanizmasında İKA intikal konfigürasyonu tespiti için en uygun algoritma olarak öne çıkmaktadır.

Tablo 3. Makine öğrenmesi algoritmaları ile performans metrikleri karşılaştırması  
(Comparison of performance metrics with machine learning algorithms)

Algoritma	Doğruluk	Sınıf	Kesinlik	Duyarlılık	F1 Ölçütü
Rastgele Orman	0.987	2 Tekerlekli	0.917	0.943	0.930
		4 Tekerlekli	0.956	0.982	0.969
		6 Tekerlekli	0.997	0.984	0.990
		8 Tekerlekli	1.000	1.000	1.000
		Paletli	1.000	0.994	0.997
K-NN	0.980	2 Tekerlekli	0.835	1.000	0.910
		4 Tekerlekli	0.964	0.982	0.973
		6 Tekerlekli	0.996	0.984	0.990
		8 Tekerlekli	0.998	0.990	0.994
		Paletli	0.995	0.995	0.995
Yapay Sinir Ağları	0.997	2 Tekerlekli	1.00	1.00	1.00
		4 Tekerlekli	1.00	0.98	0.99
		6 Tekerlekli	1.00	1.00	1.00
		8 Tekerlekli	1.00	1.00	1.00
		Paletli	0.99	1.00	0.99

### 2.5. Örnek uygulama (Sample application)

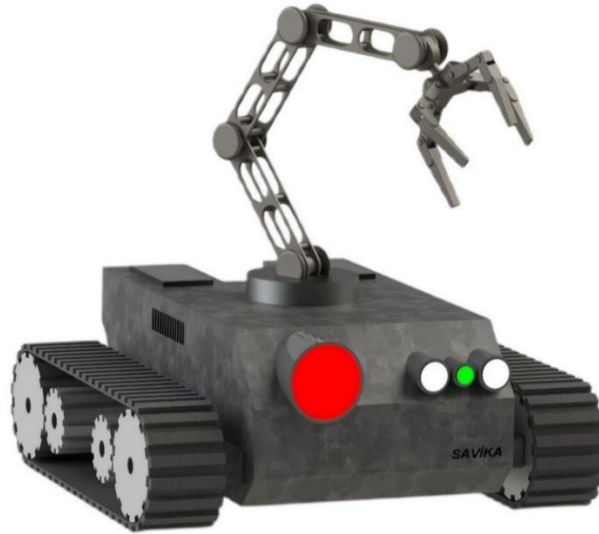
- İnsansız kara aracının maliyeti ne kadar olmalıdır?  
 0-30000 \$     30000-100000 \$     100000+ \$
- İnsansız kara aracının boyutsal sınıflandırması nasıl olmalıdır?  
 Hafif     Küçük     Orta     Ağır
- İnsansız kara aracının özerklik seviyesi ne olmalıdır?  
 1. Seviye     2. Seviye     3. Seviye
- İnsansız kara aracının kapsama alanı ne kadar olmalıdır?  
  $x < 2 \text{ km}^2$       $x < 5 \text{ km}^2$       $x \text{ km}^2$
- İnsansız kara aracının hangi görevleri yerine getirmesi beklenmektedir?  
 Keşif, Gözetleme ve İstihbarat     Bomba İmha     Lojistik  
 Saldırı ve Geri Emniyet     Mayın ve Engel Temizleme
- İnsansız kara aracında hangi tip motor kullanılmalıdır?  
 0-20 kw - Elektrikli     20-75 kw - Elektrikli     75-300 kw - Elektrikli  
 300+ kw - Elektrikli     25-100 Hp - Dizel     100-400 Hp - Dizel  
 400+ Hp - Dizel     25-100 Hp + 0-20kw - Hibrit     100-400 Hp + 20-75 kw - Hibrit  
 400+ Hp + 75+ kw - Hibrit
- İnsansız kara aracı hangi arazi tiplerinde kullanılacaktır?  
 Düz Sert Zemin     Düz Yumuşak Zemin  
 Engebeli Sert Zemin     Engebeli Yumuşak Zemin
- İnsansız kara aracının manevra kabiliyeti ne düzeyde olmalıdır?  
 Geniş Dönüş Yarıçapı     Orta Dönüş Yarıçapı     Dar Dönüş Yarıçapı

Tablo 4'te tasarım işlem modelinin çıkarım mekanizması sayesinde şartname sorularına verilen cevaplar ışığında veri setinden gelen bilgiler ile çoğu parametrenin tespiti sağlanmaktadır. Bütün bu bilgiler ışığında insansız kara aracının harekete geçmesi için gerekli olan en kritik parametresi intikal konfigürasyonu şartname süzgecinden geçirilerek ortaya çıkarılması işlemi tasarım işlem modelinin derin öğrenme karar verme mekanizması ile sağlanmaktadır. Ayrıntılı tasarım aşaması öncesi gerçekleştirilen tasarım işlem modeli son aşaması olan kavramsal tasarım ile ortaya çıkarılan en iyi alternatifin sembolik tasarımı Şekil 8'de verilmiştir.

Tablo 4. Karar verme aşaması sonrası sonuçlar  
(Results after the decision-making phase)

	Tasarım Katalogu Parametreleri	Parametre Çeşitleri	
1	Özerk Yapı	Manuel	
2	Kontrol Sistemi	RF Kumanda	
3	Faydalı Yük	Bomba İmha	
4	Motor	20-75 kw – Elektrikli	
5	Yönlendirme Sistemi	Skid-Steer Yönlendirme Sistemi	
6	Süspansiyon Sistemi	Yay ve Amortisör Sistemi	
7	Gövde Malzemesi	Kompozit Malzemeler	
8	Enerji Sistemi	Batarya	
9	Güç Aktarma Sistemi	Elektrikli Transmisyon	
10	Fren Sistemi	EBS (Elektronik Fren Sistemi)	
11	Isı Yönetim Sistemi	Su Soğutmalı	
12	Elektrik Sistemi	12V-Akü	
13	Elektronik Üniteler	Sensörler/Kameralar/İşlemciler/Güç Üniteleri/Kablolar	Dağıtım
14	İntikal Konfigürasyonu	Paletli	
15	Şasi	Paletli Şasi	

İnsansız kara aracı tasarımını etkileyen en önemli faktörlerden biri, aracın kullanım amacının ve intikal konfigürasyonunun belirlenmesidir. Aracın özerk yapısının ve kontrol yönteminin tanımlanması, taşıyacağı faydalı yük ile görevinin tespiti, motor türü ve buna bağlı olarak enerji sisteminin belirlenmesi, güç aktarma, fren, ısı yönetimi ve elektrik sistemlerinin seçimi, çalışacağı arazi tipine göre süspansiyon sisteminin belirlenmesi, manevra kabiliyetine uygun yönlendirme sisteminin seçimi, ortalama ağırlığının ne kadar olacağını saptanması, dayanıklılık özelliklerinin belirlenmesi gibi tüm bu seçimler, aracın kullanım amacı ve intikal konfigürasyonuna göre şekillenecek alt sistemlerdir.



Şekil 8. En iyi çözümün sembolik tasarımı  
(The symbolic design of the optimal solution)

### 3. Sonuçlar ve Tartışma (Results and Discussion)

İnsansız kara araçları tasarımı, çok sayıda alt sistem ve bu sistemler arasındaki karmaşık ilişkileri içeren bir süreçtir. En uygun tasarım çözümüne ulaşmak için müşteri gereksinimleri, sistem ilişkileri bağlamında değerlendirilerek bilgisayar destekli tasarım modeliyle alternatif çözümler üretilmeli ve değerlendirilmelidir. Bu modelin kullanımı, tasarım süresi, kalite ve maliyet konularında olumlu etkiler sağlamaktadır. Kullanıcı ihtiyaçlarına uygun sistematik bir tasarım uygulanması, maliyetleri düşürürken, sürecin yanlış yönetilmesi geri dönüşü olmayan ya da maliyetli sonuçlara yol açabilmektedir.

Fiziksel sistemlerin alt fonksiyonlarına yönelik kararlar, bilgisayar destekli karar verme sistemleriyle alınabilmektedir. Bu süreçte, tasarım işlem modelinin sistematik tasarımda etkin kullanımını desteklemek amacıyla tasarım katalogları hazırlanmaktadır. İnsansız kara araçlarına yönelik alternatif çözümler sunan tasarım katalogları ve bu katalogların genel özelliklerini içeren tasarım veri tabanları,

bilgisayar destekli karar verme sürecinin temelini oluşturmaktadır. Bu veri tabanlarının etkin kullanımı, insansız kara aracının tüm fonksiyon ve alt fonksiyonlarının yapısal ilişkilerinin net bir şekilde belirlenmesine ve tasarım sürecinde komponent seçim sırasının kontrol edilebilirliğine bağlıdır.

Bu çalışma, insansız kara araçlarındaki tüm parametrelerin birbiriyle ilişkili olduğunu ve her türlü arazi koşulunda çalışabilecek bir intikal konfigürasyonu oluşturmanın zorluğunu ortaya koymuştur. Geleneksel tasarım sürecinde, insansız kara araçlarının tasarımına genellikle intikal konfigürasyonu seçimiyle başlanmaktadır. Bu çalışmada, derin öğrenme kullanılarak yenilikçi bir tasarım işlem modeli geliştirilmiştir. Derin öğrenme, çok boyutlu verileri işleme ve öğrenme yetenekleri sayesinde, insansız kara aracı seçiminde oldukça doğru kararlar verebilmektedir. Belirlenen sekiz soru çerçevesinde alınan geri bildirimlere dayalı olarak, tasarım katalogu ve sistem, en iyi alternatifleri hızlı ve etkili bir şekilde belirlemiştir.

Bu sonuçlar, derin öğrenme tabanlı karar destek sistemlerinin savunma sanayi ve diğer kritik sektörlerdeki potansiyel uygulama alanlarını genişlettiğini göstermektedir. İnsansız kara aracı tasarım süreci, benzer yöntemlerin diğer insansız sistemlere de uygulanabileceğini ortaya koymaktadır. Geliştirilen tasarım işlem modelinin esnek ve uyarlanabilir yapısı, farklı koşullara ve gereksinimlere hızla uyum sağlayabilme potansiyelini kanıtlamaktadır.

Derin öğrenme tabanlı bu modelin, savunma sanayisinin yanı sıra sivil maksatlı olarak tarım, madencilik ve lojistik gibi insansız kara araçlarının kullanılabilmesi için diğer sektörlerde de uyarlanabilirliği incelenebilir. Bu sektörlerdeki farklı görev tanımları için yeni tasarım kriterleri oluşturulabilir. Gelecek çalışmalarda, tasarım kataloglarının yapay zeka ve optimizasyon algoritmaları ile birleştirilmesi önerilmektedir. Bu yaklaşım, tasarım sürecinde kullanıcıya daha fazla esneklik sağlayarak daha hızlı karar verme imkanı sunabilir. Tasarım kataloglarının dinamik hale getirilmesi, kullanıcı gereksinimlerine göre otomatik öneriler sunabilen bir yapı oluşturulmasıyla mümkün olabilir ve bu hem tasarım sürecini hızlandıracak hem de daha verimli sonuçlar elde edilmesini sağlayacaktır.

Yapay sinir ağı modeli, %99,7 doğruluk oranı, kesinlik, doğruluk ve F1 ölçütü açısından en iyi performansı göstermiştir ve bu modelle 6 adet 4 tekerlekli insansız kara aracı paletli olarak yanlış sınıflandırılmıştır. Ancak, karışıklık matrisine dayalı yanlış sınıflandırma analizinde temel nedenlerin veri setindeki parametreler arasındaki karmaşık ilişkiler, bazı sınıflar arasında örtüşme ve belirli alt sistemlerin tasarım özelliklerinin benzerliği olarak belirlenmiştir. Bu sorunların çözümü için veri setinin temelini oluşturan tasarım katalogunun geliştirilmesi önerilmektedir. Tasarım katalogunun genişletilmesi ve detaylandırılmasıyla sınıflar arası farklılıkların netleştirilmesi sağlanarak yanlış sınıflandırmaların azaltılabileceği düşünülmektedir.

## Çıkar Çatışması Beyanı (Conflict of Interest Statement)

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması bildirilmemiştir.

## Kaynaklar (References)

- [1] C. Demir and M. Bozdemir "İnsansız kara aracı tasarımında ağırlık oranı metodu kullanımı," *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, vol. 5, no 1, pp. 32-45, April 2019. doi: 10.30855/gmbd.2019.01.04
- [2] B. M. Yamauchi, "PackBot: a versatile platform for military robotics," *Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering, Unmanned Ground Vehicle Technology VI, Florida, USA, 12-16 April 2004*, vol. 5422, G. R. Gerhart, C. M. Shoemaker, D. W. Gage, Eds. USA: SPIE Digital Library, pp. 228-237. doi: 10.1117/12.538328
- [3] T. S. Hussain, D. Cerys, D. Montana, G. Vidaver and J. E. Berliner, "Tactical UGV navigation and logistics planning," *In Proceedings of the 7th annual workshop on Genetic and evolutionary computation, 25-26 June 2005*, F. Rothlauf, Eds. USA: Association for Computing Machinery, pp. 184-186. doi: 10.1145/1102256.1102300
- [4] M. Trentini and B. Beckman, "Semi-autonomous UAV/UGV for dismounted urban operations," *Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering, In Unmanned Systems Technology XII, Florida, USA, 5-9 April 2010*, vol. 7692, G. R. Gerhart, C. M. Shoemaker, D. W. Gage, Eds. USA: SPIE Digital Library, pp. 436-444. doi: 10.1117/12.852704
- [5] R. G. Arrshith, K. S. Suhas, C. Tejas and G. Subramaniam, "Unmanned ground vehicle (UGV) – Defense bot," *The 2nd International Conference on Inventive Systems and Control (ICISC), Coimbatore, India, 19-20 January 2018*, pp. 1201-1205. doi:10.1109/ICISC.2018.8398995
- [6] J. E. Naranjo, F. Jimenez, M. Anguita and J. L. Rivera, "Automation kit for dual-mode military unmanned ground vehicle for surveillance missions," *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*, vol. 12, no. 4, pp. 125-137, November 2018.

doi:10.1109/MITS.2018.2880274

[7] J. Nohel, P. Stodola and Z. Flasar, "Combat UGV support of company task force operations," *In International Conference on Modelling and Simulation for Autonomous Systems, Prague, Czech Republic, 21 October 2020*, J. Mazal, A. Fagiolini, P. Vasik, M. Turi, Eds. Czech Republic: MESAS, pp. 29-42. doi:10.1007/978-3-030-70740-8\_3

[8] A. Chothani, A. Desai, H. Kaleand and P. Gupta, "Prototype Design of A UGV for Military Purpose," *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, vol. 7, no. 7, pp 3175-3178, July 2020.

[9] J. Ni, J. Hu and C. Xiang, "A review for design and dynamics control of unmanned ground vehicle," *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, vol. 235, no. 4, pp. 1084-1100, April 2020. doi:10.1177/0954407020912097

[10] H. Vichore, J. Gurumurthi, A. Nair, M. Choudhary and L. Ladge, "Self-driven UGV for military requirements," *In Innovations in Computer Science and Engineering: Proceedings of 8th ICICSE, Singapore, 24 April 2021*, H. S. Saini, R. Sayal, A. Govardhan, R. Buyya, Eds. Singapore: Springer, pp. 87-98. doi:10.1007/978-981-33-4543-0\_11

[11] A. Hajdu, R. Krecht, A. Suta, Á. Tóth and F. Friedler, "The Resilience Barriers of Automated Ground Vehicles from Military Perspectives," *Chemical Engineering Transactions*, vol. 94, no. 1, pp. 1195-1200, September 2022. doi:10.3303/CET2294199

[12] A. bin Rashid, M. M. Khan, M. M. Naquib, A. A. M. Anik, A. Rifat and A. A. Tomal, "Remotely Operated Unmanned Ground Vehicle (UGV) with Firing Mechanism for Diverse and Challenging Environments inherent to Military Operation," *The 2nd International Conference on Mechanical Engineering and Applied Science (ICMEAS- 2022), Mirpur Cantonment, Dhaka, 8-10 December 2022*.

[13] R. Krecht, A. Suta, Á. Tóth and Á. Ballagi, "Towards the resilience quantification of (military) unmanned ground vehicles," *Cleaner Engineering and Technology*, vol. 14, no. 1, pp. 1-7, June 2023. doi:10.1016/j.clet.2023.100644

[14] M. Z. U. Rahman, U. Raza, M. A. Akbar, M. T. Riaz, A. H. Gumaei and N. Ahmad, "Radio-Controlled Intelligent UGV as a Spy Robot with Laser Targeting for Military Purposes," *Axioms*, vol. 12, no. 176, pp. 1-19, February 2023. doi:10.3390/axioms12020176

[15] S. Wu, S. Li, J. Gong, and Z. Yan, "Modeling and quantitative evaluation method of environmental complexity for measuring autonomous capabilities of military unmanned ground vehicles," *Unmanned Systems*, vol. 11, no. 04, pp. 367-382, October 2023. doi:10.1142/S2301385023500176

[16] L. Pan, C. Song, X. Gan, K. Xu and Y. Xie, "Military Image Captioning for Low-Altitude UAV or UGV Perspectives," *Drones*, vol. 8, no. 421, pp. 1-20, August 2024. doi:10.3390/drones8090421

[17] N. Allahverdi, *Uzman sistemler bir yapay zeka uygulaması*. İstanbul: Atlas Yayın Dağıtım, 2002. pp. 1-13, 15-23, 71-93.

[18] R. C. Shank, "What is anyway?" *A Magasine*, vol. 8, no. 4, pp. 12-18, 1987.

[19] M. A. Kutlugün, "Gözetimli makine öğrenmesi yoluyla türe göre metinden ses sentezleme," Ms.C. dissertation, İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2017.

[20] E. Alpaydın, *Introduction to Machine Learning (Fourth edition)*. Cambridge, ABD: MIT Press, 2006. pp. 537.

[21] J. VanderPlas, *Python data science handbook: Essential tools for working with data*. USA: O'Reilly Media, Inc., 2016.

[22] V. Raju, J. Mohd, I. HaleemKhan and H. Abid, "Artificial Intelligence (AI) applications for COVID-19 pandemic," *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews*, vol. 14, no. 4, pp. 337-339, August 2020. doi:10.1016/j.dsx.2020.04.012.

[23] A. Uğur and A. C. Kınacı, "Yapay zeka teknikleri ve yapay sinir ağları kullanılarak web sayfalarının sınıflandırılması," *XI. Türkiye'de İnternet Konferansı, Ankara, Türkiye, 21-23 December 2006*, M. Akgül, E. Derman, U. Çağlayan, A. Özgüt, Eds. Türkiye: TOBB, pp. 345-349.

[24] M. Karanfiloğlu and N. Kara, "İletişimin dijitalleşmesi: Pandemi (Covid-19) ve enformasyon teknolojileri," *Ajit-E: Bilişim Teknolojileri Online Dergisi*, vol. 11, no. 42, pp. 87-99, October 2020. doi:10.5824/ajite.2020.03.003.x

[25] Ö. İnik and E. Ülker, "Derin öğrenme ve görüntü analizinde kullanılan derin öğrenme modelleri," *Gazi Osmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, vol. 6, no. 3, pp. 85-105, December 2017. ISSN: 2146-8168

[26] Y. LeCun, Y. Bengio and G. Hinton, "Deep learning," *Nature*, vol. 521, pp. 436-444, May 2015. Doi: 10.1038/nature14539

[27] A. M. Kızrak, and B. Bolat, "Derin öğrenme ile kalabalık analizi üzerine detaylı bir araştırma," *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, vol. 11 no. 3, pp. 263-286, June 2018. doi:10.17671/gazibtd.419205

This is an open access article under the CC-BY license

