

# İnsansız Kara Aracı Tasarımında Ağırlık Oranı Metodu Kullanımı

Cüneyd DEMİR<sup>\*,a</sup>, Mustafa BOZDEMİR<sup>b</sup>

<sup>a,\*</sup> Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Bilgisayar Teknolojileri Bölümü, Mucur/KIRŞEHİR 40500, TÜRKİYE

<sup>b</sup> Kırıkkale Üniversitesi Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Yahşıyan/KIRIKKALE 71450, TÜRKİYE

## MAKALE BİLGİSİ

Alınma: 14.12.2018  
Kabul: 08.04.2019

### **Anahtar Kelimeler:**

İKA ağırlık oranı  
metodu, İKA  
şartname, İKA  
kavramsal tasarım

### **\*Sorumlu Yazar:**

cuneyddemir@gmail.  
com

## ÖZET

Herhangi bir uygulamaya yönelik seçilen tasarım modelinin kullanımıyla, istenilen sonuca ulaşamadığı durumlarda, tasarımcılar kendi problemlerinin çözümüne yönelik uygun işlem modelleri geliştirebilmektedir. Tam da bu noktada İKA gibi karmaşık bir araç tasarımında karşılaşılan problemleri çözmek için bir tasarım işlem modeli geliştirilmesine ihtiyaç duyulmuştur. İKA genel tasarımında, tasarımı direkt olarak etkileyen çok sayıda alt sistem vardır. Söz konusu sistemler arasında karmaşık ilişkiler ağı bulunmaktadır. Bu çalışmada İKA tasarımındaki karmaşık ilişkileri kolay bir yöntemle çözmek için kavramsal tasarım yapılmıştır. Gerçekleştirilecek tasarım ile ilgili istekler; mevcut sistem ilişkilerine dayanarak değerlendirilip en uygun olacak çözüme karar verilebilmesi için, sistematik tasarımda alternatif çözümler üretilmiş ve bu üretilen alternatif çözümlerin şartname ihtiyaçları açısından değerlendirilmiştir. En iyi alternatifi belirlemede önem dereceli metotlardan en güncel ve geçerli hesaplama tekniği olan ağırlık oranı metodu kullanılmıştır. Ağırlık oranında ölçütlerin önem göstergesi ( $\lambda_i$ ) ve memnuniyet dereceleri tasarımcı tarafından özel olarak belirlenmiştir. İKA ağırlığına dayalı 3 çeşit ölçüt önem göstergeli ağırlık oranı metot çizelgesi ve 3 çeşit memnuniyet dereceleri çizelgesi oluşturulmuştur. Böylece ağırlık oranı metoduyla ortaya çıkarılan alternatifler matematiksel ifadelerle dönüştürülerek en iyi alternatifler belirlenmiştir.

<https://dx.doi.org/10.30855/gmbd.2019.01.04>

# Usage of Weight Ratio Method in Unmanned Ground Vehicle Design

## ARTICLE INFO

Received: 14.12.2018  
Accepted: 08.04.2019

### **Keywords:**

UGV weight-ratio  
method, UGV  
specification, UGV  
conceptual design

### **\*Corresponding**

#### **Authors**

cuneyddemir@gmail.  
com

## ABSTRACT

With the use of the selected design model for any application, when the desired result can't be achieved, designers can develop appropriate process models for their own problems. At this point, a design process model was needed to solve the problems encountered in the design of a complex vehicle such as UGV. In the general design of the UGV, there are a large number of subsystems that directly affect the design. These systems have a complex network of relationships. In this study, a conceptual design was designed to solve complex relationships in UGV design with an easy method. Requests for design to be realized; alternative solutions were produced in the systematic design in order to determine the most suitable solution to be evaluated based on the existing system relations and these alternative solutions were evaluated in terms of specification requirements. With the systematic design made, the most suitable alternative choice is made easily. The significance ratings ( $\lambda_i$ ) of the weight ratio criteria and the satisfaction ratings are specially determined by the designer. According to the weight of the UGV, 3 kinds of criterion weight ratio method chart and 3 kinds of satisfaction score chart was created. Thus, the alternatives revealed by the weight ratio method are transformed into mathematical expressions and the best alternatives was identified.

<https://dx.doi.org/10.30855/gmbd.2019.01.04>

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

İnsansız kara araçlarının genel tasarımında, tasarımı direkt olarak etkileyen çok fazla sayıda alt

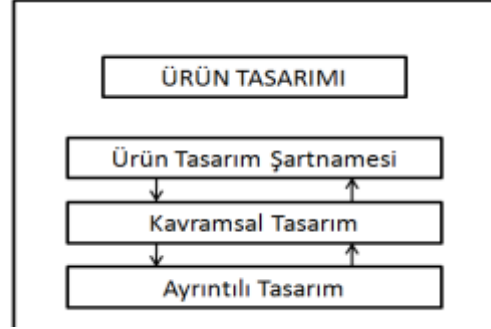
sistemler ve bu sistemler arasında karmaşık ilişkiler ağı bulunur. Gerçekleştirilecek tasarımla alakalı istekler, mevcut sistem ilişkilerine dayanarak

değerlendirilip en uygun olacak çözüme karar verilebilmesi için, sistematik tasarımda alternatif çözümler üretilmesi ve bu üretilen alternatif çözümlerin şartname ihtiyaçları açısından değerlendirilmesi gereklidir. Oluşturulan sistematik tasarım işleminden sonra, insansız kara aracı için harcanan tasarım süresi, maliyeti, kalitesi gibi unsurlarda olumlu yönde gelişmeler görülmüştür. İnsansız kara araçlarının üretiminde kullanıcı ihtiyaçları hesaba katılarak gerçekleştirilecek doğru bir sistematik tasarım işleminden sonra, üretimi yapılacak insansız kara aracının maliyetinde büyük bir oranda düşüş sağlanabilir [1,2].

Endüstriyel bir ürünün tasarımı, karmaşık işlemler neticesinde karar verilerek yapılan mühendislik işlemidir. Ekseriyetle ihtiyacın tanımı ile başlayan bir dizi işlem sırası içinde sorunun ideal çözümü aranırken tüm bu işlemlerin neticesinde kapsamlı bir biçimde ürünün tasarımına karar verilir. Ana hatlarıyla, tasarım işlemi üç aşamadan oluşur. Ürün tasarımında, ilk aşama şartname aşamasıdır. Bu aşamada ürün hakkında veriler toplanır ve istenen şartlar kesin olarak belirlenir. Tipik bir ürün tasarımı şartnamesi içerisinde güvenilirlik, emniyet, kullanım ömrü, performans, kalite, estetik ve ergonomi belirtilebilir. İkinci aşamada, ürün için kavramsal tasarım aşaması uygulanır. Kavramsal tasarımın temel görevi, tasarım şartnamesini karşılayan bütün fiziksel çözümlerin aranmasıdır. Ürün tasarımının üçüncü ve son safhası ayrıntılı tasarım aşamasıdır. Ayrıntılı tasarım aşamasında ürün için gerekli olan düzenlemeler yapılır ve nihai kararlar verilir. İlgili veriler değerlendirilip ürünün boyutları belirlenir. Ürünü oluşturacak olan bütün bileşenlerin şekillendirilmesi tamamlanıp bunlara ait malzeme seçimi ve imalat yöntemlerine karar verilir. Ürün tasarımının aşamaları Şekil 1'de sırasıyla gösterilmiştir [3].

Kavramsal tasarım aşamasına, şartnameler aşaması oluşturulduktan sonra başlanır. Kavramsal tasarım aşamasında ürünün tasarımı için oluşturulabilecek bütün alternatif çözümlerin bulunması hedeflenir. Bulunan tüm alternatif çözümler içerisinde bir seçim yapılarak, uygun olan en iyi çözümler ayrıntılı tasarım aşaması için belirlenir. Mekanik sistemler ve ürünlerin tasarımına etkisi olabilecek çok sayıda unsur bulunduğu için, kavramsal tasarım aşamasında bulunan alternatif çözümler içerisinde en iyi ürünün seçimi son derece zor ve karmaşıktır.

Mekanik tasarım, tasarımcıları her zaman kendi hedeflerine ulaşmalarını dikkate alan bir optimizasyon süreci içerir. Mekanistik optimal tasarım problemlerinin çoğunun geleneksel optimizasyon algoritmalarıyla çözülmesi zordur, çünkü spesifik problem sınırlamaları içerir. Son yıllarda, mekanik tasarım optimizasyon problemlerini çözmek için geleneksel yöntemlere ek olarak birçok yeni nesil optimizasyon algoritması uygulanmıştır [4].



Şekil 1. Ürün tasarımı aşamaları (Product Design Stages) [3]

Mekanik bir ürünün karar verme aşamasına istinaden, alternatiflerin fonksiyon, davranış ve yapısı ayrıntılı olarak bilinmelidir. Fonksiyonlar, tasarımcının istekleri ve planları üzerine oluşturulur. Davranışlar, istenilen fonksiyonu gerçekleştirebilmek için belirlenmiş araçların izledikleri bir dizi sıralı durumlardır. Yapılar, istenilen hareketlere ve davranışlara ulaşılmasına yardımcı olan fiziksel bileşenler veya biçimlerdir. Bir mekanik sistem ya da ürünün tasarımını etkileyen çokça sebep bulunmaktadır. Bu sebepler arasındaki etkileşimin çok iyi bilinmesi gereklidir. Böylece kavramsal tasarım aşamasında yeni çözümler üretilir ve söz konusu çözümlerden en uygun olanları ayrıntılı tasarım (mühendislik tasarımı) veya üretim için seçilebilirler [5].

Mühendislik tasarımı, fiziksel çözüm alanındaki iyi tanımlanmış ihtiyaçları karşılayan ürünü oluşturmak için yürütülen faaliyetler olarak ifade edilebilir. Bu faaliyetler gerçekleştirilirken sürekli yenilenen bir süreç vardır. Tasarımcı, tasarım boyunca deneyimlere, sezgilere ya da bazı temel matematiksel analizlere dayanan sistemin ön tasarımını geliştirir. Ön tasarımın kabul edilebilir olup olmadığını belirlemek için analizler yapılır [4].

## 2. KAVRAMSAL TASARIM VE AĞIRLIK ORANI METODU (CONCEPTUAL DESIGN AND WEIGHT-RATIO METHOD)

### 2.1. Kavramsal Tasarım (Conceptual Design)

Kavramsal tasarım aşamasında, fonksiyon yapılarının belirlenmesi kavramsal tasarımın en önemli ve kritik safhalarından birini oluşturmaktadır. Bu aşamada tasarımcıların, ekseriyetle zorda ve yetersiz kaldığı kısım fonksiyon yapılarını standart ve doğru bir dille tanımlayamamalarıdır [6].

Kavramsal tasarım aşaması tasarım işleminin belirli bir kısmını içerir. Bu aşamada temel ifadelere indirgeme yoluyla önemli problemleri belirlemek, fonksiyon yapıları belirlemek, uygun çalışma kurallarını araştırmak ve bunları bir çalışma yapısında birleştiren bir çözüm kaidesi oluşturmak sebebiyle temel bir çözüm meydana getirilir. Kavramsal tasarım, temel bir çözümü kapsamlı bir biçimde tanımlar.

Kavramsal tasarım aşaması gereken bir ürüne kavramsal tasarım süreci uygulanmadan geliştirilen ürünler, belli bir süre piyasada bulunduktan sonra diğer profesyonel seviyedeki piyasa lideri firmalara göre ürünlerinin pahalı ve gereksiz alt fonksiyonları içerdiği ya da gerekli olan bazı kritik alt fonksiyonları içermediğini uzun süren pazar ve maliyet analizleri sonucu mühendislik veya Ar-Ge departmanlarınca ortaya çıkarılmaktadır. Başta, boşa zaman ve maliyet harcaması veya gereksiz olarak gördükleri kavramsal tasarım süreci için gerekli olan zamandan ve maliyetinden daha fazlasını ileride harcamak zorunda kalırlar ve çabalarını piyasanın güncel ihtiyaçlarına yönelik yeni ürünler geliştirmek yerine piyasada mevcut olarak bulunan ürünleri hem maliyet hem de fonksiyonel olarak iyileştirmek için harcarlar. Kavramsal tasarım işlemi için gerekli eğitimi almış profesyonel bir mühendislik kadrosu bulunan firmalar ve söz konusu işlemi gereksiz bir aşama olarak görmeyen firmalar buldukları piyasada hem karlılık olarak hem de müşterinin ihtiyaçlarını eksiksiz ve net bir biçimde karşılayan ürünleriyle piyasanın güçlü liderleri olmaya devam edeceklerdir [6].

Kavramsal tasarıma bağlı olan bir ürün geliştirme aşamasında; zayıf parametrelerin şekillendirme ve ayrıntılı tasarımdan önce net olarak belirlenip gerekli önlemlerin ön model üretimi ya da seri üretimi öncesi alınabileceği açık bir şekilde görülmektedir.

Özetle firmalar kavramsal tasarım sürecini ürün geliştirme süreçlerine dâhil etmeleri sonucunda, geliştirilecek olan ürüne ait pek çok zayıf ve pozitif parametreleri sistematik bir yolla kavramsal tasarım süzgecinden geçirerek tahmin edebilirler [7].

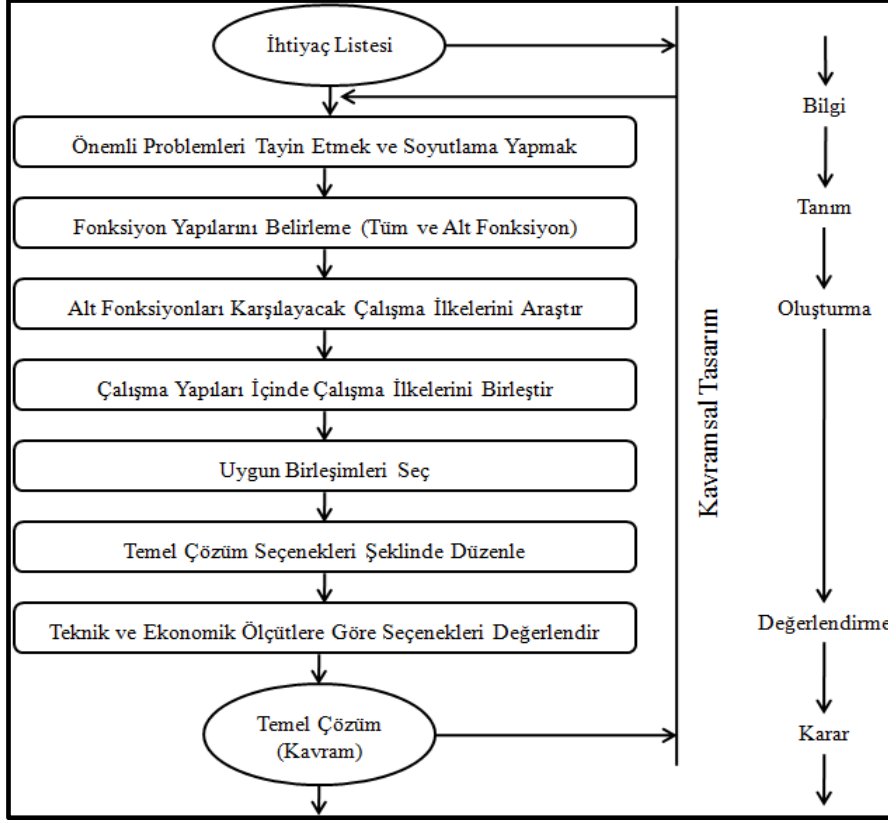
Kavramsal tasarım, müşterinin isteklerine uygun bir ihtiyaç listesi oluşturma ile başlayarak ideal bir çözüm bulunmasıyla son bulur. Şekil 2’de kavramsal tasarım sürecindeki basamakları göstermektedir.

Fonksiyon Yapıları Belirleme: İhtiyaçlar, girdi (input) ve çıktılar (output) arasındaki hedeflenen bütün ilişkiyi ifade eden fonksiyonu belirlemedir. Genelleme ile temin edilen problem formülasyonu neredeyse aynı şeyi yapmaktadır. Böylelikle, tasarım problemine bağlı en önemli nokta formülasyonu elde edildiği vakit, bir tüm (genel) fonksiyonu saptama imkânı doğar. Bu; enerji, malzeme ve sinyaller akışı üzerine kurulmuş olarak, blok diyagramı kullanımıyla girdi ve çıktılar arasındaki çözüm-bağımsız ilişkiyi ifade edebilir [8].

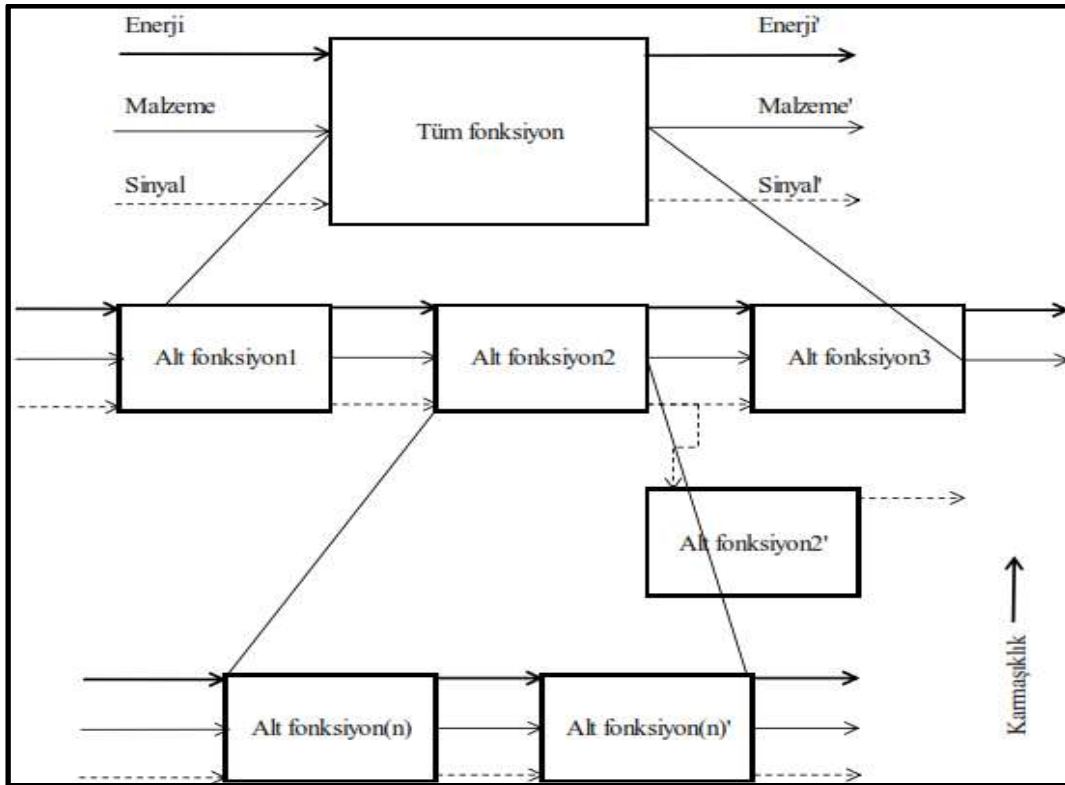
Sorunun karmaşıklık seviyesine bağlı olarak meydana gelen tüm fonksiyon, buna paralel az çok karmaşık olacaktır. Karmaşıklık ile girdi ve çıktılar arası ilişkilerin oldukça az belirgin olduğu kastedilir.

Tüm fonksiyon daha az alt fonksiyonlara bölünebilir. Bireysel alt fonksiyonlar birleşimi, tüm fonksiyonu temsil eden bir fonksiyon yapısı oluşturur. Şekil 3’de tüm fonksiyonu alt fonksiyonlara bölünerek elde edilen bir fonksiyon yapısı şematik olarak gösterilmektedir. Bu model, keza kara kutu (blackbox) modeli olarak da isimlendirilir. Kompleks fonksiyonları bölmedeki amaç, sonraki çözümü aramayı kolaylaştıracak olan alt fonksiyonları saptama ve basit ve anlaşılması zor olmayan bir fonksiyon yapısında bu fonksiyonları birleştirmektir [9].

Tüm fonksiyonlar bireysel alt fonksiyonlardan daha karmaşıktırlar ve özellikle söz konusu durum, hangi alt fonksiyonun çözümleri aramaya en uygun başlama noktası olacağını netleştirecektir. Bir fonksiyon yapısı, mevcut ürün analiz edilerek sağlanır. İhtiyaç listesi özel isteklerine bağlı olarak bu fonksiyon yapısı, özel alt fonksiyonları değiştirme, ekleme veya ihmal etme veya bunları birleştirme yolunu değiştirmek suretiyle farklı yapılabilir. Fonksiyon yapısı hazırlamanın diğer bir avantajı ise bunun mevcut veya yeni geliştirilen sistemleri açık tanımlamaya izin vermesidir.



Şekil 2. Kavramsal tasarım süreci (Conceptual design process) [6]



Şekil 3. Kara kutu modeli (Black box model) [9]

## 2.2. Ağırlık Oranı Metodu (Weight-Ratio Method)

Önem dereceli karar verme yöntemlerinde alternatif çözümlere etkide bulunan ölçüt değerlerine, seçim önceliğini belirleyecek şekilde ağırlık oranları verilir. Böylece, karar verici ölçütlerin alternatifler üzerindeki etkilerini saptayarak istenen ölçek aralığı içerisinde alternatif üzerindeki toplam etki miktarını belirleyebilir. Önem dereceli metotlarda en güncel ve geçerli hesaplama tekniği Ağırlık Oran Metodudur.

Alternatif ürünlerin ölçütlerine ait niteliksel ve sayısal bütün değerlerin hesaplanabilir ifadelerle dönüştürülmesinde ölçekleme teknikleri kullanılır. Alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılacak çok iyi, fena değil, orta, kötü vb. niteliksel değerlendirmeler ilgili ölçekleme sistemleri kullanılarak tamamen ölçülebilir ifadelerle

dönüştürülebilir. Kullanılan örnek bir (1-9) ölçeğine ait yapı şu şekilde oluşturulabilir [10]:

- 9 = Çok iyi memnuniyet derecesi
- 8,7 = İyi memnuniyet derecesi
- 5,6 = Orta memnuniyet derecesi
- 4,3 = İlimli memnuniyet derecesi
- 2 = Kötü memnuniyet derecesi
- 1 = Çok kötü memnuniyet derecesi

Ağırlık oranı metodu ile üç alternatif ürün içinden en iyisi bulunmaktadır (Tablo 2). Tablo 2'deki veriler kaynak olarak, Tablo 1'den alınmıştır. Çizelge değerleri arasındaki niteliksel farklılıklar 1-9 ölçek aralıklı düzenlemeye bağlı olarak yenilenmiştir. Elde edilen düzenlenmiş ve aynı ölçek aralığına sahip ölçüt değerleri Tablo 2'de görülmektedir [5].

Tablo 1. Ağırlık oranı örneği için kaynak tablo (Source table for weight ratio sample) [5]

	C <sub>1</sub> Maliyet	C <sub>2</sub> Rahat Kullanım	C <sub>3</sub> Ağırlık (kg)	C <sub>4</sub> Aletsiz Ayarlanma	C <sub>5</sub> Bileşenlere Uygunluğu	C <sub>6</sub> Ortalama Ömür (Yıl)
A <sub>1</sub>	100.-	++	10	Hayır	Orta	4
A <sub>2</sub>	75.-	+	13	Hayır	Kötü	7
A <sub>3</sub>	125.-	+++	20	Evet	İyi	5

A<sub>i</sub> = Alternatif ürün i, i = 1, ..., n;

C<sub>j</sub> = Ölçüt j, j = 1, ..., m;

x<sub>ij</sub> = A<sub>i</sub> alternatifinin özelliği

e<sub>ij</sub> = A<sub>i</sub> alternatifinin özelliği C<sub>j</sub> ölçütü yönünden etki

V(A<sub>i</sub>) = Ölçütlerin tamamı etkisinde A<sub>i</sub>'in değeri

λ<sub>i</sub> = C<sub>j</sub> ölçütlerinin önem göstergesi

Tablo 2. Ağırlık oranı elde edilen sonuçlar (Results obtained by weight ratio) [5]

	C <sub>1</sub> Maliyet	C <sub>2</sub> Rahat Kullanım	C <sub>3</sub> Ağırlık (kg)	C <sub>4</sub> Aletsiz Ayarlanma	C <sub>5</sub> Bileşenlere Uygunluğu	C <sub>6</sub> Ortalama Ömür(Yıl)	
λ <sub>i</sub>	20	40	12	5	15	8	Σλ <sub>i</sub> e <sub>ij</sub>
A <sub>1</sub>	8	6	9	1	6	3	627
A <sub>2</sub>	9	4	7	1	2	8	523
A <sub>3</sub>	3	9	3	88	8	6	664

Ölçek aralıkları ayarlandıktan sonra, ağırlık faktörü λ<sub>i</sub> ölçütlere uygulanır. Ölçütlerin ağırlık değeri oranları aynı olmayabilir. Belirlenen ölçüte en büyük ağırlık oranı en önemli olana verilmesi gerekir. C<sub>1</sub> ölçütünün ağırlık oranı C<sub>2</sub> ölçütünün tahmini olarak %50'si, C<sub>4</sub> ölçütü ise C<sub>1</sub> ölçütünün %25 gibi oranlar kullanılarak, 1, 10 veya 100 gibi ölçeklere toplam ağırlık oranı belirlenebilir [10].

Tablo 2'de verilen A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub> alternatif ürünleri içerisinde Σλ<sub>i</sub>e<sub>ij</sub> toplam ağırlık oranı en yüksek A<sub>3</sub> olduğu için, alternatif çözüm olarak seçilebilir. Alternatifin toplam ağırlık oranı denklem (1) sayesinde hesaplanır. Hesaplanan V(A<sub>i</sub>) değerleri

arasından en yüksek değere sahip olan, en iyi alternatif ürün olarak seçilir.

$$V(A_i) = \sum_{j=1}^m \lambda_i e_{ij} \quad (1)$$

Niteliksel değerlendirme metotlarından çoğu, karar verme işleminde bu yöntemi kullanmaktadır. Kullanılan λ<sub>i</sub> ve e<sub>ij</sub> ölçeklerini karar verici bağımsız olarak belirlenebileceği gibi bazı durumlarda standartlaşmada yapılabilir [11].

Ölçek aralığı değerini 0,0-1,0 arasında belirlendiği durumda, ölçütlerin alacağı değerler;

- 0,0 = Tamamen memnuniyetsiz ölçüt  
 .  
 .  
 0,5 = Orta düzey memnuniyet ölçütü  
 .  
 .  
 1,0 = En iyi memnuniyet ölçütü

şeklinde belirlenmiştir. Ağırlık ölçek değer de bağımsız olarak seçilebilmesine rağmen, 1-100 ölçek aralığından seçilmesi önerilir [10]. Herhangi bir ölçek değeri kullanıldığı durumda, alternatiflerin toplam değeri denklem (2) kullanılarak hesaplanır.

$$V(A_i) = \frac{\sum_{j=1}^m \lambda_i e_{ij}}{\sum_{j=1}^m \lambda_i} \quad (2)$$

### 3. İNSANSIZ KARA ARAÇLARI İÇİN ŞARTNAME VE KAVRAMSAL TASARIM (SPECIFICATION AND CONCEPTUAL DESIGN FOR UNMANNED GROUND VEHICLES)

#### 3.1. Şartname (Specification)

Geliştirilen tasarım modelinde ilk aşama problemin tanımlanmasıdır. Probleminin ayrıntılı bir şekilde incelenerek, gerekli olan tasarım şartnamesinin hazırlanması ile sistematik tasarım süreci başlamış sayılmaktadır.

İnsansız kara aracı sistematik tasarımında, hazırlanacak şartname aşamasının ana görevlerinden bir diğeri de, karar verme aşamasında seçici ve sınırlandırıcı bir biçimde kullanılacak olan verilerin belirlenmesidir. İnsansız kara aracı tasarımı için hazırlanacak şartname aşamasının başlangıç noktası, tasarımı istenilen insansız kara aracının hangi amaçlı kullanılacak olmasıdır. Yapılacak olan işlemler genel olarak teorikte bilinmesine rağmen, problemin tanımı, amaçların listelenmesi gibi aşamaların başlangıçta doğru olarak yapılması büyük önem taşımaktadır. İnsansız kara aracı tasarımında mevcut probleminin kısa bir tanımının yapılmasıyla şartname hazırlama aşamasına başlanabilir. İnsansız kara aracı ile ilgili problem kısaca şu şekilde özetlenebilir:

İnsansız kara aracı kötü doğa koşulları ve zorlukları ile mücadele etmek, yumuşak ve engebeli zeminlerin üstesinden gelebilmek için hareket yeteneği kazandırılan ve bu hareket yeteneğini uygun

intikal konfigürasyonu ile gerçekleştiren, kullanım amacına göre üzerine bazı faydalı yükler alabilen, uzun görev süreleri sağlayabilen, manevra kabiliyeti artırılabilen, kapsama alanı yüksek, uzaktan kontrol ya da otonomi yeteneği olan, kullanıcı veya müşterinin belirleyeceği genel ve özel şartlar dikkate alınarak, dayanıklı ve fonksiyonel bir insansız kara aracı seçimi yapmaktır [12].

#### 3.1.1. Amaçların listelenmesi (List of aims)

Tasarımı yapılacak insansız kara aracının faydalı yük ve aracın idaresinin seçimi tasarımcının isteğine göredir. Tasarım, tasarımcının insansız kara aracını kullanmayı düşündüğü sektörün ihtiyaçlarına mümkün olan her türlü katkıyı sağlayabilmelidir. İnsansız kara aracında, alt bileşenlerin seçiminde gerekli fonksiyonu icra edebilenler tercih edilir. Tasarımcı istekleri hususunda, fonksiyonel özellikleri daha gelişmiş insansız kara aracı tasarımı yapılır.

İnsansız kara aracı için oluşturulacak şartname aşamasında parça bileşenlerinin seçimi için “Tasarım katalogu” referans alınmaktadır. Düzenlenecek olan kontrol listeleri için tasarımcı istekleri, tasarım özellikleri vs. kontrol elemanları kullanılabilir.

İnsansız kara aracı tasarımına etkiyecek nedenlerin başında, insansız kara aracının kullanım amacının, eyleyicisinin ve intikal konfigürasyonunun belirlenmesi gelir. Kontrol yönteminin belirlenmesi, süspansiyon sisteminin seçimi, yönlendirme sisteminin belirlenmesi, ortalama ağırlığının kaç kilogram aralığında olacağını saptanması, insansız kara aracının çalışma süresinin ve çekiş gücünün hangi seviyede olacağını belirlenmesi, dayanıklılığı ve çalışacağı arazi tipinin belirlenmesi vb. bütün seçimler insansız kara aracının kullanım amacına eyleyicisine ve intikal konfigürasyonuna bağlı olarak belirlenecek alt sistemlerdir.

İnsansız kara aracı sistematik tasarımında karar verme yapısı uygun alternatiflerin oluşturulabilmesi için, şartname aşamasında tasarımcıdan ya da müşteriden bazı cevaplar istenmektedir. Tasarımcı ya da müşteriden karar verme sisteminin çıkarım geliştirmede kullanacağı bazı sorular şu şekilde düzenlenebilir: Şartname aşamasında sorulan 13 sorudan 1. ve 2. sorular insansız kara aracı seçimde kullanılmasının gerekli olduğu düşünülmüş fakat alt fonksiyon yapılarının oluşturulmasında işleme dâhil edilmemiştir. Çünkü burada yapılan sistematik tasarım insansız kara araçlarındaki yazılımdan ziyade donanımsal manadadır [12].

Aynı şekilde malzeme seçimi de alt fonksiyonlara dâhil edilmemiştir. 3. soruda dayanımdan kaynaklı malzeme seçimi için 3 tür belirlenmiştir. Bunlar; metal, polimer ve kompozit malzemeleridir. Tasarlanmak istenen insansız kara aracında dayanıma göre seçim yapılacaktır. Şartname aşamasında sorulan diğer 10 soru kullanılarak fiziksel maksattaki insansız kara aracı sistematik tasarımını ortaya çıkarmaktadır. Şartnamede bulunan 10 soru; ortalama ağırlığı, aracın eyleyicisinin çıkaracağı gürültü seviyesi, çekiş gücü, ivme artışı, ulaşabileceği maksimum hızı, görev süresi, hangi arazi tipinde çalışacağı, manevra kabiliyeti düzeyi, kullanılacağı ortam ve kullanım amacı Şekil 4'de verilmiştir.

### 3.1.2. Amaçların analiz edilmesi (Analysis of aims)

İnsansız kara aracı tasarımı için belirlenen amaçların analiz edilerek, benzer olanların elenmesi, gereksiz bulunanların tespit edilip çıkarılması gerekir. Amaçların belirlenmesinde tasarımcı ya da kullanıcı cevapları dikkate alınır.

### 3.1.3. Amaçların düzenlenmesi (Organization of aims)

Kullanıcı tarafından belirlenen tasarım istekleri, ihtiyaçları ve sınırlandırıcıları geliştirilen tasarım işlem modeline uygun olarak sistematik bir şekilde işlenebilmesi için, söz konusu istekler ile tasarım sisteminin amaçları birlikte analiz edilmelidir. Yapılan amaç analizinden sonra istekler ile amaçlar arasında uygun olanlar belirlenir.

1. Tasarımı yapılacak İKA'nın idaresi nasıl sağlansın? <input type="checkbox"/> Uzaktan Kontrol <input type="checkbox"/> Otonom	8. İKA'nın maksimum hızı hangi seviyede olsun? <input type="checkbox"/> Düşük ( $x < 80$ (km/sa)) <input type="checkbox"/> Orta ( $80 \leq x < 100$ (km/sa)) <input type="checkbox"/> Yüksek ( $100 \leq x < 150$ (km/sa))
2. Oluşturulacak İKA'nın kullanım kapsama alanı ne durumda olsun? <input type="checkbox"/> Düşük ( $x < 10$ km <sup>2</sup> ) <input type="checkbox"/> Orta ( $10 \leq x < 25$ km <sup>2</sup> ) <input type="checkbox"/> Yüksek ( $25 \leq x$ km <sup>2</sup> )	9. Oluşturulması istenilen İKA'da görev süresi nasıl olsun? <input type="checkbox"/> Kısa ( $x < 4$ (sa)) <input type="checkbox"/> Orta ( $4 \leq x < 30$ (sa)) <input type="checkbox"/> Uzun ( $30 \leq x < 50$ (sa))
3. Tasarlanacak İKA'nın dayanıklılık durumu ne derece olsun? <input type="checkbox"/> Düşük <input type="checkbox"/> Orta <input type="checkbox"/> Yüksek	10. İKA sahada hangi arazi tipinde kullanılacaktır? <input type="checkbox"/> Düz Sert Zemin <input type="checkbox"/> Düz Yumuşak Zemin <input type="checkbox"/> Engebeli Sert Zemin <input type="checkbox"/> Engebeli Yumuşak Zemin
4. Tasarlanacak İKA'nın ortalama ağırlığı ne kadar olsun? <input type="checkbox"/> Mikro Sınıf ( $x < 5$ Kg) <input type="checkbox"/> Minyatür Sınıf ( $5 \leq x < 15$ (Kg)) <input type="checkbox"/> Küçük-Hafif Sınıf ( $15 \leq x < 200$ (Kg)) <input type="checkbox"/> Küçük-Orta Sınıf ( $200 \leq x < 1000$ (Kg)) <input type="checkbox"/> Küçük-Ağır Sınıf ( $1000 \leq x < 10000$ (Kg)) <input type="checkbox"/> Orta Sınıf ( $10000 \leq x < 15000$ (Kg)) <input type="checkbox"/> Büyük Sınıf ( $15000 \leq x$ (Kg))	11. İKA'nın manevra kabiliyeti ne düzeyde olsun? <input type="checkbox"/> Düşük <input type="checkbox"/> Orta <input type="checkbox"/> Yüksek <input type="checkbox"/> Çok Yüksek
5. İKA'nın gürültü seviyesi ne durumda olsun? <input type="checkbox"/> Sessiz ( $0 < x < 70$ (dB)) <input type="checkbox"/> Normal ( $70 \leq x < 100$ (dB)) <input type="checkbox"/> Gürültülü ( $100 \leq x$ (dB))	12. Tasarımı yapılacak İKA temel olarak nerede kullanılmak isteniyor? <input type="checkbox"/> Kapalı Ortam <input type="checkbox"/> Açık Ortam
6. İKA'nın çekiş gücü ne seviyede olsun? <input type="checkbox"/> Orta ( $0 < x < 250$ (BG)) <input type="checkbox"/> Yüksek ( $250 \leq x < 750$ (BG)) <input type="checkbox"/> Çok Yüksek ( $750 \leq x < 1500$ (BG))	13. Tasarımı istenilen İKA'nın kullanım amacı nedir? <input type="checkbox"/> Keşif, gözetleme ve istihbarat <input type="checkbox"/> Lojistik <input type="checkbox"/> Bomba İmha <input type="checkbox"/> Saldırı veya Geri Emniyet <input type="checkbox"/> Yangın Söndürme
7. Tasarlanacak İKA'nın ivmelenmesi hangi kademede olsun? <input type="checkbox"/> Düşük ( $0 < x < 2$ ( $\frac{km}{sa^2}$ )) <input type="checkbox"/> Orta ( $2 \leq x < 4$ ( $\frac{km}{sa^2}$ )) <input type="checkbox"/> Yüksek ( $4 \leq x < 6$ ( $\frac{km}{sa^2}$ ))	

Şekil 4. Şartname soruları (Specification questions) [12]

### 3.2. İnsansız Kara Aracı Kavramsal Tasarımı (Conceptual Design of Unmanned Ground Vehicle)

Kavramsal tasarım aşamasında, tasarımı yapılan sistem yapısının fonksiyon olarak temsili yapılır. İlgili fonksiyon yapısında sistemin girdisi olan enerji ve sinyal bileşenleriyle sistemin çıktıları olan enerji ve sinyaller belirlenir.

İnsansız kara aracının tüm fonksiyon yapısı Şekil 5'de görülmektedir. İnsansız kara aracının tüm fonksiyon yapısında girdi olarak kullanılacak enerji ve sinyal bileşenlerinden, insansız kara aracına gelen sinyaller doğrultusunda gücünü sistemdeki enerji kaynağından alarak harekete geçip araziye aşması istenmektedir.

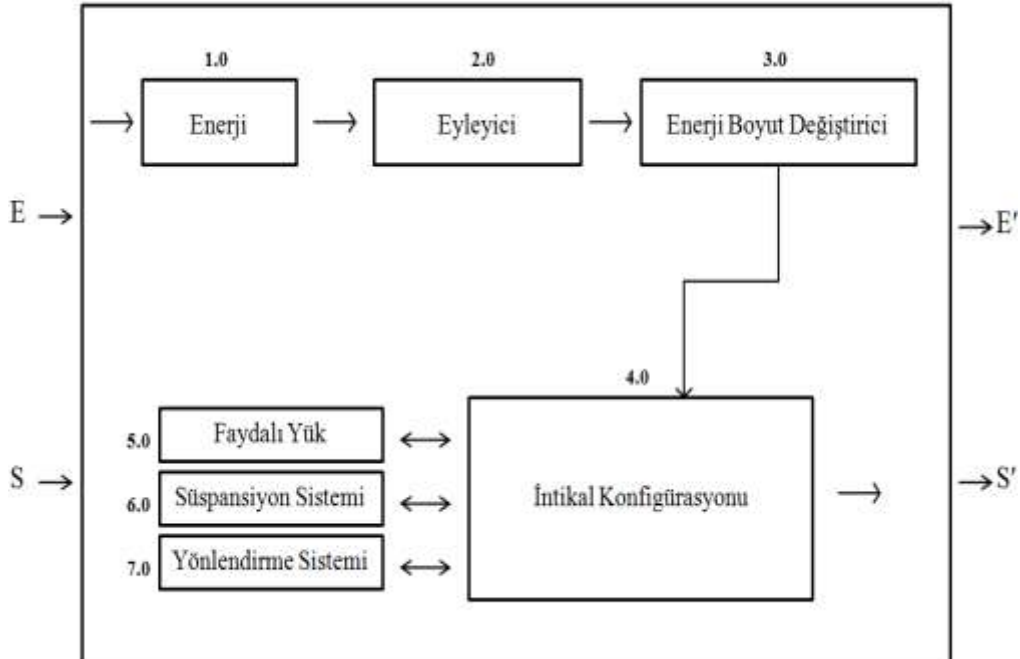


Şekil 5. İnsansız kara aracına ait tüm fonksiyon yapısı (All function structure of unmanned ground vehicle) [12]

Tüm fonksiyon yapısı tasarım temsiline ilk aşamadır. Oluşturulan tüm fonksiyon yapısı, alt sistemleri içeren fonksiyonlara parçalanır. Ortaya çıkan alt sistem fonksiyonları, tüm fonksiyon yapısına bağlı kalmak şartıyla alt sistem ilişkileri ve bağlantıları açıklanır.

Şekil 6'daki insansız kara aracına ait alt fonksiyon yapısında sistem girdisi olarak enerji gösterilmiştir. Bu enerji, eyleyici ile mekanik enerjiye çevrildikten sonra, enerji iletim sistemi sayesinde enerji boyut değiştiriciye gönderilerek devri ayarlanır. Gelen sinyaller doğrultusunda belirlenen devir sayısındaki mekanik enerji, enerji iletim sistemi sayesinde intikal konfigürasyonuna nakledilir. İnsansız kara aracı, adapte edilen yönlendirme sistemi ve süspansiyon sistemi ile faydalı yükünde entegre edilmesiyle birlikte intikal konfigürasyonu sayesinde harekete geçer [12].

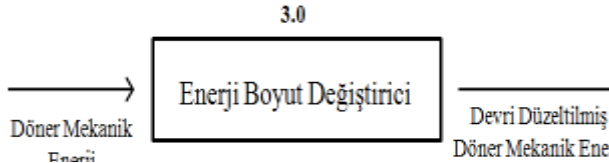
Enerji boyut değiştiricisi ek parametresi tork ve hız kontrolü yapan elemandır. Motoru türüne göre dişli kutusu veya motor sürücüsü olarak seçimi yapılır (Şekil 7).



Şekil 6. İnsansız kara aracına ait alt sistem fonksiyonları yapısı (Structure of subsystem functions of unmanned ground vehicle) [12]

Enerji boyut değiştiricisi ek parametresi tork ve hız kontrolü yapan elemandır. Motoru türüne göre dişli kutusu veya motor sürücüsü olarak seçimi yapılır (Şekil 7).





Şekil 7. Enerji boyut değiştirici ek parametresinin fonksiyonel gösterimi (*Functional representation of the energy size changer additional parameter*) [12]

Kavramsal tasarımın başlangıç noktasını, sistem yapılarının ve ilişkilerinin saptanması oluşturur. Ulaşılan alt sistem yapılarını pratikte sağlayabilecek bütün mekanik yapılar bilinmelidir. Böylece farklı yapı biçimleri kullanılarak alternatif çözümler ortaya çıkarılabilir. Bulunan tüm bu alternatif çözümler farklı muhakeme yöntemleri kullanılarak en uygun seçim yahut seçimler bulunacak şekilde değerlendirilir. Üretilen çözümlerle şekillendirme tasarımdaki son aşamadır. Kavramsal tasarımda uygun olan çözümün sembolik bir resmi yeterli olmaktadır. İlgili tasarım boyutlandırma, mukavemet hesapları ve ayrıntılı tasarım şekillendirmesinin yapılması mühendislik işlemleridir [12].

#### 4. AĞIRLIK ORANI METODU İLE EN İYİ ALTERNATİF BELİRLEME (*BEST ALTERNATIVE DETERMINATION WITH WEIGHT RATIO METHOD*)

Ağırlık oranında ölçütlerin önem göstergesini ( $\lambda_i$ ) tasarımcı özel olarak belirler. Tasarımcı aynı şekilde memnuniyet derecelerini de özel olarak belirler. İnsansız kara aracının ağırlığına göre 3 çeşit ölçüt önem göstergeli ağırlık oranı metot çizelgesi ve 3 çeşit memnuniyet dereceleri çizelgesi ortaya çıkarılmıştır [12].

Bunlar:

- Ağırlık sınıfı mikro ve minyatür olan ağırlık oranı metodu ( $\lambda_1$  Seti)
- Ağırlık sınıfı küçük-hafif, küçük-orta ve küçük-ağır olan ağırlık oranı metodu ( $\lambda_2$  Seti)
- Ağırlık sınıfı orta ve büyük olan ağırlık oranı metodu ( $\lambda_3$  Seti)

Tablo 3. Memnuniyet dereceleri (Ağırlık sınıfı mikro ve minyatür) (*Satisfaction ranks (Weight class micro and miniature)*) [12]

Parametreler	Memnuniyet Dereceleri								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Eyleyici	Hidrolik Motor	İçten Yanmalı Motor							Elektrik Motoru
Enerji	Yakıt					Batarya			Pil
İntikal Konfigürasyonu					Çok T.	Paletli	4 T.	3 T.	2 T.
Faydalı Yük									Faydalı Yük
Süspansiyon Sistemi		Diğer S.S.					Kauçuk S.S.		
Yönlendirme Sistemi		Ackerman Y.S.			4WS Y.S.		Senkron Y.S.		Diferansiyel Y.S.

Tablo 4. Ölçüt önem göstergesi (Ağırlık sınıfı mikro ve minyatür) ( $\lambda_1$  Seti) (*Criterion importance indicator (Weight class micro and miniature) ( $\lambda_1$  Set)*) [12]

	C <sub>1</sub> Eyleyici	C <sub>2</sub> Enerji	C <sub>3</sub> İntikal Konfigürasyonu	C <sub>4</sub> Faydalı Yük	C <sub>5</sub> Süspansiyon Sistemi	C <sub>6</sub> Yönlendirme Sistemi	
$\lambda_1$	18	22	30	10	8	12	$\Sigma \lambda_i e_{ij}$

Tablo 5. Memnuniyet dereceleri (Ağırlık sınıfı küçük-hafif, k-orta ve k-ağır) (Satisfaction ranks (Weight class s-light, s-medium and s-heavy)) [12]

Parametreler	Memnuniyet Dereceleri								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Eyleyici					Hidrolik Motor		İçten Yanmalı Motor		Elektrik Motoru
Enerji					Yakıt		Pil		Batarya
İntikal Konfigürasyonu				2 T.	3 T.		4 T.	Çok T.	Paletli
Faydalı Yük									Faydalı Yük
Süspansiyon Sistemi				Kauçuk S.S.				Diğer S.S.	
Yönlendirme Sistemi				Ackerman Y.S.	Senkron Y.S.		4WS Y.S.		Diferansiyel Y.S.

Tablo 6. Ölçüt önem göstergesi (Ağırlık sınıfı k-hafif, k-orta ve k-ağır) ( $\lambda_2$  Seti) (Criterion importance indicator (Weight class s-light, s-medium and s-heavy) ( $\lambda_2$  Set)) [12]

	C <sub>1</sub> Eyleyici	C <sub>2</sub> Enerji	C <sub>3</sub> İntikal Konfigürasyonu	C <sub>4</sub> Faydalı Yük	C <sub>5</sub> Süspansiyon Sistemi	C <sub>6</sub> Yönlendirme Sistemi	
$\lambda_2$	22	16	30	10	8	14	$\Sigma \lambda_i e_{ij}$

Tablo 7. Memnuniyet dereceleri (Ağırlık sınıfı orta ve büyük) (Satisfaction ranks (Weight class medium and large)) [12]

Parametreler	Memnuniyet Dereceleri								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Eyleyici							Elektrik Motoru	İçten Yanmalı Motor	Hidrolik Motor
Enerji					Pil		Batarya	Yakıt	
İntikal Konfigürasyonu		2 T.		3 T.		4 T.		Paletli	Çok T.
Faydalı Yük									Faydalı Yük
Süspansiyon Sistemi				Kauçuk S.S.				Diğer S.S.	
Yönlendirme Sistemi				Ackerman Y.S.	Senkron Y.S.		4WS Y.S.		Diferansiyel Y.S.

Tablo 8. Ölçüt önem göstergesi (Ağırlık sınıfı orta ve büyük) ( $\lambda_3$  Seti) (Criterion importance indicator (Weight class medium and large) ( $\lambda_3$  Set)) [12]

	C <sub>1</sub> Eyleyici	C <sub>2</sub> Enerji	C <sub>3</sub> İntikal Konfigürasyonu	C <sub>4</sub> Faydalı Yük	C <sub>5</sub> Süspansiyon Sistemi	C <sub>6</sub> Yönlendirme Sistemi	
$\lambda_3$	20	11	30	10	13	16	$\Sigma \lambda_i e_{ij}$

#### 4.1. Örnek Uygulama (Model Practice)




















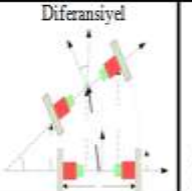
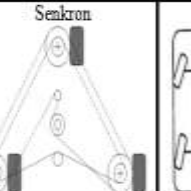
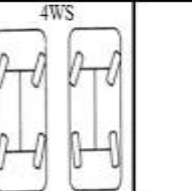
Geliştirilen sistematik tasarım işlem modeli ile ilk olarak oluşturulan şartname soruları ile insansız kara aracının hangi özelliklerde olması istendiği şartname üzerinde belirlenir (Şekil 8).

Sonrasında kavramsal tasarım aşamasına geçilir. Tüm fonksiyon yapısından yola çıkılarak ortaya çıkarılan alt fonksiyon yapısındaki parametrelerden oluşan tasarım katalogundan alternatif seçimi yapılır (Tablo 9).

1. Tasarımı yapılacak İKA'nın idaresi nasıl sağlansın? <input checked="" type="checkbox"/> Uzaktan Kontrol <input type="checkbox"/> Otonom	8. İKA'nın maksimum hızı hangi seviyede olsun? <input checked="" type="checkbox"/> Düşük ( $x < 80$ (km/sa)) <input type="checkbox"/> Orta ( $80 \leq x < 100$ (km/sa)) <input type="checkbox"/> Yüksek ( $100 \leq x < 150$ (km/sa))
2. Oluşturulacak İKA'nın kullanım kapsama alanı ne durumda olsun? <input checked="" type="checkbox"/> Düşük ( $x < 10$ km <sup>2</sup> ) <input type="checkbox"/> Orta ( $10 \leq x < 25$ km <sup>2</sup> ) <input type="checkbox"/> Yüksek ( $25 \leq x$ km <sup>2</sup> )	9. Oluşturulması istenilen İKA'da görev süresi nasıl olsun? <input checked="" type="checkbox"/> Kısa ( $x < 4$ (sa)) <input type="checkbox"/> Orta ( $4 \leq x < 30$ (sa)) <input type="checkbox"/> Uzun ( $30 \leq x < 50$ (sa))
3. Tasarlanacak İKA'nın dayanıklılık durumu ne derece olsun? <input type="checkbox"/> Düşük <input checked="" type="checkbox"/> Orta <input type="checkbox"/> Yüksek	10. İKA sahada hangi arazi tipinde kullanılacaktır? <input checked="" type="checkbox"/> Düz Sert Zemin <input type="checkbox"/> Düz Yumuşak Zemin <input type="checkbox"/> Engebeli Sert Zemin <input type="checkbox"/> Engebeli Yumuşak Zemin
4. Tasarlanacak İKA'nın ortalama ağırlığı ne kadar olsun? <input type="checkbox"/> Mikro Sınıf ( $x < 5$ Kg) <input checked="" type="checkbox"/> Minyatür Sınıf ( $5 \leq x < 15$ (Kg)) <input type="checkbox"/> Küçük-Hafif Sınıf ( $15 \leq x < 200$ (Kg)) <input type="checkbox"/> Küçük-Orta Sınıf ( $200 \leq x < 1000$ (Kg)) <input type="checkbox"/> Küçük-Ağır Sınıf ( $1000 \leq x < 10000$ (Kg)) <input type="checkbox"/> Orta Sınıf ( $10000 \leq x < 15000$ (Kg)) <input type="checkbox"/> Büyük Sınıf ( $15000 \leq x$ (Kg))	11. İKA'nın manevra kabiliyeti ne düzeyde olsun? <input type="checkbox"/> Düşük <input type="checkbox"/> Orta <input type="checkbox"/> Yüksek <input checked="" type="checkbox"/> Çok Yüksek
5. İKA'nın gürültü seviyesi ne durumda olsun? <input checked="" type="checkbox"/> Sessiz ( $0 < x < 70$ (dB)) <input type="checkbox"/> Normal ( $70 \leq x < 100$ (dB)) <input type="checkbox"/> Gürültülü ( $100 \leq x$ (dB))	12. Tasarımı yapılacak İKA temel olarak nerede kullanılmak isteniyor? <input checked="" type="checkbox"/> Kapalı Ortam <input type="checkbox"/> Açık Ortam
6. İKA'nın çekiş gücü ne seviyede olsun? <input checked="" type="checkbox"/> Orta ( $0 < x < 250$ (BG)) <input type="checkbox"/> Yüksek ( $250 \leq x < 750$ (BG)) <input type="checkbox"/> Çok Yüksek ( $750 \leq x < 1500$ (BG))	13. Tasarımı istenilen İKA'nın kullanım amacı nedir? <input checked="" type="checkbox"/> Keşif, gözetleme ve istihbarat <input type="checkbox"/> Lojistik <input type="checkbox"/> Bomba İmha <input type="checkbox"/> Saldırı veya Geri Emniyet <input type="checkbox"/> Yangın Söndürme
7. Tasarlanacak İKA'nın ivmelenmesi hangi kademededir? <input checked="" type="checkbox"/> Düşük ( $0 < x < 2$ ( $\frac{km}{sa^2}$ )) <input type="checkbox"/> Orta ( $2 \leq x < 4$ ( $\frac{km}{sa^2}$ )) <input type="checkbox"/> Yüksek ( $4 \leq x < 6$ ( $\frac{km}{sa^2}$ ))	

Şekil 8. Uygulama için tasarım şartname bilgileri seçimi (Design specification informations selection for application)

Tablo 9. Tasarım katalogu (Design catalog) [12]

Çözüm	1	2	3	4	5
Parametre					
Eyleyici	1 Elektrik Motoru 	İçten Yanmalı Motor 	Hidrolik Motor 		
Enerji	2 Pil CELL 	Batarya 	Yakıt FUEL 		
İntikal Konfigürasyonu	3 2 Tekerlekli 	3 Tekerlekli 	4 Tekerlekli 	Çok Tekerlekli 	Paletli 
Faydalı Yük	4 Gözetleme Ekipmanları 	Taşıyıcı 	Silah Sistemi 	Manipülatör 	Su Topu 
Süspansiyon Sistemi	5 Kauçuk Süspansiyon 	Diğer Süspansiyon 			
Yönlendirme Sistemi	6 Ackerman 	Diferansiyel 	Senkron 	4WS 	

$A_T$					
1.1					
2.1					
3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	
4.1					
5.1					
6.2					

$A_T = 1 \times 1 \times 5 \times 1 \times 1 \times 1 = 5$  şartname sorularına verilen cevaplar doğrultusunda tasarım katalogu ve graf ağaçları eşliğinde toplamda 5 adet alternatif belirlenmiştir.

$$A_1 = 1.1 + 2.1 + 3.1 + 4.1 + 5.1 + 6.2$$

$$A_2 = 1.1 + 2.1 + 3.2 + 4.1 + 5.1 + 6.2$$

$$A_3 = 1.1 + 2.1 + 3.3 + 4.1 + 5.1 + 6.2$$

$$A_4 = 1.1 + 2.1 + 3.4 + 4.1 + 5.1 + 6.2$$

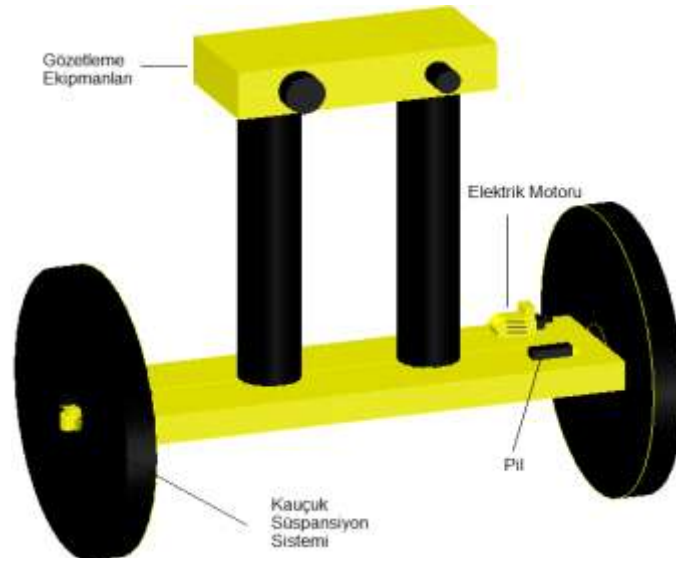
$$A_5 = 1.1 + 2.1 + 3.5 + 4.1 + 5.1 + 6.2$$

Öncelikle parametrelerin %100 üzerinden etkisinin ne durumda olacağı gösterilip ardından parametrelere göre memnuniyet dereceleri belirlenerek mesele matematik ifadeler haline dönüştürülerek sonuca ulaşılmıştır (Tablo 3). Matematik ifadeler haline dönüştürme  $\lambda_1$  seti değerleri ile memnuniyet değerleri çarpılıp ardından toplanarak gerçekleştirilmektedir (Tablo 10). Yapılan bu işlemler sonucunda ortaya çıkan alternatif örnek şekil olarak gösterilmiştir (Şekil 9).

Tablo 11. Ölçüt önem göstergesi ( $\lambda_1$  Seti) (Criteria important indicator ( $\lambda_1$  Set))

	C <sub>1</sub> Eyleyici	C <sub>2</sub> Enerji	C <sub>3</sub> İntikal Konfigürasyonu	C <sub>4</sub> Faydalı Yük	C <sub>5</sub> Süspansiyon Sistemi	C <sub>6</sub> Yönlendirme Sistemi	
$\lambda_1$	18	22	30	10	8	12	$\Sigma \lambda_i e_{ij}$
A <sub>1</sub>	9	9	9	9	7	9	884
A <sub>2</sub>	9	9	8	9	7	9	854
A <sub>3</sub>	9	9	7	9	7	9	824
A <sub>4</sub>	9	9	5	9	7	9	764
A <sub>5</sub>	9	9	6	9	7	9	794

$\Sigma \lambda_i e_{ij} = (9 \times 18) + (9 \times 22) + (9 \times 30) + (9 \times 10) + (8 \times 7) + (9 \times 12) = 884$   
Ağırlık oranı metodu ile en iyi alternatif A<sub>1</sub> olarak belirlenmiştir.



Şekil 9. Örnek uygulama için seçilen en iyi alternatifin şekil olarak gösterimi (Illustration of the best alternative chosen for the sample application)

#### 4. SONUÇ (CONCLUSION)

- İnsansız kara araçındaki ihtiyaçlar, istekler ve kısıtlamalar belirlenerek şartname oluşturulup sorunun tasviri gerçekleştirilmiş ve isteğe göre insansız kara aracı tasarımı yapılmıştır.
- Kavramsal tasarım aşamasına geçişin yapılmasıyla birlikte insansız kara aracına ait tüm fonksiyon yapısı oluşturularak amaca en uygun ika tasarımı fonksiyonel bir şekilde gösterilmiştir.
- Karmaşık olan tüm fonksiyon yapısı bölünerek çözümü aramayı kolaylaştıracak olan alt fonksiyonlar saptanmış ve anlaşılması zor olmayan bir fonksiyon yapısıyla bu fonksiyonlar birleştirilmiştir.
- Alt fonksiyon yapısı oluşturulurken, insansız kara aracı fiziksel çalışma prensibinden yola çıkılmış

ve aracın harekete geçmesindeki birbiriyle etkileşimde olan 6 parametre tespit edilmiştir. Böylece çok karmaşık tüm fonksiyon yapısı 6 parametreye ayrıştırılarak daha kolay anlaşılır hale getirilmiş ve her parametre üzerinde yoğunlaşıp problemin çözümü rahatlatılmıştır.

- İnsansız kara aracı sistematik tasarım sürecini ürün geliştirme süreçlerine dâhil edilmesiyle, geliştirilecek olan ürüne ait pek çok zayıf ve pozitif parametreleri sistematik bir yolla şartname süzgecinden geçirilerek kavramsal tasarım ile tahmin edilmiştir. Böylece ürün hala tasarım aşamasındayken tasarımı iyileştirilebilir hale gelmiştir.

**KAYNAKLAR (REFERENCES)**

- [1] C. Demir ve M. Bozdemir, “İnsansız Kara Araçlarında Tekerlek ve Palet Tahrik Sistemlerinin İncelenmesi,” *II. Uluslararası Savunma Sanayi Sempozyumu, Kırıkkale, Türkiye, 06-08 Nisan, 2017*, Bildiri Kitabı, s. 378-387.
- [2] C. Demir ve M. Bozdemir, “İnsansız Araçlarda Teknolojik Gelişmelerin İncelenmesi,” *Uluslararası Taşköprü Pompeiopolis Bilim Kültür Sanat Araştırmaları Sempozyumu, Taşköprü, Kastamonu, Türkiye, 10-12 Nisan, 2017*, Tam Metin Kitabı, s. 633-647.
- [3] W. Hsu and M. Woon , “Current research in the conceptual design of mechanical products,” *Computer Aided Design*, vol 30, no 5, pp. 377-389, April, 1998.
- [4] İ. Şahin, M. Dörterler ve H. Gökçe “Optimum design of compression spring according to minimum volume using grey wolf optimization method,” *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Cilt 3, Sayı 2, s. 21-27, Ağustos, 2017.
- [5] M. Bozdemir, “Takım Tezgahlarının Yapay Zeka Tekniklerine Dayalı Sistematik Tasarımı,” Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2003.
- [6] S. Sivri, “Kavramsal Tasarımda Fonksiyonel Model Oluşturma,” Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2013.
- [7] B. M. O. Halloran, R. B. Stone and I. Y. Tumer, *A Method to Compute Early Design Risk Using Customer Importance and Function-Flow Failure Rates*. Corvallis, Oregon: Oregon State University, 2000, pp. 1-9.
- [8] G. Pahl and W. Beitz, *Engineering Design: A Systematic Approach*. London: Springer Verlag, 1988.
- [9] H. R. Börklü, *Mühendislik Tasarımı-Sistemik Yaklaşım*. Ankara: Hatiboğlu Basım ve Yayım, 2010, s. 1-3, 6-8, 89-101, 155-221.
- [10] N.F.M Roozenburg and J. Eekels, *Product Design: Fundamental and methods*. Hoboken, NJ: John Willey & Sonns, 1995, pp. 10-40.
- [11] L.B. Archer, *Technological innovation; A methodology*. Frimley, New York: Infolink, 1971, pp. 1-50.

[12] C. Demir, “İnsansız Kara Araçlarının Hareket Sistemlerinin Kavramsal Tasarımı,” Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale, Türkiye, 2017.

**ÖZGEÇMİŞ****Cüneyd DEMİR**

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Mekatronik Mühendisliğinden 2015 yılında mezun olmuştur. 2015-2017 yılları arasında Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Savunma Teknolojileri Anabilim dalında yüksek lisans yapmıştır. 2019 yılından itibaren Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Mucur Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Teknolojileri Bölümü, Bilgisayar Destekli Tasarım ve Animasyon Programında Öğretim Görevlisi olarak görev yapmaktadır. Çalışma Alanları: Mekatronik sistem tasarımı, CAD-CAM, Robotik, İnsansız araçlar ve Sistematik tasarımıdır.

**Mustafa BOZDEMİR**

Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale Meslek Yüksekokulu, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümünde Prof. Dr. kadrosuyla Bölüm Başkanı olarak görev yapmaktadır. Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Bölümünden 1994 yılında mezun olmuştur. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Makine Eğitimi Bölümünde yüksek lisans ve doktora yapmıştır. 1999-2003 yıllarında Gazi Üniversitesinde Araştırma Görevlisi, 2003-2012 yılları arasında Pamukkale Üniversitesinde Teknik Eğitim Fakültesinde Yrd.Doç.Dr. olarak çalışmıştır. Şu anda Kırıkkale Üniversitesinde Prof. Dr. olarak Fen Bilimleri Enstitüsü Savunma Teknolojileri Bölümünde "Silah Balistik" konularında eğitim-araştırma yapmaktadır. Çalışma alanları: Makine tasarımı, CAD-CAM, Yapay Zekâ, Kavramsal tasarım, Silah Sistemleri ve Balistik konularıdır.