

TEKNOFEST

HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

ÇEVRE VE ENERJİ TEKNOLOJİLERİ YARIŞMASI

PROJE DETAY RAPORU

PROJE ADI: Ambalaj Atıkların Yapay Zekâ Destekli Ayırıştırma ve Değerlendirme Makinesi

TAKIM ADI: RX Geri Dönüşüm

TAKIM ID: T3-14527-162

TAKIM SEVİYESİ: Üniversite-Mezun

DANIŞMAN ADI: Prof. Dr. İbrahim TÜRKOĞLU

İçindekiler

1. Proje Özeti (Proje Tanımı)	2
2. Problem/Sorun.....	2
3. Çözüm	3
4. Yöntem.....	4
5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü.....	4
6. Uygulanabilirlik.....	5
7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması	5
8. Proje Fikrinin Hedef Kitle (Kullanıcılar).....	6
9. Riskler	6
10. Proje Ekibi.....	7
11. Kaynaklar	7

1. Proje Özeti (Proje Tanımı)

Tüm kamu/özel kurum ve kuruluşlardan çıkan geri dönüştürülebilir ambalaj atıkların yerinde ayrıştırma, depolama ve değerlendirme işlemini gerçekleştirmek için yapay zekâ, görüntü işleme, barkod tarama sistemi gibi teknikleri kullanarak atık ürün tanıma yapan, tanınmayan atık ürünleri ayrı bir haznede depolayan, toplama ve taşıma yönetimini sağlayan akıllı bir sistem makinedir.

Ayrıca sistem; çevrimiçi takip, depo doluluk kontrolü, atıkların ekonomik fizibilite raporu, yangın söndürme mekanizması, güvenlik sistemi ve benzeri bileşenleri içerir. Proje fikrindeki makine, ambalaj atıklarını insan gücü kullanmadan ayrıştırma, depolama ve yönetimini sağlaması çevre teknolojileri alanında yenilik içermektedir. Bu nedenle, iş fikrinin yenilikçi yönleri vurgulanarak patent başvurusu yapılmıştır. İlk incelemeler sonucunda başvurumuz TPE (TÜRK PATENT) tarafından kabul edilmiş ve 2019/23230 patent başvuru numarası verilmiştir [1]. Ekte patent tasarımı ve önceki prototip ürünlerin resimlerini içermektedir. Proje fikrindeki makine tasarlandı, üretim aşamasında ana çerçeve ve konveyör bant sistemi oluşturuldu ve yapay zeka yazılımı tamamlandı. Sistemin tüm özellikleri proje planı çizelgesine uygun olarak devam etmektedir.

2. Problem/Sorun

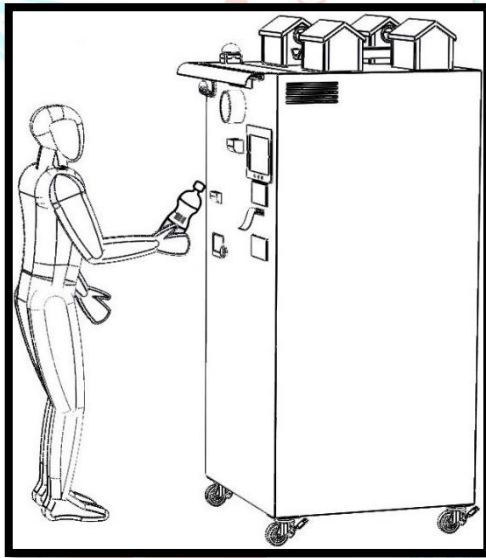
Ambalaj atığı (plastik, metal, cam, vb.) geri dönüştürülebilir ekonomik değerlere sahip malzemelerdir. Bu atıkların yoğun olarak olduğu yerlerde, Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği gereği cinsine göre ayrı kutularda toplanması zorunludur. Bu yönetmelik, Avrupa Birliği mevzuatına uyum çerçevesinde hazırlanmıştır. Kamu kurum ve kuruluşları, otel, restoran, hastane, üniversite, terminal, spor kompleksleri gibi işletmeler tarafından ambalaj atıklarının kaynağında ayrı biriktirilmesi amacıyla biriktirme ekipmanlarının

yerleştirilmesi zorunludur [2]. Temel hedef geri dönüştürülebilir atıklardan hammadde ihtiyacını karşılamaktır.

Çevre Şehircilik Bakanlığının verilerine göre, yerinde ayrıştırma oranı %12'dir [3]. Bu oran çok düşüktür. Bunun başlıca nedenleri; tüketicilerin çevre duyarlılığı zayıf, ambalaj atık kutularına atılan malzemeler yanlış, çevre temalı eğitim, sosyal ve teşvik edici faaliyetler yetersizdir. Kısaca özetlenirse, ambalaj atıkların oluşumunda tüketiciler, sorumluluğunda üreticiler, yönetiminde belediyeler, geri kazanımında geri dönüşüm firmaları yer almaktadır. Bahsi geçen sorunlar ve süreçler maliyetli olduğundan, yerinde ayrıştırma işlemini yapan yüksek verimliliğe sahip çözümlere ihtiyaç vardır. Bu teknoloji ülkemizde yaygın değildir. Bundan dolayı yüksek verimlilik ile yerinde ayrıştırma işlemini gerçekleştiren bir çözüm bulunmuştur.

3. Çözüm

Ambalaj atıklarını yerinde otomatik ayrıştıran, depolayan ve yönetimini sağlayan akıllı bir sistem tasarlanmıştır. 2019/23230 numaralı patent başvurusuna sahip Çizim-1'deki makine [1], yazılım ve gömülü sistemden oluşan bir geri dönüşüm makinesi olup;



Çizim-1 (Patent Tasarım)

- a. *Ayrıştırma:* Ambalaj atıklarının oluştuğu yerlerde türüne bağlı olarak farklı kutuların bulunması yerine yapay zeka, barkod tarama ve görüntü işleme teknikleri kullanarak tek bir hacimli kutuda otomatik ayrıştırır.
- b. *Depolama:* Ambalaj atıklarını koku ve yanmaya karşı temiz, güvenli ve hijyenik olarak depolar.
- c. *Yönetim:* Online mobil yazılımın harita eklentisi ile günlük ambalaj atıklarının toplanmasını ve taşınmasını yönetir.
- d. *Takip:* Online web yazılımı ile depozitolu ambalajların takibini sağlar.

Söz konusu makine, ambalaj atıklarının oluştuğu yerde;

- Geri dönüşüm firmalarına, insan gücü ile ayrıştırma maliyetlerini azaltmak, yakıt tasarrufu sağlamak ve geri dönüşüm sürecini hızlandırmak,
- Belediyelere, ambalaj atık yönetmelik gereğince yürütülmesi gereken zorunlu faaliyetlerin yönetimini sağlamak [2],
- Ambalaj üreticilerine, Çevre Kanununa göre piyasaya sürülen ambalajların tüketim sonrası depozito yükümlülüklerini yerine getirmek [4],
- Kamu kurumlarına, sürdürülebilir hammadde kaynakları sağlamak ve Sıfır Atık Projesine katkıda bulunmak,
- Sivil toplum örgütlerine, ambalaj atıkları geri dönüştürüldüğünde doğal kaynakların korunması ve küresel sosyal sorumlulukların yerine getirilmesi gibi birçok fayda sağlar.

4. Yöntem

Patent başvurusunda, Türk Patent ve Espacenet patent arama portalında benzer ürünler incelenmiştir. Ekte belirtilen Resim-1 ve Resim-2 bahsi geçen sistemin prototip çalışmaları sonucunda ortaya çıkmıştır. Elde edilen deneyim, bilgi ve yöntemler ile Çizim-(1,2,3)'deki patent tasarımın yapımında kullanılacak iş paketlerin işlem sırasına göre;

I. Tasarım: Tasarım aşamasında ağırlık, boyut, depolama kapasitesi, enerji verimliliği ve maliyet gibi kriterler dikkate alınarak Solidworks programı ile tasarımı yapılmıştır.

II. İmalat: Tasarımda oluşturulan tüm katı modellerin şasesi profil malzemesinden, talaşsız imalat yönteminin kesme ve birleştirme yöntemi uygulanacaktır. Mekanik parçalar alt montaja bağlanacak ve katı modele entegre edilecektir.

III. Gömülü Sistem: Prototip üretimi için Arduino ve Raspberry pi geliştirme kartı ile hazır platform kullanılacaktır. Teknik özellikler göre, Raspberry pi görüntü işleme ve Arduino mekanik kontrol sağlayacaktır.

IV. Entegre Sistemler: Makinenin yönetim, takip ve bilgi yazılımıdır.

- Yönetim ve takip, JAVA programlama dilinde mobil yazılımın yerel uygulama geliştirme yöntemiyle,
- Bilgi ekranı, Nextion Editor platformunda insan makine arayüzü (HMI) yöntemiyle geliştirilecektir.

V. Montaj ve Prototip: Alt montaj tamamlanacak, gömülü sistemi test düzeneği üzerinde birleştirilecek ve kullanıma hazır hale getirilecektir. Ortaya çıkan prototip başarı kriterlerine göre test edilerek, ürünün kullanım kılavuzu ve ürün için CE ve TSE gibi kurumların belirlediği standardizasyonlara uygunluk belgesi için başvurular yapılacaktır.

5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

Proje fikrindeki makine, ambalaj atıkları insan gücü kullanmadan ayrıştırma, depolama ve yönetimini sağlama çevre teknolojileri alanında yenilik içermektedir. Bundan dolayı patent taraması yapılarak 2019/23230'nolu ulusal patent başvurusu yapılmıştır [1]. Ekte patent tasarımın teknik çizimleri tarafınıza sunulmuştur. İş fikrimizde 4 ana teknolojik yaklaşım bulunmaktadır: (1) lazer tarama ile barkod okuyucu, (2) yapay zekâ ile görüntü tanıma, (3) makinenin mekanik sisteminin kontrolü için gömülü sistem tasarımı ve programlanması, (4) makinede depolanan atıkların toplama ve taşıma yönetimi için mobil yazılım, (5) depozitolu ambalajların uzaktan takibi için web yazılımı.



Resim-3 (Nesne Tanıma Oranları)

Projemizde plastik, metal, cam ve karton ambalaj atıkların birbirinden farklı yaklaşık 2000 görüntüden oluşan veri setini yapay zekâ tekniklerinden derin öğrenme modeli Faster R-CNN ile öğrenme yöntemiyle eğitilmiştir. Yapılan testler sonucunda Resim-3'de görüldüğü gibi %99'luk doğruluk oranıyla başarılı sonuç elde edilmiştir.

6. Uygulanabilirlik

Makinenin sahada kullanımı ve satışı için patent önem arz etmektedir. Proje fikrindeki makine, Türk Patent ve Espacenet patent arama portalında yurt içi ve yurt dışı benzer ürünlerin teknik çizimleri incelendi ve patent tasarımı piyasaya uygun benzetme yöntemi ile yapıldı. 2019/23230 numaralı ulusal patent başvurusu yapılmıştır [1]. Ekte bulunan Resim-1 ve Resim-2, daha önceki yapılan prototip çalışmaları sonucunda ortaya çıkan ürünlerdir.

Müşteri görüşmeleri, pazar araştırması ve yayımlanan raporlar sonucunda ambalaj tüketimindeki artış nedeniyle geri dönüşüm sektöründeki teknolojik yatırımlar her geçen yıl artmaktadır. Makinenin Ar-Ge çalışmaları tamamlandığında müşterilerin sipariş vermesi halinde seri üretim yapabileceğimiz ticari yerli bir prototip olacaktır.

7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

Proje fikrindeki makinenin yapım aşamaları aşağıdaki Tablo-1’de belirtilmiştir. Daha önce yapımı tamamlanan Resim-1 ve Resim-2’deki prototipler sayesinde deneyim kazanılmıştır. Çizim-1’de gösterilen makinenin yapımı, kazanılan deneyim sayesinde proje planı çizelgesine göre devam etmektedir.

İş paketleri	Durum	Süresi (Ay)	2020		
			6	7	8
I. Tasarım	Tamamlandı	1			
II. İmalat	Tamamlandı	2			
III. Gömülü Sistemin Programlanması	Tamamlandı	5			
IV. Entegre Sistemler	Devam Ediyor	2			
V. Montaj ve Prototip	Devam Ediyor	1			

Tablo-1 (Proje Planı Çizelgesi)

Proje fikrindeki makinenin yazılımı tamamlandığında, paket bir programa dönüştürülecek ve seri üretimde aşağıdaki Tablo-2’de belirtilen hammaddeler, yedek parçalar ve sarf malzemeler gibi düzenli parçalar üretim aşamasında kullanılacaktır.

Seri Üretim: 1000 adet				
Malzeme Adı	Ölçü	Miktar	Br. Fiyatı	Toplam
Metal Profil	metre	45	7,33	330,00
A. Kompozit Levha	metrekare	24	40,00	960,00
Konveyör	adet	1	590,00	590,00
10’ünç LCD Ekran	adet	1	600,00	600,00
Barkod Okuyucu	adet	1	1.500,00	1.500,00
Kamera	adet	1	50,00	50,00

Mikrodenetleyici	adet	1	50,00	50,00
Mikroişlemci	adet	1	350,00	350,00
Power Supply	adet	1	150,00	150,00
Servo Motor	adet	3	50,00	150,00
Ultrasonik Sensör	adet	6	20,00	120,00
İris Mekanizma	adet	1	200,00	200,00
TOPLAM				5.050,00

Tablo-2 (Proje Seri Üretim Maliyet Hesabı)

8. Proje Fikrinin Hedef Kitle (Kullanıcılar)

Proje fikrindeki makine, geri dönüşüm sektörüne hitap etmesinden dolayı geri dönüşüm sektöründe doğrudan veya dolaylı yer alan;

1. *Geri Dönüşüm Firmaları:* Türkiye'de 81 ilde ve 919 ilçede geri dönüşüm firmaların temel amacı, ambalaj atıklarını en az maliyetle en verimli şekilde geri dönüşümünü sağlamaktır. Proje fikrindeki makine, firmaların ana faaliyetlerini yerine getirmede ve yüksek verimlilik elde etmesinden dolayı geri dönüşüm sektöründeki yerini alabilecektir.

2. *Belediyeler:* Ambalaj Atık Yönetmeliği gereği, atıkların kaynağında ayrı toplama ve çevre temalı sosyal, eğitim ve teşvik edici faaliyetlerde bulunması zorunludur. Proje fikrindeki makine ile belediyelerin faaliyetleri yürütülecektir.

3. *Ambalaj Üreticileri:* Ambalaj sektöründe 1846 firma bulunmaktadır. Ambalaj üreticileri yılda 8 milyon ton ambalaj (plastik, metal, cam, vb.) üretmektedir. Üretilen depozitolu ambalajların piyasada kullanım sonrası kanun gereğince toplanması gerekmektedir. Makinenin depozito uygulaması sayesinde ambalaj atıkları kontrollü bir şekilde toplanacaktır.

9. Riskler

Projenin hayata geçilmesi aşamasında çevresel, sistemsel, tahmin edilemeyen risklerin ve hataların meydana gelmesi muhtemeldir.

a. *Çevresel Riskler:* Çevresel koşullara bağlı olarak, makinenin elektronik bileşenleri ve kartları yaz aylarında aşırı ısınabilir. Bu riski ortadan kaldırmak için dahili soğutma sistemi önlemi alınacaktır.

b. *Sistemsel Riskler:* Makinenin çevrimiçi izleme sistemleri için, makineye yerleştirilen internete bağlı GPS modüllerinin konumuna bağlı olarak sinyal paraziti veya kesinti gibi sorunlarla karşılaşabilir. Bu riske karşı önlem olarak, çevrimdışı hata kayıtları sistem belleğinde tutulması sağlanacaktır.

c. *Tahmin Edilemeyen Riskler:* Pandemi gibi süreçlerde, atıkların makineye atılması ve virüsün makinede bulunacak atıklar ile temas halinde olduğu koşullar da dikkate alınmalıdır. Pandemi süreci göz önünde bulundurularak cihazın belirli aralıklarla manuel veya otomatik olarak dezenfekte edilmesi gerekebilir.

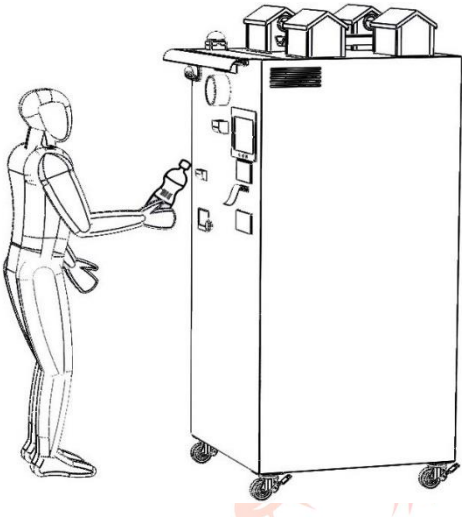
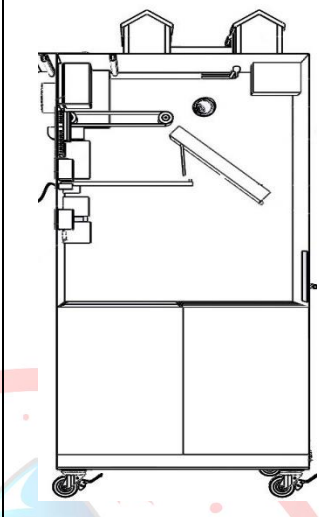
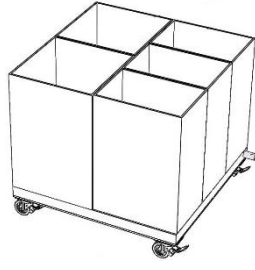
10. Proje Ekibi

Takım Lideri: Engin ÜLGER

Adı Soyadı	Projedeki Görevi	Okul	Projeyle veya problemle ilgili tecrübesi
Engin ÜLGER	Proje Yürütücüsü İmalat Sorumlusu Yazılım Geliştirici	Fırat Üniversitesi Yazılım Mühendisliği	Piyasa Deneyimi
Yunus Emre AYDIN	Grafik Tasarımcısı Yazılım Geliştirici Test ve Raporlama	Fırat Üniversitesi Yazılım Mühendisliği	Piyasa Deneyimi

11. Kaynaklar

- [1]. Engin ÜLGER, (2019). Ambalaj Atıkların Yapay Zeka Destekli Ayırıştırma ve Değerlendirme Makinesi. T.R. Patent No. 2019/23230
Erişim adresi: <https://portal.turkpatent.gov.tr/>
- [2]. Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği - Resmi Gazete, İKİNCİ BÖLÜM, “Ambalaj atığı üreticisinin yükümlülükleri”, MADDE 13 - (5)
Erişim adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr>
- [3]. <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/ambalaj-atiklari-i-85757>
- [4]. Çevre Kanunu - Mevzuat, “Depozito Uygulaması”, MADDE 8
Erişim adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr>
- [5]. <https://sifiratik.gov.tr/>
- [6]. R. Daş, B. Polat, G. Tuna, “Derin Öğrenme ile Resim ve Videolarda Nesnelerin Tanınması ve Takibi”, 2019, pp. 510-512
Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/>
- [7]. J. Redmon, S. Divvala, R. Girshick, and A. Farhadi, “You only look once: Unified, real-time object detection,” in Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition, 2016, pp. 779–788.
Erişim adresi: <https://ieeexplore.ieee.org/>

Patent Çizimleri		
Çizim-1	Çizim-2	Çizim-3
		

Prototip Çalışmaları

Resim-1	Resim-2
	

Nesne Tanıma Oranları

Resim-3
