

Sürdürülebilirlik ve Atık Yönetiminde Yapay Zekâ: Bir Uygulama Modeli (Artificial Intelligence in Sustainability and Waste Management: An Application Model)

Esra MANKAN^a , * Erdi EREN^a , Caner SONGÜL^b 

^a Alanya University, Faculty of Art and Design, Department of Gastronomy and Culinary Arts, Antalya/Türkiye

^b Alanya University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Computer Engineering, Antalya/Türkiye

Makale Geçmişi

Gönderim Tarihi: 13.10.2024

Kabul Tarihi: 04.03.2025

Anahtar Kelimeler

Gıda atıkları

Atık yönetimi

Yapay zekâ

Sürdürülebilirlik

Öz

Sürdürülebilir bir gelecek hedefinde gıda atıkları, hem açlıkla mücadele hem de çevre kirliliği konularında büyük bir problem teşkil etmektedir. Daha sürdürülebilir bir dünya için bireysel gıda atık yönetimi oluşturulmalı, gıda atıklarının alternatif kullanım yöntemleri araştırılmalı ve bu konuda farkındalık yaratılmalıdır. Bu kapsamda bu çalışmada gıda atıklarının alternatif kullanım yolları ile sürdürülebilir bir yapının desteklenmesi amaçlanarak, yapay zekâ tabanlı bir uygulama geliştirilmiştir. Uygulamanın temel işlevi, kullanıcıların mutfak atıklarını azaltarak bu atıkları yeniden değerlendirebilecekleri sürdürülebilir öneriler sunmaktır. Uygulama, reçetelerde ortaya çıkan olası gıda atıklarını analiz ederek kullanıcılara alternatif kullanım yolları önermektedir. Algoritma, gıda atıklarının en verimli şekilde değerlendirilmesini sağlamak amacıyla tarife dayalı tahminler ve öneriler sunmaktadır. Araştırma gıda israfını azaltmak, kaynakları daha verimli kullanmak ve çevresel sürdürülebilirliğe katkıda bulunmak için teknolojinin nasıl etkin bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir. Sonuçlar, uygulamanın kullanıcıların sürdürülebilir tüketim alışkanlıklarını geliştirmede etkili bir araç olabileceğini ortaya koymuştur. Ayrıca çalışma, sürdürülebilirlik ve atık yönetimi alanında yapay zekâ destekli çözümlerin etkinliğini vurgulamakta ve gelecekte bu alanda geliştirilebilecek modeller için önemli bir temel sunmaktadır.

Keywords

Food waste

Waste management

Artificial Intelligence

Sustainability

Makalenin Türü

Araştırma Makalesi

Abstract

Food waste is a major problem for a sustainable future, both for a world heading towards hunger and in terms of environmental pollution. For a more sustainable world, individual food waste management should be established, alternative usage methods of food waste should be investigated and awareness should be raised on this issue. In this context, an artificial intelligence-based application has been developed in this study, aiming to support a sustainable structure with alternative ways of using food waste. The main function of the application is to provide sustainable suggestions that users can reuse these wastes by reducing kitchen waste. The application analyses the possible food wastes generated in the recipes and suggests alternative ways of use to the users. The algorithm provides recipe-based predictions and recommendations to ensure the most efficient utilisation of food waste. The research demonstrates how technology can be used effectively to reduce food waste, use resources more efficiently and contribute to environmental sustainability. The results revealed that the application is a potential tool to increase users' sustainable consumption habits. In addition, the study emphasises the effectiveness of artificial intelligence-supported solutions in the field of sustainability and waste management and provides an important basis for models that can be developed in this field in the future.

* Sorumlu Yazar

E-posta: erdi.eren@alanyauniversity.edu.tr (E. Eren)

DOI: 10.21325/jotags.2025.1565

GİRİŞ

Dünya'nın hızla artan nüfusu, sınırlı kaynakların daha etkin kullanımını zorunlu kılmaktadır (Coccia, 2024). Sürdürülebilirlik kavramı, sadece çevresel sorunlarla başa çıkmak için değil, aynı zamanda ekonomik ve toplumsal dengeyi sağlamak için de büyük önem taşımaktadır. Ülkemizde gıda sektöründeki işletmelerin yaklaşık %54'ü tahıl, %18'i süt ve süt ürünleri, %12'si meyve-sebze, %4,5'i alkolsüz içecek-su, %4'ü bitkisel yağ ve margarin, %3'ü şeker ürünleri, %2,5'i ise et ürünleri işlemektedir (Gökmen & Sarıçoban, 2012). Tüm bu operasyonlar gıda atıklarını da beraberinde işletmeye ve çevreye yük olarak geri getirmektedir.

Gelişmiş ülkeler, gıda atıklarının bertaraf edilmesi için yüksek maliyetlerle karşı karşıya kalmaktadır. Örneğin, Avustralya ve Amerika'da kişi başına yıllık ortalama 590 dolar, İngiltere'de ise 480 pound gibi önemli harcamalar yapılmaktadır (Yiğit & Yiğit, 2023). Endüstriyel anlamda devlet politikaları ve yasal düzenlemeler yoluyla atık yönetimi konusunda ciddi yol katedilmiş olsa da bireysel tüketici noktasında yeterli düzenleme mekanizması bulunmamaktadır. Elbette bu durumun bireysel atık yönetiminde kontrol sağlamanın zorluğundan kaynaklandığı söylenebilir. Ancak doğru eğitim ve teşvik mekanizmaları ile tüketicilerin sürdürülebilir bir yaşama teşvik edilmesinin oldukça olumlu sonuçlar getirmesi kaçınılmazdır.

Gıda atıkları yeni pazarlar yaratmak için büyük fırsatlar sunmaktadır. Toplumsal çevre bilincinin artmasıyla gıda atıklarının geri kazanılması ile ilgili yeni projeler üretilmeye başlanmıştır. Gıda atıklarının ekonomik açıdan uygun ürünlere geri kazanımı, ulusal ve uluslararası düzeyde desteklenerek makul stratejilerin uygulanmasıyla cazip bir seçenek olabilir. Gıda işleme yan ürünleri bilim insanlarının geri kazanım amacıyla kullandıkları esas malzemelerdendir Hayvan kemikleri, deriler, sebze ve meyve kabukları, yumurta atıkları genelde çöp kategorisinde düşünülmeyle birlikte aslında biyoyararlılığı oldukça yüksek ürünlerdir (Songür & Çakıroğlu, 2016).

Nüfusun artmasıyla birlikte gıda üretimimin de artması kaçınılmazdır. Bu durum beraberinde yönetilmesi gereken daha çok atık doğuracaktır. Toplam evsel gıda atık miktarlarının, toplam endüstriyel gıda atık miktarlarına oranla çok daha yüksek olduğu ve genellikle evlere alınan gıdaların yaklaşık %40'ının çöpe atıldığı tespit edilmiştir (Taghikhah vd., 2022). Bu çalışmada reçete odaklı, oluşabilecek gıda atıklarını sürdürülebilir bir şekilde değerlendirme yöntemleri önerebilen, yapay zekâ tabanlı bir uygulama geliştirilmesi amaçlanmıştır. Çalışma, bireysel gıda israfını azaltmayı ve atıkların yeniden değerlendirilmesi ile çevresel sürdürülebilirliği artırmayı hedeflemektedir.

Kavramsal Çerçeve

Gıda kayıpları üretim ve tüketim zincirinin farklı aşamalarında ortaya çıkmaktadır. Temelde bu kayıplar iki başlığa ayrılabilir. Birincil sebepler olarak böcek istilaları, hasat edilen üründe fireler, gıdaların bozulma ve çürümesi, tarımsal hastalıklar, yanlış ilaç ve gübre kullanımı, gelişmemiş sulama sistemleri, hatalı hasat teknikleri gösterilirken ikincil sebepler olarak ise gıda mevzuatına ve gıda kodeksine uygun işleyişin olmaması, uygun depolama ve nakliye koşullarının sağlanmaması, soğuk zincirin bozulması, iklimle ilgili sorunlar, modern tarım uygulamalarının yetersizliği ve eğitim eksikliği sıralanmaktadır (FAO, 2014; Kopuz, 2024). Bu kayıplar, gıda sektöründe maliyetlerin artmasına neden olduğu gibi, sürdürülebilirlik açısından da büyük bir sorun teşkil etmektedir.

Atıkları bertaraf etmenin türlü yöntemleri vardır. Ancak işletmeler, çoğu atık yönetiminin maliyetli ve uzun soluklu bir süreç olduğunu düşündüklerinden bu süreci başlatmada çekimser davranmaktadır. Oysaki bu süreç

zamanında başlatılmaz ise maliyetlerin katlanacağı kaçınılmaz bir gerçektir. Dolayısıyla geri dönüşüme ve doğaya zarar vermeyen teknolojik cihazlara kaynak yaratılmaması durumunda yapılacak inşaat, işletme, nakliye, depolama harcamalarının hızla artan masrafları göz ardı edilmemelidir. Aynı zamanda atık yönetimi ile ilgili olarak zamanında yapılmayan her türlü müdahale doğaya kısa veya uzun vadede zarar vermekte, toplumu geri dönülmesi ve içinden çıkılması çok zor bir problem ile baş başa bırakmaktadır (Köse, Ayaz & Köroğlu, 2007).

Günümüzde halen en sık yapılan ve yapılmaması istenen uygulama gıda atıklarının çöplüklere bırakılmasıdır. Eski çağlardan beri gıdaların açık arazilere bırakılması insan sağlığını tehdit etmiş, bulaşıcı hastalıkların artmasına sebep olmuştur. Gıda atıklarının kompostlaştırılması ve böylelikle geri dönüşümün sağlanması, en sık önerilen yöntemlerden olup doğayı korumak ve çevre kirliliğinin azaltılmasında da etken olarak nitelendirilmektedir (Eunomia, 2020). Kullanılmayan gıda atıklarının hayvan yemi olarak kullanılması ya da geri dönüştürülerek gübre oluşturulması doğru yöntemlerdendir. Çöp depolama alanlarında biriken metan gazı etkisinin karbondioksit etkisinden 25 kat fazla olduğu literatürde bildirilmiştir. Bu durum sızıntılar sebebiyle oluşan atıkların yer altı sularına karışmasına, yangınlara ve patlamalara sebep olurken yaşam alanlarını tehdit etmektedir (Demirbaş, 2019).

Bu bağlamda, gıda atıklarının azaltılmasına katkı sağlayan teknolojiler büyük bir öneme sahiptir. Özellikle, gıdaların raf ömrünü uzatan teknolojiler, gıda kayıplarını azaltma ve israfı önlemede etkin rol oynamaktadır. Örneğin bu teknolojilerden biri olan ışınlama gıda güvenliğini artırıp gıdaların bozulmasını engelleyerek daha uzun süre saklanabilmelerini sağlamaktadır. Satışa sunulan gıda ürünlerinin ambalajlarında, ışınlandığını belirten “radura” simgesi yer almaktadır. Tüketici tarafından bakıldığında, ürünün neden ışınlandığı ve ışınlanmamış benzerlerinin taşıdığı potansiyel risklerin açıklanması bu konuda daha çok güven sağlayacaktır. Bu sayede, tüketiciler ışınlanmış ürünlerin önemini daha iyi anlayacak ve bu ürünlerin tercih edilme oranı da artacaktır (Durmaz & Sancak, 2014). Işınlama gibi teknolojiler, sadece gıda güvenliği sağlamakla kalmayıp aynı zamanda gıda israfının azaltılması konusunda da önemli bir etkiye sahiptir. Bu sayede, bozulmaya uğrayan gıdaların miktarı azalırken, kaynakların daha verimli kullanılması mümkün hale gelmektedir.

Gıda atıkları her anlamda kayıp olarak nitelendirildiği gibi aynı zamanda çevre için de küresel bir tehdittir. Yapılan çalışmalara göre atık yönetiminde maksimum verim sağlanabilmesi için sektörde tüm çalışanların gıda atık yönetimi konusunda bilgileri ölçülmeli, iç ve dış kaynak destekli eğitimler aldırılmalıdır (Bell & Ulhas, 2020; Cook, Goodwin, Porter & Collins, 2023). Mutfaktaki kayıplar ve atık yönetimi konusunda bilgili ve bilinçli personel seçimine dikkat edilmeli, çalışanlara geri dönüşüm ve sürdürülebilirlik konusunda yetkin kuruluşlardan eğitimler aldırılmalı, gerekli teknolojik ekipmanlar sağlanmalıdır (Yılmaz, 2022). Topuzdağ (2020), özellikle yiyecek içecek sektöründeki yöneticilerin gıda atıklarını azaltmada kilit rol oynadığını belirtmiştir.

Tuna (2015), çalışmasında gıda atığı olarak gösterilen kayısı, nar, kabak ve vişne çekirdeklerinin yüksek oranda lif, yağ ve protein içerdiğini belirtmiş, bu ürünleri kek üretiminde değerlendirmiştir. Bu şekilde gıda zenginleştirmeleri yapılarak hem israftan korunabileceği hem de biyoyararlılığı yüksek ürünler elde edilebileceğini ifade etmiştir. Akçay (2022), gıda atığı olarak narenciye kabukları ile zenginleştirilmiş keklerin duyuusal özelliklerinin tüketici tutumları ve satın alma niyetine etkisini incelediği araştırmada, bu atıkların gıda sektörüne kazandırılması ile hem çevre hem de ekonomik açıdan olumlu girdi yaratacağını ifade etmiştir. Bu tür atıkların fonksiyonel gıdalara dönüştürülmesi, hem sürdürülebilir gıda üretimine katkı sağlamakta hem de ekonomik olarak katma değer yaratmaktadır. Çetin (2022), araştırmasında gereğinden fazla gıda üretiminden uzak durmanın önemli bir nokta

olduğuna değinmiştir. Ayrıca kalite güvence standartlarını uygulanmasının öneminden, müşteri tabaklarındaki artan yiyeceklerin çöpe gitmemesi için porsiyon boyutlarının kontrolünden, aşırı gıda stoklarının önlenmesi için doğru menü planlamasının önemine değinmiştir.

Gıda atıklarının yeniden değerlendirilmesinin ekonomik açıdan katma değer sağladığı, çevre kirliliğinin önlenmesine katkıda bulunduğu ve sağlık açısından faydaları olduğunu gösteren çeşitli çalışmalar mevcuttur. Kullanılmış çay yaprakları, kahve telvesi, meyve posaları, meyve çekirdekleri, meyve kabukları gibi atıklar bu anlamda önemli bir kaynak potansiyeli taşımaktadır. Bu tür atıkların yeniden kullanımı hem sürdürülebilirlik açısından hem de sağlık ve çevre faydaları bakımından büyük bir potansiyele sahiptir (Yağcı, Altan, Göğüş & Maskan, 2006; Aydın, 2020).

Bu ürünlerin içerdikleri başlıca antioksidanlar, polifenoller, omega-3 yağ asitleri, lif fraksiyonları gibi maddelerin biyokimyasal ve fizyolojik yararları da hem sanayi hem de biyokimya yönünden kullanıma açıktır. Bu bileşenler kanser ve kalp-damar hastalıklarını önlemede ve yaşlanmaya karşı tüketilmektedir. Bu maddeler, gıda israfının azaltılmasının ötesinde, insan sağlığı açısından da önemli faydalar sağlamaktadır. Fonksiyonel gıda bileşenlerine dönüşebilecek başlıca atık türleri üzüm, elma, karadut, çilek, turunçgiller ile tropik meyvelerin nektar ve konsantrelere işlenmesi sonucunda elde edilmektedir. Bunların yanı sıra baklagiller, hububatlar, balık ve deniz ürünleri gibi ürünlerden elde edilen yan ürünler de değerlendirilmektedir.

Küresel düzeyde artan iklim krizi farkındalığı ve sürdürülebilir kaynaklara yönelim, gıda endüstrisi için kritik bir eşiği ortaya koymaktadır. Gıda israfının en fazla yaşandığı alanlar arasında evsel tüketim, yıllık 569 milyon ton ile %61 oranında, servis aşaması 224 milyon ton ile %26 ve perakende aşaması 118 milyon ton ile %13 yer almaktadır (BM Gıda Atıkları Endeksi, 2021). Dünyada en çok israf edilen gıda kategorileri arasında kök ve yumru bitkiler, sağlıklı yağ içeren bitkiler, taze meyve ve sebzeler, et ve diğer hayvansal ürünler ile tahıl ve baklagiller bulunmaktadır (Çağlarırmak, 2012). Ayrıca, pirinç samanı ve kabukları, şeker kamışı küspesi, mısır sapı ve yağı çıkarılmış tohumlar gibi gıda atıkları, oligosakkaritlerin elde edilmesi için önemli örnekler sunmaktadır. Yapılan araştırmalar, tarımsal gıda atıklarından elde edilen oligosakkaritlerin prebiyotik olarak kullanılabilceğini de önermektedir (Awasthi vd., 2022).

Teknoloji ilerledikçe yapay destekli yazılımlardan gıda israfı konusunda daha çok destek sağlanmaktadır. Yapay zekâ destekli gıda kurtarma yazılımları, bu sorunlara çözümler sunmaktadır. Bu yazılımlar pazar değerı olmayan gıda ürünlerini, gıda ve kozmetik sektörlerine uygun şekilde değerlendirmek amacıyla kullanılmaktadır. Gıda üretim tesislerinin kapasiteleri anlık olarak izlenebilmekte ve işletmelere yönelik süreçler tanımlanarak en uygun ürün formu için alternatif çözümler sunulabilmektedir. Aynı zamanda, üretim aşamasında karşılaşılabilecek riskleri önlemek adına, gıda üretim tesislerinin tüm süreçleri izlenerek iç birliği süreçlerini kolaylaştırmaktadır. Bu süreçlerin titizlikle takip edilmesi, pazarda yer bulamayan ürünlerin gıda tedarik zincirinde atığa dönüşmeden yeniden değerlendirilmesine olanak tanır. Böylece ürünlerin katma değerleri artırılır, gıda atıkları azaltılır ve gıdaya erişim kolaylaştırılarak gıda enflasyonu düşürülür. En önemlisi, dünya kaynaklarının israfının önüne geçilerek bu kaynakların sürdürülebilirliği sağlanır (Yıldırım, Özdemir, Metin & Yıldırım, 2022).

Yapay zekâ, doğru kullanımda israfı azaltma ve atıkların doğru yönetimi ile çevre dostu sonuçlar sağlayarak, çeşitli sektörlerde sürdürülebilirliği teşvik etme potansiyeline sahiptir. Yapay zekâ ve teknolojinin avantajları kaynakların optimize edilmesi, enerji tüketiminin azaltılması, verimsizliklerin giderilmesi ve tüm operasyonel

süreçlerde iyileştirmeler gerçekleştirilmesi amacıyla güncel olarak kullanılmaktadır. Örneğin tarım alanında, sulama operasyonlarını optimize etmek ve su israfını azaltmak amacıyla hava koşulları, toprak nemi vb. gibi çevresel koşullarla bütünleşmiş şekilde çalışan algoritmalar mevcuttur (Rakha, 2023).

Her alanda olduğu gibi, yapay zekâ ve teknolojinin kullanımı ile ilgili de bazı riskler ve endişeler bulunmaktadır. Siber güvenlik riskleri ve yapay zekâ gelişiminin çevre üzerindeki olumsuz etkileri en önde gelen konulardır. Siber güvenlik açıkları günümüzün çevrimiçi dünyasında pek çok sistem için risk teşkil edebilmektedir. Diğer taraftan, derin öğrenme gibi karmaşık algoritmalar ile geliştirilen yapay zekâ modellerinin yüksek enerji tüketimi ve oluşturdukları elektronik atıklar diğer sorunlar arasında yer almaktadır. Bu noktada, çevreyi koruma amaçlı yapay zekâ uygulamaları, bahsedilen riskler ve sorunlar nedeniyle çevresel zararlar vererek geliştirilme amaçlarının tersine, olumsuz geri dönüş etkisinde bulunabilirler (Bracarense, Bawack, Fosso Wamba & Carillo, 2022). Bu problemlerin giderilebilmesi amacıyla, sürdürülebilir donanımlar ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına yönelik çalışmalar devam etmektedir.

Yapay zekâ teknolojileri, atık yönetimde verimliliği artırarak israfı azaltmak ve kaynakların daha sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasını sağlamak amacıyla giderek daha önemli bir araç haline gelmektedir. Yapay zekânın çeşitli alanlarda kullanılması, çevresel sürdürülebilirliği destekleyen yenilikçi çözümler sunmaktadır.

Materyal ve Metot

Bu araştırma temelde veri toplama, yapay zekâ modelinin uygulamaya entegrasyonu ve uygulamanın test edilmesi olmak üzere üç ana aşamadan oluşmaktadır. Öncelikle literatür taraması ile gerekli olan veri seti oluşturulmuştur. Reçeteler çeşitli açık kaynaklı tarif platformları kullanılarak hazırlanmıştır. Yapay zekâ tabanlı uygulamalarda karşılaşılan rastgeleliklerin en aza indirilmesi için, veri seti nicel ve standart hale getirilmiştir. Uygulama tekrar tekrar çalıştırıldığında benzer sonuçlar elde edilebilmesi için uygun komutlar oluşturulmuştur. Yapay zekâ modeli, tariflerdeki malzemeleri analiz ederek potansiyel atıkları belirlemek ve bu atıklar için alternatif kullanım önerileri sunmak üzere uygulamaya entegre edilmiştir. Yapay zekâ modelinin etkinliğini artırmak, daha gerçekçi, hızlı ve hatasız sonuç alabilmek için Gemini API tercih edilmiştir. Gemini API, uygulamanın işlem kapasitesini artırarak kullanıcılara anlık öneriler sunulmasını ve yapay zekâ modelinin işlevselliğini sağlamak için gerekli veri işleme ve hesaplama gücünü sunmaktadır (Pande vd., 2024). Yapay zekâ API kullanılmayan uygulamalar, yapay zekâ modelini var olan cihazda çalıştırarak uygulamanın sistem gereksinimlerini artırmaktadır. Bu durum, uygulamanın geniş kitlelerde kullanılması çok daha zor hale getirmektedir. Gemini API, uygulamanın işlem kapasitesini artırarak kullanıcılara anlık öneriler sunulmasını ve yapay zekâ modelinin işlevselliğini sağlamak için gerekli veri işleme ve hesaplama gücünü sunmaktadır ve bunu uygulamanın kurulu olduğu cihazda, sadece internet bağlantısına ihtiyaç duyarak yapmaktadır. Uygulamanın performansını ve doğruluğunu test etmek amacıyla, kullanıcılar tarafından yaygın olarak kullanılan tarifler üzerinde bir pilot çalışma yürütülmüştür.

Bulgular ve Tartışma

Atık yönetimde en etkili çözüm, şüphesiz ki atık miktarının azaltılmasıdır. Ancak, artan dünya nüfusu ve kontrolsüz küresel tüketim, bu hedefi zorlaştırmaktadır. Bu noktada yeniden kullanım, geri dönüşüm ve geri kazanımı vurgulayan bir sistem olan döngüsel ekonomi ya da benzeri sürekli kullanım modelleri ön plana çıkmaktadır. Döngüsel ekonomi, geleneksel doğrusal ekonominin üret-tüket-at döngüsünden farklıdır. Atıkların ikincil hammadde

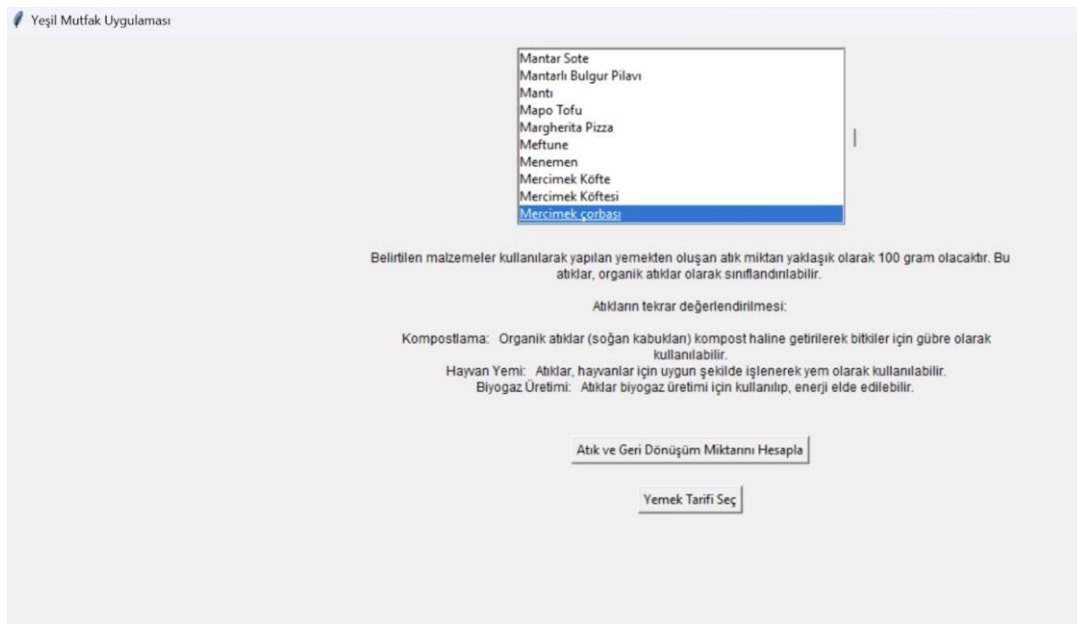
olarak geri dönüşümünü teşvik etmeyi amaçlarken, atıkların geri kazanılmasına ve çevresel açıdan zararlı etkilerin en aza indirilmesine öncelik verir (Onyeaka vd., 2023). Bu çalışma kapsamında geliştirilen “Yeşil Mutfak” yapay zekâ uygulaması benzer şekilde döngüsel ekonomi süreçlerini desteklemektedir.

Uygulama etkinliğinin test edilebilmesi için demo sürüm, kullanıcı geri bildirimleri alınabilmesi amacıyla kullanıma açılmıştır. Kullanıcı geri bildirimleri, bir uygulamanın pratikliğini değerlendirmede oldukça önemlidir. Uygulamanın günlük koşullar altında nasıl performans gösterdiğine dair gerçek zamanlı bilgiler sağlamaktadır.



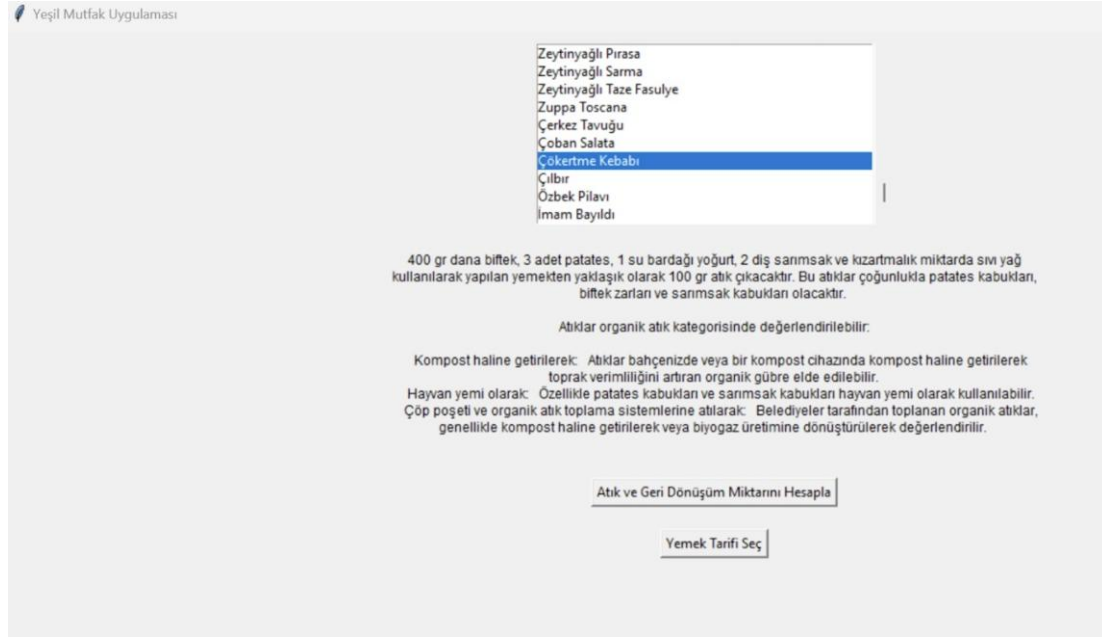
Görsel 1. Uygulama arayüzü

Görsel 1 uygulamanın arayüzünü göstermektedir. Uygulamanın oluşturulma aşamasında kullanıcı odaklı, pratik ve anlaşılabilir bir arayüz tercih edilmiştir. Temelde, kullanıcı hazırlamak istediği yemek ismini seçerek “Atık ve Geri Dönüşüm Miktarını Hesapla” seçeneğini seçmektedir. Uygulamanın demo sürümünde Türk ve Dünya Mutfaklarından toplam 300 reçete yer almaktadır. Reçeteler 2 kişilik porsiyonlara göre uyarlanmıştır.



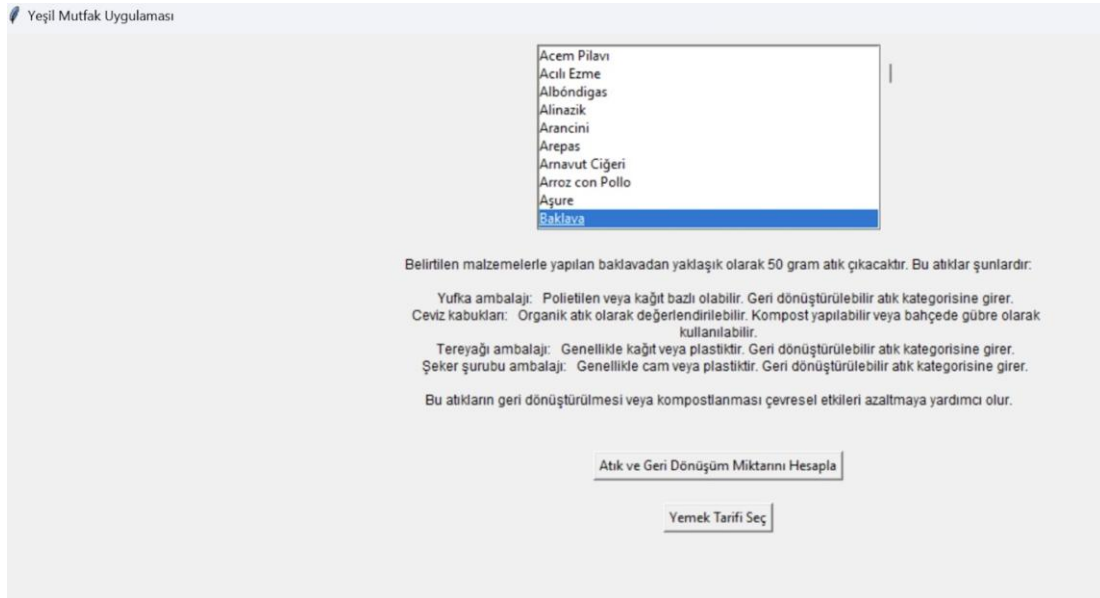
Görsel 2. Uygulamanın Mercimek Çorbası için önerileri

Görsel 2 Mercimek Çorbası hazırlanış sürecinde ortaya çıkabilecek tahmini atıkları, atık miktarlarını ve bu atıkların sürdürülebilirlik ve geri kazanım çerçevesinde nasıl yeniden değerlendirilebileceğini göstermektedir. Uygulama veri tabanında yer alan geleneksel reçeteye göre; soğan kabukları ve doğrama sırasında ortaya çıkan küçük parçaları ile diğer ürünlerin ambalaj atıkları tahmini atıklar olarak öngörülmektedir. Atıkların geri dönüşümü için, organik atıklar olan sebze kabukları ve artıklarının kompost yapımında kullanımı önerilmiştir. Diğer organik atıkların uygun şekilde işlenerek hayvan yemi olarak değerlendirilebileceği ve biyogaz üretimi için kullanılarak enerji elde edilebileceği bildirilmiştir.



Görsel 3. Uygulamanın Çökertme Kebabı için önerileri

Görsel 3 Çökertme Kebabı yapımında ortaya çıkabilecek muhtemel atıkları, atık miktarlarını ve bu atıkların sürdürülebilirlik kapsamında yeniden kullanım potansiyelini ortaya koymaktadır. Uygulama geleneksel Çökertme Kebabı reçetesini temel alarak sebze kabukları, yeşillik sapları, et zarıları, sinirleri ve kemikler gibi ekolojik değere sahip atıklar çıkacağını tahmin etmektedir. Atıkların yeniden değerlendirilebilmesi için gıda atıklarının kompostlaştırılması ve toprak verimliliğini artıracak organik gübre üretilmesi önerilmiştir. Ek olarak gıda atıklarının hayvan yemi olarak değerlendirilmesi, ambalaj atıklarının atık toplama sistemlerinde geri dönüştürülmesi ya da biyogaz üretiminde değerlendirilmesi önerilmiştir.



Görsel 4. Uygulamanın Baklava için önerileri

Görsel 4 Baklava yapımında oluşabilecek atıkları, atık miktarlarını ve bu atıkların geri dönüşümü için uygulanabilecek seçenekleri göstermektedir. Uygulama geleneksel Baklava reçetesine göre fındık, ceviz, şeker, yufka gibi ürünlerin ambalajları (karton kutu, plastik poşet, cam kavanoz) ile fındık, ceviz gibi ürünlerin kabukları ve kullanılmayan kısımlarını tahmini atıklar olarak değerlendirmektedir. Ambalaj malzemelerinden kaynaklanan atıkların uygun şekilde ayrıştırılarak geri dönüşümünü, organik atıkların kompostlama yöntemi ile değerlendirilmesini önermektedir.

Son yıllarda, yapay zekâ ile yeniden kullanım, geri dönüşüm ve atıktan enerji elde etme gibi kaynak geri kazanımı süreçlerine ilgi artmıştır. Yapay zekâ, atık yönetimi için karar alma süreçlerini destekleyerek bu süreçleri sosyal, çevresel ve ekonomik kriterler doğrultusunda optimize edebilir. Bu sayede yüksek tüketim sonucu ortaya çıkan karbon ayak izini azaltırken, geri dönüştürülmüş malzemelerin kullanımını teşvik eder ve hem çevresel hem de ekonomik açıdan daha sorumlu bir tüketim modeli sunar (Yiğitcanlar, Mehmood & Corchado, 2021).

Sonuçlar bu çalışma kapsamında geliştirilen “Yeşil Mutfak” uygulamasının geri dönüşüm ve sürdürülebilirlik hedeflerini destekleyebileceğini göstermektedir. Özellikle kullanıcı perspektifinde, kişisel atık yönetimi süreçlerine katkı sağlayabileceği görülmektedir. Uygulama tarafından önerilen ambalaj geri dönüşümlerinin, evsel ayrıştırma ve sonrasında yerel yönetimler tarafından sağlanan geri dönüşüm seçenekleri ile birlikte değerlendirilmesi durumunda oldukça etkili olması beklenmektedir. Organik atıkların geri kazanımı için önerilen kompostlama, bitkiler için doğal gübre etkisi göstererek toprağın verimliliğini artırır (Cerdea vd., 2018). Tüketicinin evde küçük bir kompost kutusu ile bu işlemi kolayca gerçekleştirilebilmesi, bireysel atık yönetimi konusunda kompostlama işlemi oldukça elverişli hale getirmektedir.

Uygulama çıktıları literatürde yer alan benzer araştırmalarla karşılaştırıldığında, mutfak atıklarının sürdürülebilir yönetimi konusunda yapay zekâ tabanlı çözümlerin etkili bir araç olduğunu ortaya koymaktadır. Önceki çalışmalar (Lin vd., 2013; Paritosh vd., 2017), gıda atıklarının geri dönüştürülmesi, biyogaz üretimi veya kompost yapımı gibi farklı değerlendirme yöntemlerine odaklanırken, bu araştırma bireysel tüketicilerin mutfak atıklarını azaltmasına yönelik doğrudan uygulanabilir bir model sunmaktadır. Literatürdeki benzer araştırmalarla karşılaştırıldığında,

uygulama tarafından üretilen öneriler tutarlı ve kullanıcıların sürdürülebilir tüketim alışkanlıklarını geliştirmelerine yardımcı olabilecek niteliktedir. Rashid ve Shahzad (2021), organik atıkların komposta dönüştürülmesinin hem ekonomik tasarruflar sağladığını hem de çevresel sürdürülebilirliğe katkıda bulunduğunu belirtmiştir. Bu doğrultuda, modelin sunduğu çözümler, mutfak atıklarının azaltılması ve yeniden değerlendirilmesi konusunda önceki araştırmaların ortaya koyduğu yaklaşımlarla örtüşmekte ve yapay zekâ destekli sistemlerin bu alandaki potansiyelini doğrulamaktadır.

Tüketim döngüsünün başından sonuna kadar gelişen süreçlerin tamamında planlı alışveriş, porsiyon kontrolü, ambalaj geri dönüşümü, verimli su kullanımı ve gıda atıklarının farklı şekillerde değerlendirilmesi gibi sorumlu davranışlar sürdürülebilir bir yaşam için önemli katkılar sağlayacaktır.

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışma, yapay zekâ tabanlı bir uygulama modeli ile mutfaklardaki gıda atıklarının yeniden değerlendirilebilir potansiyelini incelemiştir. Araştırma bulguları, bu tür teknolojik çözümlerin gıda israfını minimize ederek, bireylerin sürdürülebilir tüketim alışkanlıkları geliştirmelerine katkıda bulunabileceğini ortaya koymaktadır.

Biyoteknolojik yöntemlerin ilerlemesiyle, gıda atıklarının geri kazanım olanakları artmış ve bu atıkların sürdürülebilir biçimde kullanımı mümkün hale gelmiştir. Bu bağlamda, küçük ölçekli işletmelerin entegre sistemlere geçişini teşvik etmek ve devlet kurumlarının bu işletmelerin atık yönetim süreçlerine katkıda bulunması, çevre kirliliğinin azaltılması ve atıkların daha verimli değerlendirilmesi açısından önemli adımlar olacaktır. Ayrıca, yiyecek-içecek ve otel işletmeleri gibi gıda hizmeti sunulan sektörlerde, atık yönetimi konusunda duyarlı davranan işletmelere vergi indirimleri gibi teşvikler sunulabilir. Örneğin bu işletmelerin gıda atıklarının geri dönüştürülmesinde tercih edebileceği kompostlama yöntemi, çöpe gidecek gıdaların hacmini %50-70 oranında azaltma potansiyeline sahiptir.

Bireysel anlamda tüketicilerin satın aldıkları gıdaları daha bilinçli kullanmaları, ihtiyaçları doğrultusunda planlı alışveriş yapmaları ve porsiyon kontrolüne dikkat etmeleri, gıda israfını azaltmak için en etkin yöntemler olarak görünmektedir. Bu çalışma dahilinde geliştirilen uygulama, tariflerde ortaya çıkan potansiyel gıda atıklarını analiz ederek, kullanıcılarına sürdürülebilir alternatif kullanım yolları önermekte ve gıda atıklarının daha verimli bir şekilde değerlendirilmesini sağlamaktadır. Bu da hem çevresel sürdürülebilirliğe hem de dünya genelindeki açlık ve kaynak kullanım problemlerine yönelik önemli bir çözüm sunmaktadır.

Sonuç olarak, yapay zekâ ve teknoloji destekli çözümlerin sürdürülebilirlik alanında etkin bir araç olabileceği, bireysel gıda atık yönetimi konusunda farkındalığın artırılabilirliği ve bu uygulamaların yaygınlaştırılması ile daha yaşanabilir bir dünya için önemli adımlar atılabileceği görülmektedir. Bu amaçla, düzenleyiciler tarafından bireysel atık yönetimi çerçeveleri oluşturulması ve okul müfredatlarına israf bilincini kazandıracak dersler eklenerek konu üzerinde farkındalığın artırılması isabetli olacaktır.

Ek olarak yerel yönetimlerin yapay zekâ destekli gıda atık yönetim uygulamalarını teşvik etmesi önerilmektedir. Restoranlar ve haneler için sürdürülebilir atık yönetimi politikaları oluşturulması, üniversitelerin yapay zekâ ve sürdürülebilirlik alanlarında multidisipliner araştırmaları desteklemesi, valilikler ve kaymakamlıkların ise toplumu bilinçlendirecek sürdürülebilir gıda yönetimi kampanyaları düzenlemesi önem taşımaktadır. Ayrıca kamu kurumları,

gıda bağış sistemlerini yapay zekâ ile entegre ederek yeniden değerlendirilebilecek atıkların uygun yerlere ulaştırılmasını sağlayacak teknolojik platformları teşvik edebilir.

Bu çalışmanın geliştirilebilmesi için, farklı kullanıcı gruplarının uygulamanın sunduğu öneriler ile gıda atıklarını nasıl değerlendirdikleri karşılaştırılabilir. Uygulama kullanım verileri, önerilerin kabul edilme oranları, kullanıcı memnuniyeti ve genel gıda israfındaki azalma gibi ölçütler istatistiksel olarak değerlendirilerek kullanıcıların sürdürülebilir tüketim alışkanlıklarına etkisi incelenebilir. Ek olarak beklenen etkiye ulaşılması halinde, telefon uygulaması olarak sunulması uygulamanın yaygın etkisinin artırılması sağlanabilir.

Beyan

Makalenin tüm yazarları makale sürecine eşit katkıda bulunmuştur. Yazarların beyan edecekleri herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

KAYNAKÇA

Akçay, A. (2022). *Gıda Atığı Olarak Narenciye Kabukları ile Zenginleştirilmiş Keklerin Duyusal Özelliklerinin Tüketici Tutumları ve Satın Alma Niyetine Etkisi* (Yüksek lisans tezi). Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Gastronomi ve Mutfak Sanatları Ana Bilim Dalı. Kocaeli, Türkiye.

Awasthi, M. K., Tarafdar, A., Gaur, V. K., Amulya, K., Narisetty, V., Yadav, D. K., ... & Sirohi, R. (2022). Emerging trends of microbial technology for the production of oligosaccharides from biowaste and their potential application as prebiotic. *International Journal of Food Microbiology*, 368, 109610.

Aydın, E. (2020). Unlu mamullerin kompozit unlar ile zenginleştirilmesi. *Akademik Gıda*, 18(2), 217-227.

Bell, A. E., & Ulhas, K. R. (2020). Working to reduce food waste: Investigating determinants of food waste amongst Taiwanese workers in factory cafeteria settings. *Sustainability*, 12(22), 9669.

BM Gıda Atıkları Endeksi, (2021). United Nations Environment Programme Food Waste Index Report. Nairobi, Kenya. Erişim adresi: <https://www.unep.org/resources/report/unep-food-waste-index-report-2021>

Bracarense, N., Bawack, R. E., Fosso Wamba, S., & Carillo, K. D. A. (2022). Artificial intelligence and sustainability: A bibliometric analysis and future research directions. *Pacific Asia Journal of the Association for Information Systems*, 14(2), 9.

Cerda, A., Artola, A., Font, X., Barrena, R., Gea, T., & Sánchez, A. (2018). Composting of food wastes: status and challenges. *Bioresource Technology*, 248, 57-67.

Coccia, M. (2024). New technological directions for a sustainable development and sustainability. In *Planet Earth: Scientific Proposals to Solve Urgent Issues* (pp. 65-82). Cham: Springer International Publishing.

Cook, N., Goodwin, D., Porter, J., & Collins, J. (2023). Food and food-related waste management strategies in hospital food services: A systematic review. *Nutrition & Dietetics*, 80(2), 116-142.

Çağlarırnak, N. (2012). Gıda sanayii atıklarının beslenme ve sağlık yönünden değerlendirilmeleri. *1. Ulusal Geri Kazanım Kongre ve Sergisi Bildiri Kitabı* (s. 132-141). Uşak, Türkiye.

Çetin, C. H. (2022). *Zincir Restoran İşletmelerinde Gıda Atığı Yönetimi: İstanbul Örneği* (Yüksek lisans tezi). Akdeniz Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Gastronomi ve Mutfak Sanatları Ana Bilim Dalı. Antalya, Türkiye.

Demirbaş, N. (2019). Gıda arz zincirindeki kayıp ve israfın azaltılmasında ambalajın önemi ve gelişmeler. *XI. International Balkan and Near Eastern Social Sciences Congress*. Tekirdağ, Türkiye.

Durmaz, H., & Sancak, H. (2014). Gıda teknolojisinde ışınlamanın yeri ve önemi. *Harran Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 3(1), 33-41.

Eunomia, (2020). Economic analysis of options for managing biodegradable municipal waste: Final report to the european commission. Erişim adresi: https://ec.europa.eu/environment/pdf/waste/compost/econanalysis_finalreport.pdf

FAO, (2014). Food losses and waste in the context of sustainable food systems: A report by the high level panel of experts on food security and nutrition. Erişim adresi: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/b1949fae-23d4-473c-8b87-8c4359b74d6c/content>

Gökmen, S., & Sarıçoban, C. (2012). Gıda işletmelerinde atıkların geri kazanımı. *1. Ulusal Geri Kazanım Kongre ve Sergisi Bildiri Kitabı* (s. 126-131). Uşak, Türkiye.

Kopuz, Z. (2024). Gıda kayıpları ve israfı. Erişim adresi: <https://www.tskb.com.tr/blog/sektorler/gida-kayıplari-ve-israfi> Erişim tarihi: 06.10.2024.

Köse, H. Ö., Ayaz, S. & Köroğlu, B. (2007). Türkiye'de atık yönetimi: Ulusal düzenlemeler ve uygulama sonuçlarının değerlendirilmesi. *Sayıştay Dergisi*, 64, 131-143.

Lin, C. S. K., Pfaltzgraff, L. A., Herrero-Davila, L., Mubofu, E. B., Abderrahim, S., Clark, J. H., ... & Luque, R. (2013). Food waste as a valuable resource for the production of chemicals, materials and fuels. Current situation and global perspective. *Energy & Environmental Science*, 6(2), 426-464.

Onyeaka, H., Tamasiga, P., Nwauzoma, U. M., Miri, T., Juliet, U. C., Nwaiwu, O., & Akinsemolu, A. A. (2023). Using artificial intelligence to tackle food waste and enhance the circular economy: Maximising resource efficiency and minimising environmental impact: A review. *Sustainability*, 15(13), 10482.

Pande, A., Patil, R., Mukkemwar, R., Panchal, R., & Bhoite, S. (2024). Comprehensive Study of Google Gemini and Text Generating Models: Understanding Capabilities and Performance. *Grenze International Journal of Engineering & Technology (GIJET)*, 10.

Paritosh, K., Kushwaha, S. K., Yadav, M., Pareek, N., Chawade, A., & Vivekanand, V. (2017). Food waste to energy: An overview of sustainable approaches for food waste management and nutrient recycling. *BioMed Research International*, 2017(1), 2370927.

Rakha, N. A. (2023). Artificial intelligence and sustainability. *International Journal of Cyber Law*, 1(3). <https://doi.org/10.59022/ijcl.42>

Rashid, M. I., & Shahzad, K. (2021). Food waste recycling for compost production and its economic and environmental assessment as circular economy indicators of solid waste management. *Journal of Cleaner Production*, 317, 128467.

Songür, A. N., & Çakıroğlu, F. P. (2016). Gıda kayıpları ve atık yönetimi. *Türkiye Klinikleri Beslenme ve Diyetetik- Özel Konular*, 2(3). 21-26.

Taghikhah, F., Erfani, E., Bakhshayeshi, I., Tayari, S., Karatopouzis, A., & Hanna, B. (2022). Artificial intelligence and sustainability: Solutions to social and environmental challenges. *Artificial Intelligence and Data Science in Environmental Sensing*, 93-108. Academic Press.

Topuzdağ, O, R. (2020). *Yiyecek İçecek Sektöründe Gıda Atıklarının Azaltmak; Çevre Dostu Yönetimsel Davranış* (Doktora tezi). İstanbul Bilgi Üniversitesi Lisansüstü Programlar Enstitüsü Organizasyon Çalışmaları Ana Bilim Dalı. İstanbul, Türkiye.

Tuna, E. H. (2015). *Gıda Atığı Olan Vişne, Nar, Kabak ve Kayısı Çekirdeklerinin Kek Üretiminde Değerlendirilmesi* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı. İstanbul, Türkiye.

Yağcı, S., Altan, A., Göğüş, F., & Maskan, M. (2006). Gıda atıklarının alternatif kullanım alanları. Türkiye 9. Gıda Kongresi, Bolu, Türkiye. Erişim adresi: <https://www.gidadernegi.org/TR/Genel/2409344061415.pdf?DIL=1&BELGEANAH=5270&DOSYASIM=240934406.pdf>

Yıldırım, C., Özdemir, N. C., Metin, T. N., & Yıldırım, S. (2022). Tarımda Hasat ve Hasat Sonrası Gıda Kayıplarının Önlenmesi. International Congress of New Horizons in Sciences, İstanbul, Türkiye. Erişim adresi: https://incohis.com/kayit/kayittr/dosyalar/incohis_2022_autumn/incohis_2022_autumn_science_proc.pdf#page=88

Yılmaz, M. (2022). *Konaklama İşletmelerinde Helal Konsept Uygulamalarının Gıda Atığı ve Gıda İsrafi Üzerindeki Etkisi* (Doktora tezi). Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Gastronomi ve Mutfak Sanatları Ana Bilim Dalı. Ankara, Türkiye.

Yiğitcanlar, T., Mehmood, R. & Corchado, J. M. (2021). Green artificial intelligence: Towards an efficient, sustainable and equitable technology for smart cities and futures. *Sustainability*, 13(16), 8952.

Yiğit, Y., & Yiğit, E. A. (2023). Gastronomi alanında gıda atık yönetimi ve Türkiye açısından önemi. *TURAN: Stratejik Araştırmalar Merkezi*, 15(59). 223-230.

Artificial Intelligence in Sustainability and Waste Management: An Application Model

Esra MANKAN

Alanya University, Faculty of Art and Design, Antalya/Türkiye

Erdi EREN

Alanya University, Faculty of Art and Design, Antalya/Türkiye

Caner SONGÜL

Alanya University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Antalya/Türkiye

Extended Summary

Today, the most common and undesirable practice of waste management is the dumping of food waste in landfills. In the Middle Ages, leaving food waste in open areas threatened human health and caused an increase in infectious diseases. Composting of food waste is one of the most frequently used methods to ensure recycling and is also effective in protecting nature and reducing environmental pollution. The utilization of unused food waste, particularly through its conversion into animal feed, recycling, and composting for fertilization, is among the most preferred and sustainable methods for waste management. It is mentioned in the literature that the effect of greenhouse methane gas accumulated in landfills is 25 times higher than the effect of carbon dioxide. This situation poses a threat to habitats and can lead to the contamination of groundwater through leakage, as well as an increased risk of fires and explosions. Food waste offers great opportunities to create new markets. In recent years, with the increase in environmental awareness, new projects have started to be produced for the recovery of food waste. Recycling and recycling of food waste into economically viable products can be an attractive option with the implementation of reasonable strategies supported at national and international level. Food processing by-products are the main materials used by scientists for recovery purposes. With advancements in technology, artificial intelligence-based software can provide valuable support in managing food waste. Support can be offered for utilizing products that have not reached the food market by repurposing them in the cosmetics industry or by optimizing production alternatives through the assessment of unused capacity. In this way, the added value of the products can be increased, waste can be reduced, and sustainability can be ensured.

Artificial intelligence-powered food recovery softwares provide effective solutions to these challenges. It enables real-time monitoring of unused capacities in food production facilities to repurpose food products with no market value for use in the food and cosmetics industries. The software can define operational processes and offer optimized alternatives for product utilization, ensuring that the most appropriate product forms are created. Additionally, it streamlines business partnership processes by tracking all stages of food production, helping to mitigate potential risks during the production phase. By closely monitoring these processes, products that fail to enter the market can be re-assessed and redirected for use before they become waste within the food supply chain. As a result, the added value of these products is increased, food waste is minimized, and food inflation is curbed by improving access to food. Most importantly, the waste of global resources is prevented, contributing to the sustainability and preservation of these resources.

This research consists of three main stages: data collection, the integration of the artificial intelligence model into the application, and the testing of the application. First, a dataset was created through a literature review. Recipes were prepared using various open-source recipe platforms. To minimize randomness encountered in AI-based applications, the dataset was standardized. Appropriate commands were developed to ensure consistent results when the application is run repeatedly. The artificial intelligence model was integrated into the application to analyze the ingredients in the recipes, identify potential waste, and offer alternative usage suggestions for that waste. To test the application's performance and accuracy, a pilot study was conducted on commonly used recipes by users.

The results show how technology can be used effectively to reduce food waste, use resources more efficiently and contribute to environmental sustainability. The results revealed that the app is a potential tool to increase users' sustainable consumption habits. According to the traditional recipes in the application's database, vegetable waste with ecological value, bones, sinews, small pieces generated during processing, peels, and packaging waste from other products are identified as estimated waste. Additionally, the average waste amount for recipes serving two people is provided in grams. For the recycling of waste, users are advised to use organic waste, such as vegetable peels and scraps, for composting. It is also suggested that other organic waste can be processed appropriately and used as animal feed or for biogas production to generate energy. Packaging waste, on the other hand, should undergo necessary sorting procedures for recycling, according to the application. Especially from the user perspective, it is evident that this can contribute to personal waste management processes. The recycling of packaging materials, as suggested by the application, is expected to be highly effective when combined with household sorting and local government-provided recycling options. Composting, recommended for organic waste recovery, acts as a natural fertilizer for plants, enhancing soil fertility. The ease with which consumers can perform this process at home using a small compost bin makes composting a highly convenient option for individual waste management. Responsible behaviors throughout the entire consumption cycle, from planned shopping, portion control, packaging recycling, efficient water use, to repurposing food waste in various ways, will significantly contribute to a sustainable lifestyle.

In conclusion, artificial intelligence and technology-supported solutions can be effective tools in the field of sustainability, raising awareness about individual food waste management, and taking significant steps towards a more livable world through the widespread adoption of these applications. To this end, it would be beneficial for regulators to establish frameworks for individual waste management and to increase awareness on the issue by incorporating courses on waste reduction into school curriculums.

To improve this study, how different user groups evaluate the suggestions offered by the application and how they evaluate food waste can be compared. Measures such as application usage data, acceptance rates of suggestions, user satisfaction and reduction in general food waste can be statistically evaluated and the effect on users' sustainable consumption habits can be analysed. In addition, if the expected effect is achieved, the widespread effect of the application can be increased by offering it as a phone application.