

Beslenme ve Diyetetik Uygulamalarında Yapay Zeka

Artificial Intelligence in Nutrition and Dietetics Applications

İzzet Ülker¹, Ayşe Çamli²

Geliş tarihi/Received: 13.03.2023 • Kabul tarihi/Accepted: 24.04.2023

ÖZET

Yapay zeka, düşünce süreçlerini, öğrenme yeteneklerini ve bilgi yönetimini taklit etme özelliklerine sahip olan bilgisayar biliminin bir dalıdır. Yapay zeka uygulamaları, deneysel ve klinik tıpta giderek daha fazla uygulama alanı bulmaktadır. Beslenme ve diyetetik alanında yapay zeka uygulamaları, beslenme durumunun değerlendirilmesi, diyet planlama, diyet-hastalık ilişkisi ve antropometrik ölçümler olmak üzere 4 ana başlıkta toplanabilmektedir. Beslenme durumunun değerlendirilmesinde kullanılan yöntemlerden olan besin tüketim kayıtları ve antropometrik ölçümlerin geleneksel yöntemleri kendi içerisinde bazı olumsuzluklara sahiptir. Bu olumsuzlukların önüne geçmek adına besinlerin fotoğrafları çekilmekte veya ses ve harekete duyarlı giyilebilir cihazlar geliştirilmektedir. Diyet planlama noktasında da bireylerin bilgilerinin girilmesi ile kişiye özel diyet planları oluşturulabilmektedir. Burada dikkat çekici olan nokta diyet planlamada sağlık profesyonelinin bağımsız sistemin hareket etmemesidir. Ayrıca kişinin bilgileri doğrultusunda beslenme-hastalık gelişimi riskini tahmin eden uygulamalar da bulunmaktadır. Son olarak; yapay zeka algoritmaları ve biyomedikal sinyallere dayalı vücut kas kütlesi yüzdesi, elektrokardiyografi sinyali ve makine öğrenme yöntemleri ile vücut yağ kütlesi yüzdesi tahmin modelleri geliştirilmiştir. Yapılan çalışmalarda yapay zekanın tüm bu alanlarda elde ettiği sonuçların yüksek doğruluğa sahip olduğu bildirilmektedir. Gelişen teknoloji ve yapay zeka alanında hızlı gelişme beslenme durumunun saptanması ve kişiye özgü diyet planlamalarının hızlı ve güvenilir bir şekilde oluşturulması konusunda ümit vadetmektedir.

Anahtar kelimeler: Beslenme, diyet, yapay zeka

ABSTRACT

Artificial intelligence is a branch of computer science that has the ability to imitate thought processes, learning abilities, and knowledge management. Artificial intelligence applications are finding more and more application area in experimental and clinical medicine. Artificial intelligence applications in the field of nutrition and dietetics can be grouped under 4 main headings: assessment of nutritional status, diet planning, diet-disease relationship and anthropometric measurements. Traditional methods of food consumption records and anthropometric measurements, which are methods used in the assessment of nutritional status, have some disadvantages in themselves. In order to prevent these disadvantages, photos of foods are taken or wearable devices that are sensitive to sound and motion are developed. At the point of diet planning, personalized diet plans can be created by entering the information of individuals. The remarkable point here is that the system does not act independently of the health professional in diet planning. In addition, there are applications that predict the risk of nutrition-disease development in line with the information of the person. Finally; body muscle mass percentage prediction models based on artificial intelligence algorithms and biomedical signals and body fat mass percentage prediction

1. Erzurum Teknik Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Erzurum, Türkiye • <https://orcid.org/0000-0001-9444-5243>

2. **İletişim/Correspondence:** Erzurum Teknik Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Erzurum, Türkiye
E-posta: ayse.camli@erzurum.edu.tr • <https://orcid.org/0000-0002-3423-4097>

models based on machine learning methods and electrocardiography signal have been developed. It is reported that the results obtained by artificial intelligence in all these areas have high accuracy in the studies. Developing technology and rapid development in the field of artificial intelligence is promising in determining the nutritional status and creating personalized diet plans quickly and reliably.

Keywords: Nutrition, diet, artificial intelligence

GİRİŞ

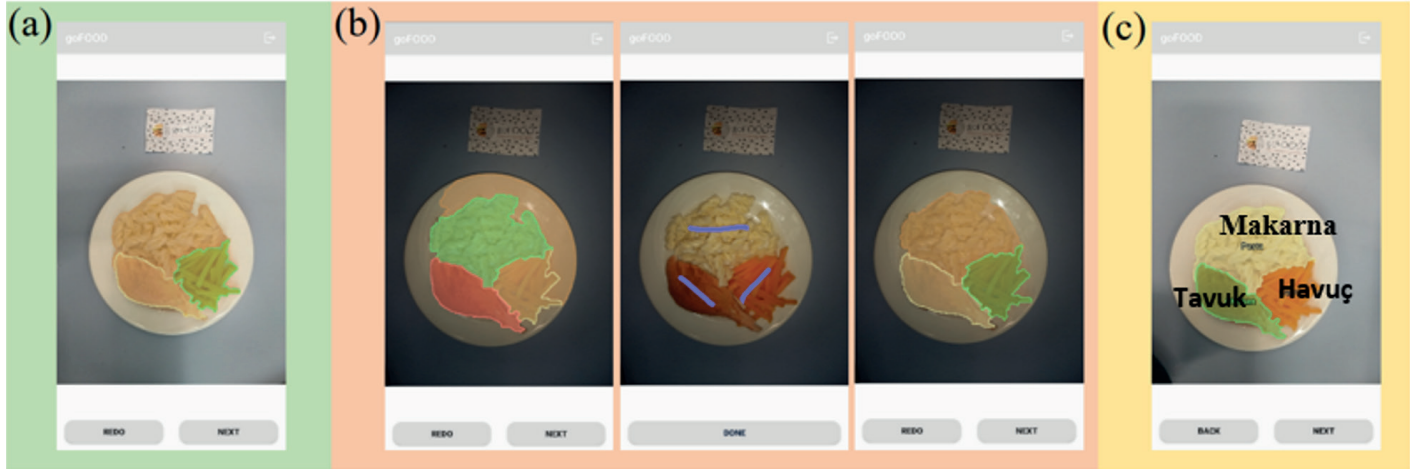
Yapay zeka (YZ), akıllı makineler ve hesaplamalı rasyonalite tarafından insan zekasının simülasyonu ile ilgili bir bilgisayar bilimi alanıdır. Yapay zeka hızlı analiz edebilme, sonuca varabilme, tahminde bulunabilme, öğrenebilme ve hatta kendi kendini düzeltebilme gibi özelliklere sahiptir (1). Yapay zeka disiplini içerisinde uzman sistemler, bulanık mantık ve yapay sinir ağları (YSA), makine öğrenimi (MÖ), derin öğrenme (DÖ), bilgisayar görüşü, robotik gibi çeşitli alt disiplinler yer almaktadır. Makine öğrenimi yaklaşımları denetimli (destek vektör makineleri, K-en yakın komşu, rasgele orman, karar ağacı), denetimsiz (temel bileşen analizi, faktör analizi, K-ortalama, hiyerarşik kümeleme, Gauss karışım modeli), yarı denetimli ve takviyeli öğrenme türlerindedir (2).

Günümüzde yapay zeka, tıbbi kayıtların dijital formatta tutulması ve akıllı teknolojiler kullanılarak hasta kontrollerinin yapılması için tıp alanında tanıtılmaktadır. Özellikle hedefe yönelik tedavilerde, özgün bileşimli ilaçlarda ve kişiye özel tedavilerde çözümler sunmaktadır. Yapay zeka, ilaç tedavisi ve ameliyat sürecinde cerraha rehberlik etmeye yardımcı olan yenilikçi bir teknolojidir. Bu teknoloji karmaşık durumlarda daha iyi karar verilmesini sağlamaktadır. Hastanedeki enfeksiyonun izlenmesine, tespit edilmesine, araştırılmasına ve kontrol edilmesine yardımcı olabilmektedir. Ayrıca, çevrimiçi hasta randevu platformlarını geliştirip optimize etmektedir (1). Besin tüketiminin değerlendirilmesi, bir bireyin veya popülasyonun diyet ve sağlık durumu arasındaki ilişkiyi anlamak için bilimsel araştırma ve klinik uygulamada önemli bir yere sahiptir (2). Besin tüketimini değerlendirmek, bireyler ve gruplar için ideal menüler planlamak araştırmacıların 1960'ların başından beri bilgisayar ortamına taşımaya çalıştıkları

bir çalışma alanıdır (3). Yapay zekanın, farklı türden çok sayıda veriyi işleyerek diyetisyenlerin vermiş olduğu çok sayıda hizmeti oldukça hızlı ve ekonomik bir şekilde gerçekleştirebileceği bildirilmektedir. Bu bağlamda besin tüketiminin değerlendirilmesi, diyet planlama, diyet hastalık ilişkini saptama, antropometrik ölçümlerin alınması gibi alanlarda yapay zeka tekniklerini kullanan çalışmaların sayısı giderek artmaktadır (4). Elde edilen bilgiler ışığında bu derleme çalışma beslenme ve diyetetik uygulamalarında yapay zeka tekniklerinin kullanımının değerlendirilmesi amacıyla yapılmıştır.

Besin Tüketiminin Değerlendirilmesinde Yapay Zeka

Besinler insanların yaşamlarını sürdürebilmeleri için vazgeçilmezdir. Ancak sağlıklı besin tüketimi, kardiyovasküler hastalıklar, kanser ve diabetes mellitus gibi birçok bulaşıcı olmayan kronik hastalıklar için önemli bir davranışsal risk faktörüdür (5). Bireyin veya toplumun besin tüketiminin değerlendirilmesi, diyet ile hastalıklar arasındaki ilişkinin anlaşılması ve çözüm üretilmesi açısından önemli rol oynamaktadır. Ayrıca diyet önerilerinin daha etkili olmasında ve kamu politikalarının oluşturulmasında en önemli köşe taşlarından bir tanesidir (6,7). Beslenme durumunun değerlendirilmesinde en çok kullanılan yöntemlerden olan besin tüketim kayıtlarının alınmasının hafızaya bağımlılığı, yiyecek porsiyon algısındaki farklılıklar, okuryazarlık ve görüşmecilerin eğitimi dahil olmak üzere birçok sınırlılığı vardır. Gelişen teknoloji mevcut metodolojik eksikliklere uygun bir çözüm olarak ortaya çıkmaktadır. Bilgisayarlı beslenme durumunun değerlendirilmesi, motive edici ve bilgilendirici etkisi olan, kişiye göre uyarlanmış otomatik geri bildirim



Şekil 1. goFOODTM Uygulaması (11).

(a) Başarılı otomatik segmentasyon; (b) Kötü aydınlatma nedeniyle başarısız otomatik segmentasyon [sol], manuel kullanıcı girişi [orta], başarılı yarı otomatik segmentasyon [sağ] (c) Otomatik tanıma.

sağlayabilmektedir. Geribildirim, besin tüketiminin yeterliliğini, düşük veya yüksek besin ögesi alımları ile ilişkili sağlık risklerini ve ilgili beslenme önerilerini grafikler veya tablolar şeklinde sunulabilmektedir (8).

Yapılan bir uygulamada yapay zeka modeli geliştirilerek besin tüketiminin, 24 saatlik besin tüketim kaydı verileri kullanılarak dijital veri toplama çerçevesine dayalı bir besin analizi modeli oluşturulmuştur. Kullanıcının tükettiği yemeklerin adını ve porsiyon miktarını girmesi ile yiyeceklerin besin içerikleri analiz edilmektedir. Bu model, sık tüketilen Tayvan yemek tariflerinin içeriklerine dayanmaktadır ve besin alımını otomatik olarak hesaplamaktadır. Yemek tarifi kullanıcı tarafından değiştirilebilmekte, bu da modelin tüm ülkelerde kullanılmasına izin vermektedir (9).

Besin tüketiminin değerlendirilmesinde besinlerinin görüntüsünün kullanımı ve giyilebilir cihazların kullanımı olmak üzere iki farklı yapay zeka uygulamaları kullanılmaktadır (10-16).

Besin Tüketiminin Değerlendirilmesinde Yiyeceklerin Görüntüsünün Kullanımı: Ji et al. (10) görüntüye dayalı bir diyet değerlendirme uygulaması olan Keenoa'nın 3 günlük besin tüketim kaydına göre göreceli geçerliliğini sağlıklı Kanadalı yetişkinlerden oluşan bir örnekte değerlendirmiştir. Bu randomize kontrollü çalışmadaki yazarlar, Keenoa'nın grup

düzeyinde bireysel düzeyden daha iyi geçerliliğe sahip olduğunu ve genel popülasyonun besin tüketimi değerlendirilirken kullanılabileceğini göstermiştir. Ayrıca, geleneksel yöntemlerle karşılaştırıldığında kullanıcılar tarafından daha iyi kabul gördüğü belirtilmiştir (10). Lu et al. (11) tarafından yapılan bir çalışmada yapay zekaya dayalı bir diyet değerlendirme sistemi olarak goFOODTM'u kullanılmıştır. Sistem bir akıllı telefon tarafından çekilen yiyecek görüntülerine dayanarak, bir yemeğin enerji ve makro besin ögesi içeriğini hesaplayabilmektedir. Sistem öğünün iki görüntüsünü veya kısa bir video girişini gerektirmektedir. Geleneksel tek kameralı akıllı telefonlar için, görüntülerin iki farklı görüş açısından yakalanması gerekirken iki arka kamera ile donatılmış akıllı telefonlarda yalnızca bir görüntü istenmektedir. Derin sinir ağları, iki görüntüyü işlemek ve besin algılama, segmentasyon ve tanıma uygulamak için kullanılırken, 3D yeniden yapılandırma algoritması yiyeceğin hacmini tahmin etmektedir (Şekil 1). Yapılan bu çalışmada da Ji. et al. (10) tarafından yapılan çalışma gibi yapay zeka uygulamasının besin tüketiminin değerlendirilmesinde başarılı olduğu bildirilmektedir (11). Bu çalışmalara benzer şekilde yapılan bazı çalışmalarda da sınıflandırma doğruluğu yüksek bulunmuş ve besin alımının değerlendirilmesinde yiyeceklerin görüntüsünün kullanılabilmesi sonucuna varılmıştır (12-14).

Besin Tüketiminin Değerlendirilmesinde Giyilebilir Cihazların Kullanımı: Klinik ortamda sınırlı kullanımına rağmen, giyilebilir diyet izleme araçları, besin alımını pasif olarak yakalamak için yeni bir yöntem olarak geliştirilmektedir. Son zamanlarda araştırılan en umut verici giyilebilir diyet alım sensörleri ses, görüntü ve/veya harekettir (17).

Akustik tabanlı giyilebilir cihazlar, tüketilen yiyeceğin türü ve tahmini miktarı hakkında fikir verebilmek için çiğneme ve/veya yutma davranışının algılanması için mikrofonlar kullanılmaktadır (18). Yapılan bir çalışmada sistem, çiğneme ile ilişkili akustik değişkenleri (yapısal ve zamanlama) analiz etmek ve bu verileri "her lokmada ağıza alınan yiyecek miktarı" olarak tanımlanan ısırık ağırlığını tahmin etmek için kullanmıştır. Isırık ağırlığı tahmin modelleri, bilinen besin türlerine göre seçilmiştir. Bu çalışmada, bir kulak cihazına gömülü küçük bir mikrofon kullanan araştırmacılar, üç test yiyeceğini (patates cipsi, marul ve elma) %94 doğrulukla ayırt edebilen sese duyarlı bir tanıma sistemi oluşturmuştur. Bu çalışma, tespit edilen besin türleriyle sınırlı olsa da, makine öğreniminin kullanılmasının, besin alımı takibinde bu ses tabanlı diyet alım sensörleri alanını ilerletmek için kullanılabileceğini düşündürmektedir (15).

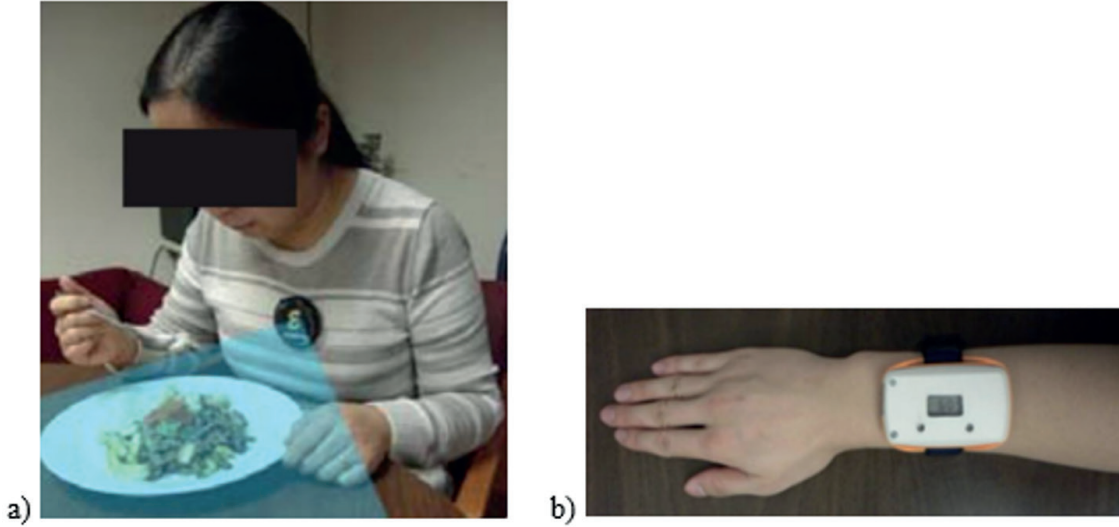
Görüntü tabanlı besin alımını değerlendiren giyilebilir cihazlarda, besinleri sınıflandırmak ve porsiyon boyutlarını tahmin etmek için kameralar kullanılmaktadır. Bu çalışma prensibine göre düzenlenmiş eButton, 6 cm çapındaki bir düğmenin içine yerleştirilmiş minyatür bir kameraya sahiptir. eButton, yenilen bir yemeğin otomatik olarak görüntüsünü almaktadır. Görüntüler bir algoritma tarafından işlenmekte, tabak ve yemek kapları gibi değişkenler ile porsiyon boyutu analiz edilmektedir. Besin ve porsiyon boyutu bilgileriyle, enerji ve besin ögesi içeriği hakkındaki veriler daha sonra bağlantılı bir diyet veri tabanı ile ilişkilendirilerek sonuç elde edilmektedir (16). Diyet değerlendirmesinde dijital görüntüleri yakalayan diğer giyilebilir cihazların çalışma prensibinde ise, tüketilen yiyeceklerin türünü

ve miktarını belirlemek için beslenme uzmanları tarafından kodlama gerekmektedir (19). Akıllı telefonların daha yaygın hale gelmesiyle, hastalar, diyet değerlendirmesi için yiyecek görüntüleri çekmek üzere akıllı telefonlarındaki kamerayı kullanan mobil uygulamaları kullanmayı tercih edebilir, ancak diyet değerlendirmesi için akıllı telefonların kullanılması, giyilebilir cihazların aksine aktif veri toplamayı gerektirecektir (20).

Harekete dayalı diyet alımını değerlendiren giyilebilir cihazlar, yeme esnasında bilek hareketlerini izlemek için genellikle bileğe takılmaktadır. Bu cihazlar, enerji alımı için bir belirteç olarak ısırıkları saymak üzere bileğin kaldırma ve döndürme hareketlerini kaydetmek için bir ivmeölçer ve/veya bir jiroskop içermektedir (17,21). Bu cihazlar tüm gün takılmak üzere tasarlandıklarından, sensörün yeme ve yememe durumlarındaki bilek hareketlerini ayırt edebilmesi gerekmektedir. Tek bir ısırıkla ilişkili enerji alımını tahmin etmek için verileri ve öngörücü denklemleri kullanarak ısırık sayısını tahmin eden algoritmalar geliştirilmiştir. Bu cihazların yeme için kullanılan baskın ele takılması gerekmektedir (22,23). Görüntü ve harekete dayalı besin tüketimini değerlendiren giyilebilir cihazlar Şekil 2'de gösterilmiştir (16,22).

Diyet Planlamada Yapay Zeka

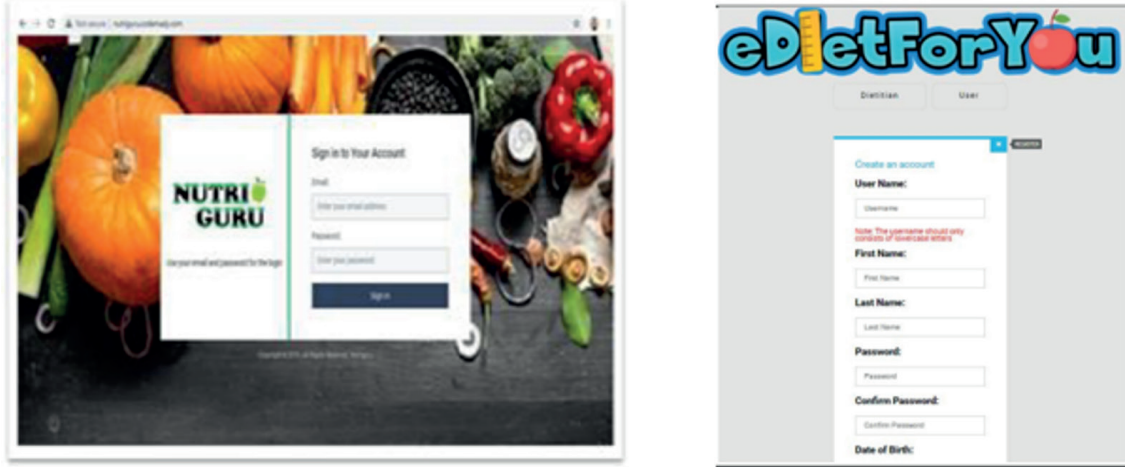
Diyet planlama alanında çalışan yapay zeka uygulamaları da mevcuttur. LIFANA olarak adlandırılan projenin bir parçası olarak diyet planlama için önerilen uygulamada bireyin vücut ağırlığı, boy uzunluğu, yaş, cinsiyet ve fiziksel aktivitesinin kaydedilmesi gerekmektedir. Daha sonra verilen bilgilere göre sistem, kişi için gereken enerjiyi hesaplamaktadır. İdeal olarak, haftada 1 kg kazanma/kaybetme gibi hedef programları kullanarak vücut ağırlığının nasıl azaltılması gerektiği konusunda bilgi vermektedir. Öğüne göre diyet listesi önermektedir. Öğünün durumuna göre yüksek ve düşük enerjili yiyecekler düzenleyebilmektedir. Sistem, kullanıcıya diyet planını kabul edip etmediğini sorduğundan



Şekil 2. Görüntü (a) ve harekete (b) dayalı besin tüketimini değerlendiren giyilebilir cihazlar (16,22).

daha doğru sonuçlar elde edilebilmektedir. Kabul edilmezse sistem ayrıca alternatif diyet planı verebilmektedir (24). Devam eden bir çalışmada ise, değerlendirme ve danışmanlık olmak üzere iki aşamalı bir uzman sistem tasarlanarak kullanıcının beslenme durumunu değerlendirip, beslenme uzmanlarından Web/App tabanlı danışmanlık almasını sağlamak amaçlanmıştır. Değerlendirme aşamasında, kayıt ve oturum açtıktan sonra, kullanıcılar veya hastalar diyetleriyle ilgili bazı anketleri yanıtlamaktadır. Fiziksel aktivite düzeyleri izlenmekte ve beden kütle indeksi (BKİ) hesaplanmaktadır. Tüm bilgiler veri tabanında saklanmakta ve öğünlerin karbonhidrat, yağ, protein, vitamin ve mineraller ve posa gibi besin öğelerine ayrılmasını içeren rapor oluşturulmaktadır. Öğünlerinde eksik olan besin öğeleri tablo olarak gösterilmektedir. Besin ve fiziksel aktivite konusunda kişiselleştirilmiş öneriler sunmaktadır. Danışmanlık aşamasında ise doktorlar veya beslenme uzmanları hastalarının verilerine erişebilmekte, analiz yapılabilen ve hastalara uygun tedavi planlanmaktadır (25). Diğer bir uygulama olan Nutriguru, Web tabanlı bir uygulamadır ve İngilizce olarak kullanıma sunulmuştur. Kullanıcı profili, BKİ hesaplayıcısı, enerji gereksinmesi, karbonhidrat, protein ve yağ için önerilen miktarlar ve menü planından oluşmaktadır. Yaşa göre dengeli

beslenme konusunda farkındalık yaratmayı, diyet bilgilerini toplamayı, depolamayı ve standardize etmeyi hedefleyen bir uygulamadır (26). NutriCure, kullanıcının sağlığıyla ilgili verileri girdi olarak alan ve çıktı olarak ihtiyaçlarına göre uyarlanmış bir diyet planı sağlayan, hastalığa göre farklı çıktılar sunabilen bir diyet öneri sistemidir. Önerilen sistemde K-en yakın komşu algoritması kullanılmıştır. NutriCure, kullanıcının sağlık profilini dikkate alarak uygun miktarda besin kombinasyonu önermektedir. Bu sistemin temel amacı, istenilen besinlerden oluşan kişiye özel bir beslenme planı sağlamaktır (27). Kullanıma sunulmuş diğer bir uygulama ise, eDietForYou günlük enerji gereksinmesi ve günlük aktivite düzeyine dayalı diyet planı önermek için web tabanlı bir karar destek sistemi olması planlanarak geliştirilmiştir. Bu araç, insanların diyetisyenlerin önerdiği şekilde ideal vücut ağılıklarına ulaşmalarına yardımcı olabilmektedir. Tüm hesaplamalar ve kararlar sistem tarafından otomatik olarak önerilmektedir (28). Diyet planlamada kullanılan bazı yapay zeka uygulamaları Şekil 3'te gösterilmiştir. Bu uygulamaların çıktı olarak doğru bir diyet planı sunabilmesi için gerekli tüm bilgilerin mevcut olması gerekmektedir. Bu nedenle herhangi bir veri eksikliği olduğu durumlarda kullanıcının bir diyetisyene başvurması önerilmektedir (26,28).



Şekil 3. Diyet planlamada kullanılan Nutriguru ve eDietForYou uygulamaları (26,28).

Diyet ve Hastalık İlişkisinde Yapay Zeka

Yapay zekanın kullanım alanlarından birisi de hastalık gelişim riski hesaplamasına yönelik geliştirilen uygulamalardır. Bu bağlamda obezite, diyabet, bağırsak hastalıkları gibi çeşitli hastalıklarla ilgili uygulamalar vardır (29-32). Obeziteye neden olan faktörlerin araştırılması bulanık mantık modeline dayanmaktadır. Yapılan bir çalışmada veriler, obezite düzeyini tahmin etme girişiminde bulanık mantık modelleme tekniği ile analiz edilmiştir. Tasarlanan sistem herhangi bir sayıda girdi için genişletilebilmektedir. Bulanık mantık çıkarım sistemi, herhangi bir girdi faktörüne karşılık olarak BKİ çıktısını vermektedir. Bu tür verileri analiz etmek için bir araç olarak bulanık mantık yeterlidir. Ancak bu çalışmada dikkate alınmayan diğer parametreler de dahil edilerek model, analizde daha fazla kesinlik için genişletilebilir (33).

Diyabetli hastalar için Day Two, Glucose Buddy ve Dario Health gibi uygulamalar bulunurken gastrointestinal sistem hastalığı olan bireylerde Cara Care: IBS, Gali Health: IBD ve My Symptoms gibi mobil uygulamaların izleme ve yönetimde rol oynayabileceği belirtilmektedir (34). Benzer bir uygulama olan Stay-Health, insanların daha sağlıklı bir diyet yapabilmesi ve bulaşıcı olmayan hastalıklardan korunmaları için beslenmeye dayalı bir öneri sistemidir. Sistem,

hastanın bir veya daha fazla hastalıktan etkilenip etkilenmediğini veya sağlıklı olup olmadığını belirlemek için bazı verilerden yararlanmaktadır. Sistem şu anda geliştirme aşamasındadır (29). Yetişkinlerin yanı sıra denetimli makine öğrenme teknikleri kullanılarak beş yaş altı çocukların beslenme durumunun saptandığı ve malnütrisyonun tespit edildiği bir çalışma da mevcuttur (30).

Yapay zeka teknikleri, diyet analizine dayalı olarak sağlık sorunları riskini tahmin etmede de yararlı görünmektedir. Berry et al. (31) ikiz ve akraba olmayan sağlıklı yetişkin gruplarında (PREDICT 1 çalışması), kardiyometabolik hastalıklar için potansiyel risk faktörleri olarak postprandial metabolik yanıtların (trigliserit, glukoz, insülin) bireyler arası değişkenliğini değerlendirmiştir. Yürütülen kohort çalışmalarına dayanarak, besin alımına hem glisemik hem de trigliserit tepkilerini tahmin eden bir makine öğrenimi modeli geliştirilmiştir (31). Naushad et al. (32) mikro besin öğelerinin (folat, B12) meme kanserine duyarlılığı nasıl modüle ettiğini araştırmak için yapay sinir ağına dayalı bir meme kanseri risk tahmin modeli geliştirmiştir. Geliştirilen modelin, meme kanseri öngörüsünde %94.2 doğruluğa sahip olduğu bildirilmiştir (32). Bu çalışmalara benzer şekilde kardiyovasküler hastalık ve şizofreni riskini yüksek doğrulukla tahmin etmede yapay zeka tekniklerini kullanan çalışmalar bulunmaktadır (35,36).

Antropometrik Ölçümlerin Gerçekleştirilmesinde Yapay Zeka

Kas kütlesi, kas fonksiyonunu sağlayan kritik bileşenlerden biridir. Optimum sağlığı korumak için olması gereken kas kütlelerini ölçmek ve izlemek önemlidir. Kas kütlelerini tahmin etmek için kullanılan klasik yöntemlerin çeşitli olumsuzluklara sahip olması, yeni yüksek teknoloji yöntemlerine olan ihtiyacı artırmaktadır. Uçar ve ark. (37), yapay zeka algoritmaları ve biyomedikal sinyallere dayalı, düşük maliyetli ve güvenilir bir vücut kas kütlesi yüzdesi hesaplama modeli geliştirmeyi amaçlamıştır. Çalışma için 327 fotopletismografi sinyali kullanılmıştır. Makine öğrenimi algoritmaları olarak karar ağaçları, destek vektör makineleri, karar ağaçları ve hibrit makine öğrenimi algoritmaları kullanılmıştır. Bu çalışmanın sonuçları, fotopletismografi tabanlı modellerin vücut kas yüzdesini tahmin etmede kullanılabileceğini düşündürmektedir (37).

Vücut yağ kütlesi yüzdesi, vücut kompozisyonunun değerlendirilmesinde sıklıkla kullanılan bir parametredir. Dual enerji X-ray absorpsiyometri (DEXA) altın standart bir yöntemdir, zahmetli, maliyetli ve zaman alıcıdır. Bu nedenle daha pratik yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Uçar ve ark. (38) cinsiyete dayalı elektrokardiyografi (EKG) sinyali ve makine öğrenme yöntemleri ile vücut yağ kütlesi yüzdesi tahmin modelleri geliştirmeyi amaçlamıştır. Elde edilen sonuçlara göre EKG tabanlı tahmin modellerinin pratikte kullanılabileceği düşünülmektedir (38).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Beslenme ve Diyetetik alanında yapay zeka uygulamalarının besin ögesi alımının değerlendirilmesi, diyet planlama, diyet ve hastalık ilişkisini saptama ve antropometrik ölçümlerin elde edilmesi noktasında yüksek doğruluğa sahip olduğu görülmüştür. Akıllı telefonlar kullanılarak yiyeceğin görüntüsü aracılığıyla besin tüketiminin değerlendirilmesi klasik değerlendirme yöntemlerine kıyasla diyetisyenlerin iş yükünü oldukça azaltmasına

rağmen her öğün için bir akıllı telefonu manuel olarak kullanmak zorunda olmanın yeme davranışını değiştirebileceği, besin tüketiminin değerlendirilmesi için ideal olmadığı da öne sürülmektedir. Bunun yerine, gün boyunca sürekli olarak yeme davranışını tespit etmek için giyilebilir cihazların daha avantajlı olabileceği savunulmaktadır. Bu yaklaşım bazı olumsuzluklar sağlasa da, sürekli kayıt edilmesi nedeniyle gizlilik endişelerinin olduğu ve cihazın takılı olduğu zamanlar dışında tüketilen yiyeceklerin (örn. kahvaltı, gece atıştırmaları) gözden kaçabileceği de düşünülmektedir. Gelişen teknoloji ve yapay zeka alanındaki hızlı ilerlemeler beslenme durumunun saptanması ve kişiye özgü diyet planlamalarının hızlı ve güvenilir bir şekilde oluşturulması konusunda ümit vadetmektedir.

Yazarlık katkısı • Author contributions: Çalışmanın tasarımı: İÜ, AÇ; İlgili literatürün taranması: İÜ, AÇ; Makale taslağının oluşturulması: AÇ; İçerik için eleştirel gözden geçirme: İÜ; Yayınlanacak versiyonun son onayı: İÜ, AÇ. • Study design: İÜ, AÇ; Literature review: İÜ, AÇ; Draft preparation: AÇ Critical review for content: İÜ; Final approval of the version to be published: İÜ, AÇ.

Çıkar çatışması • Conflict of interest: Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan ederler. • The authors declare that they have no conflict of interest.

KAYNAKLAR

1. Haleem A, Javaid M, Khan IH. Current status and applications of Artificial Intelligence (AI) in medical field: An overview. Current Medicine Research and Practice. 2019;9(6):231-7.
2. Oliveira Chaves L, Gomes Domingos AL, Louzada Fernandes D, Ribeiro Cerqueira F, Siqueira-Batista R, Bressan J. Applicability of machine learning techniques in food intake assessment: A systematic review. Crit Rev Food Sci Nutr. 2023;63(7):902-9.
3. Petot GJ, Marling C, Sterling L. An artificial intelligence system for computer-assisted menu planning. Journal of the American Dietetic Association. 1998;98(9):1009-14.
4. Kirk D, Catal C, Tekinerdogan B. Precision nutrition: A systematic literature review. Comput Biol Med. 2021;133:104365.
5. Dao MC, Subar AF, Warthon-Medina M, Cade JE, Burrows T, Golley RK, et al. Dietary assessment toolkits: an overview. Public Health Nutr. 2019;22(3):404-18.

6. Shim JS, Oh K, Kim HC. Dietary assessment methods in epidemiologic studies. *Epidemiol Health*. 2014;36:e2014009.
7. Rupasinghe W, Perera H, Wickramaratne N. A comprehensive review on dietary assessment methods in epidemiological studies. *J Pub Health Nutri*. 2020;3:204-11.
8. Sharp DB, Allman-Farinelli M. Feasibility and validity of mobile phones to assess dietary intake. *Nutrition*. 2014;30(11-12):1257-66.
9. Lee HA, Huang TT, Yen LH, Wu PH, Chen KW, Kung HH, et al. Precision nutrient management using artificial intelligence based on digital data collection framework. *Applied Sciences*. 2022;12(9):4167.
10. Ji Y, Plourde H, Bouzo V, Kilgour RD, Cohen TR. Validity and usability of a smartphone image-based dietary assessment app compared to 3-day food diaries in assessing dietary intake among Canadian adults: randomized controlled trial. *JMIR Mhealth Uhealth*. 2020;8(9):e16953.
11. Lu Y, Stathopoulou T, Vasiloglou MF, Pinault LF, Kiley C, Spanakis EK, et al. goFOODTM: an artificial intelligence system for dietary assessment. *Sensors (Basel)*. 2020 Jul 31;20(15):4283.
12. Sundaravadivel P, Kesavan K, Kesavan L, Mohanty SP, Koungianos E. Smart-Log: A deep-learning based automated nutrition monitoring system in the IoT. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*. 2018;64(3):390-8.
13. Ciocca G, Napoletano P, Schettini R. CNN-based features for retrieval and classification of food images. *Computer Vision and Image Understanding*. 2018;176:70-7.
14. Jahani Heravi E, Habibi Aghdam H, Puig D. An optimized convolutional neural network with bottleneck and spatial pyramid pooling layers for classification of foods. *Pattern Recognition Letters*. 2018;105:50-8.
15. Amft O, Kusserow M, Tröster G. Bite weight prediction from acoustic recognition of chewing. *IEEE Trans Biomed Eng*. 2009;56(6):1663-72.
16. Sun M, Burke LE, Mao ZH, Chen Y, Chen HC, Bai Y, et al. eButton: a wearable computer for health monitoring and personal assistance. *Proc Des Autom Conf*. 2014;2014:1-6.
17. Vu T, Lin F, Alshurafa N, Xu W. Wearable food intake monitoring technologies: A comprehensive review. *Computers*. 2017;6(1):4.
18. Amft O, Troster G. On-body sensing solutions for automatic dietary monitoring. *IEEE Pervasive Computing*. 2009;8(2):62-70.
19. Eldridge AL, Piernas C, Illner AK, Gibney MJ, Gurinović MA, de Vries JHM, et al. Evaluation of new technology-based tools for dietary intake assessment-an ILSI Europe Dietary Intake and Exposure Task Force evaluation. *Nutrients*. 2018;11(1).
20. Boushey CJ, Spoden M, Zhu FM, Delp EJ, Kerr DA. New mobile methods for dietary assessment: review of image-assisted and image-based dietary assessment methods. *Proc Nutr Soc*. 2017;76(3):283-94.
21. Magrini ML, Minto C, Lazzarini F, Martinato M, Gregori D. Wearable devices for caloric intake assessment: state of art and future developments. *Open Nurs J*. 2017;11:232-40.
22. Dong Y, Hoover A, Scisco J, Muth E. A new method for measuring meal intake in humans via automated wrist motion tracking. *Appl Psychophysiol Biofeedback*. 2012;37(3):205-15.
23. Salley JN, Hoover AW, Wilson ML, Muth ER. Comparison between human and bite-based methods of estimating caloric intake. *J Acad Nutr Diet*. 2016;116(10):1568-77.
24. Dhurgadevi M. Android based diet consultant using rule pattern-based algorithm. *Journal of Science Technology and Research (JSTAR)*. 2021;2(1).
25. Khan A, Deshpande S, Tripathy AK, editors. Optimizing nutrition using machine learning algorithms-a comparative analysis. 2019 International Conference on Nascent Technologies in Engineering (ICNTE); 2019: IEEE.
26. Bhagyasruthi P, Swarnalatha A. Development of Nutriguru-interactive nutrition based website. *International Journal of Recent Advances in Multidisciplinary Topics*. 2021;2(4):173-6.
27. Pawar R, Lardkhan S, Jani S, Lakhi K. NutriCure: a disease-based food recommender system. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*. 2021;6(6):65-70.
28. Mohamad R, Kamaruddin SZ, Maizura N. Web-based decision support system for dietary meal plan recommendation. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*. 2018;96:7864-75.
29. Roy F, Shaji A, Sherimon V, Al Amri MMS. Stay-Healthy: an expert system to suggest a healthy diet. *International Journal of Engineering Science Technologies*. 2022;6(1):11-7.
30. Duraisamy TD, Sudha P. Identification of malnutrition with use of supervised datamining techniques-decision trees and artificial neural networks. *Int J Eng Comput Sci*. 2014;3(09):2319-7242.

31. Berry SE, Valdes AM, Drew DA, Asnicar F, Mazidi M, Wolf J, et al. Human postprandial responses to food and potential for precision nutrition. *Nat Med*. 2020;26(6):964-73.
32. Naushad SM, Janaki Ramaiah M, Pavithrakumari M, Jayapriya J, Hussain T, Alrokayan SA, et al. Artificial neural network-based exploration of gene-nutrient interactions in folate and xenobiotic metabolic pathways that modulate susceptibility to breast cancer. *Gene*. 2016;580(2):159-68.
33. Saddek B. Prevention of obesity using artificial intelligence techniques. *International Journal of Science and Engineering Investigations*. 2012;1:146-450.
34. Limketkai BN, Mauldin K, Manitius N, Jalilian L, Salonen BR. The age of artificial intelligence: use of digital technology in clinical nutrition. *Curr Surg Rep*. 2021;9(7):20.
35. Panaretos D, Koloverou E, Dimopoulos AC, Kouli GM, Vamvakari M, Tzavelas G, et al. A comparison of statistical and machine-learning techniques in evaluating the association between dietary patterns and 10-year cardiometabolic risk (2002-2012): the ATTICA study. *Br J Nutr*. 2018;120(3):326-34.
36. Lin T, Liu T, Lin Y, Yan L, Chen Z, Wang J. Comparative study on serum levels of macro and trace elements in schizophrenia based on supervised learning methods. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 2017;43:202-8.
37. Uçar MK, Uçar K, Uçar Z, Bozkurt MR. Determination gender-based hybrid artificial intelligence of body muscle percentage by photoplethysmography signal. *Comput Methods Programs Biomed*. 2022;224:107010.
38. Uçar MK, Uçar Z, Uçar K, Akman M, Bozkurt MR. Determination of body fat percentage by electrocardiography signal with gender based artificial intelligence. *Biomedical Signal Processing and Control*. 2021;68:102650.