

Basınç Yaralanması Sınıflamasına Yapay Zekâ Destekli Yaklaşımlar

Handenur Gündoğdu¹, Yurdanur Dikmen¹, Ali Furkan Kamanlı², Mehmet Okuyar³

¹ Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Hemşirelik Bölümü, Sakarya, Türkiye

² Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Teknoloji Fakültesi/Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü Sakarya, Türkiye

³ Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Biyomedikal Mühendisliği Anabilim Dalı, Sakarya, Türkiye

Makale atfı: Gündoğdu H, Dikmen Y, Kamanlı AF, Okuyar M. Basınç yaralanması sınıflamasına akıllı bir yaklaşım. TÜSEB 2023;6(3):154-158.

ÖZET

Basınç yaralanması yönetiminde uygun ve etkin girişimleri zamanında gerçekleştirebilmek için basınç yaralanmasını tanılama ve sınıflama en öncelikli adımdır. Hastaya uygulanacak bakımda anahtar rolü olan yara sınıflaması; deri ve deri altında yer alan dokuların anatomik yapısında meydana gelen hasar belirlenerek yapılmaktadır. Bu doğrultuda uluslararası kabul gören sınıflandırma sistemleri kullanılmaktadır. Ancak bu uygulamada basınç yaralanmasının sınıflaması, sağlık profesyonelinin bilgi, gözlem ve deneyimine göre yapılmakta olup objektif bir veri elde edilememektedir. Subjektif sınıflamalar arasında doğan farklılıklar ise bakım sürecini olumsuz etkilemekte, mortalite ve morbidite oranlarını arttırmaktadır. Günümüzde yaşamın her alanına uygulanan teknolojik gelişmeler ile verimli çözümler üretilmekte ve yaşam kalitesinin artırılması sağlanmaktadır. Dolayısıyla basınç yaralarının sınıflandırılmasında günümüz teknolojilerinden yararlanmak, yara bakım yönetimine olumlu yansıyacaktır. Bu teknolojilerin en önemlilerinden olan yapay zekâ alanında ortaya çıkan derin öğrenme, hastalıkların tanı ve tedavisinde sağlık profesyonellerine destek olmayı amaçlamaktadır. Bu makalede derin öğrenmenin basınç yaralanması tanılamasındaki yeri ve önemine ilişkin bilgiler paylaşılmış olup, ülkemizde geliştirilen akıllı basınç yaralanması sınıflandırma sistemi ele alınmıştır.

Anahtar kelimeler: Basınç yaralanması, sınıflama, yapay zekâ, derin öğrenme, hemşirelik

ABSTRACT

Artificial Intelligence-Assisted Approaches to Pressure Injury Classification

Diagnosis and classification of pressure injury is the top priority step in order to take appropriate and effective interventions in a timely manner in pressure injury management. Injury classification, which has a key role in the care to be applied to the patient; is done by determining the damage to the anatomical structure of the skin and subcutaneous tissues. In this direction, internationally accepted classification systems are used. However, in this application, the classification of pressure injuries is made according to the health professional's knowledge, observation, and experience, and no objective data can be obtained. Differences between subjective classifications negatively affect the care process and increase mortality and morbidity rates. Today, efficient solutions are produced with technological developments applied to all areas of life, increasing the quality of life. Therefore, utilizing modern technologies in the classification of pressure injuries will have a positive impact on wound care management. Deep learning, one of the most important technologies in the field of artificial intelligence, aims to support healthcare professionals in the diagnosis and treatment of diseases. In this article, information about the place and importance of deep learning in pressure injury diagnosis is shared and the intelligent pressure injury classification system developed in our country is discussed.

Keywords: Pressure injury, classification, artificial intelligence, deep learning, nursing

Sorumlu Yazar

Handenur Gündoğdu

Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Sağlık Bilimleri Fakültesi Hemşirelik
Bölümü, Sakarya-Türkiye
e-posta: handenur@subu.edu.tr

Geliş Tarihi: 12.06.2023

Kabul Tarihi: 10.08.2023

Çevrim içi Yayın Tarihi: 23.12.2023

GİRİŞ

Sağlık bakım kalite göstergeleri için önemli bir ölçüt olarak kabul edilen basınç yaralanmaları, tüm önleyici uygulamalara karşın sağlık bakım kurumlarında yaygın olarak görülmektedir (1). Basınç yaralanması, Avrupa Basınç Ülseri Danışma Paneli (EPUAP) ve Ulusal Basınç Ülseri Danışma Paneli (NPUAP) tarafından “Sadece, basınç veya yırtılma ile basıncın birlikte neden olduğu, genelde kemik çıkıntıları üzerindeki bölgelerde ortaya çıkan lokalize deri ve/veya deri altı doku hasarı” olarak tanımlanmaktadır (2,3). Hastanın uzun süre hareketsiz kalması en çok deriyi etkilemektedir. Bu nedenle basınç yaralanmaları özellikle yoğun bakım ünitelerinde ve yatağa bağımlı hastalarda gelişmesi kaçınılmaz komplikasyonlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Yoğun bakım birimlerinde önüne geçilemeyen basınç yaralanmaları mortalite ve morbidite oranlarını yükseltmekte olup, hasta bakım maliyetini de ciddi ölçüde arttırmaktadır (4-6). Sağlık Organizasyonları Akreditasyonu Birleşik Komisyonuna göre (JCAHO) Amerika Birleşik Devletleri (ABD)’nde yılda yaklaşık 2.5 milyon hastada basınç yaralanması geliştiği, bu yaralanmaların getirdiği mali yükün ise 40.000 dolar civarında olduğu ifade edilmektedir. Bunun yanı sıra bir yılda gerçekleşen ölümlerin ise yaklaşık 60.000’inin basınç yaralanması komplikasyonları ile ilişkili olduğu belirtilmektedir (6). Ülkemizde ise yapılan bir çalışmada yılda 308.796 hastada basınç yaralanması görülebileceği ve bu durumun yıllık toplam 1 milyar 425 milyon dolar maliyetinde ciddi bir yük oluşturabileceği öngörülmüştür (7). Bu doğrultuda basınç yaralanmaları dünyada ve ülkemizde hastalar açısından değerlendirildiğinde mortalite ve morbiditeyi arttıran ciddi bir komplikasyon olup, bunun yanı sıra sağlık bakım hizmetleri açısından da kalite ve finans sorunu olmaktadır (8).

Basınç yaralanması yönetiminde uygun ve etkin girişimleri zamanında gerçekleştirebilmek için basınç yaralanmasını tanılama ve sınıflama en öncelikli adımdır (9,10). Hastaya uygulanacak bakımda anahtar rolü olan yara sınıflaması; deri ve deri altında yer alan dokuların anatomik yapısında meydana gelen hasar belirlenerek yapılmaktadır. Bu amaçla uluslararası basınç yaralanması tanımı ve sınıflama sistemi bulunmakta ve kullanılmaktadır (11-13). Ancak bu sistemde basınç yaralanmalarının sınıflandırılması hemşirenin bilgi, gözlem ve deneyimine bağlı olarak gerçekleştirilmekte olup, sınıflama için objektif bir araç kullanılmamaktadır (14). Dolayısıyla bu durum sınıflamalar arasında farklılıkların doğmasına neden olmaktadır. Özellikle yeni mezun ve deneyimsiz hemşireler yara sınıflamasında daha fazla zorlanmaktadır (15). Ayrıca basınç yaralanmalarının sınıflandırılması hem yara ile ilk karşılaşıldığında hem de yara bakım sürecinde düzenli aralıklarla yapılmaktadır. Dolayısıyla bir yara farklı hemşireler

tarafından sınıflandırılabilir. Bu durumda gerçekleşen hatalı sınıflamalar da yara bakım sürecini olumsuz etkileyerek iyileşmeyi geciktirmekte ya da engellemektedir.

Literatürde hemşirelerin basınç yaralanması tanılama ve sınıflama becerilerinin yeterli olmadığı, bunun yanı sıra inkontinans ilişkili dermatit (İİD) ile basınç yaralanmasını ayırt etmede güçlük yaşadıkları belirtilmektedir (16,17). Basınç yaralanmasının sınıflamasında yapılan hatalar, basınç yaralanmasının İİD ile karıştırılması ya da uygun olmayan önleme ve tedavi yöntemleri hasta güvenliğini tehdit etmektedir (18). Bu doğrultuda hastaya zarar vermemek, hataları en aza indirmek, sağlık alanında gelişen teknolojiye uyum sağlamak ve kaliteli bir bakım sunabilmek için basınç yaralanması sınıflamasına yönelik objektif ve yenilikçi araçların geliştirilmesine ve kullanılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Sağlık Hizmeti Uygulamalarında Yapay Zekâ

Günümüzde yaşamın her alanına uygulanan teknolojik gelişmeler ile verimli çözümler üretilmekte ve yaşam kalitesinin artırılması sağlanmaktadır. Sağlık, insan yaşamının en vazgeçilmez ve paha biçilmez bileşenidir. Bu durum kaliteli sağlık hizmeti talebini kaçınılmaz kılmaktadır. Dolayısıyla teknolojik gelişmelerin sağlık alanında yoğun olarak uygulanması, sağlık hizmetlerinin kalitesinin artırılması açısından oldukça önemlidir. Ayrıca yenilikçi tıbbi tanı ve tedavi cihazları ile yapılan başarılı çalışmaların insanın yaşam kalitesi ve süresi üzerine olumlu etkileri olduğu belirtilmektedir (19).

Yaşamın her alanında kolaylaştırıcı olarak yer alan bilgisayarların günümüzde insan gibi düşünmesini sağlamak amacıyla çalışmalar yapılmakta olup, bu çalışmalar makine öğrenimini ortaya çıkarmıştır. Yapay zekâ olarak adlandırılan bu öğrenim insan zekâsını taklit etmeye odaklanmaktadır. Ayrıca makine öğreniminin, tıbbi tanılama sistemlerinin geliştirilmesinde en çok kullanılan yöntemler arasında hızlıca yerini aldığı görülmektedir (20). Temel olarak makine öğrenmede, ham veriden bilgi çıkarmak ve bazı modellerde temsil etmek için algoritmalar kullanılmaktadır (21). Son 10 yılda ise makine öğrenmenin bir alt dalı olan derin öğrenme çalışmaları önem kazanmaktadır (20,22,23). Derin öğrenme; nesne tanıma, konuşma tanıma, doğal dil işleme gibi alanlarda çok katmanlı yapay sinir ağlarının kullanıldığı bir yapay zekâ yöntemidir. Derin öğrenme resim, video, ses ve metinlere ait verilerin simgelerinden otomatik olarak öğrenme yeteneği ile geleneksel makine öğrenmesi yöntemlerinden farklılaşmaktadır (20). Esnek yapısı sayesinde, ham resim ya da metin verisinden de öğrenebilmektedir. Ayrıca verinin büyüklüğüne göre tahmin doğruluğu artabilmektedir (24). Yapay zekâ alanında ortaya çıkan bu gelişmenin hastalıkların tanı ve tedavisinde oldukça önemli bir rol oynaması beklen-

mektedir. Dolayısıyla büyük veri analizinde başarılı olan derin öğrenme yöntemlerinin sağlık alanında da hastalıkların erken tanı ve tedavisinde sağlık çalışanlarına destek olacağı öngörülmektedir (25).

Basınç Yaralanması Tanılamasında Derin Öğrenme Çalışmaları

Literatürde derin öğrenme yöntemleri, ilaç tasarımı, kanser teşhisi, gen seçimi, çeşitliliği ve sınıflandırılması, Alzheimer teşhisi, doku sınıflaması, nöral hücre sınıflandırması, üç boyutlu beyin rekonstrüksiyonu, organ bölütlemesi, iç kanama tespiti ve tümör tespiti ve insan davranışı izleme gibi çok çeşitli alanlarda kullanılmaktadır (20). Konu ile ilgili literatür incelendiğinde ise derin öğrenme ile basınç yaralanması sınıflamasına yönelik sınırlı sayıda çalışma olduğu belirlenmiştir (14,26-28). Zahia ve arkadaşlarının (2018) yaptığı çalışmada konvolüsyonel sinir ağları kullanılarak basınç yaralanmalarının doku sınıflandırması ve bölümlendirilmesi yapılmış olup sistemin genel sınıflama doğruluğu %92.01 olarak bulunmuştur. Sistemin, sağlık profesyonellerine, yaralarda mevcut olan farklı doku tiplerinin doğru ölçümlemlerini sağlayarak basınç yaralanmalarını etkili bir şekilde sınıflandırabileceği ve böylece iyileşme ilerlemelerini öngörme ve uygulanan tedavinin etkinliğini inceleme fırsatı sağlayabileceği belirtilmiştir. Garcia-Zapirain ve arkadaşlarının (2018) yaptıkları çalışmada konvolüsyonel sinir ağları (CNN) kullanılarak basınç yaralanmalarının doku sınıflandırması ve bölümlendirilmesi yapılmış olup sistemin genel sınıflama doğruluğu %92 olarak bulunmuştur. Basınç yaralanması sınıflaması için derin öğrenme modeline sahip bir mobil uygulamanın kullanıldığı diğer çalışmada ise doğruluk %99 olarak saptanmıştır (27). Ancak bu çalışmalardan sadece bir tanesinde basınç yaralanmalarını sınıflayan evrişimli sinir ağı ve mobil platformun performansını değerlendiren bir klinik araştırma gerçekleştirilmiş olup araştırmada hemşireler rutin klinik uygulamalarında basınç yaralanması fotoğraflarını çekerek sınıflandırma amacıyla 4/5G iletişimi üzerinden bir çıkarım sunucusuna iletmislerdir. Sınıflandırılmış görüntüler klinik karar verme ve standart raporlama için bir araç olarak modelin tahminlerini ve uygunluğunu değerlendirmek için gözden geçirilmiştir. Çalışmadan elde edilen doğruluk 0.6796 olarak belirtilmiştir (28). Ülkemizde derin öğrenme yöntemlerinin sağlık alanında kullanılması ile ilgili bazı bilimsel yazılar bulunmaktadır (29,30). Bununla birlikte Lojistik Regresyon, Yapay Sinir Ağları ve Destek Vektör Makineleri teknikleri kullanılarak basınç yaralanması sınıflandırılması üzerine bir tez çalışmasına rastlanmıştır (31).

Akıllı Basınç Yaralanması Sınıflama Sistemi

Sistemin tanımı: Bu sistem derin öğrenme yöntemi kullanılarak basınç yaralanması fotoğraflarını işlemekte ve

basınç yaralanması evrelerine göre sınıflamaktadır. Sistemin evreleri belirlemede EPUAP ve NPUAP tarafından geliştirilen sınıflama sistemi temel alınmıştır (32). Sistemin yazılımsal süreçlerinde SUBÜ Yapay Zekâ ve Veri Bilimi Merkezinden destek alınmış olup sistem araştırmacılar tarafından geliştirilmiştir.

Sistemin amacı ve hedefi: Sistemin geliştirilmesinde temel amaç objektif sınıflama yaparak standardizasyonun sağlanmasıdır. Buna bağlı olarak hasta güvenliğinin, bakımın niteliğinin, tedavi ve iyileşme sürecinin olumlu yönde etkilenmesi hedeflenmektedir. Ayrıca evde bakım hizmeti alan hastalarda basınç yaralanmalarının sık görüldüğü bilinmektedir (33). Dolayısıyla evde bakım hastasının ya da bakım vericilerinin de basınç yaralanması bakım sürecinde özellikle iyileşme durumunu takip edebilmek için yapay zekâ tabanlı sınıflama sistemlerini kullanmalarının etkili olacağı öngörülmektedir. Tüm bu bilgiler doğrultusunda akıllı basınç yaralanması sınıflama sistemi geliştirilmiştir.

Sistemin özellikleri: Sistemin yazılımı biyomedikal görüntü analizi için kullanılan en yaygın derin öğrenme mimarisi olan evrişimli sinir ağları (CNNs) kullanılarak tasarlanmıştır. Yazılımda VGG-16 ön eğitilmiş ağı ile sınıflandırma modeli kullanılmıştır. VGG-16 16 katman bulunan ve ImageNet üzerinde eğitilmiş olan evrişimli bir sinir ağı görüntü tanıma modelidir (34). Yapay sinir ağına dayalı modelin eğitilmesinde uzmanlar tarafından evrelendirilen fotoğraflar veri setini oluşturmuştur. Sistem basınç yaralanması fotoğraflarını değerlendirerek sınıflama yapmaktadır. Sistemin genel sınıflama doğruluğu %92 olarak bulunmuştur. Sistem algoritması mobil uygulamaya entegre edilmiştir. Kullanıcı anlık olarak çektiği fotoğrafı ya da galerisine kaydettiği fotoğrafı değerlendirebilmektedir. Bu sayede hasta yanında olmasa dahi basınç yaralanmasının fotoğrafının gönderilmesi durumunda kullanıcı sınıflama yapabilmektedir. Değerlendirme sonucu ise fotoğraf yüklendikten yaklaşık beş saniye içinde ekranda görülmektedir. Sistemin etkinliğinin klinik araştırmalarla değerlendirilmesi ve elde edilen sonuçlar doğrultusunda güncellenmesi planlanmaktadır.

SONUÇ

Yapay zekâ derin öğrenme modelleri, basınç yaralanmalarının tanınmasında sağlık profesyonellerine etkin destek sağlayabilme potansiyeline sahiptir. Bu derlemede yapay zekânın basınç yaralanması yönetimindeki önemine dikkat çekilerek, ülkemizde geliştirilmiş olan Akıllı Basınç Yaralanması Sınıflama Sistemi açıklanmıştır. Sistemin genel sınıflama doğruluğu %92 olarak belirlenmiştir. Sistemin etkinliğinin klinik araştırmalar ile değerlendirilmesi sınıflama doğruluğuna yönelik daha fazla bilgi sağlayacaktır.

Basınç yaralanması yönetiminde kullanılabilecek teknolojik sistemler sağlık teknolojilerinin gelişimine katkı sağlayabilir. Özellikle basınç yaralanması yönetiminde primer sorumluluk üstlenen hemşirelerin yapay zekâ destekli sistemleri kullanmasının objektif sınıflama ile birlikte iş gücü ve zaman tasarrufu sağlayacağı düşünülmektedir.

Teşekkür

Araştırmacıları bir araya getirerek çalışmanın yürütülmesinde köprü özelliği taşıyan Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Yapay Zekâ ve Veri Bilimi Merkezine teşekkür ederiz.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Yazar Katkıları: Fikir- HG; Tasarım- HG, YD; Denetleme- MO, AFK; Veri toplanması ve/veya işlemesi- HG, AFK, MO; Analiz ve/veya yorum- Tüm yazarlar; Literatür taraması - HG; Yazıyı yazan- HG, YD; Eleştirel inceleme- Tüm yazarlar.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

KAYNAKLAR

- Terekeci H, Küçükardalı Y, Top C, Önem Y, Çelik S, Öktenli Ç. Risk assessment study of the pressure ulcers in intensive care unit patients. *Eur J Intern Med* 2009;20(4):394-7. <https://doi.org/10.1016/j.ejim.2008.11.001>
- European Pressure Ulcer Advisory Panel and National Pressure Ulcer Advisory Panel. Prevention and treatment of pressure ulcers: Quick reference guide. Washington DC; 2009. (Çev. Yara Ostomi İnkontinans Hemşireleri Derneği). Basınç ülserlerini önleme: Hızlı başvuru kılavuzu. 2010; Ankara.
- Tanrikulu F, Dikmen Y. Yoğun bakım hastalarında basınç yaraları: Risk faktörleri ve önlemler. *J Hum Rhythm* 2017;3(4):177-82.
- Stadler I, Zhang RY, Oskoui P, Whittaker MS, Lanzafame RJ. Development of a simple, noninvasive, clinically relevant model of pressure ulcers in the mouse. *J Invest Surg* 2004;17:221-7. <https://doi.org/10.1080/08941930490472046>
- Salcido R, Popescu A, Ahn C. Animal models in pressure ulcer research. *J Spin Cord Med* 2007;30(2):107-16. <https://doi.org/10.1080/10790268.2007.11753921>
- Cowan LJ, Stechmiller JK, Rowe M, Kairalla JA. Enhancing braden pressure ulcer risk assessment in acutely ill adult veterans. *Wound Repair Regen* 2012;20(2):137-48. <https://doi.org/10.1111/j.1524-475X.2011.00761.x>
- Gencer ZE, Ünal E, Özkan Ö. Basınç ülserleri tedavi maliyetleri etkililik analizi; konvansiyonel ve modern yara bakım tedavi maliyetlerinin karşılaştırılması. *Akdeniz Tıp Derg* 2019;5(2):201-8. <https://doi.org/10.17954/amj.2018.1099>
- Avşar P, Karadağ A. Waterlow basınç ülseri risk değerlendirme ölçeğinin türkçeye uyarlanması, geçerlik-güvenirlilik çalışması. *Hacettepe Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Derg* 2016;3(3):1-15.
- Kottner J, Dassen T, Tannen A. Inter and intrarater reliability of the waterlow pressure sore risk scale: A systematic review. *Int J Nurs Stud* 2009;46(3):369-79. <https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2008.09.010>
- European Pressure Ulcer Advisory Panel and National Pressure Ulcer Advisory Panel-PPPIA. Pressure ulcer treatment & prevention quick reference guide. 2014. Erişim adresi: <http://www.epuap.org/wp-content/uploads/2016/10/quick-reference-guide-digitalnpuap-epuap-pppia-jan2016.pdf> (Erişim tarihi: 20.08.2021).
- Çelik S, Dirimeşe E, Taşdemir N, Aşık Ş, Demircan S, Eyican S, Güven B. Hemşirelerin bası yarasını önleme ve yönetme bilgisi. *Bakırköy Tıp Derg* 2017;13(3):133-9. <https://doi.org/10.5350/BTDMJB201713305>
- Kılıç H. Basınç yarası değerlendirilmesinde sık kullanılan ölçekler. *G.O.P. Taksim E.A.H. JAREN* 2017;3(1):49-54.
- Şahbudak G. Hemşirelik öğrencilerine basınç yarasını tanımlama ve sınıflandırma becerilerini kazandırmada basınç yarası sınıflandırma (puclas-4) e-öğrenme programının etkisi (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). 2018.
- Zahia S, Sierra-Sosa D, Garcia-Zapirain B, Elmaghraby A. Tissue classification and segmentation of pressure injuries using convolutional neural networks. *Comput Methods Programs Biomed* 2018;159:51-8. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2018.02.018>
- Iretiola BM, Oyepata JS, Usman BP. A Survey of wound care practices by nurses in a clinical setting. *Int J Healthcare Med Sci* 2020;6(5):74-81. <https://doi.org/10.32861/ijhms.65.74.81>
- Beeckman D, Schoonhoven L, Boucqué H, Van Maele G, Defloor T. Pressure ulcers: E-learning to improve classification by nurses and nursing student. *J Clin Nurs* 2008;17(13):1697-707. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2702.2007.02200.x>
- Beeckman D, Schoonhoven L, Fletcher J, Furtado K, Heyman H, Paquay L, et al. Pressure ulcers and incontinence-associated dermatitis: effectiveness of the pressure ulcer classification education tool on classification by nurses. *Qual Saf Health Care* 2010;19(5):e3. <https://doi.org/10.1136/qshe.2008.028415>
- Defloor T, Schoonhoven L, Fletcher J, Furtado K, Heyman H, Lubbers M, et al. Statement of the european pressure ulcer advisory panel-pressure ulcer classification: Differentiation between pressure ulcers and moisture lesions. *J Wound Ostomy* 2005;32:302-6. <https://doi.org/10.1097/00152192-200509000-00006>
- Çimen Ü. Solunum seslerinin yapay zekâ ortamında sınıflandırılması (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi, tez no: 434913). 2016.
- Kaya U, Yılmaz A, Dikmen Y. Sağlık alanında kullanılan derin öğrenme yöntemleri. *Avrupa Bilim Teknoloji Derg* 2019;16:792-808. <https://doi.org/10.31590/ejosat.573248>
- Gibson A, Patterson J. Deep learning. *O'Reilly Media* 2017.
- Şeker A, Diri B, Balık HH. Derin öğrenme yöntemleri ve uygulamaları hakkında bir inceleme. *Gazi Mühendislik Bilimleri Derg* 2017;3(3):47-64.

23. Kutlu H. Biyoistatistik temelli bilimsel araştırmalarda derin öğrenme uygulamaları (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Yakındoğu Üniversitesi. Lefkoşa; 2018.
24. Buduma N. Fundamentals of deep learning. O'Reilly Media, Inc 2015.
25. Akalın B, Veranyurt Ü. Sağlık hizmetleri ve yönetiminde yapay zekâ. *Acta Infologica* 2021;205(1):231-40. <https://doi.org/10.26650/acin.750857>
26. Garcia-Zapirain B, Elmogy M, El-Baz A, Elmaghraby AS. Classification of pressure ulcer tissues with 3D convolutional neural network. *Med Biol Eng Comput* 2018;56(12):2245-58. <https://doi.org/10.1007/s11517-018-1835-y>
27. Chae J, Hong KY, Kim JA. Pressure ulcer care system for remote medical assistance: Residual U-Net with an attention model based for wound area segmentation. *arXiv* 2021;2101.09433.
28. Fergus P, Chalmers C, Henderson W, Roberts D, Waraich A. Pressure ulcer categorisation using deep learning: A clinical trial to evaluate model performance. *arXiv* 2022;2203.06248.
29. Öztürk T, Talo M, Yıldırım EA, Baloglu UB, Yıldırım O, Acharya UR. Automated detection of COVID-19 cases using deep neural networks with Xray images. *Comput Biol Med* 2020;121:103792. <https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2020.103792>
30. Karakurt M, İşeri İ. Patoloji görüntülerinin derin öğrenme yöntemleri ile sınıflandırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Derg* 2022;33:192-206. <https://doi.org/10.31590/ejosat.1011091>
31. Yılmaz B. Makine öğrenme teknikleri kullanılarak basınç ülserlerinin sınıflandırılması (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi, tez no: 696683).
32. Yara Ostomi İnkontinans Hemşireleri Derneği (YOİHD). Basınç yaralanması ve aşamaları. Erişim adresi: <https://www.yoihd.org.tr/tr/dokuman/basinc-yaralanmalari-ve-asamaları-4> (Erişim tarihi: 20.08.2019).
33. Şahin AD, Seyrek S, Ertürk A, Artantaş AB. Evde bakım hastalarında bası yaraları ve hastaların demografik özellikleri. *Konuralp Tıp Derg* 2017;9(1):14-8.
34. Doğan F, Türkoğlu İ. Derin öğrenme modelleri ve uygulama alanlarına ilişkin bir derleme. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Derg* 2019;10(2):409-45. <https://doi.org/10.24012/dumf.411130>