

Jandarma ve Sahil Güvenlik Akademisi

Güvenlik Bilimleri Enstitüsü

Güvenlik Bilimleri Dergisi, Kasım 2024, Cilt:14, Sayı:1, 461-482

doi: 10.28956/gbd.1459747

Gendarmerie and Coast Guard Academy

Institute of Security Sciences

Journal of Security Sciences, November 2024, Volume:14, Issue:1, 461-482

doi: 10.28956/gbd.1459747

Makale Türü ve Başlığı / Article Type and Title

Araştırma / Research Article

Yapay Zekâ Teknolojisi ile Kan Şekillerinin Oluşumları Analiz Edilerek Öldürücü ve Yaralayıcı Aletin Belirlenmesi

Detection of Lethal and Injurious Instruments by Analyzing the Formation of Blood Patterns with Artificial Intelligence Technology

Yazar(lar) / Writer(s)

Kenan YANAR, Doktora Öğrencisi, Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Disiplinlerarası Adli Bilimler Anabilim Dalı, Adli Bilimler Enstitüsü Kriminalistik Anabilim Dalı, kenanyanar@jandarma.gov.tr, ORCID: 0000-0003-4020-0309

Bilgilendirme / Acknowledgement:

-Yazarlar aşağıdaki bilgilendirmeleri yapmaktadırlar:

-Makalemizde etik kurulu izni ve/veya yasal/özel izin alınmasını gerektiren bir durum yoktur.

-Bu makalede araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Bu makale Turnitin tarafından kontrol edilmiştir.

This article was checked by Turnitin.

Makale Geliş Tarihi / First Received : 27.03.2024

Makale Kabul Tarihi / Accepted : 25.11.2024

Atıf Bilgisi / Citation:

Yanar K., (2024). Yapay Zekâ Teknolojisi ile Kan Şekillerinin Oluşumları Analiz Edilerek Öldürücü ve Yaralayıcı Aletin Belirlenmesi, *Güvenlik Bilimleri Dergisi*, 14(1), ss 461-482. doi: 10.28956/gbd.1459747

This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.



YAPAY ZEKÂ TEKNOLOJİSİ İLE KAN ŞEKİLLERİNİN OLUŞUMLARI ANALİZ EDİLEREK ÖLDÜRÜCÜ VE YARALAYICI ALETİN BELİRLENMESİ

Öz

Kan lekesi model analizi (KLMA), adli bilimlerde kan lekelerinin incelendiği, tanımlandığı ve kan lekelerinin neden olduğunu araştıran bir adli disiplindir. Bu adli disiplin altında yapılan birçok araştırma bulunmaktadır. Yapılan bu çalışmaların içerisinde kan lekelerinin genişliği, uzunluğu ve radyal açı gibi özelliklerine bağlı olarak öldürücü veya yaralayıcı aletlerin cinsi de belirlenebilmektedir. Bu belirmeler kan lekelerinin analiz edilmesi sayesinde mümkün olmaktadır. Yapay sinir ağları ile modeller geliştirilip kan lekelerinin oluşum şekillerinden öldürücü veya yaralayıcı aletin doğrudan cinsinin tespitine yönelik önermelerde bulunacak bir programın alt yapısı hazırlanmaya çalışılmıştır. Stubbs'ın 2012 yılında yaptığı çalışmada elde ettiği veriler ışığında kan lekelerinin boyutları ve çapları esas alınarak yapay sinir ağları ile öldürücü veya yaralayıcı alet tanımlamaları yapılacağı yönünde bulgular elde edilmiştir. Elde edilen bulgular neticesinde Matlab programı kullanarak Yapay Sinir Ağları (YSA) modeli ile genişlik ve uzunluk bilgilerine bağlı olarak kan lekeleri düşüş açıları eğitimi yapılmıştır. Bu düşüş açıları sayesinde farklı değer aralıklarındaki genişlik ve uzunluğa bağlı olarak düşme açıları da regresyon analizi ile hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar sonucunda elde edilen değerler ile aletin cinsine yönelik %99 oranında tutarlı bir dağılım gösteren model çıkartılması sayesinde önermelerde bulunmamızı sağlamıştır. Ölüm ve yaralanma ile sonuçlanan hemen hemen bütün olaylarda olay yerinde kan lekesi görmek mümkündür. Kan lekelerinden suç aletinin tanımlanması olayı anlamaya ve aydınlatmaya büyük katkı sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Kan Lekesi Model Analizi (KLMA), Yapay Sinir Ağları (YSA), Regresyon Analizi.

DETECTION OF LETHAL AND INJURIOUS INSTRUMENTS BY ANALYZING THE FORMATION OF BLOOD PATTERNS WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGY

Abstract

Bloodstain pattern analysis (BPA) is a forensic discipline in forensic science that examines and identifies bloodstains and investigates cause of bloodstains. There are many studies conducted under this forensic discipline. In these studies, depending on the characteristics such as the width, length and radial angle of the bloodstains, the type of lethal or injuring tools can also be determined. These determinations are made possible by the analysis of blood stains. Models have been developed with artificial neural networks and an attempt has been made to prepare the infrastructure of a program that will make suggestions for determining the direct type of lethal or injurious instrument from the formation patterns of blood stains. In the study, in the light of data obtained by Stubbs in the study in 2012, findings were obtained that lethal or injurious tools could be identified with artificial networks based on the size and diameters of blood stains. As a result of the findings, using the Matlab program, the Artificial Neural Networks (ANN) model and blood stains fall angles training was carried out depending on the width and length information. Thanks to these fall angles, the falling angles were calculated by regression analysis depending on the width and length in different value ranges. The values obtained as a result of these calculations enabled us to make suggestions by creating a model that showed a 99% consistent distribution for the type of tool. It is possible to see blood stains at the scene of almost all incidents resulting in death or injury. Identifying the crime weapon from blood stains will contribute greatly to understanding and shedding light on the incident.

Keywords: Bloodstain Pattern Analysis (BPA), Artificial Neural Networks (ANN), Regression Analysis.

GİRİŞ

Ölüm veya yaralama ile sonuçlanmış adli olayların çözümlenmesinde olay yeri incelemesi büyük önem haizdir. Olay yerinden toplanan deliller, disiplinler arası bir yaklaşımla incelendiğinde, ölüm ya da yaralama olayının nasıl, nerede meydana geldiği ile mağdurun ve failin birbirlerine göre konumlarının ve vücut pozisyonlarının tespit edilebilir. Bununla birlikte tespit edilen kan lekeleri geriye yönelik olarak olayın yeniden yapılandırılmasında (kurgulanmasında) ve olayın oluş şeklini anlama ve çözüme vermiş olduğu katkılardan dolayı büyük önem taşımaktadır (Arslan,2009,s.1). Olay yerinde bulunan kan lekelerinin dağılımı, düşüş açısı gibi sayısal değerlerin incelenmesi ile olayın oluş şekli hakkında bir kanaat elde edilmektedir. Bu sebepten dolayı kan lekelerinin model analizine yönelik yapılmış olan çalışmalar incelenmiş ve kan lekesi model analizi ile alakalı yapılabilirliği yüksek olan ve yapılması hâlinde olayı aydınlatmaya yönelik kazanımlar üzerinde durulmuştur.

Kan lekeleri üzerinde yapılacak olan biyolojik ve kimyasal analizlerden önce kan lekesinin şekli, ortamdaki kan lekelerinin birbirlerine göre konumları ve şekilleri gibi fiziksel özellikleri belgelenmelidir. Kan damlasının kaynağından ayrılma şekli, çarpma yüzeyi, çarpma açısı gibi veriler olay yeri incelemesi sırasında olayın nasıl meydana geldiği konusunda araştırmacıya ışık tutacaktır. Bu amaçla da deneysel olarak oluşturulmuş kan lekeleri üzerinde çalışma yapılması, olay yeri incelemesi sırasında, olay yerindeki lekelerin kolayca yorumlanmasına, tanınmasına ve hızlıca değerlendirilmesine yardımcı olacaktır. Ayrıca tespit edilen kan lekesi modellerinin iki ve üç boyutlu analizleri, lekenin kaynağı ve oluşum mekanizmasının belirlenmesine olanak tanıyacaktır (Arslan,2009,s.1).

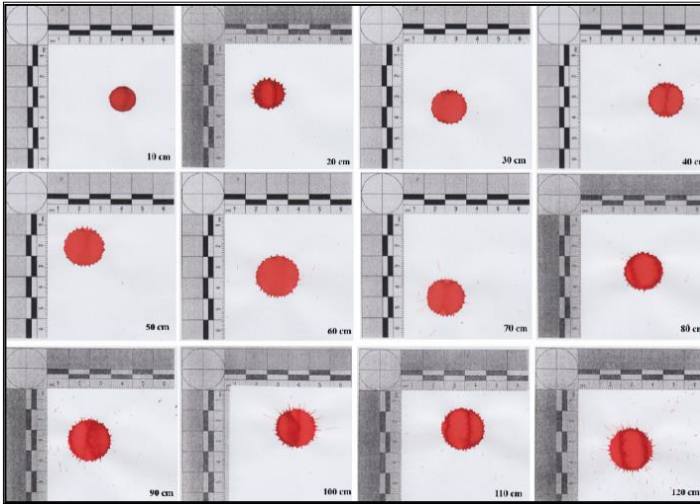
Bu çalışma kapsamında kan lekeleri model analizine dair yeni bir yaklaşım geliştirilmiş, yapay sinir ağları ile kan lekesi model analizi yapılmıştır. Matlab üzerinde gerçekleştirilen analizler ile bir veri tabanı oluşturulmuştur. Gelecekte olabilecek ölümlü ve/veya yaralamalı olaylarda kullanılan suç aletinin tahmini için olasılıkların daraltılması sağlanmıştır.

1. KAN LEKESİ MODEL ANALİZİ

1.1. Kan Lekesi Modelinin Oluşum Süreci

Kan lekelerinin oluşumlarına birçok unsur yükseklik, hız, yoğunluk, hacim, viskozite vb. etmenler kanın akışı ve oluşan şekline etki etmektedir. Kanın birleştirici kuvveti damlacığı tutar, sonra bir boyun oluşur ve yer çekimi kuvveti ile yüzey gerilim kuvvetini aştığında kan damlar, buna kanın viskozitesi de

denilmektedir. Kan damlacıkları eşit değildir ve pasif durumlarda bile boyutları farklıdır, standart hacmi yoktur. Kan damlası yüzeyde gözyaşı damlası gibi görünse de uçuş hâlinde bir kan damlası her zaman küre şeklindedir (Millington, 2023). Bir damla kan, düz bir yüzeye dik olarak düştüğünde, leke daireseldir ve kenarlarında herhangi bir bozulma olmaz. Yüzey pürüzlü ise yüzey gerilimi aşılabacak ve ikincil damlacıklar (uydu lekeleri/ikinci serpinti) oluşacaktır. Belli bir yükseklikten, ilk çıkış hızı sıfır olarak kabul edilen düşme hareketine serbest düşme denmektedir. Serbest düşme; düzgün bir şekilde hızlanan, düşey doğrultuda ve tek yönlü bir hareket mekanizmasıdır. Cismin yere düşme hızı ve oluşturacağı şekil, kanın damlasının düştüğü yüksekliğe ve ortamın çekim ivmesine bağlıdır. Yükseklik, kanın hacmi, ortamın çekim ivmesi, kanın viskozite özelliği oluşacak olan kan lekesinin büyüklüğünü karakterize etmektedir (James ve Eckert, 1998. Ss.30; Bevel ve Gardner, 2008, ss.111-123).



Şekil-1. Kan Lekelerinin Yüksekliğe Bağlı Oluşumu (Ayrancıoğlu, 2014, s. 65)

Kan lekelerinin yüksekliğe bağlı oluşumu Şekil-1. üzerinde gösterilmiştir. 10 cm ile 120 cm arasında farklı yüksekliklere bağlı çap değişimleri gösterilmiştir. Şekil-1.'de görüldüğü üzere yükseklik miktarı arttıkça oluşan kan lekelerinin çaplarında da artış görülmüştür.

Kan lekesi model analizinin temel amaçlarından biri de oluşan kan lekelerinin ne kadar uzaklıktan sıçradığının bilinmesidir. Kan lekesi modeli,

aynı darbe ya da olayla meydana gelmiş her bir kan lekesinin birlikte oluşturduğu şekildir. Modele dâhil olan her bir kan lekesi, meydana gelen olay ve lekenin olduğu yüzeyle bağlantılı olarak kabul edilebilir boyutta olmaktadır. Model tanımlandıktan sonra kesişme noktasının bulunması oldukça basit bir işlemdir. Kan damlasının havada izlediği yol belirlenerek, tüm yolların kesiştiği tek bir nokta veya alan ortaya çıkarılır. Bu nokta ya da alan, modeli oluşturan kan damlalarının kaynağıdır (Arslan,2009,s.19). Kan damlasının hedefe çarptığı andaki açısına “çarpma açısı” adı verilir. Bu açı en küçük dar açı olan 1° ile 90° arasında değişebilmektedir. Çarpma açısı kan lekesi analizine matematik biliminin bir katkısı ile hesaplanabilmektedir. Buna ek olarak kan damlasının hedefe doğru izlediği yol ve hedefe çarpma sırasındaki yönünün gösterilmesi de kan lekesi model analizi ile sağlanır (Hortoğlu, 2016, s.31).

Kan damlasının kaynağını belirlemek için üç farklı yöntem kullanılır: Bunlar, lekelerin hem yan hem de üstten gözlemlenerek çizimlerle analiz edilmesi, ip germe yöntemi ve bilgisayar destekli üç boyutlu modelleme yöntemidir.

Kan lekelerinin hem yan hem de üstten incelenerek analiz edilmesinde, lekeyi oluşturan kan damlasının yönü ve çarpma açısının belirlenmesi gereklidir. Kan lekelerine tepeden bakmak, her bir lekeye 90° açıyla bakmak anlamına gelir. Bu yöntem, her lekenin izlediği yolun iki boyutlu bir düzlemde çizilmesine olanak tanır.

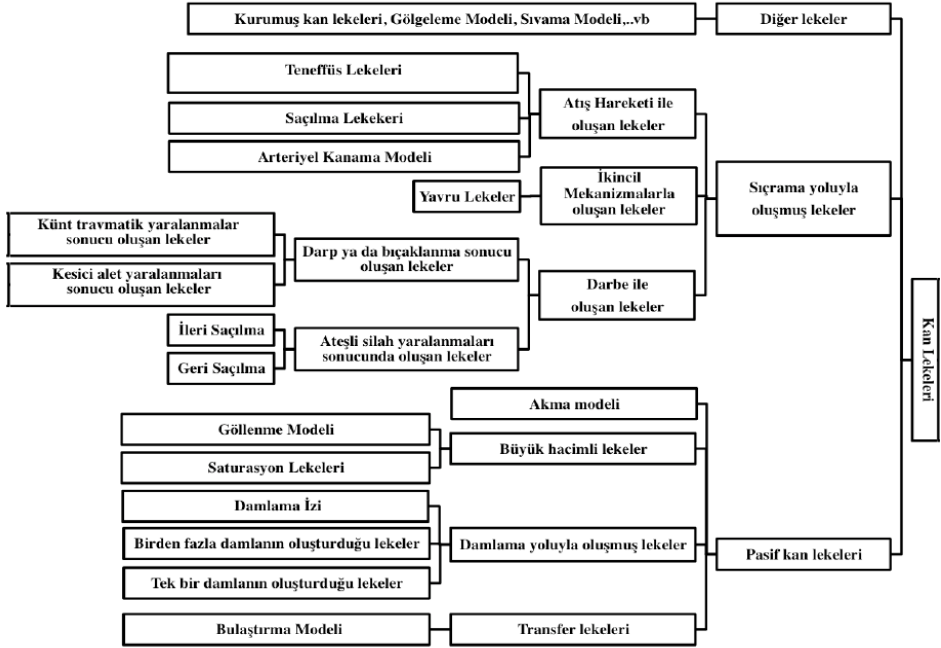
Bir kan damlası, havadaki yolculuğunu tamamlayıp yüzeye çarptığında, kan lekesi son halini almadan önce çıplak gözle görülemez. Ancak, bu süreç, yüksek hızlı sinematografik kayıt yöntemleriyle tespit edilebilen dört aşamadan oluşur (Mramor, 2007, s.9). Kan damlasının havadaki hızı, hava direnci nedeni ile damlanın boyutuna bağlı olarak değişmektedir. Damlanın hareketine karşı oluşan hava direnci, damlanın hızı ile ters orantılı iken boyutu ile de doğru orantılı bir ilişkiye sahiptir. Damla ne kadar küçük olursa direncin o kadar olacağı anlamına gelmektedir. Kan damlasının yere çarptığı an'a kadar geçen süre içerisindeki yapısı yavaşlatılarak gerçekleştirilen görüntüleme teknikleri ile elde edilebilmektedir (Pizzola vd., 1986a, s.45; Pizzola vd., 1986b,s.55). Kan damlası oluşumu sırasında dört farklı süreç gözlenmiştir (Bevel ve Gardner, 2008, s.123). Bu süreçler aşağıda belirtilmiştir:

- Temas ve Çökme Evresi,
- Yer Değiştirme,
- Ayrılma,

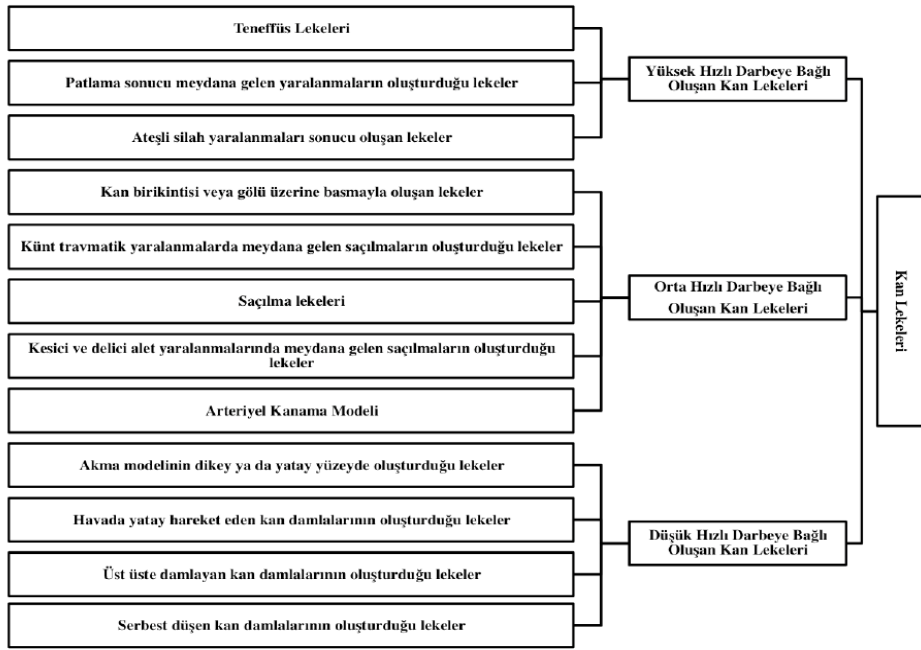
- Geri Çekilme.

1.2. Kan Lekesi Modellerinin Sınıflandırılması

Kan lekesi modelleri; oluşum hızlarına göre kan lekeleri ve görünüşlerine göre kan lekeleri şeklinde sınıflandırılabilir (James vd., 2005, s.7) ve bu sınıflandırmalar aşağıda yer alan Şekil-2. ve Şekil-3. üzerinde gösterilmiştir:



Şekil-2. Görünüşlerine Göre Kan Lekeleri (Ayrancıoğlu, 2014. s.56).



Şekil-3. Oluşum Mekanizmasına Göre Kan Lekeleri (Ayrancıoğlu, 2014. s.57).

Kan serpinti dinamiklerini anlamak, tek bir kandamlasının nasıl hareket ettiğine dayanmaktadır. Yer çekimi ve yüzey gerilimine bağlı olarak yer çekimi yüzey gerilimini aştığında kan damlar. Tüm nesneler serbest düşüşte 9,81m/s ile aynı ivmeyi oluşur. Kan damlasının oluşumunda iç kısımlarında bulunan moleküllerin her yönden eşit olarak çekim kuvveti etkisi altında olmasından kaynaklanmaktadır. Böylece kan içerisindeki bir moleküle etki eden kuvvetler birbirlerini dengelemiş olmaktadır. Bu durum sonucunda küresel bir şekil alması sağlanmaktadır. Kan damlasının düşüşü sırasında, kanın viskozitesi ve kütlesine etki etmektedir (James ve Eckert, 1998, s.24). Düşme sırasında, kan damlaları hava direncine duyarlıdır. Hava direnci hız ile artar, hareket yönüne zıttır.

1.3. Kan Lekesi Model Analizinde Nesnel Kriterler

Kan Lekesi Model Analizi (KLMA) kan lekesinin ebat, şekil, dağılım vb. gibi fiziksel özelliklerini ve birbirleri ile olan ilişkilerini inceleyerek sonuçlar çıkararak bu çıkarımları yaparken fizik biliminin kurallarından ve matematik biliminin formüllerinden yararlanan bir disiplindir (Aşıcıoğlu, 2004, ss. 12-22). Kan lekesi model analizi; olay yerinde bulunan kan lekelerinin ayrı ayrı

birbirlerine göre dağılımları, sayıları, şekil karakteristikleri, hacimleri, oluşturdıkları modelin ortaya çıkarılmasını ve ortaya çıkan bu bilgiler ışığında kanın olay yerindeki hangi noktadan kaynaklandığının tespiti ile kanın vücut dışına çıkma mekanizmasını aydınlatmaya çalışan bir disiplindir (James ve Edel, 1997, s.232).

Kan Lekesi Model Analizi'nde tanımlama gözleme dayandığından sağlam bir taksonominin geliştirilmesi önemlidir. Modelin neden farklı olduğunu objektif olarak göstermek için kan lekesi modellerinin yorumlanmasında tekrarlanabilirliği geliştirmeyi amaçlayan birçok araştırma bulunmaktadır. Kan Lekesi Model Analizinde kullanılan nesnel kriterler aşağıda belirtilmiştir (Millington, 2023).

- I. Tüm modelin şekli
- II. Model içindeki lekelerin hizalanması
- III. Lekelerin diğerlerine göre hizalanması
- IV. Model boyunca leke yoğunluğu veya sayısı
- V. Modeldeki lekelerin boyut dağılımı

1.4. Kan Lekesi Model Analizi ile Soruşturma Açısından Elde Edilebilecek Bilgiler

Kan Lekesi Model Analizi ile olay hakkında elde edilebilecek bilgiler aşağıda sıralanmıştır:

- Kan damlasının bulunduğu yüzeye çarpma açısı,
- Kan damlalarının bulundukları yüzeye kadar kat ettikleri mesafe,
- Kan damlasının çarptığı yüzeye geliş doğrultusu,
- Uygulanan kuvvetin özellikleri ve kuvvetin uygulanma yönü,
- Kuvvet uygulayan nesnenin özellikleri,
- Olay sırasındaki atış, darbe sayısı,
- Özel leke modelleri oluşturan nesneler,
- Mağdur/ölen, şüpheli ve ortamdaki ilgili diğer nesnelerin birbirlerine göre pozisyonları ve hareketleri,
- Meydana gelen olaylar silsilesi,
- Bazı durumlarda hangi elle darbenin uygulandığı,
- Mağdur, şahitler ya da şüpheli tarafından anlatılanların desteklenmesi ya da yalanlanmasıdır (Buck, 2011, ss.22-28; James ve Edel 1997, s.227).

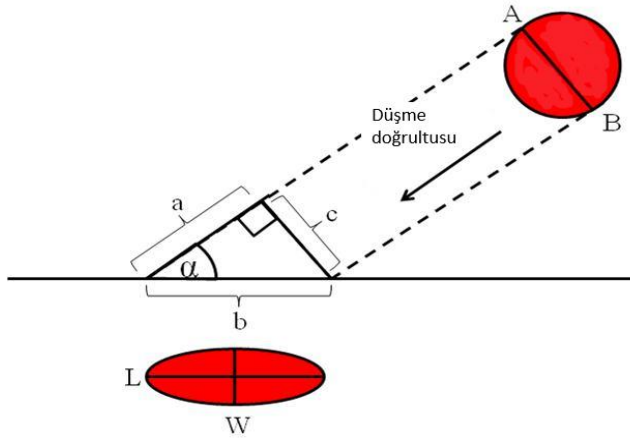
Kan Lekesi Model Analizi, olay yerinin dikkatli incelenmesi ve fotoğraflamasının yanı sıra kıyafetlerin ve silahların pozisyonları ile

desteklenebilmektedir. Hastane kayıtları, ölü muayenesi ve otopsi bulguları ile ölçekli çekilen fotoğraflar da faydalı bilgiler sağlayabileceğinden incelemeye katılmalıdır. Kan Lekesi Model Analizi kullanılarak olay yerinin yeniden yapılandırılması sonucunda; ne oldu, nasıl oldu, nerede oldu, olaylar hangi sırayla oldu, olay/olaylar sırasında orada kimler vardı veya yoktu, sorularına yanıt bulunabilmektedir.

1.5. Kan Lekelerinin Çarpma Açılarının Hesaplanması

Kan damlasının havadaki yolculuğunu tamamlayıp hedef yüzeye çarptığında, yüzey ile kan damlanın havada izlediği yolun oluşturduğu açıya, çarpma açısı denilmektedir. Bu açı genellikle 90 dereceden daha küçük bir değere sahiptir (Bevel ve Gardner 2002, s. 355).

Kan damlası yüzeye çarptığında oluşan elipsin eni, yani küçük çapı havada uçan damlacığın çapına eşittir. Boyu, diğer bir deyişle büyük çapı ise damlacığın çarpma açısına göre değişmektedir. Şekil 4'te gösterildiği gibi, oluşan kan lekesinin büyük ve küçük çaplarının ölçümü yapılarak damlanın yüzeye çarpma açısı hesaplanmaktadır.



Şekil-4. Kan damlasının çarpma açısının hesaplanmasında geometrik şekillerin kullanılması (a: genişlik, b: uzunluk) (Boonkhong vd., 2010. s.170)

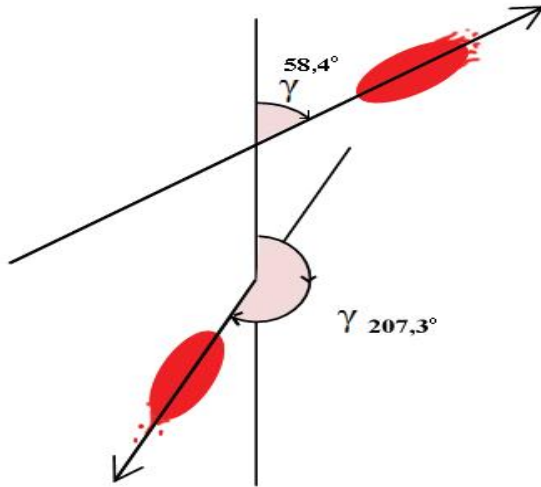
Kan damlası bir yüzey ile temas ettiğinde, hesaplamalarda kullanılacak olan iki farklı çarpma açısı oluşturur. Bunlardan birincisi yukarıda belirtilen ve genel kabul gördüğü şekliyle (α) olarak adlandırılan çarpma açısıdır. Bir diğer açı ise doğrultu açısı olarak adlandırılan ve (γ) olarak gösterilen açıdır (James ve Edel 1997, ss.72-89).

Basit bir geometrik hesaplama ile kanın çarpma açısı (α) tespit edilebilir. Şekil 5'te resmedilmiş olan kan lekesinin küçük çapının büyük çapına oranı çarpma açısının sinüsüne eşittir (Bevel ve Gardner, 2002 s. 357).

Formül ile gösterecek olursak: Çarpma açısı = $\arcsin(a/b)$

Bu şekilde hesaplanan bir çarpma açısının $\pm 3^\circ$ gerçek değerinden sapma ihtimali vardır (Kızılöz, 2006, s.18).

Doğrultu (γ) açısı kan damlasının uzun eksenini ile hesaplanır. Şekil-5.'te görüldüğü gibi kan damlasının uzun ekseninin yere dikey olan doğrultu ile yaptığı açıdır. Ölçüm saat ibrelerinin dönüş yönünde yapılmaktadır.



Şekil-5. Kan Lekesinde Doğrultu (γ) Açısının (Arslan,2009,s.19).

1.6. Yapay Sinir Ağları (YSA) Modelinin KLMA Kullanılması

Yapay zekâ teknolojisinde önemli bir yeri olan YSA tekniği insan beyninin çalışma şeklini taklit eden bir çalışma yapısına, çok sayıda değişkenle çalışarak bunları öğrenme ve genelleme yapabilme yeteneğine sahiptir (Ataseven, 2013, s.102; Yapraklı ve Erdal, 2016, s.24).

YSA, gerçek dünyadaki karmaşık sistemlerde doğrusal olmayan girdi çıktı arasındaki ilişkilerini temsil etmektedir ve bunu örneklerle öğrenebilir (Kaltch ve Berndtsson, 2017, ss.305-317).

Regresyon analizi iki veya daha çok değişken arasındaki bağıntıyı tespit etmek ve modellemek için kullanılmaktadır (Kaltch ve Berndtson, 2017, ss.

305-317). Regresyon analizi; var olan veriler ile matematiksel olarak hesaplanması ve elde edilmemiş ara değerler ya da alt ve üst değerlerin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Yapay sinir ağları ile regresyon analizi yapılmaktadır.

Regresyon analizinde değişkenler bağımlı ve bağımsız değişken olmak üzere ikiye ayrılır: Bağımlı değişken, bağımsız değişkenler tarafından açıklanmaya çalışılan değerlerdir (Çakıcı ve ark., 2015, s.148). Regresyon analizi bir bağımlı bir bağımsız değişken arasında oluyorsa basit regresyon analizi, birden çok bağımsız değişken ile bağımlı değişken arasında oluyorsa çoklu regresyon analizi olarak ifade edilmektedir (Özkişi ve Topaloğlu, 2017, ss. 247-253).

Çok sayıda araştırmacı, daha iyi doğruluk için makine zekâsı ve KLMA'nı bir arada kullanmak için çalışmalar gerçekleştirmektedir. Geleneksel KLMA yöntemleri, uzun ve detaylı bir yaklaşımla sonuçlanan elle gerçekleştirilen teknikleri içerir. Yapay Zekâ, geleneksel yöntemlere kıyasla işlem süresini azaltmaktadır.

Giovanni ve arkadaşları tarafından yürütülen bir çalışmada; hesaplama zekâsının görüntü işleme teknikleriyle birlikte çalışması ile kan lekelerinin incelenmesini hızlandırdığı belirtilmiştir (Özkişi ve Topaloğlu, 2017, ss.247-253).

Yu Liu ve arkadaşları; kan lekesi modelini, olay yerinin yeniden yapılandırılması ve hesaplamalı analizler ve kalıpların sınıflandırılması için makine öğreniminden yararlanmıştır. Esas olarak ateşli silah veya darp ya da kesici delici alet ile oluşan lekelerinin otomatik olarak sınıflandırılmasına odaklanmıştır. Hedef yüzeyin türüne ve mesafeye bağlı olarak kan lekesi modellerinin doğruluğundaki farkı incelemişlerdir. Elde ettikleri sonuçlar neticesinde KLMA için yeni bir otomatik yöntem geliştirilmiştir (Laber ve Taylor, 2014, ss. 1-6).

Md Shawket Ali'nin 2016'da, kan lekelerinin geometrik özelliklerini yapay sinir ağlarının iki farklı modülünü kullanarak karşılaştırma yapmıştır. Karşılaştırma için verilerini kan lekesi resimlerinin ideal hâle getirilmesi ve geometrik özelliklerinin elde edilmesi ile gerçekleştirmiştir. Bu karşılaştırmalarda fonksiyon uydurma sinir ağı (FFNN) ve kademeli ileri sinir ağı modellerinin sonuçları karşılaştırılmıştır (Md Shewkat Ali, 2016, s. 515).

Niketha Ravivarma'nın 2021'de, hazırlamış olduğu tezde yapay zekâ algoritması ile kan lekelerinin çarpma açılarını En Yakın Komşu Algoritması

(EYKA) (K-Nearest Neighbour – KNN) kullanarak gerçekleştirmiştir. Çalışma kapsamında 10° ile 90° arasındaki açılar, 30,5” yükseklik ve 50µl hacme bağlı olarak elde edilen veriler kullanılmıştır. Her kan damlası açısı için 5 kâğıt örneği, her kâğıtta ise 6 ile 8 arasında kan damlası örneği kullanmıştır (Ravivarma, 2021, ss. 32-33).

2. MATERYAL VE METOD

Kaynakların yetersizliği ve çalışmaların fazla bütçe gerektirmesi sebebiyle deneysel çalışma Stubbs’ın 2012’de yapmış olduğu çalışmada elde ettiği verilerin doğrulanması ve genişletilmesi ile devam edilmiştir. Stubbs’ın çalışmasında elde etmiş olduğu veri aralığı Tablo-1. üzerinde gösterilmiştir. Bu veri aralığından yola çıkılarak kendi çalışmamız kapsamında oluşturduğumuz veriler Tablo-2. üzerinde gösterilmiştir:

Tablo-1. Her Vuruş Yöntemi için Sıçramanın Boyut Aralığı (Stubbs, 2012).

Ölçüt ve Suç Aleti Cinsi	Delme Eylemi	Tuğla	Tahta	Çekiç
Min. Kan Damlası Ölçüsü	1 mm’den az	1 mm’den az	1 mm’den az	1 mm’den az
Mak. Kan Damlası Ölçüsü	9 mm	6 mm	5 mm	22 mm

Stubbs’ın 2012’de yapmış olduğu deneysel çalışmada kan lekelerinin oluşturulması için hedefe yönelik atış yapmak için üç farklı silahın yanı sıra yumruklama eylemi gerçekleştirilmiştir. Kullanılan aletler bir çekiç, bir miktar tahta ve bir tuğladır. Hedef 7 ml kanla doldurulmuş küçük bir domuz eti parçası olup söz konusu parça Şekil 6 üzerinde gösterilmiştir:



Şekil-6. Kullanılan Domuz Eti Parçası (Stubbs, 2012)

Stubbs'ın 2012'de yapmış olduğu çalışmada hedefe çömelme pozisyonundayken tekrar başına beş vuruş ve vuruş yöntemi başına toplam üç tekrar yapılmıştır. Tekrarda koruyucu kıyafetlerin üzerine temiz, uzun kollu pamuklu tişörtler ve uzun pamuklu kot pantolonlar giyilmiştir. Kurumaya bırakılmadan önce fotoğraflama işlemleri yapılmıştır. Analiz için giysiler eşit parçalara ayrılmıştır; her bir silahın kaydını oluşturmak için kan damlası miktarı ve kan damlalarının boyut aralığı kaydedilmiştir.

Her bir darbe için oluşan sonuçlar kaydedilirken aynı zamanda kıyafetler üzerinde sıçrayarak oluşmuş kan lekeleri boyutları ve fotoğraflaması da yapılmıştır. Bu kan lekeleri Şekil-7. üzerinde gösterilmiştir:



Şekil-7. Oluşan Kan Lekelerinin Bir Örneği (Stubbs,2012).

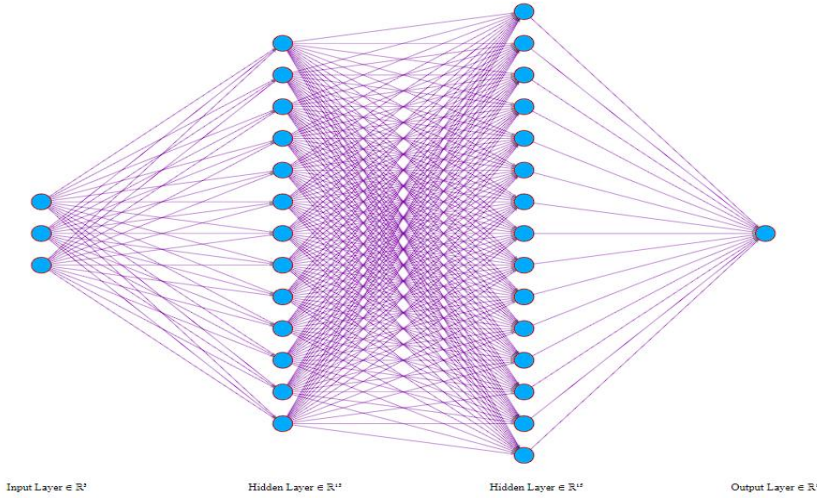
Stubbs'ın 2012'de yaptığı çalışmada elde edilen verilerin doğrudan kullanılması yerine test sonuçlarında elde edilen aralıkların genişletilmesi ile veri tabanı için gerekli verilerin sayısı artırılmıştır. Bu şekilde yapay sinir ağları modeli için gerekli veri tabanı hazırlanmıştır. Yapılan YSA modellemesi için kullanılan veri aralıkları Tablo 2 üzerinde gösterilmiştir.

Tablo-2. YSA Modeli Veri Aralıkları

<i>Genişlik (a) mm</i>	<i>Uzunluk (b) mm</i>	<i>Radyal Açı (rad)</i>	<i>Derece Açı (°)</i>
2	2,1	$\sin\alpha=a/b$	
2,1	2,2		
2,2	2,3		
2,3	2,4		
2,4	2,5		10
2,5	2,6		15
2,6	2,7		20
2,7	2,8		25
2,8	2,9		30
2,9	3		35
3	.		40
.	.		45
.	.		50
.	21		55
19	21,1		60
19,1	21,2		65
19,2	21,3		70
19,3	21,4		75
19,4	21,5		80
19,5	21,6		85
19,6	21,7		90
19,7	21,8		
19,8	21,9		
19,9	22		
20			

Tablo-2. üzerinde paylaşılan değer aralığındaki ondalıklı olarak arttırılarak elde edilen tüm genişlik ve uzunluk değerleri için yapılan YSA modellemesi ile gelecekte olabilecek yaralanmalı ve ölümlü olayların aydınlatılmasında, olay yeri incelemesinde ve adli laboratuvar incelemelerinde yardımcı olabilecek veri tabanı çalışması gerçekleştirilmiştir.

Matlab Yapay Sinir Ağları modülü kullanılarak oluşturulan modelleme ile genişletilen ve Tablo-2. üzerinde gösterilen kan lekelerinin ebatlarından faydalanılarak damlama açısı hesaplaması yapılmıştır. Yapılmış olan yapay sinir ağlarına ait ağ modelinin yapısı Şekil-8. üzerinde gösterilmiştir:



Şekil-8. Oluşturulan 3+13+15+1 Yapay Sinir Ağları Mimarisi

ANN modelinde kullanılan Tansig, Logsig, Purelin transfer fonksiyonları aşağıdaki (Denklem 1-4) ile gösterilmiştir:

$$NET_i = \sum W_{ij} \cdot X_j + W_{bi} \quad (2)$$

$$a = \text{tansig}(n) = \frac{2}{(1+e^{-2n})} - 1 \quad (3)$$

$$a = \text{logsig}(n) = \frac{1}{1+e^{-n}} \quad (4)$$

$$a = \text{purelin}(n) \quad (5)$$

n: Önceki katmandaki işlenen öğelerin sayısı

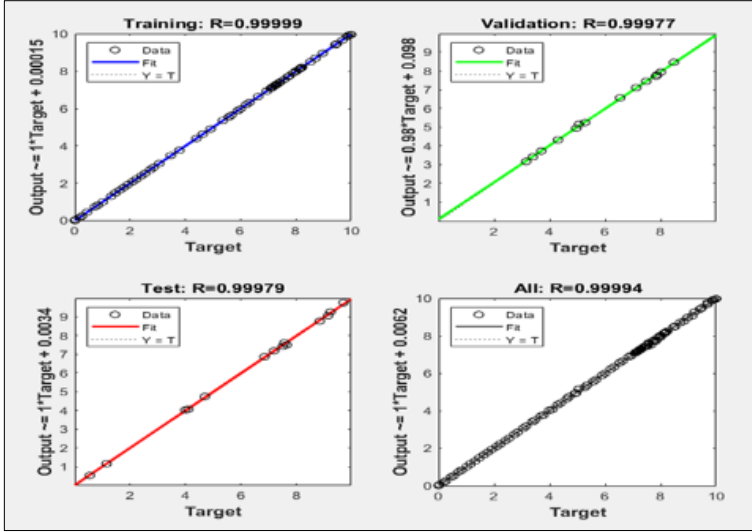
Bu yapı 3 girdi verisi, 13 adet 1. gizli katman, 15 adet 2. gizli katmandan oluşmaktadır. 1 adet çarpma açısı olarak çıktı verisi kullanılmıştır.

Bu çalışma kapsamında bağımlı değişken kan lekesinin çarpma açısı (α), bağımsız değişkenler ise kan lekesinin genişliği, uzunluğu olarak belirlenmiştir. Bu değişkenlere bağlı olarak yapay sinir ağları modeli ve regresyon analizleri gerçekleştirilmiştir.

3. BULGULAR

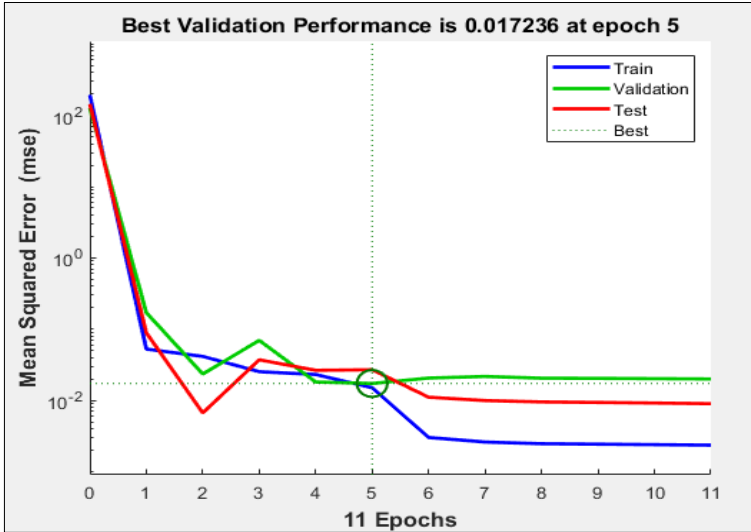
Matlab yapay sinir ağları modülü kullanılarak matematiksel olarak yapılan hesaplamalar, YSA modeline öğretilerek bu açıların kaç olacağı ortaya

çıkarılmıştır. Regresyon analizi ile elde edilen sonuçların doğruluk oranı incelenmiş ve Şekil-9. üzerinde gösterilmiştir.



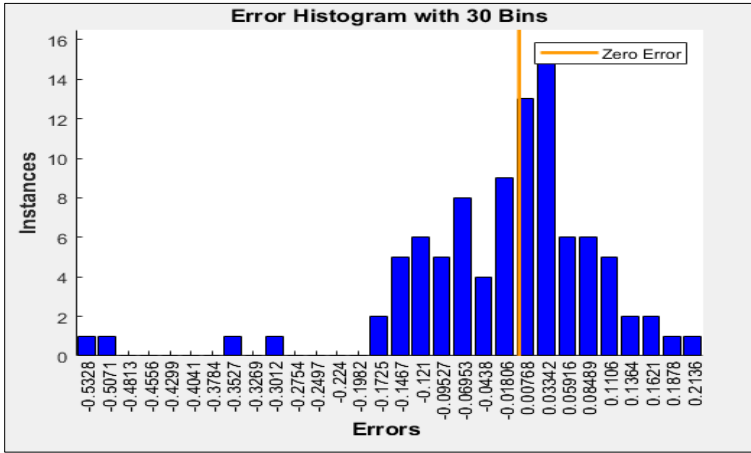
Şekil-9. Regresyon Analizi Sonucu

Yapılan regresyon analizinin sonucuna göre elde edilen verilen yaklaşık olarak %99 oranında tutarlılık göstermektedir. Bu sonuç bize kan lekelerinin izinden yola çıkılarak gelecekte herhangi yaralamalı veya ölümlü olaylarda oluşacak kan lekelerinin ebatlarına bağlı olarak olayda kullanılan kesici ya da delici aletin ne olduğuna yönelik cevap verebilecektir.



Şekil-10. YSA Modeli Deneme ve Hata Oranı

Yapılan YSA modelleme eğitimi ile test sonucu ve 850 adet farklı genişlik ve uzunluğa bağlı olarak elde edilen gerçek değerlerin birbirleri ile tutarlılığındaki hata oranı ve deneme sayısı Şekil 10 üzerinde gösterilmiştir. Toplam 2.500 deneme içerisinde ilk 11 deneme kapsamında 5. denemede ideal olarak 0.017236 en düşük hata oranıyla %99 başarı sağladığı görülmektedir. Validation (Doğrulama) ve Train (Eğitim) birbirlerini 5. deneme sonucunda kesiştiği görülmüştür.



Şekil-11. YSA Modeli Yığılma ve Hata Oranları

Yapılan YSA modelinin çalışması esnasında oluşan hata yığılmaları ve sıfır hata noktası Şekil-11. üzerinde gösterilmiştir. Bu yığılmalarda 30 farklı grup içerisindeki değerler içinde analizi gerçekleştirilmiştir. Bu yığılmaların oranları verilmiştir. Elde edilen değerler Sıfır (0) hata çizgisine bitişik ve yakın olarak yığılma gerçekleştirdiği görülmüştür.

4. SONUÇLAR

Yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar ve önermeler aşağıda belirtilmiştir:

Yapılan bu YSA modellemesi ile KLM analizlerinin daha sağlıklı yürütülmesini sağlayacak bir yazılımın da oluşturulabilmenin yanında görüntü işleme teknikleri kullanılarak olay yerinden alınan kan lekeleri fotoğrafları ile olayın hangi tip yaralayıcı ya da öldürücü bir aletle ne şekilde uygulandığı da ortaya çıkarılabileceği görülmüştür. Görüntü işleme teknikleri ile oluşturulacak bir veri tabanı ile kan lekelerinin açılarından yola çıkarak sıçrama, damlama, fışkırma ve sürünme gibi değişik kan lekelerinin tanımlanması sağlanabilecektir.

Çeşitli yaralayıcı, öldürücü aletlerin deneysel çalışmaları sonucu veri tabanı havuzu genişletilerek elde edilecek sayısal veriler ile yapay sinir ağlarının sonuçlarının tutarlılık göstereceği görülmüştür. Bu şekilde, kullanılan öldürücü/yaralayıcı silahın ne olduğuna yönelik olay yerindeki kan lekelerinden bu tanımlamaların daha kısa süreyle daha az hatayla yapılacağı ortaya çıkarılmıştır. Olay yeri inceleme sonucu elde edilen kan lekelerinin şekillerinin yapay sinir ağları vasıtasıyla yorumlanması olaylardan etkilenen ve duygusal bir yapısı olan insan hatasının minimize edilmesi açısından son derece önemlidir.

Kan lekesi model analizinde insan kaynaklı yapılacak değerlendirmelerde açık ve objektif olunmalı, olay yerinde görünen ve tespit edilen hususların yanında, diğer ihtimallerde dâhil edilecek şekilde düşünülmelidir. İncelemeler ve tespit sonucu bazı yöntemlerin neden tercih edildiği veya tercih edilmediği hususu tarafsızlığı ortaya koymak adına önemlidir. Bütün işlem ve değerlendirmelerin baştan itibaren belgelenmesine ve muhafaza edilmesine dikkat edilmelidir. İnsanın duygusal bir varlık olması sebebiyle yapacağı işlem ve değerlendirmelerde önyargıyı minimuma indirmek ve bağlamsal bilginin düşünceler üzerindeki etkilerini azaltmak için mümkün olduğunca farklı teknik kullanması gerekmektedir. Şeffaf ve objektif olarak kan model analizinde yapay sinir ağlarının kullanılması insan hatalarının önüne geçerek adaletin doğru tecelli etmesine katkı sağlayacaktır.

5. TARTIŞMA

Bu çalışma kapsamında kullanılan asıl veriler, canlılardan kan elde edilmesinin ve yapay kan oluşturulmasının zorluğundan dolayı Stubbs'ın 2012'de yapmış olduğu deneysel çalışmalar üzerine dayanmaktadır. Ancak oradaki veriler belirli limitler dâhilinde kalmış, yapay zekâ gibi çok geniş ve detaylı bir veri aralığında bu tahminlerin gerçekleştirilmesi yapılmadığı için bu eksik nokta tamamlanmaya çalışılmıştır.

Kan lekesi oluşumlarının yapay sinir ağları ile özellik çıkarım denemesi ve çalışması ilk olarak Shoumy ve arkadaşları tarafından 2016 yılında çalışılmıştır. Ancak yapmış oldukları Yapay Sinir Ağları (YSA) modelinde, teste tabii olan veriler ile tahminleri gerçekleştirilen veriler 0,9986 gibi bir değerde doğruluk yakalamış olsalar bile nominal çizgi üzerinde yığılım göstermediği görülmüştür (Shoumy, 2016, ss. 8583-8589). Burada oluşturulan modelde bir gözlem hatası ve yığılım hatası olduğu verilerin yanılmasına yol açacağı değerlendirilmiştir.

Bu değerlendirmelerden yola çıkılarak bu çalışma kapsamında oluşturulan yapay sinir ağları modelinin daha kullanılabilir olduğu görülmüştür. Bu bakımdan modelin matematiksel altyapısı geliştirilmeye çalışılmıştır. Çıkan sonuçlar %99 oranında daha tutarlı bir dağılım göstermiştir. Sonraki yapılacak çalışmalarda veri tabanından ziyade kullanılacak modelin kritik öneme sahip olduğu saptanmıştır.

Bu değerlendirmelerden yola çıkılarak bu çalışma kapsamında oluşturulan yapay sinir ağları modelinin daha kullanılabilir olduğu görülmüştür. Bu bakımdan modelin matematiksel altyapısı geliştirilmeye çalışılmıştır. Çıkan sonuçlar %99 oranında daha tutarlı bir dağılım göstermiştir. Sonraki yapılacak çalışmalarda veri tabanından ziyade kullanılacak modelin kritik öneme sahip olduğu saptanmıştır.

KAYNAKÇA

- Ataseven, B. (2013). Yapay Sinir Ağları ile Öngörü Modellemesi. *Öneri Dergisi*, 10(39), ss.101-115.
- Arslan, M.N. (2009). Kan Lekesi Model Analizi ile Olay Yerinin Yeniden Yapılandırılması. (Yayınlanmış Uzmanlık Tezi). Adli Tıp Kurumu Başkanlığı.
- Aşıcıoğlu, F. (2004). Kan Lekesi Model Analizi. *Adli Tıp Dergisi*. (18) ss.12-22.
- Ayrancıoğlu, C.A. (2014). Sentetik Kan ile Modelleme Yoluyla Oluşturulacak Olan Kan Lekelerinin Şekillerini Etkileyen Faktörlerin Deneysel Analizi. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi).Adli Tıp Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi.
- Bevel T, Gardner RM. (2002). *Bloodstain Pattern Analysis: With an Introduction to Crime Scene Reconstruction*. Boca Raton. CRC Press Inc.
- Bevel,T. ve Gardner, R. M. (2008). *Bloodstain Pattern Analysis: With an Introduction to Crime Scene Reconstruction*, Boca Raton. CRC Press Inc.
- Boonkhong, K. Karnjanadecha, M. Aiyarak, P. (2010). Impact Angle Analysis Of Bloodstains Using A Simple İmage Processing Technique. *Songklanakarin Journal Science Technologi* 32(2), ss.169–173.
- Buck, U.,et.al.,(2011). 3D Bloodstain Pattern Analysis: Ballistic Reconstruction Of The Trajectories Of Blood Drops And Determination Of The Centres Of Origin Of The Bloodstains, *Forensic Science International* 206, ss.22–28.
- Çakıcı, M. Oğuzhan, A. Özdi, T. (2015). İstatistik. Ekin Yayınları, Bursa.
- Hortoğlu, M.B. (2016). Suç Mahallelerinde Kan Varlığının Tespitinde Kullanılan Bir Kemilüminesant Bileşik Olan Luminolun İn-Vitrositotoksik Ve Genotoksik Etkilerinin Araştırılması. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi) Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa Üniversitesi.
- James, S.H. Edel, C.F. (1997). *Bloodstain Pattern Interpretation*. Eckert WG Ed.Introduction to Forensic Siences. CRC Press Inc., ss.167-232.
- James, S.H, Kish, P.E ve Sutton, (2005). TP., *Principles of Bloodstain Pattern Analysis. Theory and Practice*. Boca Raton. CRC Press Inc.Ss.572.

- James, S.H. Eckert W.G. (1998). Interpretation of Bloodstain Evidence at Crime Scenes, Boca Raton, New York. Ss.322.
- Kalteh, A.M. Berndtsson, R. (2007). Interpolating Monthly Precipitation By Self-Organizing Map (SOM) And Multilayer Perceptron (MLP), Hydrological Sciences Journal, 52(2), ss.305-317.
- Kızıllöz., Ö.İ. (2006). Kan Lekesi Modeline Göre Kanın Yükseklik Ve Düşme Açısının Hesaplanması. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara Üniversitesi. Ss.56.
- Laber, P. K. Taylor M. Owens G. Osborne N. Curran J. (2014). Reliability Assessment of Current Methods in Bloodstain Pattern Analysis NCJR
- Md Shawkat Ali, N. J. Shoumy, S. Khatun., (2016). Non-invasive Blood Glucose Measurement Performance Analysis through UWB Imaging. 3rd International Conference on Electronic Design (ICED), ss.513-516.
- Millington. J. (2023). The Introduction to BPA Training Course. Erişim Tarihi:03.01.2023, www.spattered.co.uk.
- Mramor, K. (2007). No Splash On The Moon, University of Ljubljana, Faculty of Mathematics and Physics, Department of Physics, Ljubljana. Ss.12.
- Özkişi H., Topaloğlu M., (2017). Fotovoltaik hücrenin verimliliğinin yapay sinir ağı ile tahmini Bilişim Teknolojileri Dergisi, 10(3), ss.247-253.
- Pizzola, P.A. Roth, S. Deforest, P.R. (1986). Blood Droplet Dynamics-I. J. Forensic Science. 31(1): 36-49.
- Pizzola, P.A, Roth, S. Deforest, P.R. (1986). Blood Droplet Dynamics-II. J. Forensic Science. 31(1): 50-65.
- Ravivarma, N., (2021). Development of an Artificial Intelligence Method for the Analysis of Bloodstain Patterns. (Published Master Thesis). Jackson College of Graduate Studies, University of Central Oklahoma.
- Shoumy, N. J. (2016) Feature Extraction for Neural Network Pattern Recognition for Bloodstain Analysis, International Journal of Applied Engineering Research, 11(15), ss. 8583-8589.

Stubbs, F., (2012). Blood Pattern Analysis on a Suspects Clothing when using a Punching Action Versus Different Weapons, Forensic and Crime Science, Staffordshire University.

Yapraklı, T.Ş. Erdal H.(2016). Firma Başarısızlığı Tahminlemesi: Makine Öğrenmesine Dayalı Bir Uygulama. International Journal of Informatics Technologies, 9(1), ss.21-31.