

PARMAK İZİ

ARAŞTIRMALARI

GÜNCEL YAKLAŞIMLAR

Editör

Yakup GÜLEKÇİ

Kütahya Sağlık Bilimleri Üniversitesi

Adli Bilimler Bölümü



© Copyright 2026

Bu kitabın, basım, yayın ve satış hakları Akademisyen Yayınevi A.Ş.'ye aittir. Anılan kuruluşun izni alınmadan kitabın tümü ya da bölümleri mekanik, elektronik, fotokopi, manyetik kağıt ve/veya başka yöntemlerle çoğaltılamaz, basılamaz, dağıtılamaz. Tablo, şekil ve grafikler izin alınmadan, ticari amaçlı kullanılamaz. Bu kitap T.C. Kültür Bakanlığı bandrolü ile satılmaktadır.

ISBN

978-625-362-041-7

Kitap Adı

Parmak İzi Araştırmaları: Güncel Yaklaşımlar

Editör

Yakup GÜLEKÇİ

ORCID iD: 0000-0001-9643-6850

Yayın Koordinatörü

Yasin DİLMEN

Sayfa ve Kapak Tasarımı

Akademisyen Dizgi Ünitesi

Yayıncı Sertifika No

47518

Baskı ve Cilt

Vadi Matbaacılık

Bisac Code

LAW041000

DOI

10.37609/akya.4170

Kütüphane Kimlik Kartı

Parmak İzi Araştırmaları: Güncel Yaklaşımlar / ed. Yakup Gülekçi.

Ankara : Akademisyen Yayınevi Kitabevi, 2026.

248 s. : şekil, tablo. ; 160x235 mm.

Kaynakça var.

ISBN 9786253620417

GENEL DAĞITIM

Akademisyen YAYINEVİ A.Ş.

Halk Sokak 5 / A Yenışehir / Ankara

Tel: 0312 431 16 33

siparis@akademisyen.com

www.akademisyen.com

ÖNSÖZ

Parmak izleri, adli bilimler tarihinde kişi kimliklendirmesinin en güvenilir biyometrik unsurlarından biri olarak uzun yıllardır merkezi bir öneme sahip olmuştur. Parmak izinin her bireye özgü yapısı, yaşam boyu büyük ölçüde değişmeden kalması ve uygun yöntemlerle elde edildiğinde yüksek ayırt edicilik sağlaması, onu ceza adalet sisteminin en güçlü delil unsurlarından biri haline getirmiştir. Bununla birlikte günümüzde parmak izi araştırmaları, yalnızca klasik karşılaştırma ve kimlik tespitiyle sınırlı bir alan olmaktan çıkmış; bilimsel ve teknolojik gelişmeler ışığında çok yönlü ve ileri düzey bir inceleme sahasına dönüşmüştür.

Parmak İzi Araştırmaları: Temel Yaklaşımlar başlıklı ilk çalışmada, parmak izi araştırmalarının kuramsal zeminini, tarihsel gelişimini ve adli bilimler içerisindeki yerini temel bir çerçevede ortaya koymayı amaçlamıştık. Elinizdeki bu eser ise söz konusu birikimin devamı niteliğinde hazırlanmış; alanın güncel yöntemlerini, yeni araştırma yönelimlerini ve uzmanlık gerektiren uygulama başlıklarını daha ileri bir perspektifle ele almayı hedeflemiştir. Bu yönüyle kitap, temel bilgiden güncel analitik ve teknolojik yaklaşımlara uzanan akademik bir sürekliliği temsil etmektedir.

Bu kitapta; parmak izlerinin sınıflandırılması, geliştirme teknikleri ve latent izlerin fotoğraflanması gibi alanın temel bileşenlerinin yanı sıra, yapay zekâ destekli kimliklendirme sistemleri, latent parmak izlerinde patlayıcı kalıntıları ve ateşli silah atış artıkları üzerine analitik yaklaşımlar, moleküler incelemeler, kimyasal analizlerde karşılaşılan güçlükler ve parmak izi araştırmalarının geleceği gibi güncel ve özgün başlıklara yer verilmiştir. Böylece eser, yalnızca mevcut bilgi birikimini aktaran bir kaynak olmanın ötesine geçmekte; aynı zamanda okuyucuya yeni araştırma alanları ve disiplinler arası değerlendirme imkânları sunmaktadır.

Günümüzde parmak izi, yalnızca bir temas izi olarak değil; temasın niteliğini, yüzeyle etkileşimi, çevresel koşulları ve kimi durumlarda kimyasal ya da biyolojik taşınımı yansıtan çok katmanlı bir inceleme materyali olarak değerlendirilmektedir. Bu nedenle parmak izi araştırmalarının çağdaş seyrini anlayabilmek, yalnızca klasik teknikleri bilmekle değil; görüntüleme, analiz, yorumlama ve teknolojik entegrasyon süreçlerini birlikte değerlendirebilmekle mümkündür. Elinizdeki eser, tam da bu ihtiyaca cevap verebilmek amacıyla disiplinler arası bir anlayışla kurgulanmıştır.

Kitabın; adli bilimler alanında çalışan uzmanlara, olay yeri inceleme ve kriminal laboratuvar personeline, hukuk uygulayıcılarına, akademisyenlere, lisans ve lisansüstü öğren-

cilerine yararlı bir kaynak olması en büyük temennimizdir. Bunun yanında bu çalışmanın, parmak izi araştırmalarında bilimsel üretimi teşvik etmesini, yeni çalışmalara zemin hazırlamasını ve uygulama ile akademi arasındaki etkileşimi daha da güçlendirmesini ümit ediyoruz.

Bu eserin ortaya çıkmasında bilgi ve emekleriyle katkı sunan değerli bölüm yazarlarına, meslektaşlarıma ve akademik yolculuğum boyunca desteklerini yanımda hissettiğim aileme içten teşekkürlerimi sunarım. Dileğim, bu kitabın parmak izi araştırmalarında güncel düşünceyi ve bilimsel derinliğı beslemesi; adli bilimler alanında daha güçlü bir bilgi, yetkinlik ve kalite kültürünün gelişmesine katkı sağlamasıdır.

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1	Parmak İzlerinin Sınıflandırılması1 <i>Eda Nur AY</i> <i>Yakup GÜLEKÇİ</i>
BÖLÜM 2	Parmak İzi Geliştirme Teknikleri41 <i>Eda Nur AY</i> <i>Yakup GÜLEKÇİ</i>
BÖLÜM 3	Parmak İzlerinin Fotoğraflanması95 <i>Ceren AKAGÜNDÜZ AYRANCIOĞLU</i>
BÖLÜM 4	Parmak İzi Kimliklendirmesinde Yapay Zeka Uygulamaları: Geleneksel Yöntemlerden Akıllı Sistemlere.....141 <i>Fatma ÇAVUŞ YONAR</i> <i>Sena Nur KADEM</i>
BÖLÜM 5	Latent Parmak İzinde Patlayıcı Kalıntıları ve Ateşli Silah Atış Artıkları: Analitik Yaklaşımlar ve Adli Yorum159 <i>Harun ŞENER</i>
BÖLÜM 6	Parmak İzi Araştırmalarının Moleküler İncelemesi173 <i>Ahmet TÜLEK</i>
BÖLÜM 7	Parmak İzlerinin Kimyasal Analizlerinde Karşılaşılan Zorluklar.....197 <i>Duygu Yeşim OVAT</i> <i>Emine ÖZBUNAR</i> <i>Serap Annette AKGÜR</i>
BÖLÜM 8	Parmak İzi Araştırmalarının Geleceği215 <i>İsmail Ethem GÖREN</i>

YAZARLAR

Arş. Gör. Eda Nur AY
Kütahya Sağlık Bilimleri Üniversitesi,
Adli Bilimler Bölümü

Doç. Dr. Yakup GÜLEKÇİ
Kütahya Sağlık Bilimleri Üniversitesi,
Adli Bilimler Bölümü

Öğr. Gör. Dr. Ceren AKAGÜNDÜZ
AYRANCIOĞLU
İzmir Tınaztepe Üniversitesi Sağlık
Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Otopsi
Yardımcılığı Programı

Dr. Öğr. Üyesi Fatma ÇAVUŞ YONAR
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Adli
Tıp ve Adli Bilimler Enstitüsü, Fen
Bilimleri AD.

Sena Nur KADEM
Yüksek Lisans Öğrencisi, İstanbul
Üniversitesi-Cerrahpaşa, Adli Tıp ve Adli
Bilimler Enstitüsü, Fen Bilimleri AD.

Dr. Öğr. Üyesi Harun ŞENER
Kütahya Sağlık Bilimleri Üniversitesi,
Adli Bilimler Bölümü

Doç. Dr. Ahmet TÜLEK
Kütahya Sağlık Bilimleri Üniversitesi,
Doğa ve Mühendislik Fakültesi,
Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü

Öğr. Gör. Dr. Duygu Yeşim OVAT
Ege Üniversitesi, Madde Bağımlılığı,
Toksikoloji ve İlaç Bilimleri Enstitüsü

Emine ÖZBUNAR
Komiser, Polis Akademisi Başkanlığı,
Adli Bilimler Enstitüsü

Prof. Dr. Serap Annette AKGÜR
Ege Üniversitesi, Madde Bağımlılığı,
Toksikoloji ve İlaç Bilimleri Enstitüsü

Dr. Öğr. Üyesi İsmail Ethem GÖREN
Ankara Üniversitesi, Adli Bilimler
Enstitüsü, Adli Toksikoloji AD.

BÖLÜM 1

PARMAK İZLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

*Eda Nur AY*¹
*Yakup GÜLEKÇİ*²

GİRİŞ

Parmak izlerinin suç soruşturmalarında etkin şekilde kullanılması, papil hatlarının genel örüntüsünü oluşturan morfolojik özelliklerin her bireyde kendine özgü bir düzenlenim göstermesinden kaynaklanır. Epidermis yüzeyinde yer alan papil hatlarının yönü, sıralanışı, meydana getirdiği çatallanma ve dairesel oluşumlar ile porların konumu, bir parmak izini diğerinden ayıran temel unsurlardır. Deltanın varlığı, konumu, kement yapısı, kementlerin sıralanışı ve merkez hattında meydana gelen şekiller sayesinde parmak izleri tasnif edilebilmektedir. Bu tasnif, parmak izlerinin sistematik biçimde gruplandırılmasını sağlayarak karşılaştırma ve araştırma süreçlerinin daha hızlı ve düzenli yürütülmesine katkı sunmaktadır.

Nüfus artışına bağlı olarak suç olaylarında meydana gelen artış, inceleme talep edilen parmak izi sayısını da önemli ölçüde artırmıştır. Bu durum, izlerin bir sınıflandırma sistemi içinde değerlendirilmesini zorunlu hale getirmiştir. Papil hatlarının oluşturduğu desenlerin belirli bir sembol, desen veya harf verilerek kodlanması, veri yönetimini kolaylaştırır. Kayıtlı parmak izi sayısı arttıkça manuel inceleme zorlaşmış, bu süreç büyük ölçüde dijital ortama aktarılmıştır. Günümüzde yapay zekânın da katkısıyla saniyeler içerisinde olası tüm eşleşmeler aday liste şeklinde incelenebilmektedir. Bununla birlikte, otomatik sistemler tarafından elde edilen sonuçların nihai değerlendirmesi hâlen uzman incelemesini gerektirmektedir. Parmak izlerinin sınıflandırılması yalnızca bir tasnif işlemi değil, aynı zamanda ceza adalet sisteminin etkin ve hızlı bir şekilde yürütülmesini sağlayan temel bir aşamadır.

¹ Arş. Gör., Kütahya Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Adli Bilimler Bölümü, edanur.ay@ksbu.edu.tr, ORCID iD: 0000-0001-9070-253X

² Doç. Dr., Kütahya Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Adli Bilimler Bölümü, yakup.gulekci@ksbu.edu.tr, ORCID iD: 0000-0001-9643-6850

Parmak izinin delil değeri, mahkemede savunulabilir ve tekrar edilebilir olmasından kaynaklanır. Yapay zekâ sistemlerinin karar süreçlerinin çoğu zaman kara kutu niteliği taşıması, açıklanabilir yapay zekâ temelli yaklaşımlara duyulan ihtiyacı artırmaktadır. Biyometrik verilerin işlenmesi gizlilik ve etik sorunları da beraberinde getirir. Yapay zekâ sistemlerinin eğitilmesi sırasında ihtiyaç duyulan büyük veri, kişisel verilerin korunmasına ilişkin yasal düzenlemelerin önüne geçmemelidir. Gelecekte gerçekleştirilecek uygulamalar, doğruluk, şeffaflık, hesap verebilirlik ve veri güvenliği gibi parametrelere dayalı, insan uzmanlığını merkeze alan bir anlayışla yapılandırılmalıdır. Sonuç olarak, parmak izi sınıflandırmasının geleceği yalnızca daha gelişmiş algoritmaların geliştirilmesine değil; aynı zamanda bilimsel geçerlilik, hukuki kabul edilebilirlik, etik sorumluluk ve uzman denetimi arasında kurulacak dengeli bir çerçeveye bağlıdır.

KAYNAKLAR

1. Maltoni D, Mario D, Jain AK, et al. Fingerprint classification and indexing. In: Maltoni D, Mario D, Jain A, Prabhakar S (eds). *Handbook of fingerprint recognition*. 2nd ed. London:Springer. 2009:1.
2. Yager N, Amin A. Fingerprint classification: a review. *Pattern Analytical Application*. 2004;7:77-93.
3. Hutchins L. Systems of friction ridge classification. In: Holder EH Jr, Robinson L, Laub J, eds. *The fingerprint sourcebook*. National Institute of Justice; 2011:95-120.
4. Rodriguez J. South Atlantic crossings: Fingerprints, science, and the state in turn-of-the-century Argentina, The American historical review. *American Historical Review*. 2004;109(2):387.
5. Daluz HM. Fingerprint patterns and classification. In: Daluz HM, (ed). *Fundamentals of Fingerprint Analysis*. Boca Raton:FL:CRC Press; 2015b:43-58.
6. Koç F, Gül Y, Yavaş B, et al. Tek parmak izi tasnif sistemi. In: *Tasnif Sistemleri Temel Eğitim Kitabı*. 2005:21-78.
7. Bridges BC. *Practical fingerprinting*. NY:Funk and Wagnalls; 1963.
8. Hawthorne M. Classification Henry with FBI extension, NCIC, and IAFIS. In: *Fingerprint Analysis and Understanding*. Boca Raton:CRC Press; 2009:55-70.
9. Sodhi GS, Kaur J. The forgotten Indian pioneers of fingerprint science. *Current Science*. 2005;88(1):185-191.
10. Göl A. Parmak izinin yapısı. In: *On parmak izi tasnif sistemi*. Ankara: Kriminall Polis Laboratuvarları Dairesi Başkanlığı Yayını:7-20.
11. KPL Daire Başkanlığı. Parmak izlerinin sınıflandırılması. In: Sevinç A, ed. *Temel parmak izi: kursiyer el kitabı*. 1st ed. Ankara:International Police Training Center; 2011:33-43.
12. Demirci, S., Aydın, M., Koç, F., Gül, Y., Yavaş, B., Güneş, G., Demir, B., Tepecik, S., Özcan, B., & Dutakü, M. (2010). *Parmak izi temel eğitim kitabı* (C. 17). KPL Daire Başkanlığı Yayını.
13. Olsen RD. *Scott's fingerprint mechanics*. Thomas; 1978.
14. Federal Bureau of Justice. (1973). The science of fingerprints classification and uses. İçinde *United States Department of Justice Federal Bureau of Investigation*. 1973:87-97.
15. Wilson C, Candela G, Watson C. Neural network fingerprint classification. *Journal of Artificial Neural Networks*. 1993;1(2):203-228.
16. Daluz HM. Fingerprint comparisons. In: Daluz HM, (ed). *Fundamentals of Fingerprint Analysis*. Boca Raton:CRC Press; 2015a:237-248.

17. Sankaran A, Vatsa M, Singh R. Latent fingerprint matching: A survey. *IEEE Access*. 2014;2:982-1004. doi:10.1109/ACCESS.2014.2349879
18. Langenberg G. A performance study of the ACE-V process: a pilot study to measure the accuracy, precision, reproducibility, repeatability, and biasability of conclusions resulting from the ACE-V process. *Journal of Forensic Identification*. 2009;59(2):219.
19. Chen F, Zhou J. On the influence of fingerprint area in partial fingerprint recognition. In: Zheng WS, Sun Z, Wang Y, et al. (eds) *Biometric Recognition. CCB 2012. Lecture Notes in Computer Science*, vol 7701. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-35136-5_13
20. Malathi S, Meena C. An efficient method for partial fingerprint recognition based on local binary pattern. In: *2010 International Conference on Communication Control and Computing Technologies*. IEEE; 2010:569-572. doi:10.1109/ICCCCT.2010.5670775
21. Agrawal P, Kapoor R, Agrawal S. Partial fingerprint matching: Fusion of level 2 and level 3 features. In: *5th International Conference - Confluence The Next Generation Information Technology Summit (Confluence)*. IEEE; 2014:504-508. doi:10.1109/CONFLUENCE.2014.6949368
22. Siegel S. Dactylography, QUIP. *Journal of Forensic Identification*. 2014;64(4):428-429.
23. Scott B. *Fingerprint Classification and Interpretation Simplified*. 4th ed. Pearson; 2013.
24. Abbood A, Sulong G. Fingerprint classification techniques: A review. *International Journal of Computer Science Issues (IJCSI)*. 2014;11(1).
25. Maltoni D. A tutorial on fingerprint recognition. *Advanced Studies in Biometrics*. 2005:43-68.
26. Darlow LN, Rosman B. Fingerprint minutiae extraction using deep learning. In: *2017 IEEE International Joint Conference on Biometrics (IJCB)*. IEEE; 2017:22-30. doi:10.1109/BTAS.2017.8272678
27. Liu W, Zhou L, Chen J. Face recognition based on lightweight convolutional neural networks. *Information*. 2021;12(5):191. doi:10.3390/info12050191
28. Zhu Y, Yin X, Jia X, et al. Latent fingerprint segmentation based on convolutional neural networks. In: *2017 IEEE Workshop on Information Forensics and Security (WIFS)*. IEEE; 2017:1-6. doi:10.1109/WIFS.2017.8267655
29. Stojanovic B, Marques O, Neskovic A, et al. Fingerprint ROI segmentation based on deep learning. In: *2016 24th Telecommunications Forum (TELFOR)*. IEEE; 2016:1-4. doi:10.1109/TELFOR.2016.7818799
30. Joshi I, Utkarsh A, Kothari R, et al. Sensor-invariant fingerprint roi segmentation using recurrent adversarial learning. In: *2021 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)*. IEEE; 2021:1-8. doi:10.1109/IJCNN52387.2021.9533712
31. Ezeobiejese J, Bhanu B. Latent fingerprint image segmentation using deep neural network. In: Bhanu B, Kumar A, (eds). *Deep learning for biometrics*. Cham: Springer International Publishing; 2017. p. 83–107. doi:10.1007/978-3-319-61657-5_4
32. Liu C, Zhi Z, Zhao W, et al. Research on local fingerprint image differential privacy protection method based on clustering algorithm and regression algorithm segmentation image. *IEEE Access*.2024;12:27127-27146. doi:10.1109/ACCESS.2024.3363494
33. Dai X, Liang J, Zhao Q, et al. Fingerprint Segmentation via Convolutional Neural Networks. In: *Chinese Conference on Biometric Recognition*. 2017:324-333. doi:10.1007/978-3-319-69923-3_35
34. Tandon S, Namboodiri A. Transformer based fingerprint feature extraction. In: *2022 26th International Conference on Pattern Recognition (ICPR)*. IEEE; 2022:870-876. doi:10.1109/ICPR56361.2022.9956435
35. Cao K, Nguyen DL, Tymoszek C, et al. End-to-end latent fingerprint search. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*. 2020;15:880-894. doi:10.1109/TIFS.2019.2930487
36. Engelsma JJ, Cao K, Jain AK. Learning a fixed-length fingerprint representation. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. 2021;43(6):1981-1997. doi:10.1109/TPAMI.2019.2961349

37. Ametefe DS, Sarnin SS, Ali DM, et al. Fingerprint pattern classification using deep transfer learning and data augmentation. *The Visual Computer*. 7 April 2022. doi:10.1007/s00371-022-02437-x
38. Billah M. Explainable AI for digital forensics: ensuring transparency in legal evidence analysis. *Journal of Forensic Science and Research*. 3 July 2025:109-116. doi:10.29328/journal.jfsr.1001089
39. Hall SW, Sakzad A, Minagar S. A proof of concept implementation of explainable artificial intelligence (XAI) in digital forensics. In: *Network and System Security: 16th International Conference*. Denarau Island, Fiji, 9-12 December 2022:66-85. doi:10.1007/978-3-031-23020-2_4
40. Muaz M, Sajid S, Schulze T, et al. Explainable AI for correct root cause analysis of product quality in injection moulding. *Journal of Manufacturing Processes*. 2025;145:371-380.
41. Makrushin A, Kauba C, Kirchgasser S, et al. General requirements on synthetic fingerprint images for biometric authentication and forensic investigations. In: *ACM Workshop on Information Hiding and Multimedia Security*. 2021:93-104.
42. Kücken M. Models for fingerprint pattern formation. *Forensic Science International*. 2007;171(2-3):85-96. doi:10.1016/j.forsciint.2007.02.025
43. Ram S, Bischof H, Birchbauer J. Modelling fingerprint ridge orientation using Legendre polynomials. *Pattern Recognition*. 2010;43(1):342-357. doi:10.1016/j.patcog.2009.04.023
44. Cappelli R, Maio D, Maltoni D. Synthetic fingerprint-database generation. In: *Object Recognition Supported by User Interaction for Service Robots*. IEEE Computer Society; 2002:744-747. doi:10.1109/ICPR.2002.1048096
45. Cappelli R, Maio D, Lumini A, et al. Fingerprint image reconstruction from standard templates. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. 2007;29(9):1489-1503. doi:10.1109/TPAMI.2007.1087
46. Zhao Q, Jain AK, Paulter NG et al. Fingerprint image synthesis based on statistical feature models. In: *2012 IEEE Fifth International Conference on Biometrics: Theory, Applications and Systems (BTAS)*. 2012:23-30. doi:10.1109/BTAS.2012.6374554
47. Cappelli R, Maio D, Maltoni D. Sfinger (synthetic fingerprint generator). *CRIS Current Research Information System*. Published online 2004.
48. Chen S, Chang S, Huang Q, et al. SVM-based synthetic fingerprint discrimination algorithm and quantitative optimization strategy. *PLoS One*. 2014;9(10):e111099. doi:10.1371/journal.pone.0111099
49. Gottschlich C, Huckemann S. Separating the real from the synthetic: minutiae histograms as fingerprints of fingerprints. *IET Biometrics*. 2014;3(4):291-301. doi:10.1049/iet-bmt.2013.0065
50. Goodfellow I, Pouget-Abadie J, Mirza M, et al. Generative adversarial networks. *Communications of ACM*. 2020;63(11):139-144. doi:10.1145/3422622
51. Makrushin A, Mannam VS, Dittmann J. Privacy-friendly datasets of synthetic fingerprints for evaluation of biometric algorithms. *Applied Sciences*. 2023;13(18):10000. doi:10.3390/app131810000
52. Bouzaglo R, Keller Y. Synthesis and reconstruction of fingerprints using generative adversarial networks. *arXiv preprint*. Published online 2022.
53. Fahim MA, Jung HY. A lightweight GAN network for large scale fingerprint generation. *IEEE Access*. 2020;8:92918-92928.
54. Cao K, Jain A. Fingerprint synthesis: Evaluating fingerprint search at scale. In: *2018 International Conference on Biometrics (ICB)*. IEEE; 2018:31-38. doi:10.1109/ICB2018.2018.00016
55. Riazi M, Chavoshian S, Koushanfar F. Synfi: Automatic synthetic fingerprint generation. *arXiv preprint*. Published online 2020.
56. Hildebrandt M, Dittmann J. StirTraceV3.0 and printed fingerprint detection: Simulation of acquisition condition tilting and its impact to latent fingerprint detection feature spaces for crime scene forgeries. In: *2016 4th International Conference on Biometrics and Forensics (IWBF)*. IEEE; 2016:1-6. doi:10.1109/IWBF.2016.7449695

57. Merkel R, Hildebrandt M, Dittmann J. Application of stirtrace benchmarking for the evaluation of latent fingerprint age estimation robustness. In: *3rd International Workshop on Biometrics and Forensics (IWBF 2015)*. IEEE; 2015:1-6. doi:10.1109/IWBF.2015.7110221
58. Seidlitz S, Jürgens K, Makrushin A et al. Generation of privacy-friendly datasets of latent fingerprint images using generative adversarial networks. In: *Proceedings of the 16th International Joint Conference on Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications*. SCITEPRESS - Science and Technology Publications; 2021:345-352. doi:10.5220/0010251603450352
59. Tabassi E, Olsen M, Bausinger O, et al. *NFIQ 2 NIST Fingerprint Image Quality*. 2021. doi:10.6028/NIST.IR.8382
60. Orsini F, Cioffi A, Cipolloni L, et al. The application of artificial intelligence in forensic pathology: a systematic literature review. *Front Med (Lausanne)*. 2025;12. doi:10.3389/fmed.2025.1583743
61. Campbell J. Demographic bias in biometric systems: Current research and applicable standards. *Contract Report*. Published online 2017:1-25.
62. Ross A, Jain A. Biometric sensor interoperability: A case study in fingerprints. In: Maltoni, D., Jain, A.K. (eds) *Biometric Authentication*. BioAW 2004. Lecture Notes in Computer Science, vol 3087. 2004. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-25976-3_13
63. Grother P, Tabassi E. Performance of Biometric Quality Measures. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. 2007;29(4):531-543. doi:10.1109/TPAMI.2007.1019
64. Marasco E. Biases in fingerprint recognition systems: Where are we at? In: *2019 IEEE 10th International Conference on Biometrics Theory, Applications and Systems (BTAS)*. IEEE; 2019:1-5. doi:10.1109/BTAS46853.2019.9186012
65. Badawi AM, Mahfouz M, Tadross R, et al. Fingerprint-based gender classification. *IPCV*. 2006;6(8).
66. Kralik M, Novotny V. Epidermal ridge breadth: an indicator of age and sex in paleodermatoglyphics. Variability and evolution. Published online 2003:5-30.
67. Hefetz I. Integrating AI systems in criminal justice: The forensic expert as a corridor between algorithms and courtroom evidence. *Forensic Sciences*. 2025;5(4):53. doi:10.3390/forensicsci5040053
68. Smith, H. K. *Explainable Artificial Intelligence Approaches for Fingerprint Enhancement and Colorized Data Classification*. 2025. https://www.researchgate.net/profile/Hussein-Smith/publication/398373820_Explainable_Artificial_Intelligence_Approaches_for_Fingerprint_Enhancement_and_Colorized_Data_Classification/links/6932d45a0c98040d481b3af4/Explainable-Artificial-Intelligence-Approaches-for-Fingerprint-Enhancement-and-Colorized-Data-Classification.pdf. Accessed:17.02.2026
69. Horsman G. Decision support for first responders and digital device prioritisation. *Forensic Science International: Digital Investigation*. 2021;38:301219. doi:10.1016/j.fsidi.2021.301219
70. Johns Hopkins University. *The Future of Forensics: How AI Can Transform Investigations*. Available from: <https://washingtondc.jhu.edu/news/ai-in-forensics/>. (Accessed: 3th January 2026).
71. Farber S. AI as a decision support tool in forensic image analysis: A pilot study on integrating large language models into crime scene investigation workflows. *Journal of Forensic Science*. 2025;70(3):932-943. doi:10.1111/1556-4029.70035
72. Herke C. Automated fingerprint identification: the role of artificial intelligence in crime scene investigation. *Forensic Sciences*. 2026;6(1):6. doi:10.3390/forensicsci6010006
73. Morić Z, Dakić V, Urošev S. An AI-based decision support system utilizing bayesian networks for judicial decision-making. *Systems*. 2025;13(2):131. doi:10.3390/systems13020131
74. Montgomery RM. Augmenting forensic science through AI: The next leap in multidisciplinary approaches. *Preprints (Basel)*. 27 January 2025. doi:10.20944/preprints202501.1951.v1

BÖLÜM 2

PARMAK İZİ GELİŞTİRME TEKNİKLERİ

Eda Nur AY¹

Yakup GÜLEKÇİ²

GİRİŞ

Parmak izi, adli kimliklendirmenin en temel yapıtaşlarından biri olup adli bilimler uygulamalarında yüksek ayırt ediciliğe sahip biyometrik deliller arasında yer almaktadır. Parmak izi desenlerinin, normal koşullar altında yaşam boyunca büyük ölçüde değişmeden kaldığı ve bireyler arasında benzersiz özellikler gösterdiği kabul edilmektedir. Tespit edilen parmak izinin delil değeri kazanması için öncelikle geliştirilmesi gerekir. Parmak izlerinin geliştirilmesi, çeşitli teknikler kullanılarak çıplak gözle veya alternatif ışık kaynaklarıyla görünür hale getirilmesi, ardından fotoğraflanarak sabitlenmesi sürecidir. Bu süreç, izin yalnızca görünür hâle getirilmesini değil, aynı zamanda karşılaştırılabilir ve kayıt altına alınabilir nitelik kazanmasını da kapsar. Görünür ve karşılaştırılabilir hale gelen parmak izleri bu aşamalardan sonra kimliklendirilebilir.

Parmak izi gelişiminde çeşitli fiziksel ve kimyasal geliştirme yöntemleri uygulanmaktadır. Fiziksel geliştirme yöntemleri, toz partikülleri veya moleküllerin parmak izi sıvısına yapışması esasına dayanır. Kimyasal geliştirme teknikleri ise parmak izi sıvısında bulunan spesifik bileşenler ile reaktiflerin kimyasal reaksiyonu sonucu bir renklenmenin meydana gelmesidir. Bu yöntemlerin etkinliği; yüzeyin fiziksel yapısı, izin yaşı, çevresel koşullar ve parmak izi kalıntısının kimyasal bileşimi gibi çok sayıda değişkene bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir.

Parmak izi inceleme uygulamaları yüzey türü, olay yeri koşulları ve operasyonel tutumlara bağlı olarak değişiklik gösterir. Bu alanda tarihsel süreç içerisinde birçok yöntem geliştirilmiş olsa da yöntemlerin tümü saha uygulamalarında eşit ölçüde yer bulmamaktadır. Maliyet, pratiklik, mobilite, verimlilik gibi sebepler tercihte belirleyici rol oynar. Ayrıca sonraki analizler üzerindeki olumsuz etkileri ve laboratuvarlar arası standardizasyonun

¹ Arş. Gör., Kütahya Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Adli Bilimler Bölümü, edanur.ay@ksbu.edu.tr, ORCID iD: 0000-0001-9070-253X

² Doç. Dr., Kütahya Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Adli Bilimler Bölümü, yakup.gulekci@ksbu.edu.tr, ORCID iD: 0000-0001-9643-6850

Uygun yöntemin seçiminde birçok faktör bir arada değerlendirilerek sonuca varılmaktadır. Yüzeyin niteliği, parmak izi kalıntısının kimyasal yapısı, izin yaşı, çevresel maruziyet, kontaminasyon durumu, delil üzerinde planlanan diğer kriminalistik incelemeler ve laboratuvarın teknik altyapısı bu karar sürecinin temel bileşenlerini oluşturmaktadır. Ancak olay üzerinden geçen sürenin uzaması, delilin fiziksel ve çevresel etkilere maruz kalması gibi faktörler parmak izlerinin bütünlüğünü olumsuz yönde etkiler. Parmak iz kalitesi düşen izlerin optimum hale getirilmesi için mevcut yöntemler geliştirilmeye veya yeni yöntemler üretilmeye devam edilmektedir.

Her ne kadar yenilikçi yaklaşımlar önerilmiş olsa da sahada uygulanabilirlik, maliyet, optimizasyon gibi sebepler dolayısıyla geliştirilen tekniğin rutine entegre edilmesi zorlaşmaktadır. Yöntemlerin operasyonel uygulanabilirliği ve laboratuvarlar arası karşılaştırılabilirliği açısından standartlaştırılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Buna ek olarak, yeni geliştirilen yöntemlerin yalnızca yüksek duyarlılık göstermesi yeterli değildir; aynı zamanda güvenli, tekrarlanabilir, valide edilebilir ve adli yorumlamaya uygun olması gerekir. Öte yandan, belirli koşullar için standartlaştırılmış yöntemlerin yanı sıra duruma bağlı olarak izin kalitesinin artırılması için yenilikçi veya çoklu yöntemlerin uygulanmasına laboratuvar prosedürlerinin de açık olması gerekir. Bu durum, parmak izi geliştirme uygulamalarında katı bir tek-yöntem anlayışından ziyade, bilimsel gerekçelendirmeye dayalı esnek fakat kontrollü bir yaklaşımın önemini ortaya koymaktadır. Tüm bu sebepler, tercih edilecek parmak izi geliştirme uygulamasının sürdürülebilir, bütüncül ve çoklu analizlere uygun bir çerçevede değerlendirilmesi gerektiğine işaret eder. Sonuç olarak parmak izi geliştirme, yalnızca teknik bir görünürleştirme işlemi değil; delilin korunması, en uygun yöntemin seçilmesi, diğer incelemelerle uyumun sağlanması ve elde edilen sonucun bilimsel olarak güvenilir biçimde yorumlanmasını kapsayan bütüncül bir adli değerlendirme sürecidir. Bu nedenle uzmanların parmak izi geliştirme yöntemlerini yalnızca işlem basamakları olarak değil, her biri belirli kimyasal, fiziksel ve operasyonel ilkelere dayanan karar araçları olarak değerlendirmeleri gerekir.

KAYNAKLAR

1. Bleay SM, Croxton RS, de Puit M. *Fingerprint development techniques: theory and application*. 1st ed. Chichester:Wiley; 2018.
2. Champod C, Lennard C, Margot P, et al. Fingermark detection and enhancement. In: *Fingerprints and other ridge skin impressions*. 2nd ed. Boca Raton:CRC Press; 2016. p. 179–293.
3. Daluz HM. Chemical processing methods porous substrates. In: *Fundamentals of fingerprint analysis*. Boca Raton:CRC Press; 2019a. p. 145–158.
4. Yamashita B, French M. Latent print development. In: Holder, EH Jr., Robinson, LO, Laub, JH. (eds.) *The fingerprint sourcebook*. 2nd ed. Washington, DC: National Institute of Justice, U.S. Department of Justice, Office of Justice Programs; 2011. p. 3–67.
5. Cantu A, Johnson J. Methods of latent fingerprint development. In: Lee HC, Gaensslen RE (eds). *Advances in fingerprint technology*. 2nd ed. Boca Raton, FL: Taylor & Francis; 2001

6. Wilson JD, Cantu AA, Antonopoulos G, et al. Examination of the steps leading up to the physical developer process for developing fingerprints. *Journal of Forensic Sciences*, 2007;52(2), 320-329. <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2007.00382.x>
7. Prasad V, Lukose S, Agarwal P. et al. Role of nanomaterials for forensic investigation and latent fingerprinting—A review. *Journal of Forensic Sciences*, 2020;65(1):26-36. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.14172>
8. Salma J, Aumeer-Donovan S, Lennard C, et al. Evaluation of the fingermark reagent oil red O as a possible replacement for physical developer. *Journal of Forensic Identification*. 2008;58:203–237.
9. Bley SM, de Puit M. Sequential processing and impact on other forensic evidence. In: Bley SM, Croxton RS, de Puit M, (eds). *Fingerprint development techniques: Theory and application*. 1st ed. Chichester:Wiley;2018. p. 443–466.
10. Daluz HM. Chemical processing methods nonporous substrates. In: *Fundamentals of fingerprint analysis*. 1st ed. Boca Raton:CRC Press; 2019b. p. 159–175.
11. Köchl S, Niederstätter H, Parson W. DNA extraction and quantitation of forensic samples using the phenol-chloroform method and real-time PCR. *Methods Mol Biol*. 2005;297:13-30. doi: 10.1385/1-59259-867-6:013. PMID: 15570097.
12. Lee H, Yim J, Eom Y. Effects of fingerprint development reagents on subsequent DNA analysis. *Electrophoresis*. 2019;40:1824–1829. doi: 10.1002/elps.201800496.
13. Badiye A, Kapoor N. Efficacy of Robin® powder blue for latent fingerprint development on various surfaces. *Egyptian Journal of Forensic Sciences*. 2015;5:166–173. doi: 10.1016/j.ejfs.2015.01.001.
14. Bright NJ, Willson TR, Driscoll DJ, et al. Chemical changes exhibited by latent fingerprints after exposure to vacuum conditions. *Forensic Science International*. 2013;230:81–86. doi: 10.1016/j.forsciint.2013.03.047.
15. Kapoor N, Moon P, Pardeshi P, et al. Introduction to Fingerprints. In: Shrivastava P, Lorente JA, Strivastava A, Badiye A, Kapoor N. (eds). *Textbook of Forensic Science*. 1st ed. Singapore: Springer Nature. 2023. p. 245–278.
16. Girod A, Ramotowski R, Weyermann C. Composition of fingermark residue: A qualitative and quantitative review. *Forensic Science International*, 2012;223(1-3):10-24. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2012.05.018>
17. Elkins KM. Latent print development. In: Introduction to forensic chemistry. 1st ed. Boca Raton, FL: CRC Press/Taylor & Francis Group, 2018. p. 209–222.
18. Goode GC, Morris JR. Latent fingerprints: A review of their origin, composition and methods of detection. *AWRE Report No. O 22/83*. Atomic Weapons Research Establishment, Aldermaston, UK. 1983.
19. Sodhi GS, Kaur J. A novel fluorescent small particle reagent for detecting latent fingerprints on wet non-porous items. *Egyptian Journal of Forensic Sciences*, 2012;2(2),45-47. <https://doi.org/10.1016/j.ejfs.2012.04.004>
20. Au C, Jackson-Smith H, Quinones I. Wet powder suspensions as an additional technique for the enhancement of bloodied marks. *Forensic Science International*, 2011;204(1-3), 13-18. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2010.05.020>
21. Schulz MM, Brune V, Maiertaler M, et al. Visualization of latent biological traces via 5-methylthioninhydrin (5-MTN) staining for forensic DNA typing. *Forensic Science International: Genetics Supplement Series*, 2011;3(1), e530-e531. <https://doi.org/10.1016/j.fsigss.2011.09.115>
22. Sears V, Prizeman T. Enhancement of fingerprints in blood—Part 1: The optimization of amino black. *Journal of Forensic Identification*. 2000;50:470–480.
23. Jones N, Stoilovic M, Lennard C, et al. Vacuum metal deposition: developing latent fingerprints on polyethylene substrates after the deposition of excess gold. *Forensic Science International*. 2001;123:5–12. doi: 10.1016/S0379-0738(01)00507-2.

24. Kent T, Thomas GL, Reynoldson TE, et al. A vacuum coating technique for the development of latent fingerprints on polythene. *Journal of the Forensic Science Society*. 1976;16:93–101. doi: 10.1016/S0015-7368(76)71040-5.
25. Jones N, Mansour D, Stoilovic M, et al. The influence of polymer type, print donor and age on the quality of fingerprints developed on plastic substrates using vacuum metal deposition. *Forensic Science International*. 2001;124:167–177. doi: 10.1016/S0379-0738(01)00593-X.
26. Stoilovic M, Speers N, Lennard C. Vacuum metal deposition. In: Ramotowski (ed.) (2012). *Lee and Gaensslen's Advances in Fingerprint Technology* (3th ed.). Boca Raton: CRC Press.
27. Misner AH. Latent fingerprint detection on low density polyethylene comparing vacuum metal deposition to cyanoacrylate fuming and fluorescence. *Journal of Forensic Identification*. 1992;42:26–32.
28. Oliver S, Smale T, Arthur I. The use of ortho-Phenylenediamine and Zar-Pro™ strips for the development of bloodmarks on a dark-coloured, non-porous surface. *Forensic Science International*. 2018;288:97–106. doi: 10.1016/j.forsciint.2018.04.021.
29. Zhang Z, Peng D. Recent advances in enhancement techniques for blood fingerprints. *Critical Review Analytical Chemistry*. 2023;53:442–461. doi: 10.1080/10408347.2022.2111656.
30. Hong S, Seo JY. Chemical enhancement of fingermark in blood on thermal paper. *Forensic Science International*. 2015;257:379–384. doi: 10.1016/j.forsciint.2015.10.011.
31. Harush-Brosh Y, Levy-Herman Y, Bengiat R, et al. Amido Black: Uncovering touch DNA in blood-contaminated fingermarks. *Journal of Forensic Science*. 2021;66:1697–1703. doi: 10.1111/1556-4029.14783.
32. Bleay SM. Enhancement processes for marks in blood. In: Bleay SM, Croxton RS, de Puit M, (eds). *Fingerprint development techniques: theory and application*. 2018. p. 357–380.
33. Norkus P, Noppinger K. New reagents for the enhancement of fingerprint in blood. *Identification News*. 1986;36:5–15.
34. Petretei D. Enhancement of fingerprints in diluted blood. *Problem of Forensic Science*. 2019;120:267–277.
35. Lennard C. Fingerprint detection: current capabilities. *Australian Journal of Forensic Sciences*. 2007;39:55–71. doi: 10.1080/00450610701650021.
36. Czekanski P, Fasola M, Allison J. A Mechanistic Model for the Superglue Fuming of Latent Fingerprints. *Journal of Forensic Science*. 2006;51:1323–1328. doi: 10.1111/j.1556-4029.2006.00258.x.
37. Frick AA, Fritz P, Lewis SW. Chemical methods for the detection of latent fingermarks. *Forensic Chemistry: Fundamentals and Applications*. Wiley -Blackwell;2015. p. 354–399.
38. Braasch K, de la Hunty M, Deppe J, et al. Nile red: Alternative to physical developer for the detection of latent fingermarks on wet porous surfaces? *Forensic Science International*. 2013;230:74–80. doi: 10.1016/j.forsciint.2013.03.041.
39. bvda. Safranin O. Available from: <https://www.bvda.com/en/safranin-o>. (Accessed 05th March 2026).
40. Ran X, Wang Z, Zhang Z, et al. Nucleic-acid-programmed Ag-nanoclusters as a generic platform for visualization of latent fingerprints and exogenous substances. *Chemical Communications*. 2016;52:557–560. doi: 10.1039/C5CC08534A.
41. Ramotowski R. Amino acid reagents. *Advances in Fingerprint Technology*. (3th ed.). Boca Raton, FL: Taylor & Francis; 2011.
42. Yadav PK. Development of fingerprints on thermal papers—a review. *Egypt Journal of Forensic Science*. 2019;9:47. doi: 10.1186/s41935-019-0152-4.
43. Gülekçi Y. Parmak izi araştırması. In: Gülekçi Y (ed). *Suç araştırmalarında kriminal yaklaşımlar*. Ankara: Akademisyen Kitabevi; 2020. p. 185–214.
44. Berdejo S, Rowe M, Bond J. Latent fingermark development on a range of porous substrates using ninhydrin analogs—A comparison with ninhydrin and 1,8-diazofluoren. *Journal of Foren-*

- sic Science*. 2011;57:509–514.
45. Wilkinson D. Study of the reaction mechanism of 1,8-diazafluoren-9-one with the amino acid, l-alanine. *Forensic Science International*. 2000;109:87–103. doi: 10.1016/S0379-0738(99)00219-4.
 46. Wilkinson D, Rumbsby D, Babin B, et al. The results from a canadian naitonal field trial comparing 1,8-Diazafluorn-9-one (DFO) with ninhydrin and the sequence DFO followed by ninhydrin. Technical Report TR03-2005; Canadian Police Research Centre. 2005.
 47. Almog J, Klein A, Davidi I, et al. Dual fingerprint reagents with enhanced sensitivity: 5-methoxy- and 5-methylthioninhydrin. *Journal of Forensic Science*. 2008;53:364–368. doi: 10.1111/j.1556-4029.2008.00671.x.
 48. Wallace-Kunkel C, Lennard C, Stoilovic M, et al. Optimisation and evaluation of 1,2-indanedione for use as a fingermark reagent and its application to real samples. *Forensic Science International*. 2007;168:14–26. doi: 10.1016/j.forsciint.2006.06.006.
 49. Oden S, von Hofsten B. Detection of fingerprints by the ninhydrin reaction. *Nature*. 1954;173:449–450.
 50. Prabakaran E, Pillay K. Nanomaterials for latent fingerprint detection: a review. *Journal of Materials Research and Technology*. 2021;12:1856–1885. doi: 10.1016/j.jmrt.2021.03.110.
 51. Daluz HM. Chemical processing methods other substrates and matrices. In: *Fundamentals of fingerprint analysis*. 1st ed. Boca Raton: CRC Press. 2019. p. 177–193.
 52. Phillips CE, Cole DO, Jones GW. Physical developer: A practical and productive latent print developer. *Journal of Forensic Identification*. 1990;40:135–147.
 53. Djerassi C, Gray JD, Kincl FA. Naturally occurring oxygen heterocyclics. ix. isolation and characterization of genipin. *Journal of Organic Chemistry*. 1960;25:2174–2177. doi: 10.1021/jo01082a022.
 54. Almog J, Cohen Y, Azoury M, et al. Genipin--a novel fingerprint reagent with colorimetric and fluorogenic activity. *Journal of Forensic Science*. 2004;49:255–257.
 55. Levinton-Shamuilov G, Cohen Y, Azoury M, et al. Genipin, a novel fingerprint reagent with colorimetric and fluorogenic activity, part II: optimization, scope and limitations. *Journal of Forensic Science*. 2005;50:1367–1371.
 56. Bleay SM. Amino acid reagents. *Fingerprint development techniques: theory and application*. 1st ed. Chichester: Wiley; 2018a. p. 221–272.
 57. Jelly R, Lewis SW, Lennard C, et al. Substituted naphthoquinones as novel amino acid sensitive reagents for the detection of latent fingermarks on paper surfaces. *Talanta*. 2010 Oct 15;82(5):1717–24. doi: 10.1016/j.talanta.2010.07.064.
 58. Jelly R, Lewis SW, Lennard C, et al. Naphthoquinones as novel reagents for the detection of latent fingermarks on paper surfaces. *International Fingerprint Research Group Meeting*. 2009.
 59. Ohki H. A new detection method for latent fingerprints with fluorecamine. *National Research Institute of Police Science*. 1976;29:46–47.
 60. Salares VR, Eves CR, Carey PR. On the detection of fingerprints by laser excited luminescence. *Forensic Science International*. 1979;14:229–237. doi: 10.1016/0379-0738(79)90142-7.
 61. Becue A, Cantu AA. Fingermark detection using nanoparticles. In: Ramotowski R (ed). *Lee and Gaensslen's advances in fingerprint technology*. 3rd ed. Boca Raton, FL: CRC Press; 2012.
 62. Choi M, McDonagh AM, Maynard P, et al. Preparation and evaluation of metal nanopowders for the detection of fingermarks on nonporous surfaces. *Journal of Forensic Identification*. 2006;56.
 63. Mohamed AA. Gold is going forensic. *Gold Bull*. 2011;44:71–77. doi: 10.1007/s13404-011-0013-x.
 64. Farrukh MA. ZnO-SiO₂ nanopowder for the development of latent fingerprints. *U.S. Patent*; 2015.
 65. Sametband M, Shweky I, Banin U, et al. Application of nanoparticles for the enhancement of

- latent fingerprints. *Chemical Communications*. 2007;1142. doi: 10.1039/b618966k.
66. Becue A, Scoundrianos A, Champod C, et al. Fingermark detection based on the in situ growth of luminescent nanoparticles—Towards a new generation of multimetal deposition. *Forensic Science International*. 2008;179:39–43. doi: 10.1016/j.forsciint.2008.04.008.
 67. Wood M. A novel approach to latent fingermark detection using aptamer- based reagents. [Doctoral dissertation]. University of Technology Sydney; 2014.
 68. Becue A, Moret S, Champod C, et al. Use of stains to detect fingermarks. *Biotechnic & histochemistry*. 2011;86:140–160. doi: 10.3109/10520290903462838.
 69. Bhati K, Tripathy DB. Role of nanoparticles in latent fingerprinting: an update. *Letters in Applied NanoBioScience*. 2020;9:1427–1443. doi: 10.33263/LIANBS93.14271443.
 70. Lohar S, Aseri V, Godara V, et al. Comparative study of development of latent fingerprint by using cost effective waste materials. *Mater Today Proceedings*. 2022;68:848–853. doi: 10.1016/j.matpr.2022.06.262.
 71. Yuan C, Li M, Wang M, et al. A critical review of fundamentals and applications of electrochemical development and imaging of latent fingerprints. *Electrochim Acta*. 2021;390:138798. doi: 10.1016/j.electacta.2021.138798.
 72. Beresford AL, Hillman AR. Electrochromic enhancement of latent fingerprints on stainless steel surfaces. *Analytical Chemistry*. 2010;82:483–486. doi: 10.1021/ac9025434.
 73. Ding P, Song G, Zhou J, et al. Collection of rolling fingerprints by the electrochromism of Prussian blue. *Dyes and pigments*. 2015;120:169–174. doi: 10.1016/j.dyepig.2015.04.019.
 74. Smith K, Kauffman C. Enhancement of latent prints on metal surfaces. *Journal of Forensic Identification*. 2001;51:9.
 75. Williams G, McMurray N. Latent fingermark visualisation using a scanning Kelvin probe. *Forensic Science International*. 2007;167:102–109. doi: 10.1016/j.forsciint.2006.08.018.
 76. Bond JW, Brady TF. Physical characterization and recovery of corroded fingerprint impressions from postblast copper pipe bomb fragments. *Journal of Forensic Sciences*. 2013;58:776–781. doi: 10.1111/1556-4029.12136.
 77. Landolt D. Corrosion and surface chemistry of metals. *EPFL Press*; 2007.
 78. Bond JW. Visualization of latent fingerprint corrosion of metallic surfaces. *Journal of Forensic Sciences*. 2008;53:812–822. doi: 10.1111/j.1556-4029.2008.00738.x.
 79. Swofford HJ, Paul LS, Steffan SM, et al. Development of latent fingerprints on fired brass cartridge cases: Impact of latent print development using acidified hydrogen peroxide on forensic firearm and toolmark examinations. *Journal of Forensic Identification*. 2013;63:359.
 80. Bukowski TJ, Simmons JH. Quantum dot research: Current state and future prospects. *Critical Reviews in Solid State and Materials Sciences*. 2002;27:119–142.
 81. Kanodarwala FK, Moret S, Spindler X, et al. Nanoparticles used for fingermark detection—A comprehensive review. *WIREs Forensic Science*. 2019;1. doi: 10.1002/wfs2.1341.
 82. Kanodarwala FK, Moret S, Spindler X, et al. Novel upconverting nanoparticles for fingermark detection. *Optical Materials*. 2021;111:110568. doi: 10.1016/j.optmat.2020.110568.
 83. Assis AM, Costa CV, Alves MS, et al. From nanomaterials to macromolecules: innovative technologies for latent fingerprint development. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Forensic Science*. 2023;5e1475.
 84. Cai K, Yang R, Wang Y, et al. Super fast detection of latent fingerprints with water soluble CdTe quantum dots. *Forensic Science International*. 2013;226:240–243. doi: 10.1016/j.forsciint.2013.01.035.
 85. Gao F, Han J, Zhang J, et al. The synthesis of newly modified CdTe quantum dots and their application for improvement of latent fingerprint detection. *Nanotechnology*. 2011;22:075705. doi: 10.1088/0957-4484/22/7/075705.
 86. Liu J, Shi Z, Yu Y, et al. Water-soluble multicolored fluorescent CdTe quantum dots: Synthesis and application for fingerprint developing. *Journal of Colloid and Interface Science*.

- 2010;342:278–282. doi: 10.1016/j.jcis.2009.10.061.
87. Algarra M, Jiménez-Jiménez J, Miranda MS, et al. Solid luminescent CdSe-thiolated porous phosphate heterostructures. Application in fingerprint detection in different surfaces. *Surface and Interface Analysis*. 2013;45:612–618. doi: 10.1002/sia.5100.
 88. Algarra M, Radotić K, Kalauzi A, et al. Fingerprint detection and using intercalated CdSe nanoparticles on non-porous surfaces. *Analytica Chimica Acta*. 2014;812:228–235. doi: 10.1016/j.aca.2014.01.015.
 89. Hazarika P, Russell DA. Advances in fingerprint analysis. *Angewandte Chemie International Edition*. 2012;51:3524–3531. doi: 10.1002/anie.201104313.
 90. Wood M, Maynard P, Spindler X, et al. Selective targeting of fingerprints using immunogenic techniques. *Australian Journal of Forensic Sciences*. 2013;45:211–226.
 91. Ishiyama I, Orui M, Ogawa K, et al. The determination of isoantigenic activity from latent fingerprints: Mixed cell agglutination reaction in forensic serology. *Journal of Forensic Science*. 1977;22:365–375.
 92. Boddis AM, Russell DA. Development of aged fingerprints using antibody-magnetic particle conjugates. *Analytical Methods*. 2012;4:637. doi: 10.1039/c2ay05692e.
 93. Hazarika P, Jickells SM, Wolff K, et al. Imaging of latent fingerprints through the detection of drugs and metabolites. *Angewandte Chemie International Edition*. 2008;47:10167–10170. doi: 10.1002/anie.200804348.
 94. Hazarika P, Jickells S, Wolff K, et al. Multiplexed detection of metabolites of narcotic drugs from a single latent fingerprint. *Analytical Chemistry*. 2010;82:9150–9154. doi: 10.1021/ac1023205.
 95. Wood M, Maynard P, Spindler X, et al. Visualization of latent fingerprints using an aptamer-based reagent. *Angewandte Chemie International Edition*. 2012;12272.
 96. Wang J, Wei T, Li X, et al. Near-infrared-light-mediated imaging of latent fingerprints based on molecular recognition. *Angewandte Chemie International Edition*. 2014;53:1616–1620. doi: 10.1002/anie.201308843.
 97. Wei Q, Zhang M, Ogorevc B, et al. Recent advances in the chemical imaging of human fingerprints (a review). *Analyst*. 2016;141:6172–6189. doi: 10.1039/C6AN01121G.

BÖLÜM 3

PARMAK İZLERİNİN FOTOĞRAFLANMASI

Ceren AKAGÜNDÜZ AYRANCIOĞLU¹

GİRİŞ

Parmak izlerinin fotoğraflanması, yalnızca bir görüntü elde etme işlemi değil, aynı zamanda iz morfolojisinin, sınıflandırılabilir desen yapısının ve kimliklendirmede kullanılan ayırt edici karakteristik noktaların güvenilir biçimde belgelenmesine yönelik teknik bir kayıt sürecidir (1-3).

Adli bilimler uygulamalarında parmak izi fotoğrafları; izlerin soruşturma ve kovuşturma mercilerine sunulması, laboratuvar ortamında değerlendirilmesi, otomatik parmak izi tanıma sistemlerine aktarılması ve karşılaştırmalı kimliklendirme araştırmalarında kullanılması bakımından temel bir veri kaynağıdır (1-3).

İzlerin doğru biçimde işlenmesi ve sağlıklı şekilde yorumlanabilmesi, fotoğrafların doğru teknik koşullar altında elde edilmesine bağlıdır. Nitekim odak dışı kalan bölgeler, uygunsuz çekim açısı, düşük çözünürlük, hatalı beyaz dengesi, yetersiz ya da aşırı pozlama, sınırlı alan derinliği ve distorsiyon; sırt sonlanmaları, çatalanma noktaları, por yapıları ve kenar konturları gibi ayırt edici ayrıntıların yanlış algılanmasına veya eksik değerlendirilmesine neden olabilir. Bu nedenle parmak izlerinin fotoğraflanması; geometrik doğruluğun sağlanması, yeterli çözünürlüğün elde edilmesi, renklerin gerçeğe uygun biçimde yansıtılması, izin bulunduğu yüzeye uygun optik yaklaşımın benimsenmesini ve standartlaştırılmış ölçek kullanımı ilkelerinin uygulanmasını gerektirir (1-3). Bu çerçevede, bu bölümde parmak izlerinin fotoğraflanmasında dikkat edilmesi gereken temel teknik parametreler, aydınlatma teknikleri ve optik dedeksiyon yöntemleri ele alınacaktır.

¹ Öğr. Gör. Dr., İzmir Tinaztepe Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Otopsi Yardımcılığı Programı, cerenakagunduz@gmail.com, ORCID iD: 0000-0002-0124-6534

DOI: 10.37609/akya.4170.c8733

Yöntemin Avantajları ve Sınırlılıkları: Lazer ışığı ile fotoğraflamanın başlıca avantajı, diğer ışık kaynaklarıyla yeterli kontrastın sağlanamadığı durumlarda, dar spektral bantta ve yüksek enerjide ışık kullanarak latent parmak izlerinde dahi fotolüminesans olayını indükleyebilmesidir. Bu özellik, parmak izi geliştirme ajanlarından daha yüksek verim elde edilmesinde de avantaj sağlar. Bununla birlikte, yöntemin etkinliği her durumda aynı düzeyde olmayabilmektedir. Özellikle latent parmak izlerinde florofor derişiminin düşük olması nedeniyle, lazer ile uyarım sağlansa bile yeterli şiddette fotolüminesans sinyali elde edilemeyebilir. Yöntemin diğer sınırlılıkları; yüksek maliyet, özel teknik altyapı gereksinimi ve yönteme özgü güvenlik önlemleri gerektirmesidir. Bu nedenle lazer ışığı ile fotoğraflama, uygun donanım ve uzmanlık gerektiren ileri düzey bir görüntüleme yöntemi niteliğindedir. Bununla birlikte tüm sınırlılıklarına karşın, parmak izi incelemelerinde seçilmiş olgularda değerli sonuçlar sunabilen etkili bir teknik özelliği taşımaktadır (35).

KAYNAKLAR

1. Witzke D. Fair and Accurate Representation. In: Weiss SL (ed). *Handbook of Forensic Photography*. 1st ed. Boca Raton, FL: CRC Press Taylor&Francis; 2022. p.11-15.
2. March N. Finger and Shoe Mark Photography. In: March N (ed). *Forensic Photography: A Practitioner's Guide*. 1st ed. Oxford: Wiley-Blackwell; 2014. p. 231-295. doi:10.1002/9781118852750
3. Redsicker DR, Gordner G, James SH, et al. Legal Aspects of Visual Evidence. In: Redsicker DR (ed). *The Practical Methodology of Forensic Photography*. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press; 2001. p. 257-265.
4. Evans S. Forensic Photography and Imaging. Adams C, Carabott R, In: Evans S (eds). *Forensic Odontology: An Essential Guide*. Oxford: Wiley Blackwell; 2014. p. 223-275. doi:10.1002/9781118526125.ch10
5. Borchers A. Image Rectification and Angular Correction. In: Weiss SL (eds.) *Handbook of Forensic Photography*. 1st ed. Boca Raton, FL: CRC Press Taylor&Francis. 2022. p.275-283.
6. Green WM. Documenting Findings in Interpersonal Violence. In: Weiss SL (ed). *Handbook of Forensic Photography*. 1st ed. Boca Raton, FL: CRC Press Taylor&Francis; 2022. p.555-568.
7. Liscio E. Crime Scene Photogrammetry. In: Weiss SL (ed). *Handbook of Forensic Photography*. 1st ed. Boca Raton, FL: CRC Press Taylor&Francis; 2022. p.435-443.
8. Weiss SL, Wyman R. Necessary Hardware, Operating, Holding, and Focusing. In: Weiss SL (ed). *Handbook of Forensic Photography*. 1st ed. Boca Raton, FL: CRC Press Taylor&Francis; 2022. p.139-165.
9. Borchers A. Using Tripod. Weiss SL (ed). *Handbook of Forensic Photography*. 1st ed. Boca Raton, FL: CRC Press Taylor&Francis; 2022. p.37-41
10. Hyzer WG, Krauss TC. The Bite Mark Standard Reference Scale ABFO No.2. *Journal of Forensic Sciences*. 1988;33(2):498-506.
11. Ferrucci M, Doiron TD, Thompson RM, et al. Dimensional Review of Scales for Forensic Photography. *Journal of Forensic Sciences*. 2016; 61: 509-519. doi:10.1111/1556-4029.12976.
12. Bleay SM. Interpreting the Results of Fingermark Enhancement. In: Bleay SM, Croxton RS, de Puit M (eds.) *Fingerprint Development Techniques: Theory and Application*. 1st ed. Chichester: Wiley; 2018. p. 469-488. doi:10.1002/9781119187400.ch18.
13. March N. Image Processing. In: March N. (ed). *Forensic Photography: A Practitioner's Guide*. 1st ed. Oxford: Wiley-Blackwell; 2014. p. 2-36. doi:10.1002/9781118852750

14. Witzke D. Digital Processing of Evidentiary Photography. In: Weiss SL (ed). *Handbook of Forensic Photography*. Boca Raton: CRC Press Taylor&Francis;2022. p.55-121.
15. Scientific Working Group on Friction Ridge Analysis, Study and Technology (SWGFAST). *Standard Terminology of Friction Ridge Examination (Latent/Tenprint)*. Ver. 4.0. Available from: https://www.nist.gov/system/files/documents/2016/10/26/swgfast_standard-terminology_4.0_121124.pdf (Accessed 20th January 2026).
16. Scientific Working Group on Friction Ridge Analysis, Study and Technology (SWGFAST). *Standards for Examining Friction Ridge Impressions and Resulting Conclusions (Latent/Tenprint)*. Ver. 2.0. Available from: https://www.nist.gov/system/files/documents/2016/10/26/swgfast_examinations-conclusions_2.0_130427.pdf. (Accessed 20th January 2026).
17. Orandi S, Libert J, Grantham J, et al. Compression Guidance for 1000 ppi Friction Ridge Imagery. *National Institute of Standards and Technology Special Publication*.2014. doi:10.6028/NIST.SP.500-289. Available from: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/specialpublications/NIST.SP.500-289.pdf> (Accessed 25th January 2026).
18. Chen H, Ma R, Zhang M. Recent Progress in Visualization and Analysis of Fingerprint Level 3 Features. *ChemistryOpen*. 2022;11(11):e202200091. doi: 10.1002/open.202200091.
19. Guan H, Dienstfrey A, Theofanos M, et al. *A Measurement Metric for Forensic Latent Fingerprint Preprocessing*. Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology; 2014. NISTIR 8017. doi:10.6028/NIST.IR.8017. Available from: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/ir/2014/nist.ir.8017.pdf> (Accessed:27th January 2026).
20. Mancini K, Sidoriak J. Basic Photography Principles. In: Mancini K, Sidoriak J. (eds.) *Fundamentals of Forensic Photography: Practical Techniques for Evidence Documentation on Location and in the Laboratory*. 1st ed. New York: Routledge; 2017. p. 23–38.
21. Ahmad, I. Digital Dental Photography. Part 6: Camera Settings. *British Dental Journal*. 2009; 207, 63–69. doi:10.1038/sj.bdj.2009.607.
22. Hein S, Zangl M. The Use of a Standardized Gray Reference Card in Dental Photography to Correct the Effects of Five Commonly Used Diffusers on the Color of 40 Extracted Human Teeth. *International Journal of Esthetic Dentistry*. 2016;11(2):246-59.
23. Marsh N. Cameras and Lenses. *Forensic photography: A practitioner's guide*. Oxford: Wiley-Blackwell; 2014. p. 37-77. doi:10.1002/9781118852750.
24. Redsicker DR, Gordner G, James SH, et al. Principles of photography. In: Redsicker DR (ed.) *The Practical Methodology of Forensic Photography*. 2nd ed. Boca Raton,CRC Press; 2001.
25. Mancini K, Sidoriak J. Digital Photography. In: Mancini K, Sidoriak J. (eds) *Fundamentals of Forensic Photography: Practical Techniques for Evidence Documentation on Location and in the Laboratory*. 1st ed. New York: Routledge; 2017. p. 39–56.
26. Organization of Scientific Area Committees for Forensic Science. *OSAC 2021-S-0027 Standard Guide for Laboratory Photography*. National Institute of Standards and Technology; 2021. Available from: <https://www.nist.gov/document/osac-2021-s-0027-standard-guide-laboratory-photographyregistry>. (Accessed 28th January 2026).
27. Bley SM. Optical Detection and Enhancement Techniques. In: Bley SM, Croxton RS, de Puit M (eds.) *Fingerprint Development Techniques: Theory and Application*. 1st ed. Wiley; 2018. p. 111–153. doi:10.1002/9781119187400.ch18.
28. Mancini K, Sidoriak J. Light and lighting. In: Mancini K, Sidoriak J. (eds) *Fundamentals of Forensic Photography: Practical Techniques for Evidence Documentation on Location and in the Laboratory*. 1st ed. New York: Routledge; 2017. p. 57–72.
29. Scientific Working Group on Digital Evidence. SWGDE Lighting Techniques in Forensic Photography. Version 1.0. 2022 Jun 9. Available from: https://www.swgde.org/wp-content/uploads/2023/11/2022-06-09-SWGDE-Lighting-Techniques-in-Forensic-Photography_v.1.0.pdf (Accessed 15th February 2026).

30. Marin N ve Buszka J. Polarized Light Photography. In: Miller LS (Ed). *Alternate Light Source Imaging Forensic Photography Techniques*. Elsevier; 2013. p.90-95.
31. Lin SS, Yemelyanov K, Pugh EN Jr et. al. Polarization-based and specular-reflection-based non-contact latent fingerprint imaging and lifting. *Journal of the Optical Society of America A: Optics and Image Science, and Vision*. 2006;23:2137-2153. Doi: 10.1364/josaa.23.002137.
32. Mancini K, Sidoriak J. Evidence Documentation. In: Mancini K, Sidoriak J. (eds) *Fundamentals of Forensic Photography: Practical Techniques for Evidence Documentation on Location and in the Laboratory*. New York: Routledge; 2017. p. 95–128.
33. Marin N ve Buszka J. Electromagnetic Radiation. In: Miller LS (Ed). *Alternate Light Source Imaging Forensic Photography Techniques* içinde. Elsevier; 2013. p.1-9.
34. March N. Finger and Shoe mark Photography. In: *Forensic Photography: A Practitioner's Guide*. Wiley-Blackwell; 2014. p. 231-295. doi:10.1002/9781118852750
35. March N. Light as a Forensic Photographer's Tool. In: *Forensic Photography: A Practitioner's Guide*. Wiley-Blackwell; 2014. p. 163-193. doi:10.1002/9781118852750
36. Scientific Working Group on Digital Evidence. Guideline for the Use of Infrared Radiation (IR) in Forensic Photography. Version 1.0. 2020 Sep 17. Available from: https://www.swgde.org/wp-content/uploads/2023/11/2020-09-17-SWGDE-Guideline-for-the-use-of-Infrared-Radiation-IR-in-Forensic-Photography_v1.0.pdf (Accessed 15th February 2026).
37. Marin N ve Buszka J. *Digital Infrared Photography*. In: Miller LS (Ed). *Alternate Light Source Imaging Forensic Photography Techniques*. Elsevier; 2013. p.62-88.
38. Yuan C, Wang M, Li M, et al. Focusing on the infrared region: A critical review of infrared-related materials and techniques for the development, imaging, and analysis of latent fingerprints. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 2024;180:117915. Doi:10.1016/j.trac.2024.117915.
39. Wang J, Wei T, Li X, et. al. Near Infrared Light Mediated Imaging of Latent Fingerprints based on Molecular Recognition. *Angewandte Chemie International Edition*, 2014;53(6),1616–1620. Doi:10.1002/anie.201308843
40. Scientific Working Group on Digital Evidence. Guideline for the use of reflected ultraviolet radiation (UV) in forensic photography. Version 1.0. 2020 Sep 17. Available from: https://www.swgde.org/wp-content/uploads/2023/11/2020-09-17-SWGDE-Guideline-for-the-use-of-Reflected-Ultraviolet-Radiation-UV-in-Forensic-Photography_v1.0.pdf (Accessed 15th February 2026).
41. March N. The Photography of Injuries. In: *Forensic Photography: A Practitioner's Guide*. Wiley-Blackwell; 2014. p. 195-229. doi:10.1002/9781118852750
42. March N. Specialist Equipment and Techniques. In: *Forensic Photography: A Practitioner's Guide*. Wiley-Blackwell; 2014. p. 325-354. doi:10.1002/9781118852750
43. Marin N ve Buszka J. UV and Narrowband Visible Light Imaging. In: Miller LS (Ed). *Alternate Light Source Imaging Forensic Photography Techniques*. Elsevier; 2013. p.25-61.

BÖLÜM 4

PARMAK İZİ KİMLİKLENDİRMESİNDE YAPAY ZEKA UYGULAMALARI: GELENEKSEL YÖNTEMLERDEN AKILLI SİSTEMLERE

Fatma ÇAVUŞ YONAR ¹
Sena Nur KADEM ²

“Bir parmak izi kendi başına yalnızca bir biyometrik izdir; ona anlam ve kimlik kazandıran, sistematik analiz süreçleri ve gelişmiş algoritmalarıdır.”

GİRİŞ

Kimlik belirleme, adli bilimlerin hem teorik hem de pratik açıdan merkezi sorunlarından birini oluşturmaktadır (1). Bir bireyin güvenilir biçimde tanınması; suç soruşturmalarından sınır güvenliğine, sağlık hizmetlerinden finansal sistemlere uzanan geniş bir uygulama yelpazesinde kritik işlevler üstlenmektedir. Bu gereksinimi karşılamak üzere geliştirilen biyometrik yöntemler, bireye özgü fizyolojik ya da davranışsal nitelikleri sistematik biçimde ölçerek kimlik doğrulamayı nesnel bir zemine oturtmayı amaçlamaktadır (2,3). Parmak izi analizi, söz konusu yöntemler arasında aynı bireyde dahi parmaktan parmağa farklılık gösteren ve yaşam boyu kalıcılığını koruyan epidermal desen yapısı sayesinde tarihsel olarak öne çıkan ve bilimsel geçerliliği en kapsamlı biçimde belgelenmiş yaklaşımlardan biri olma özelliğini sürdürmektedir (4,5).

Bununla birlikte, parmak izinin adli bir delil olarak işlevsellik kazanması yalnızca biyolojik eşsizliğine değil, aynı zamanda bu eşsizliğin güvenilir, doğrulanabilir ve tekrarlanabilir analitik yöntemler ile ortaya konulmasına ve nesnel biçimde değerlendirilebilmesine bağlıdır (6). Bu bağlamda inceleme pratikleri, tarihsel süreç içinde köklü bir dönüşüm geçirmiştir. Uzman yorumuna dayalı geleneksel görsel karşılaştırma yöntemlerinden büyük ölçekli otomatik eşleştirme sistemlerine, oradan da ham görüntülerden doğrudan soyut temsiller çıkarabilen yapay zeka destekli mimarilere doğru ilerleyen bu evrim, hem metodolojik kazanımlar hem de beraberinde gelen yeni sınırlılıklar üretmiştir.

¹ Dr. Öğr. Üyesi, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Adli Tıp ve Adli Bilimler Enstitüsü, Fen Bilimleri AD., fatma.cavus@iuc.edu.tr, ORCID iD: 0000-0001-5941-8434

² Yüksek Lisans Öğrencisi, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Adli Tıp ve Adli Bilimler Enstitüsü, Fen Bilimleri AD., senakaadem@gmail.com, ORCID iD: 0009-0001-7429-3307

öne çıkmaktadır. Özellikle adli karar süreçlerinde yapay zeka modellerinin bir destekleyici araç mı yoksa bağımsız bir karar mekanizması mı olarak konumlandırılacağı sorusu, hem bilimsel hem de hukuki açıdan tartışılmaya devam etmektedir.

Gelecek araştırmaların söz konusu boşlukları kapatmaya yönelik çok boyutlu bir gündem izlemesi beklenmektedir. Gerçek dünya koşullarını yansıtan kapsamlı ve çeşitli veri setlerinin oluşturulması, açıklanabilir yapay zeka yöntemlerinin sisteme entegrasyonu, çok modlu biyometrik füzyon yaklaşımlarının olgunlaştırılması ve uluslararası standartlarla uyumlu doğrulama protokollerinin geliştirilmesi bu gündemin öncelikli başlıkları arasında yer almaktadır. Sonuç olarak, parmak izi kimliklendirmesinin geleceği; teknolojik yetkinliğin insan uzmanlığıyla, hesaplama gücünün hukuki hesap verebilirlikle ve yenilikçiliğin metodolojik titizlikle birlikte var olduğu bir çerçevede şekillenecektir.

KAYNAKLAR

1. Morgan RM. Forensic science. The importance of identity in theory and practice. *Forensic Science International*. 2019;1;1(1).239–242. doi:10.1016/j.fsisyn.2019.09.001
2. Jain AK, Nandakumar K, Ross A. 50 years of biometric research: Accomplishments, challenges, and opportunities. *Pattern Recognit Letters*. 2016;1;79:80–105. doi:10.1016/j.patrec.2015.12.013
3. Jain AK, Kumar A. Biometric recognition: An overview. In: Mordini E, Tzovaras D. (eds) *International Library of Ethics, Law and Technology*. Vol. 11, Dordrecht: Springer; 2012. p. 49–79. doi:10.1007/978-94-007-3892-8_3 Available from: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-007-3892-8_3. (Accessed 15th March 2026).
4. Kücken M, Newell AC. Fingerprint formation. *Journal of Theoretical Biology*. 2005;7;235(1):71–83. doi:10.1016/j.jtbi.2004.12.020 PubMed PMID: 15833314.
5. Bleay SM, Croxton RS, de Puit. *Fingerprint development techniques : theory and application*. 1st ed. Chichester:Wiley; 2018.
6. Neumann C, Stern H. Forensic examination of fingerprints: past, present, and future. *CHANCE*. 2016;2;29(1):9–16. doi:10.1080/09332480.2016.1156353
7. Kuriyal S. Role of physical evidences in crime scene investigation: An analysis. *International Journal of Humanities and Social Science Invention*. 2025;14(6):37–43. doi:10.35629/7722-14063743
8. Shakeel M, Syed SK. A review on fingerprint as an identification tool in the discipline of forensics. *Forensic Insights and Health Sciences Bulletin*. 2023;31;1(2):38–43. doi:10.56770/fi2023112
9. Deshpande UU, Malemath VS. A study on automatic latent fingerprint identification system. *Journal of Computer Science Research*. 2022;28;4(1):38–50. doi:10.30564/jcsr.v4i1.4388
10. Singla N, Kaur M, Sofat S. Automated latent fingerprint identification system: A review. *Forensic Science International*. 2020;1;309(1):110187. doi:10.1016/j.forsciint.2020.110187 PubMed PMID: 32163854.
11. Daluz HM. *Fundamentals of fingerprint analysis*. 2nd ed. Boca Raton, FL: CRC Press; 2018. doi:<https://doi.org/10.4324/9781351043205>
12. Payne-James J, Jones R. Identification of the living and the dead. In: Payne-James J, Jones R (eds.) *Simpson's forensic medicine*. Boca Raton: CRC Press; 2019. p. 198–207. doi:10.1201/9781315157054-14
13. Jain AK, Feng J, Nandakumar K. Fingerprint matching. *Computer*. 2010;43(2):36–44. doi:10.1109/MC.2010.38

14. Hefetz I. Integrating AI systems in criminal justice: The forensic expert as a corridor between algorithms and courtroom evidence. *Forensic Sciences*, Vol 5. 2025;27;5(4). doi:10.3390/forensicsci5040053
15. Ramírez-Sáyago E, Loyola-González O, Medina-Pérez MA. Towards inpainting and denoising latent fingerprints: A study on the impact in latent fingerprint identification. In: Figueroa Mora K, Anzures Marín J, Cerda J, et al. (eds). *Pattern Recognition*. Springer, Cham; 2020. p. 76–86. doi:10.1007/978-3-030-49076-8_8 Available from: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-49076-8_8 (Accessed 11th March 2026).
16. Alonso-Fernandez F, Fierrez J. *Fingerprint databases and evaluation*. Encyclopedia of Biometrics. 2015;1:599–606. doi:10.1007/978-1-4899-7488-4_61
17. Gupta R, Khari M, Gupta D, et al. Fingerprint image enhancement and reconstruction using the orientation and phase reconstruction. *Information Sciences*. 2020;1:530(4):201–18. doi:10.1016/j.ins.2020.01.031
18. Lan S, Guo Z, You J. Pre-registration of translated/distorted fingerprints based on correlation and the orientation field. *Information Sciences*. 2020;1:520:292–304. doi:10.1016/j.ins.2020.02.017
19. Alam NA, Ahsan M, Based MA, et al. An intelligent system for automatic fingerprint identification using feature fusion by Gabor filter and deep learning. *Computers and Electrical Engineering*. 2021;1:95(6):107387. doi:10.1016/j.compeleceng.2021.107387
20. Yang W, Wang S, Hu J, et al. Security and accuracy of fingerprint-based biometrics: A review. *Symmetry* 2019, Vol 11. 28;11(2). doi:10.3390/sym11020141
21. Herke C. Automated fingerprint identification: The role of artificial intelligence in crime scene investigation. *Forensic Sciences*, Vol 6. 2026;22;6(1):6. doi:10.3390/forensicsci6010006
22. Scientific Working Group on Friction Ridge Analysis, Study and Technology (SWGFAST). *Standards for Examining Friction Ridge Impressions and Resulting Conclusions (Latent/Tenprint)*. 2013. Available from: https://www.nist.gov/system/files/documents/2016/10/26/swgfast_examinations-conclusions_2.0_130427.pdf. (Accessed 12th March 2026).
23. Dror IE, Charlton D. Why experts make errors. *Journal of Forensic Identification*. 2006;56(4):600–16.
24. Cole SA. Forensics without uniqueness, conclusions without individualization: the new epistemology of forensic identification. *Law, Probability and Risk*. 2009;1;8(3):233–55. doi:10.1093/lpr/mgp016
25. Morrison GS. Advancing a paradigm shift in evaluation of forensic evidence: The rise of forensic data science. *Forensic Science International*. 2022;1;5:100270. doi:10.1016/j.fsiscyn.2022.100270 PubMed PMID: 35634572.
26. Maltoni D, Maio D, Jain AK, et al. *Handbook of fingerprint recognition*. 2nd ed. London;Springer. 2009. doi:10.1007/978-1-84882-254-2
27. Komarinski P. *Automated fingerprint identification systems (AFIS)*. 1st ed. San Diego:Academic Press; 2004.
28. Jaiswal P, Koner A, Namboodiri AM. Advancing fingerprint recognition quality assessment: Introducing the FRBQ metric for enhanced fingerprint recognition. In: *ICVGIP '23: Proceedings of the Fourteenth Indian Conference on Computer Vision, Graphics and Image Processing*. 15 Dec 2023, Rupnagar India. doi:10.1145/3627631.3627649.
29. Tom KR, Knorr KB, Davis CE. Next Generation Identification system: Latent print matching algorithm and casework practices. *Forensic Science International*. 2022;1;332(19):111180. doi:10.1016/j.forsciint.2022.111180 PubMed PMID: 35063814.
30. Zhou R, Zhong D, Han J. Fingerprint identification using SIFT-based minutia descriptors and improved all descriptor-pair matching. *Sensors*. Vol 13, 2013;6;13(3):3142–3156. doi:10.3390/s130303142
31. Langenburg G, Hall C, Rosemarie Q. Utilizing AFIS searching tools to reduce errors in fin-

- gerprint casework. *Forensic Science International*. 2015;1;257:123–33. doi:10.1016/j.forsci-int.2015.07.054
32. Efrizoni L, Armoogum S, Zakaria MZ. Deep learning innovations in fingerprint recognition: A comparative study of model efficiencies. *International Journal of Advances in Artificial Intelligence and Machine Learning*. 2024;6;1(1):28–35. doi:10.58723/ijaaiml.v1i1.294
 33. Peng A, Huang R. Research progress on the application of deep learning in fingerprint recognition. *Pattern Recognition*. 2026;1;171:112216. doi:10.1016/j.patcog.2025.112216
 34. Ranjan A, Prakash N, Peddi S, et al. A Novel Framework for Robust Fingerprint Representations using Deep Convolution Network with Attention Mechanism. In: *ICVGIP '23: Proceedings of the Fourteenth Indian Conference on Computer Vision, Graphics and Image Processing*. 15 Dec 2023, Rupnagar India. doi:10.1145/3627631.3627651
 35. Naim NF, Yassin AIM, Zakaria NB. Classification of thumbprint using Artificial Neural Network (ANN). In: *Proceedings of the 2011 IEEE International Conference on System Engineering and Technology*. (ICSET 2011). Shah Alam, Malaysia. 27-28 June 2011. doi:10.1109/ICSEngT.2011.5993456
 36. Marák P, Hambalik A. Fingerprint recognition system using artificial neural network as feature extractor: Design and performance evaluation. *Tatra Mountains Mathematical Publications*. 2016;1;67(1):117–34. doi:10.1515/tmmp-2016-0035
 37. Singh R, Singh R, Tripathi RK, et al. Fingerprint recognition using artificial neural networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section A: Physical Sciences*. 95:2025;19;95(2):127–35. doi:10.1007/s40010-025-00917-y
 38. Jea TY, Govindaraju V. A minutia-based partial fingerprint recognition system. *Pattern Recognition*. 2005;38(10):1672–84. doi:10.1016/j.patcog.2005.03.016
 39. Pawar T. Fingerprint image classification and retrieval using statistical methods [Doctoral dissertation]. Gujarat Technological University; 2018.
 40. Shah S, Tembhurne J. Object detection using convolutional neural networks and transformer-based models: a review. *Journal of Electrical Systems and Information Technology* 2023;10:1. 20;10(1):54. doi:10.1186/s43067-023-00123-z
 41. Zaman MF, Adedayo OM, Liu Q. Hybrid Fingerprint Classification Using Deep Learning and Sobel Feature Fusion. In: *ETNCC 2025: Proceedings of the 2025 International Conference on Emerging Trends in Networks and Computer Communications*. 5-7 August 2025. Windhoek, Namibia. doi:10.1109/etncc66224.2025.11299795
 42. Abed JA, Abdulah AD. Advancements and challenges in low-quality fingerprint identification: A comprehensive survey. *Bilad Alrafidain Journal for Engineering Science and Technology*. 2025;15;4(1):127–36. doi:10.56990/bajest/2025.040111
 43. Ghalb H, Khalaf ZA. A survey of fingerprint identification system using deep learning. *International Journal of Computing and Digital Systems*. 2025;17(1). doi:10.12785/ijcds/1571022983
 44. Lisha PP, Jayasree VK. Enhancing fingerprint image resolution using auto-encoder and interpolation techniques. *International Journal of Electronics and Communication Engineering*. 2024;30;11(4):102–14. doi:10.14445/23488549/IJECE-V11I4P111
 45. Jainy Jacob M, Shanmugapriya D. A deep generative recognition framework for low-quality and partial fingerprints. In: *Proceedings of 3rd International Conference on Sustainable Computing and Data Communication Systems, ICSCDS 2025 Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc*. 6-8 Aug 2025. Erode, India doi:10.1109/ICSCDS65426.2025.11167726
 46. Van Tilborg HC, Jajodia S. *Encyclopedia of Cryptography and Security*. van Tilborg HCA, Jajodia S (eds). 2nd ed. Boston, MA: Springer US; 2011. doi:10.1007/978-1-4419-5906-5
 47. Ali M, Wang C, Ahmad MO. A deep CNN-based feature extraction and matching of pores for fingerprint recognition. *IEEE Transactions on Biometrics, Behavior, and Identity Science*. 7;3:2025. p. 368–383. doi:10.1109/TBIOM.2024.3516634
 48. Moses KR, Higgins P, McCabe M, et al. Automated fingerprint identification system (AFIS). In:

- Holder EH, Robinson LO, Laub JH (eds.) *The fingerprint sourcebook*. 1st ed. Washington: U.S. Dept. of Justice Office of Justice Programs. 2011.
49. Chegur P, Patil N, Doddamani N, et al. Separation of overlapped fingerprint images using deep learning. In: *IEEE International Conference on Advances in Electronics, Communication, Computing and Intelligent Information Systems, ICAECIS 2023 - Proceedings*. 19-21 April 2023. Bangalore, India. doi:10.1109/ICAECIS58353.2023.10169966
 50. Wahab A, Khan TM, Iqbal S, et al. Latent fingerprint enhancement for accurate minutiae detection. *Procedia Computer Sciences*. 2024;18;246(C):1558-67. doi:10.1016/j.procs.2024.09.722
 51. Shukla RK, Kumar R, Buhari A. An efficient approach to fingerprint recognition with proposed CNN. In: *2025 International Conference on Intelligent and Secure Engineering Solutions (CISES). Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)*; 11-13 August 2025. Greater Noida Gautam Budh Nagar, India. doi:10.1109/cises66934.2025.11265695
 52. Riaz I, Ali AN, Ibrahim H. Loss of fingerprint features and recognition failure due to physiological factors- a literature survey. *Multimedia Tools and Applications*. 2024;19;83(39):87153-87178. doi:10.1007/s11042-024-19848-8
 53. Kumar M, Kumar S, Gulhane M, et al. Deep neural network-based fingerprint reformation for minimizing displacement. In: *Proceedings of the 2023 12th International Conference on System Modeling and Advancement in Research Trends, SMART 2023*. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.; 22-23 December 2023. Moradabad, India, doi:10.1109/SMART59791.2023.10428379
 54. Yoon S, Feng J, Jain AK. Altered fingerprints: Analysis and detection. In: *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. 2012;34(3). pp. 451-464. doi:10.1109/TPAMI.2011.161
 55. Fattahi J, Mejri M. Damaged fingerprint recognition by convolutional long short-term memory networks for forensic purposes. In: *2021 IEEE 5th International Conference on Cryptography, Security and Privacy, CSP 2021 Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.; Zhuhai, China*, 08-10 January 2021 pp. 193-199. doi:10.1109/CSP51677.2021.9357588
 56. Fattahi J, Lakdher BE, Mejri M, et al. FingFor: A deep learning tool for biometric forensics. In: *10th 2024 International Conference on Control, Decision and Information Technologies, CoDIT 2024*. Vallette, Malta, 01-04 July 2024;1667-1672. doi:10.1109/CoDIT62066.2024.10708215
 57. Abdullah DA, Hamad DR, Ibrahim BR, et al. Innovative deep learning architecture for enhanced altered fingerprint recognition. *arXiv preprint arXiv:2509.20537*. Available from: <http://arxiv.org/abs/2509.20537> (Accessed: 25/02/2026).
 58. Lakshmi BN, Shankar Gowda BN, Krithika M, Decentralized AI-driven forensic fingerprint recognition system. In: *Roceedings of the 9th International Conference on Computational Systems and Information Technology for Sustainable Solutions (CSITSS). Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE); Bangalore, India*. 20-22 November 2025. doi:10.1109/csitss67709.2025.11295413
 59. ANSI/ASB. Standard for friction ridge examination conclusions. ANSI/ASB Standard 013-25. 1st ed. Academy Standards Board; 2025.
 60. Indovina M, Dvornychenko V, Hicklin RA, et al. ELFT-EFS: Evaluation of latent fingerprint technologies: Extended feature sets. NIST Interagency Report 7859. National Institute of Standards and Technology; 2012.
 61. OSAC Friction Ridge Subcommittee. Technical report for task-relevant information in friction ridge examination. OSAC 2023-S-0026. National Institute of Standards and Technology; 2025.

BÖLÜM 5

LATENT PARMAK İZİNDE PATLAYICI KALINTILARI VE ATEŞLİ SİLAH ATIŞ ARTIKLARI: ANALİTİK YAKLAŞIMLAR VE ADLİ YORUM

Harun ŞENER¹

GİRİŞ

Parmak izi üzerinde patlayıcı kalıntıları ve ateşli silah atış artıklarının araştırılması, adli bilimlerde son yıllarda belirgin biçimde önem kazanan bir inceleme alanı haline gelmiştir. Bu ilginin temelinde, aynı delilden hem kimliklendirmeye yönelik biyometrik bilgi hem de kimyasal bulgu elde edilebilmesi yer almaktadır. Bu yaklaşım, parmak izinin yalnızca kimliklendirmeye hizmet eden biyometrik bir iz olmadığını; aynı zamanda uygun koşullarda endojen ve ekzojen kaynaklı kimyasal bilgi de taşıyabildiğini kabul etmektedir. Parmak izinde yer alan bu kimyasal içerik; endojen ter bileşenlerinden, bazı durumlarda metabolizma sonrası dışarı atılan bileşiklerden ve temas ya da aktarım yoluyla edinilen ekzojen maddelerden kaynaklanabilmektedir. Böylece parmak izi, yalnız “kime aittir?” sorusuna değil, belirli maddelerle olası temasın araştırılmasına da katkı sağlayabilecek çok katmanlı bir adli delil niteliği kazanmaktadır (1,2).

Bu bölümde Raman ve SERS, FTIR/ATR-FTIR, O-PTIR, hiperspektral görüntüleme, LIBS, MALDI-MSI, LADI-MS, LA-ICP-MSI, SEM/EDS, LC-MS/MS ve GC-MS/MS gibi yöntemler; örnek üzerindeki tahribat düzeyleri, papil hat desenini koruma kapasiteleri, uzamsal dağılımı gösterme olanakları, doğrulama güçleri ve rutin adli laboratuvar uygulamalarındaki yerleri bakımından ele alınmaktadır. Ayrıca bu yöntemlerin araştırma ve ileri uzmanlık düzeyindeki kullanımları ile kurumsal uygulamaya ne ölçüde aktarılabilirlikleri de değerlendirilmektedir. Aynı örnekten hem kimliklendirmeye hem de kimyasal incelemeye yönelik bilgi elde edilmesi teknik olarak mümkündür; ancak bu yaklaşımın adli değere dönüşebilmesi, işlemlerin uygun sırayla yürütülmesine, kullanılan yöntem-

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Kütahya Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Adli Bilimler Bölümü, harun.sener@ksbu.edu.tr, ORCID iD: 0000-0003-3521-0684

DOI: 10.37609/akya.4170.c8735

yaklaşım, bir yandan biyometrik delilin temel değerini korurken, diğer yandan kimyasal bulgunun aşırı yorumlanmasını engelleyen daha dengeli bir adli çerçeve sunmaktadır. Gelecekteki ilerleme de yalnız daha duyarlı cihazların geliştirilmesiyle değil, daha güçlü arka plan verilerinin oluşturulması, daha uyumlu iş akışlarının geliştirilmesi, daha açık raporlama ilkelerinin benimsenmesi ve daha kapsamlı doğrulama çalışmalarının yapılmasıyla mümkün olacaktır. Aslında adli bilimler açısından önemli nokta, latent parmak izinde patlayıcı ve GSR incelemesinin yalnız analitik teknoloji meselesi olmadığı; aynı zamanda delil bütünlüğü, yorum disiplini, standardizasyon ve çok disiplinli iş birliği gerektiren bütünlük bir adli değerlendirme alanı olduğudur.

KAYNAKLAR

1. Bleay SM, Bailey MJ, Croxton RS, et al. The forensic exploitation of fingermark chemistry: A review. *WIREs Forensic Science*. 2021;3(4):1–37. doi:10.1002/wfs2.1403
2. Staymates JL, Orandi S, Staymates ME, et al. Method for combined biometric and chemical analysis of human fingerprints. *International Journal for Ion Mobility Spectrometry*. 2014;17(2):69–72. doi:10.1007/s12127-014-0148-6
3. Crapper GD, Green ASM, Dean JR, et al. Investigation and analysis of explosive traces in public locations with no military context: a critical review. *Analytical Methods*. 2025;17(17):3370–3380. doi:10.1039/d5ay00183h
4. Lees H, Zapata F, Vaheer M, et al. Simple multispectral imaging approach for determining the transfer of explosive residues in consecutive fingerprints. *Talanta*. 2018;184:437–445. doi:10.1016/j.talanta.2018.02.079
5. Mou Y, Rabalais JW. Detection and identification of explosive particles in fingerprints using attenuated total reflection-Fourier transform infrared spectromicroscopy. *Journal of Forensic Sciences*. 2009;54(4):846–850. doi:10.1111/j.1556-4029.2009.01060.x
6. Tonin P, Moura S. Exploring analytical chemistry in gunshot residue: innovations and obstacles in organic and inorganic analysis. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*. 2025;0(0):1–12. doi:10.1080/10408347.2025.2512175
7. Krishna S, Ahuja P. Temporal analysis of inorganic and organic gunshot residue (GSR): implications for forensic viability. *Forensic Science, Medicine, and Pathology*. 2025. doi:10.1007/s12024-025-01038-z
8. Lucena P, Gaona I, Moros J, et al. Location and detection of explosive-contaminated human fingerprints on distant targets using standoff laser-induced breakdown spectroscopy. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*. 2013;85:71–77. doi:10.1016/j.sab.2013.04.003
9. Winder RJ, Wilby SAJ, Lessey L, et al. A survey of explosive traces in public places. *Journal of Forensic Sciences*. 2025;70(4):1450–1459. doi:10.1111/1556-4029.70042
10. Emmons ED, Tripathi A, Guicheteau JA, et al. Raman chemical imaging of explosive-contaminated fingerprints. *Applied Spectroscopy*. 2009;63(11):1197–1203. doi:10.1366/000370209789806812
11. Tripathi A, Emmons ED, Wilcox PG, et al. Semi-automated detection of trace explosives in fingerprints on strongly interfering surfaces with Raman chemical imaging. *Applied Spectroscopy*. 2011;65(6):611–619. doi:10.1366/10-06214
12. Chen T, Schultz ZD, Levin IW. Infrared spectroscopic imaging of latent fingerprints and associated forensic evidence. *Analyst*. 2009;134(9):1902–1904.
13. Banas A, Banas K, Lo MKF, et al. Detection of high-explosive materials within fingerprints by means of optical-photothermal infrared spectromicroscopy. *Analytical Chemistry*. 2020;92(14):9649–9657. doi:10.1021/acs.analchem.0c00938

14. Fernández de la Ossa MÁ, Amigo JM, García-Ruiz C. Detection of residues from explosive manipulation by near infrared hyperspectral imaging: a promising forensic tool. *Forensic Science International*. 2014;242:228–235. doi:10.1016/j.forsciint.2014.06.023
15. Rowell F, Seviour J, Lim AY, et al. Detection of nitro-organic and peroxide explosives in latent fingerprints by DART- and SALDI-TOF mass spectrometry. *Forensic Science International*. 2012;221(1–3):84–91. doi:10.1016/j.forsciint.2012.04.007
16. Longo CM, Musah RA. MALDI-mass spectrometry imaging for touch chemistry biometric analysis: establishment of exposure to nitroaromatic explosives through chemical imaging of latent fingerprints. *Forensic Chemistry*. 2020;20:100269. doi:10.1016/j.forc.2020.100269
17. Kaplan-Sandquist K, LeBeau MA, Miller ML. Chemical analysis of pharmaceuticals and explosives in fingerprints using matrix-assisted laser desorption/ionization/time-of-flight mass spectrometry. *Forensic Science International*. 2014;235:68–77. doi:10.1016/j.forsciint.2013.11.016
18. Fowble KL, Musah RA. Simultaneous imaging of latent fingerprints and detection of analytes of forensic relevance by laser ablation direct analysis in real time imaging-mass spectrometry (LADI-MS). *Forensic Chemistry*. 2019;15:100173. doi:10.1016/j.forc.2019.100173
19. Assis ACA, Caetano J, Florêncio MH, et al. Triacetone triperoxide characterization by FT-ICR mass spectrometry: uncovering multiple forensic evidence. *Forensic Science International*. 2019;301:37–45.
20. Abdelhamid M, Fortes FJ, Harith MA, et al. Analysis of explosive residues in human fingerprints using optical catapulting–laser-induced breakdown spectroscopy. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*. 2011;26(7):1445–1450. doi:10.1039/c0ja00188k
21. Redouté Minzière V, Weyermann C. Organic and inorganic gunshot residues on the hands, forearms, face, and nostrils of shooters 30 min after a discharge. *Science and Justice*. 2024;64(5):557–571. doi:10.1016/j.scijus.2024.08.002
22. Adav SS, Tan YWC, Low CT, et al. Exploring gunshot residue detection in fingerprints by functionalized particle-coupled matrix-assisted laser desorption/ionization mass spectrometry. *Analyst*. 2024;149(23):5704–5713. doi:10.1039/d4an01260g
23. Pluháček T, Švidrnoch M, Maier V, et al. Laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry imaging: a personal identification based on a gunshot residue analysis on latent fingerprints. *Analytica Chimica Acta*. 2018;1030:25–32. doi:10.1016/j.aca.2018.05.074
24. Krishna S, Ahuja P. Trajectory the unseen realm in a firing event: a novel and scientific approach in the identification of optimal recovery zones for gunshot residue micro traces. *Forensic Science, Medicine, and Pathology*. 2025;21(3):1163–1182. doi:10.1007/s12024-025-00980-2
25. Gorey B, Boyle M, O'Brien CM, et al. Gunshot residue (GSR): frequency of residue types encountered in case work and background levels on control samples. *Forensic Science International*. 2024;359:112029. doi:10.1016/j.forsciint.2024.112029
26. Dalzell KA, Ledergerber T, Trejos T, et al. Incorporating organic gunshot residue into the forensic workflow: a study of preservation and stability of the pGSR and OGSR. *Forensic Chemistry*. 2025;44:100651. doi:10.1016/j.forc.2025.100651
27. Redouté Minzière V, Robyr O, Weyermann C. Should inorganic or organic gunshot residues be analysed first? *Forensic Science International*. 2023;348:111600. doi:10.1016/j.forsciint.2023.111600
28. Tozzo P, Mazzobol E, Marcante B, et al. Touch DNA sampling methods: efficacy evaluation and systematic review. *International Journal of Molecular Sciences*. 2022;23(24):15541. doi:10.3390/ijms232415541
29. Vanderheyden N, Verhoeven E, Vermeulen S, et al. Survival of forensic trace evidence on improvised explosive devices: perspectives on individualisation. *Scientific Reports*. 2020;10:12813. doi:10.1038/s41598-020-69385-1
30. Montpetit S, O'Donnell P. An optimized procedure for obtaining DNA from fired and unfired ammunition. *Forensic Science International: Genetics*. 2015;17:70–74. doi:10.1016/j.fsi-gen.2015.03.012

31. Prasad E, Atwood L, van Oorschot RAH, et al. Trace DNA recovery rates from firearms and ammunition as revealed by casework data. *Australian Journal of Forensic Sciences*. 2023;55(1):73–88. doi:10.1080/00450618.2021.1939783
32. King S, Benson S, Kelly T, et al. Determining the effects of routine fingermark detection techniques on the subsequent recovery and analysis of explosive residues on various substrates. *Forensic Science International*.2013;233(1–3):257–264. doi:10.1016/j.forsciint.2013.09.018

BÖLÜM 6

PARMAK İZİ ARAŞTIRMALARININ MOLEKÜLER İNCELEMESİ

Ahmet TÜLEK¹

GİRİŞ

Parmak izi kanıtı tarihsel olarak bireysel kimliklendirme amacıyla morfolojik desen karşılaştırmasına dayalı olarak yorumlanmıştır. Ancak analitik kimya ve moleküler biyoloji alanındaki gelişmeler latent parmak izi kalıntılarının endojen biyolojik materyal ile eksojen çevresel bileşenleri birlikte içeren kompleks biyokimyasal sistemler olduğunu ortaya koyarak bu bakış açısını önemli ölçüde değiştirmiştir. Bu doğrultuda moleküler parmak izi yaklaşımı sırt desenlerinin görselleştirilmesine dayalı geleneksel incelemeyi aşarak transfer edilen materyalin kimyasal ve biyolojik karakterizasyonuna dayalı daha geniş kapsamlı bir adli yorumlama çerçevesi sunmaktadır. Bu bölümde parmak izleri, biyolojik süreçler, çevresel maruziyetler ve depozisyon sonrası dönüşümler hakkında bilgi taşıyan dinamik moleküler kalıntılar olarak ele alınmıştır. Parmak izi kalıntılarının biyokimyasal kökeni bez salgıları, hücre kalıntılar ve temas yoluyla aktarılan dış kaynaklı maddeler bağlamında incelenerek bileşimin heterojen ve bağlama bağımlı doğası ortaya konulmaktadır. Özellikle oksidatif süreçler, mikrobiyal aktivite ve çevresel etkiler gibi faktörlerin kimyasal stabiliteyi ve zamansal değişimi nasıl şekillendirdiği ayrıntılı biçimde tartışılmaktadır. Parmak izi kalıntılarının moleküler karakterizasyonunu mümkün kılan analitik yaklaşımlar arasında spektroskopik teknikler, kromatografik ayırma yöntemleri, kütle spektrometrisi, kimyasal görüntüleme ve çok değişkenli veri analizi yer almaktadır. Ayrıca genetik materyal, mikrobiyal profiller, metabolik göstergeler ve yaşam tarzı ile ilişkili bileşenler gibi biyolojik bilgilerin parmak izinden elde edilme potansiyeli değerlendirilmekte; olay yeri rekonstrüksiyonu, depozisyon zamanının tahmini ve bağlamsal yorumlama gibi adli uygulamalar metodolojik sınırlılıklarıyla birlikte ele alınmaktadır. Yüksek çözünürlüklü analitik sistemler, yapay zekâ temelli veri modelleme yaklaşımları, multi omik entegrasyonu ve taşınabilir analiz teknolojileri moleküler parmak izi araştırmalarının geleceğini şekillendiren temel gelişmeler olarak değerlendirilmektedir. Bölüm, güvenilir

¹ Doç. Dr., Kütahya Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Doğa ve Mühendislik Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, ahmet.tulek@ksbu.edu.tr, ORCID iD: 0000-0003-1079-7837

DOI: 10.37609/akya.4170.c8736

açısından, bir tekniğin kavramsal olarak umut verici olması ile rutin adli kullanıma uygun olması arasındaki farkın açık biçimde belirtilmesi gerekir. Mahkemede kullanılabilirlik, standardizasyon, kalite güvence verileri ve laboratuvarlar arası karşılaştırılabilirlik sağlanmadan elde edilen moleküler bulguların kanıt değeri sınırlı kalacaktır.

Gelecekteki araştırmaların yönü, teknik duyarlılığın artırılmasının ötesinde biyolojik değişkenliğin sistematik olarak modellenmesine ve çok katmanlı moleküler verinin entegrasyonuna odaklanacaktır. Yüksek çözünürlüklü analitik platformlar, moleküler görüntüleme teknikleri, yapay zekâ tabanlı veri analizi ve multi omiks yaklaşımları parmak izi kalıntısının daha bütüncül biçimde karakterize edilmesini mümkün kılacaktır. Bunların yanı sıra potansiyel araçlar olarak öne çıkmaktadır. Bununla birlikte bu teknolojilerin bilimsel değerinin ortaya konabilmesi, biyolojik anlamlılık ile analitik ölçülebilirlik arasındaki ilişkinin netleştirilmesine bağlıdır. Özellikle transfer mekanizmaları, kimyasal yaşlanma kinetiği ve moleküler profil ile biyolojik durum arasındaki ilişkilerin nicel olarak tanımlanması alanın temel araştırma öncelikleri arasında yer almaktadır (1,61–63).

Genel çerçevede değerlendirildiğinde moleküler parmak izi yaklaşımı, adli bilimlerde bilgi üretim kapasitesini genişleten önemli bir kavramsal ve metodolojik dönüşümü temsil etmektedir. Parmak izi kalıntısının kimyasal ve biyolojik boyutlarının sistematik olarak incelenmesi, bu materyalin yalnızca kimlik belirleme aracı değil, temasın biyolojik ve çevresel bağlamını yansıtan kompleks bir analitik kayıt olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte bu bilgi potansiyelinin güvenilir adli çıkarımlara dönüştürülmesi, analitik tekniklerin geliştirilmesi kadar biyolojik değişkenliğin anlaşılmasına ve yorumlama çerçevelerinin standardize edilmesine bağlıdır. Bu nedenle moleküler parmak izi araştırmaları, teknolojik ilerleme ile temel bilimsel modelleme çalışmalarının eş zamanlı gelişimini gerektiren disiplinler arası bir araştırma alanı olarak konumlanmaktadır.

KAYNAKLAR

1. Girod A, Ramotowski R, Weyermann C. Composition of fingerprint residue: A qualitative and quantitative review. *Forensic Science International*. 2012;30;223(1–3):10–24. doi:10.1016/j.forsciint.2012.05.018.
2. Amin MO, Al-Hetlani E, Lednev IK. Trends in vibrational spectroscopy of fingerprints for forensic purposes. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 2021;1;143(20):116341. doi:10.1016/j.trac.2021.116341.
3. Girod A, Ramotowski R, Lambrechts S, et al. Fingerprint age determinations: Legal considerations, review of the literature and practical propositions. *Forensic Science International*. 2016;1;262:212–26. doi:10.1016/j.forsciint.2016.03.021.
4. Boseley RE, Vongsvivut J, Appadoo D, et al. Monitoring the chemical changes in fingerprint residue over time using synchrotron infrared spectroscopy. *Analyst*. 2022;147(5):799–810. doi:10.1039/d1an02293h.
5. Martins N, Silva JS, Bernardino A. Fingerprint recognition in forensic scenarios. *Sensors*. 2024;24(2). doi:10.3390/s24020664.

6. Arslan B, Sagioglu S. Fingerprint forensics in crime scene: A computer science approach. *International Journal of Information Security Science*. 2019;8(4):88–113. <https://dergipark.org.tr/en/pub/ijiss/article/1048745>.
7. Bleay SM, Croxton RS, De Puit M. Fingerprint development techniques: Theory and application. *Fingerprint Development Techniques: Theory and Application*. 2018;1–500. doi:10.1002/9781119187400.
8. Bovens M, Ahrens B, Alberink I, et al. Chemometrics in forensic chemistry — Part I: Implications to the forensic workflow. *Forensic Science International*. 2019;301(10):82–90. doi:10.1016/j.forsciint.2019.05.030.
9. Cadd S, Islam M, Manson P, et al. Fingerprint composition and aging: A literature review. *Science & Justice*. 2015;55(4):219–38. doi:10.1016/j.scijus.2015.02.004.
10. Garzán-Alvarado DA, Ramírez Martínez AM. A biochemical hypothesis on the formation of fingerprints using a turing patterns approach. *Theoretical Biology and Medical Modelling*. 2011;8(1):24-. doi:10.1186/1742-4682-8-24.
11. Steffen A, Kogej T, Tyrchan C, et al. Comparison of molecular fingerprint methods on the basis of biological profile data. *Journal of Chemical Information and Modeling*. 2009;49(2):338–47. doi:10.1021/ci800326z.
12. Croxton RS, Bleay SM, De Puit M. Composition and properties of fingermarks. *Fingerprint Development Techniques: Theory and Application*. 2018;35–68. doi:10.1002/9781119187400.ch3.
13. Weyermann C, Roux C, Champod C. Initial results on the composition of fingerprints and its evolution as a function of time by GC/MS analysis. *Journal of Forensic Science*. 2011;56(1):102–8. doi:10.1111/j.1556-4029.2010.01523.x.
14. Brunelle E, Eldridge M, Halánek J. Determination of time since deposition of fingerprints via colorimetric assays. *ACS Omega*. 2021;6(19):12898–903. doi:10.1021/acsomega.1c01344.
15. Muramoto S, Sisco E. Strategies for potential age dating of fingerprints through the diffusion of sebum molecules on a nonporous surface analyzed using time-of-flight secondary ion mass spectrometry. *Analytical Chemistry*. 2015;87(16):8035–8. doi:10.1021/acs.analchem.5b02018.
16. Wilkins D, Leung MHY, Lee PKH. Microbiota fingerprints lose individually identifying features over time. *Microbiome*. 2017;5(1). doi:10.1186/s40168-016-0209-7.
17. Huynh C, Halánek J. Trends in fingerprint analysis. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 2016;82(4):328–36. doi:10.1016/j.trac.2016.06.003.
18. Archer NE, Charles Y, Elliott JA, et al. Changes in the lipid composition of latent fingerprint residue with time after deposition on a surface. *Forensic Science International*. 2005;154(2–3):224–39. doi:10.1016/j.forsciint.2004.09.120.
19. Robson R, Ginige T, Mansour S, et al. Analysis of fingermark constituents: a systematic review of quantitative studies. *Chemical Papers*. 2022;76(8):4645–67. doi:10.1007/s11696-022-02232-x
20. Gorka M, Thomas A, Bécue A. Chemical composition of the fingermark residue: Assessment of the intravariability over one year using MALDI-MSI. *Forensic Science International*. 2022;338(14):111380. doi:10.1016/j.forsciint.2022.111380.
21. Zagna dos Santos V, Mariotti K de C, Silva Santos A, et al. Chemical changes of aged latent fingerprints by Fourier transform infrared spectrometry and machine learning. *Microchemical Journal*. 2025;219(1):116002. doi:10.1016/j.microc.2025.116002.
22. Yang JH, Yoh JJ. Reconstruction of chemical fingerprints from an individual's time-delayed, overlapped fingerprints via laser-induced breakdown spectrometry (LIBS) and Raman spectroscopy. *Microchemical Journal*. 2018;139(4):386–93. doi:10.1016/j.microc.2018.03.027.
23. Szabóová Ž, Galbavá P, Szabó AH, et al. GC–MS/MS method for age determination of fingerprints. *Monatshefte für Chemie - Chemical Monthly*. 2017;148(9):1673–8. doi:10.1007/s00706-017-1984-y.
24. van Helmond W, van Herwijnen AW, van Riemsdijk JJH, et al. Chemical profiling of fingerprints using mass spectrometry. *Forensic Chemistry*. 2019;16:100183. doi:10.1016/j.forc.2019.100183.

25. Souza MA, Santos AS, da Silva SW, et al. Raman spectroscopy of fingerprints and chemometric analysis for forensic sex determination in humans. *Forensic Chemistry*. 2022;27:100395. doi:10.1016/j.forc.2021.100395
26. González M, Gorziza RP, de Cássia Mariotti K, et al. Methodologies Applied to Fingerprint Analysis. *Journal of Forensic Science*. 2020;65(4):1040–8. doi:10.1111/1556-4029.14313.
27. Grijó DR, Olivo JE, da Motta Lima OC. Simple chemical tests to identify Cannabis derivatives: Redefinition of parameters and analysis of concepts. *Journal of Forensic Science*. 2021;66(5):1647–57. doi:10.1111/1556-4029.14777.
28. Carlin M, Nickel R, Halstead K, et al. Quantifying DNA loss in laboratory-created latent prints due to fingerprint processing. *Forensic Science International*. 2023;344. doi:10.1016/j.forsci-int.2023.111595.
29. Oktem H, Kurkcuoglu A, Pelin IC, et al. Sex differences in fingerprint ridge density in a Turkish young adult population: A sample of Baskent University. *Journal of Forensic and Legal Medicine*. 2015;32:34–8. doi:10.1016/j.jflm.2015.02.011.
30. Smith BL, Hankinson T, Maher S. Portable instrumentation for ambient ionization and miniaturized mass spectrometers. *Annual Review of Analytical Chemistry*. 2024;17(1):69–102. doi:10.1146/annurev-anchem-061522-040824.
31. Franceschetti L, Lodetti G, Blandino A, et al. Exploring the role of the human microbiome in forensic identification: opportunities and challenges. *International Journal of Legal Medicine*. 2024;138(5):1891–905. doi:10.1007/s00414-024-03217-z.
32. Fierer N, Lauber CL, Zhou N, et al. Forensic identification using skin bacterial communities. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2010;107(14):6477–81. doi:10.1073/pnas.1000162107.
33. Wilkins D, Leung MHY, Lee PKH. Microbiota fingerprints lose individually identifying features over time. *Microbiome*. 2017;5(1). doi:10.1186/s40168-016-0209-7.
34. Clarke TH, Gomez A, Singh H, et al. Integrating the microbiome as a resource in the forensics toolkit. *Forensic Science International: Genetics*. 2017;30:141–7. doi:10.1016/j.fsigen.2017.06.008.
35. Hinnert P, Thomas M, Lee YJ. Determining fingerprint age with mass spectrometry imaging via ozonolysis of triacylglycerols. *Analytical Chemistry*. 2020;92(4):3125–32. doi:10.1021/acs.analchem.9b04765.
36. Uekusa K, Hayashida M, Ohno Y. Forensic toxicological analyses of drugs in tissues in formalin solutions and in fixatives. *Forensic Science International*. 2015;249:165–72. doi:10.1016/j.forsci-int.2015.01.028.
37. Bailey MJ, Bright NJ, Croxton RS, et al. Chemical characterization of latent fingerprints by matrix-assisted laser desorption ionization, time-of-flight secondary ion mass spectrometry, mega electron volt secondary mass spectrometry, gas chromatography/mass spectrometry, x-ray photoelectron spectroscopy, and attenuated total reflection Fourier transform infrared spectroscopic imaging: an intercomparison. *Analytical Chemistry*. 2012;84(20):8514–23. doi:10.1021/ac302441y.
38. Hendricks JH, Neumann C. A Bayesian approach for the analysis of error rate studies in forensic science. *Forensic Science International*. 2020;306(4):110047. doi:10.1016/j.forsci-int.2019.110047.
39. Cho HW, Eom Y Bin. Forensic analysis of human microbiome in skin and body fluids based on geographic location. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*. 2021;11:695191. doi:10.3389/fcimb.2021.695191.
40. Sisco E, Forbes TP. Forensic applications of DART-MS: A review of recent literature. *Forensic Chemistry*. 2021;22(2):100294. doi:10.1016/j.forc.2020.100294.
41. Uekusa K, Hayashida M, Ohno Y. Forensic toxicological analyses of drugs in tissues in formalin solutions and in fixatives. *Forensic Science International*. 2015;249:165–72. doi:10.1016/j.forsci-int.2015.01.028.

42. van Oorschot RAH, Szkuta B, Meakin GE, et al. DNA transfer in forensic science: A review. *Forensic Science International: Genetics*. 2019;38:140–66. doi:10.1016/j.fsigen.2018.10.014.
43. Meakin G, Jamieson A. DNA transfer: Review and implications for casework. *Forensic Science International: Genetics*. 2013;7(4):434–43. doi:10.1016/j.fsigen.2013.03.013.
44. DeGreeff LE, Liddell HPH, Pogue WR, et al. Effect of re-use of surface sampling traps on surface structure and collection efficiency for trace explosive residues. *Forensic Science International*. 2019;297(2):254–64. doi:10.1016/j.forsciint.2019.02.002.
45. Weyermann C, Almog J, Bügler J, et al. Minimum requirements for application of ink dating methods based on solvent analysis in casework. *Forensic Science International*. 2011;210(1–3):52–62. doi:10.1016/j.forsciint.2011.01.034.
46. Crispino F, Weyermann C, Delémont O, et al. Towards another paradigm for forensic science? *WIREs Forensic Science*. 2022;4(3):e1441. doi:10.1002/wfs2.1441.
47. Xu X, Du C, Ma F, et al. Forensic soil analysis using laser-induced breakdown spectroscopy (LIBS) and Fourier transform infrared total attenuated reflectance spectroscopy (FTIR-ATR): Principles and case studies. *Forensic Science International*. 2020;310(10):110222. doi:10.1016/j.forsciint.2020.110222.
48. Assis AML, Costa CV, Alves MS, et al. From nanomaterials to macromolecules: Innovative technologies for latent fingerprint development. *WIREs Forensic Science*. 2023;5(2):e1475. doi:10.1002/wfs2.1475.
49. Wei Q, Zhang M, Ogorevc B, et al. Recent advances in the chemical imaging of human fingermarks (a review). *Analyst*. 2016;141(22):6172–89. doi:10.1039/c6an01121g.
50. Herke C. Automated Fingerprint Identification: The Role of artificial intelligence in crime scene investigation. *Forensic Sciences* 2026;6(1):6. doi:10.3390/forensicsci6010006.
51. Awad AI. Machine Learning Techniques for Fingerprint Identification: A Short Review. *Communications in Computer and Information Science*. 2012;322:524–31. doi:10.1007/978-3-642-35326-0_52.
52. Procopio N, Bonicelli A. From flesh to bones: Multi-omics approaches in forensic science. *Proteomics*. 2024;24(12–13):2200335. doi:10.1002/pmic.202200335.
53. Shao S, Yang L, Hu G, et al. Application of omics techniques in forensic entomology research. *Acta Tropica*. 2023;246(5):106985. doi:10.1016/j.actatropica.2023.106985.
54. Pan Y, Lv Y. Challenges and prospects for the application of skin microbiome to forensic individual identification: A narrative review. *Medicine, Science and the Law*. 2025. doi:10.1177/00258024251378811.
55. Bleay SM, Bailey MJ, Croxton RS, The forensic exploitation of fingermark chemistry: A review. *WIREs Forensic Science*. 2021;3(4):e1403. doi:10.1002/wfs2.1403.
56. Gill P, Hicks T, Butler JM, et al. DNA commission of the International society for forensic genetics: Assessing the value of forensic biological evidence - Guidelines highlighting the importance of propositions. Part II: Evaluation of biological traces considering activity level propositions. *Forensic Science International: Genetics* 2020;44(3):102186. doi:10.1016/j.fsigen.2019.102186.
57. Chen H, Ma R, Zhang M. Recent progress in visualization and analysis of fingerprint level 3 features. *ChemistryOpen*. 2022;11(11):e202200091. doi:10.1002/open.202200091.
58. Moreno S, Brown G, Klein M, et al. Chemical composition effect on latent print development using black fingerprint powders. *Forensic Chemistry*. 2021;26:100366. doi:10.1016/j.forc.2021.100366.
59. Kumar P, Gupta R, Singh R, Effects of latent fingerprint development reagents on subsequent forensic DNA typing: A review. *Journal of Forensic Legal Medicine*. 2015;32:64–9. doi:10.1016/j.jflm.2015.03.002.
60. Ulery BT, Hicklin RA, Buscaglia JA, et al. Accuracy and reliability of forensic latent fingerprint decisions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2011;108(19):7733–8. doi:10.1073/pnas.1018707108.

61. Longo CM, Musah RA. MALDI-mass spectrometry imaging for touch chemistry biometric analysis: Establishment of exposure to nitroaromatic explosives through chemical imaging of latent fingermarks. *Forensic Chemistry*. 2020;20(22):100269. doi:10.1016/j.forc.2020.100269.
62. Dávila-Santiago E, Shi C, Mahadwar G, et al. Machine learning applications for chemical fingerprinting and environmental source tracking using non-target chemical data. *Environmental Science & Technology*. 2022;56(7):4080–90. doi:10.1021/acs.est.1c06655.
63. McDermott SD. Trace Evidence: Transfer, Persistence, and Value. *Wiley Encyclopedia of Forensic Science: Jamieson/Forensic*. 2009 ;1–7. doi:10.1002/9780470061589.fsa200

BÖLÜM 7

PARMAK İZLERİNİN KİMYASAL ANALİZLERİNDE KARŞILAŞILAN ZORLUKLAR

*Duygu Yeşim OVAT*¹

*Emine ÖZBUNAR*²

*Serap Annette AKGÜR*³

GİRİŞ

Parmak izleri, ceza soruşturmalarında kullanılan önemli materyallerden biri olup küresel alanda en yaygın kullanılan adli deliller arasındadır (1). Parmak izi bileşenleri %95-99 oranında su içeren ve üç boyutlu bir matrikste kompleks bir emülsiyon oluşturan organik ve inorganik bileşiklerden oluşmaktadır (2). Parmak izi içeriğinde bugüne kadar yapılan çalışmalarda 20 çeşit amino asit nicel olarak tanımlanmıştır (1,3). Başlangıçta adli kimliklendirme amacıyla kullanılan parmak izleri, ekrin ve apokrin ter, sebum ve epidermal hücre kalıntılardan oluşan özgün kimyasal bileşimi sayesinde, yalnızca bireysel tanımlamaya değil aynı zamanda ekzojen ve endojen maddelerin tespitine olanak sağlayan alternatif bir biyolojik materyal olarak değerlendirilmeye başlanmıştır (3).

Adli olgularda/durumlarda önemli bir biyolojik materyal olarak kullanılabilen insan terinin salgılanması vücut sıcaklığının stabilitesi için oldukça önemlidir. Sıcaklıkta bir artış algılandığında, deriyi soğutmak için ter salgılanmaktadır ve ter deri yüzeyinden buharlaştığında iç vücut sıcaklığını düşürmektedir. Bu nedenle, ter bezleri vücut sıcaklığını sabit tutmada önemli rol oynamaktadır. Ter, parmak izi oluşumunda temel rol oynayan bir biyolojik materyal olup, parmak uçlarındaki ekrin bezlerden salgılanarak parmak izi desenlerinin yüzeylere aktarılmasını sağlamaktadır (4). Ter bezleri üç çeşide ayrılmakta-

¹ Öğr. Gör. Dr., Ege Üniversitesi, Madde Bağımlılığı, Toksikoloji ve İlaç Bilimleri Enstitüsü, duygu.yesim.ovat@ege.edu.tr, ORCID iD: 0000-0003-1310-0118

² Komiser, Polis Akademisi Başkanlığı, Adli Bilimler Enstitüsü, emineozbunar@hotmail.com, ORCID iD: 0009-0006-0439-0618

³ Prof. Dr., Ege Üniversitesi, Madde Bağımlılığı, Toksikoloji ve İlaç Bilimleri Enstitüsü, serap.akgur@ege.edu.tr, ORCID iD: 0000-0001-9638-2311

DOI: 10.37609/akya.4170.c8737

Gelecekte bu alanın gelişimi için öncelikli gereksinimler şunlardır:

- Standartlaştırılmış örnek toplama protokollerinin oluşturulması,
- Yüksek duyarlılığa sahip yüksek çözünürlüklü kütle spektrometrik tekniklerin yaygınlaştırılması, validasyon çalışmalarının yürütülmesi ve laboratuvarlar arası karşılaştırılabilirliğin güçlendirilmesi,
- Çevresel maruziyet ile sistemik kullanımın ayırımına yönelik metabolit temelli çalışmaların geliştirilmesi.

Bu gelişmelerin sağlanması durumunda parmak izi analizi, yalnızca kimliklendirme amacıyla kullanılan klasik bir adli delil olmanın ötesinde, bireyin maruziyet geçmişi ve madde ile ilişkili bağlamsal bilgileri destekleyici düzeyde sunabilen analitik bir materyale dönüşebilecektir. Mevcut bilimsel veriler, parmak izinin madde testlerinde tek başına kesin ve nicel bir kanıt olarak değil, diğer biyolojik örnekler ve olay yeri bulguları ile birlikte yorumlanması gereken destekleyici bir biyolojik materyal olarak değerlendirilmesinin daha uygun olduğunu göstermektedir. Parmak izi kimyasal analizlerinin gelecekte adli bilimlerde, işyeri madde testlerinde ve terapötik takipte kullanım potansiyeli bulunmakla birlikte, bu potansiyelin güvenilir biçimde hayata geçirilebilmesi için standardizasyon, validasyon ve yorum çerçevesindeki mevcut gereksinimlerin tamamlanması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

1. Cadd S, Islam M, Manson P, et al. Fingerprint composition and aging: A literature review. *Science & Justice*. 2015;55(4):219–38.
2. Dinkins PELJLS. *New Use for an Old Friend 1995*. (12/01/2026 tarihinde <https://www.ojp.gov/ncjrs/virtual-library/abstracts/new-use-old-friend> adresinden ulaşılmıştır).
3. Girod A, Ramotowski R, Weyermann C. Composition of fingermark residue: A qualitative and quantitative review. *Forensic Science International* 2012;223(1–3):10–24. doi: 10.1016/j.forsci-int.2012.05.018.
4. Adamowicz P, Bigosińska J, Gil D, et al. Drugs detection in fingerprints. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 2024;238.
5. Kobiela K, Kandyba E, Leung Y. Skin and Skin Appendage Regeneration. Atala A, Allickson JG (ed.) *Translational regenerative medicine* içinde. San Diego:Academic Press 2015. p. 269–292.
6. Wille SMR. Fingerprint drug analysis: Overcoming pitfalls and heading toward the future? *Clinical Chemistry*. 2018;64(6):879–881. doi:10.1373/clinchem.2018.288886.
7. Craig CR, Stitzel RE. *Modern Pharmacology With Clinical Applications*. 5nd ed. Baltimore:Lippincott Williams & Wilkins; 2003.
8. Kuhlmann J, Mück W. Clinical-pharmacological strategies to assess drug interaction potential during drug development. *Drug Safety*. 2001;24(10):715–725. <https://doi.org/10.2165/00002018-200124100-00001>.
9. Laurence L. Brunton BCK. *Goodman & Gilman's: The Pharmacological Basis of Therapeutics*. 14th ed. NY:McGraw Hill LLC; 2023.
10. Buchanan MV, Asano KG, Bohanon A. Chemical characterization of fingerprints from adults and children. *Proceedings of the Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers*. 1997,

- 2941, 89–95. <https://doi.org/10.1117/12.266300>.
11. Antoine KM, Mortazavi S, Miller AD, et al. Chemical Differences Are Observed in Children's Versus Adults' Latent Fingerprints as a Function of Time. *Journal of Forensic Science*. 2010;55(2):513–518.
 12. Hemmila A, McGill J, Ritter D. Fourier transform infrared reflectance spectra of latent fingerprints: A biometric gauge for the age of an individual. *Journal of Forensic Science*. 2008;53(2):369–376. doi: 10.1111/j.1556-4029.2007.00649.x.
 13. Bohanan AM. Latents from pre-pubescent children versus latents from adults. *Journal of Forensic Identification*. 1998;48(5):570–573.
 14. Ramasastry P, Downing DT, Pochi PE, et al. Chemical composition of human skin surface lipids from birth to puberty. *Journal of Investigative Dermatology*. 1970;54(2):139–144. doi: 10.1111/1523-1747.ep12257164.
 15. Mong G, Walter S, Cantu T, et al. The chemistry of latent prints from children and adults. *Fingerpr Whorld*. 2001;27(104):66–69.
 16. Mink T, Voorhaar A, Stoel R, et al. Determination of efficacy of fingerprint enhancement reagents; the use of propyl chloroformate for the derivatization of fingerprint amino acids extracted from paper. *Science & Justice*, 2013;53(3), 301–308. doi: 10.1016/j.scijus.2013.04.008.
 17. Croxton RS, Baron MG, Butler D, et al. Variation in amino acid and lipid composition of latent fingerprints. *Forensic Science International*. 2010;199(1–3):93–102. doi: 10.1016/j.forsciint.2010.03.019.
 18. Mong GM, Petersen CE, Clauss TRW. Advanced Fingerprint Analysis Project Fingerprint Constituents. Richland, WA; 1999 <https://doi.org/10.2172/14172>.
 19. Stewart ME, Steele WA, Downing DT. Changes in the relative amounts of endogenous and exogenous fatty acids in sebaceous lipids during early adolescence. *Journal of Investigative Dermatology*. 1989;92(3):371–378.
 20. Jacobsen E, Billings JK, Frantz RA, et al. Age-Related Changes in Sebaceous Wax Ester Secretion Rates in Men and Women. *Journal of Investigative Dermatology*. 1985;85(5):483–485.
 21. Thiboutot D. Regulation of Human Sebaceous Glands. *Journal of Investigative Dermatology*. 2004;123(1):1–12.
 22. Hartzell-Baguley B, Hipp RE, Morgan NR, et al. Chemical composition of latent fingerprints by gas chromatography-mass spectrometry. An experiment for an instrumental analysis course. *Journal of Chemical Education*. 2007;84(4):689–691.
 23. Buchanan MV, Asano AB. Chemical characterization of fingerprints from adults and children. In: *Forensic Evidence Analysis and Crime Scene Investigation*. 18–22 Nov 1997, Boston, USA, (pp. 89–95).
 24. Rawlings AV. Ethnic skin types: are there differences in skin structure and function? *International Journal of Cosmetic Science*. 2006;28(2):79–93.
 25. Jones NE, Davies LM, Russell CAL, et al. A systematic approach to latent fingerprint sample preparation for comparative chemical studies. *Journal of Forensic Identification*. 2001;51:504–515.
 26. Gambelungho C, Rossi R, Aroni K, et al. Sweat testing to monitor drug exposure. *Annals of Clinical & Laboratory Science*. 2013;43(1):22–30.
 27. Joseph RE, Oyler JM, Wstadik AT, et al. Drug Testing with Alternative Matrices I. Pharmacological Effects and Disposition of Cocaine and Codeine in Plasma, Sebum, and Stratum Corneum. *Journal of Analytical Toxicology*. 1998;22(1):6–17. doi: 10.1093/jat/22.1.6.
 28. Pichini S, Navarro M, Pacifici R, et al. Usefulness of sweat testing for the detection of MDMA after a single-dose administration. *Journal of Analytical Toxicology*. 2003 [cited 2026;27(5):294–303. doi: 10.1093/jat/27.5.294.
 29. Jones NE, Davies LM, Russell CAL, et al. Systematic Approach to Latent Fingerprint Sample Preparation for Comparative Chemical Studies. *Office of Justice Programs. Journal of Forensic*

- Identification* 2001. (18.02.2026 tarihinde <https://www.ojp.gov/ncjrs/virtual-library/abstracts/systematicapproach-latent-fingerprint-sample-preparation> adresinden ulaşılmıştır).
30. De Giovanni N, Fucci N. The Current Status of Sweat Testing For Drugs of Abuse: A Review. *Current Medicinal Chemistry*. 2013;20(4):545–61.
 31. Jadoon S, Karim S, Akram MR, et al. Recent developments in sweat analysis and its applications. *International Journal of Analytical Chemistry*. 2015;2015.
 32. Daluz HM. *Fundamentals of fingerprint analysis*, 2nd ed. Boca Raton, FL: CRC Press, 2018.
 33. Archer NE, Charles Y, Elliott JA, et al. Changes in the lipid composition of latent fingerprint residue with time after deposition on a surface. *Forensic Science International*. 2005;154(2–3):224–239. doi: 10.1016/j.forsciint.2004.09.120.
 34. Weyermann C, Roux C, Champod C. Initial results on the composition of fingerprints and its evolution as a function of time by GC/MS analysis. *Journal of Forensic Sciences*. 2011;56(1):102–108. doi: 10.1111/j.1556-4029.2010.01523.x.
 35. Jones N, Mansour D, Stoilovic M, et al. The influence of polymer type, print donor and age on the quality of fingerprints developed on plastic substrates using vacuum metal deposition. *Forensic Science International*, 2001;124(2-3), 167-177.
 36. Jacquat A. Evolution des substances grasses des empreintes digitales au cours du temps: Analyse par TLC et GC-MS. [Master's Thesis]. Institut de Police Scientifique, Université de Lausanne; 1999.
 37. van Nuijs ALN, Abdellati K, Bervoets L, et al. The stability of illicit drugs and metabolites in wastewater, an important issue for sewage epidemiology? *Journal of Hazardous Materials*. 2012;239–240:19–23. doi: 10.1016/j.jhazmat.2012.04.030.
 38. Richmond-Aylor A, Bell S, Callery P, et al. Thermal degradation analysis of amino acids in fingerprint residue by pyrolysis GC-MS to develop new latent fingerprint developing reagents. *Journal of Forensic Sciences*. 2007;52(2):380–382. doi: 10.1111/j.1556-4029.2007.00384.x.
 39. Senta I, Krizman I, Ahel M, et al. Assessment of stability of drug biomarkers in municipal wastewater as a factor influencing the estimation of drug consumption using sewage epidemiology. *Science of the Total Environment*. 2014;487(1):659–665. doi:10.1016/j.scitotenv.2013.12.054.
 40. Ismail M, Costa C, Longman K, et al. Potential to use fingerprints for monitoring therapeutic levels of isoniazid and treatment adherence. *ACS Omega*. 2022;7(17):15167. doi: 10.1021/acso-mega.2c01257.
 41. Bobev K. Fingerprints and factors affecting their condition. *Journal of Forensic Identification*. 1995;45(2):176-83.
 42. Almog J, Azoury M, Elmaliah Y, et al. Fingerprint's third dimension: The depth and shape of fingerprints penetration into paper—cross section examination by fluorescence microscopy. *Journal of Forensic Sciences*. 2004;49(5).
 43. Cuthbertson F. The Chemistry of Fingerprints AWRE-O13. 1969.
 44. Thody AJ, Shuster S. Control and function of sebaceous glands. *Physiological Reviews*. 1989;69(2):383–416. doi:10.1152/physrev.1989.69.2.383.
 45. Zhang T, Chen X, Yang R, et al. Detection of methamphetamine and its main metabolite in fingerprints by liquid chromatography–mass spectrometry. *Forensic Science International*. 2015;248:10–14.
 46. Jasuja OP, Toofany MA, Singh G, et al. Dynamics of latent fingerprints: the effect of physical factors on quality of ninhydrin developed prints--a preliminary study. *Science & Justice*. 2009;49(1):8–11. doi:10.1016/j.scijus.2008.08.001.
 47. Fieldhouse S. Consistency and reproducibility in fingerprint deposition. *Forensic Science International*. 2011;207(1–3):96–100. doi: 10.1016/j.forsciint.2010.09.005.
 48. Fieldhouse SJ. An investigation into the effects of force applied during deposition on latent fingerprints and inked fingerprints using a variable force fingerprint sampler. *Journal of Forensic Sciences*. 2015;60(2):422–427. doi: 10.1111/1556-4029.12661.

49. Reed H, Stanton A, Wheat J, et al. The Reed-Stanton press rig for the generation of reproducible fingerprints: towards a standardised methodology for fingerprint research. *Science & Justice*. 2016;56(1):9–17. doi:10.1016/j.scijus.2015.10.001.
50. Sears VG, Bleay SM, Bandey HL, Bowman VJ. A methodology for finger mark research. *Science & Justice*. 2012;52(3):145–160. doi:10.1016/j.scijus.2011.10.006.
51. Jang M, Costa C, Bunch J, et al. On the relevance of cocaine detection in a fingerprint. *Scientific Reports*. 2020;10(1):1974. doi:10.1038/s41598-020-58856-0.
52. Costa C, Ismail M, Stevenson D, et al. Distinguishing between contact and administration of heroin from a single fingerprint using high resolution mass spectrometry. *Journal of Analytical Toxicology*. 2019;44(3):218.
53. Jacob S, Jickells S, Wolff K, et al. Drug testing by chemical analysis of fingerprint deposits from methadone-maintained opioid dependent patients using UPLC-MS/MS. *Drug Metabolism Letters*. 2008;2(4):245–247. doi: 10.2174/187231208786734094.

BÖLÜM 8

PARMAK İZİ ARAŞTIRMALARININ GELECEĞİ

*İsmail Ethem GÖREN*¹

GİRİŞ

Parmak izi incelemeleri, doğası gereği her zaman iki ayrı düzlemde varlığını sürdürmüştür. Bunlardan ilkinde her şey oldukça sistematik görünür: papil hatlarının oluşturduğu desenler belirli özellikler taşır, bu özellikler karşılaştırmaya zemin hazırlar ve karşılaştırma sonunda kimliklendirmeye ulaşılır. Ancak işin bir de uygulamanın içinden bakıldığında görülen tarafı vardır. Bu ikinci düzlemde, karşılaştırma aşamasına gelene kadar geçen süreç çoğu zaman son derece karmaşıktır. Parmağın yüzeye hangi açıyla temas ettiği, uygulanan basınç, yüzeyin yapısı, kalıntının kimyasal bileşimi, izin ne kadar süre çevresel koşullara açık kaldığı ve geliştirme ile görüntüleme basamaklarının hangi sırayla uygulandığı gibi birçok değişken devreye girer. Dolayısıyla bu ikinci alan, parmak izi biliminin dışında kalan düzensiz bir arka plan değil; aksine, incelemeye konu olacak hat ayrıntılarının hangi ölçüde ortaya çıkacağını ve ne kadar değerlendirilebilir olacağını belirleyen asıl ortamdır (1,2).

Son yirmi yıl içinde bu ekosistemin hem kapsamı hem de karmaşıklığı belirgin biçimde artmıştır. Gündelik yaşamda karşılaşılan yüzeyler artık büyük ölçüde kâğıt, cam ya da işlenmemiş metal gibi klasik materyallerden ibaret değildir. Bunun yerine, farklı amaçlarla tasarlanmış kaplamalar, dokulu polimer yapılar, lamine kompozit yüzeyler ve sürekli temas edilen, düzenli olarak temizlenen dokunmatik sistemler hayatın olağan parçaları hâline gelmiştir. Ortak kullanımda olan nesnelere, çoğu zaman tek bir temasın değil, ardışık ve üst üste binmiş çok sayıda temasın izlerini taşımaktadır. Yüzey dokuları da artık pasif bir zemin olmaktan çıkmış, kimi durumlarda hat ayrıntılarının görünürlüğünü azaltan ve değerlendirmeyi zorlaştıran aktif bir unsur hâline gelmiştir. Bunun yanı sıra kalıntılar; alkol içerikli temizlik ürünleri, taşınabilir cihazların ve ceplerin yarattığı ısı, ultraviyole maruziyeti ve tekrarlayan kullanımın birikimli etkisi gibi çok sayıda dış etkene maruz kalmaktadır. Üstelik aynı nesne, geliştirme sürecinin farklı evrelerinde ve değişik ışıklandırma koşulları altında birden fazla kez görüntülenebildiği için, artık çoğu zaman

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Ankara Üniversitesi, Adli Bilimler Enstitüsü, Adli Toksikoloji AD.,
ismailethemgoren@gmail.com, ORCID iD: 0000-0002-0219-1598

DOI: 10.37609/akya.4170.c8738

KAYNAKLAR

1. Awasthi KK, Sankhla MS, Yadav CS, et al. *Nanoparticles in fingerprinting*. 1st ed. NY:Apple Academic Press;2025. <https://doi.org/10.1201/9781998511938>
2. Daluz, HM. *Fingerprint analysis laboratory workbook*. 2nd ed. Boca Raton:CRC Press; 2018.
3. Kaye DH, Busey T, Gische M, et al. Latent print examination and human factors: Improving the practice through a systems approach. The report of the expert working group on human factors in latent print analysis. *U.S. Department of Justice's National Institute of Justice*.2012. <https://doi.org/10.6028/NIST.IR.7842>
4. President's Council of Advisors on Science and Technology. Forensic science in criminal courts: Ensuring scientific validity of feature-comparison methods. 2016. Available from: https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/microsites/ostp/PCAST/pcast_forensic_science_report_final.pdf. Accessed 25th February 2026.
5. Bleay SM, Bailey MJ, Croxton RS. The forensic exploitation of fingermark chemistry: A review. *WIREs Forensic Science*, 2021;3(4). <https://doi.org/10.1002/wfs2.1403>
6. Hinners P, O'Neill KC, Lee YJ. Revealing individual lifestyles through mass spectrometry imaging of chemical compounds in fingerprints. *Scientific Reports*, 2018;8(1),5149. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-23544-7>
7. Bhanu B, Tan X. *Computational algorithms for fingerprint recognition*. 1st ed. 2004. Boston:Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-0491-7>
8. Scientific Working Group on Friction Ridge Analysis Study and Technology. Standard for the Documentation of Analysis, Comparison, Evaluation, and Verification (ACE-V) in Tenprint Operations (Tenprint). 2016. Available from: https://www.nist.gov/system/files/documents/2016/10/26/swgfast_standard-documentation-ace-v-tenprint_2.0_121124.pdf. Accessed 02th March 2026.
9. Ulery BT, Hicklin RA, Roberts MA, Measuring what latent fingerprint examiners consider sufficient information for individualization determinations. *PLoS ONE*, 2014;9(11), e110179. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0110179>
10. Prasad V, Lukose S, Agarwal P. Role of nanomaterials for forensic investigation and latent fingerprinting—A review. *Journal of Forensic Sciences*, 2020;65(1),26–36. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.14172>
11. National Research Council. *Strengthening forensic science in the United States*. National Academies Press. 2009. <https://doi.org/10.17226/12589>
12. ANSI/ASB Standard 015-24. Standard for examining friction ridge impressions. *AAFS Standards Board*. 2024.
13. ANSI/ASB Standard 014-24. Standard for friction ridge examination training program. *AAFS Standards Board*. 2024.
14. ANSI/ASB Standard 143-24. Standard for technical review in friction ridge examination. *AAFS Standards Board*. 2024.
15. ISO 21043-4. Forensic sciences — Part 4: Interpretation. *International Organization for Standardization*. 2025.
16. Hicklin RA, Richetelli N, Taylor A, Accuracy and reproducibility of latent print decisions on comparisons from searches of an automated fingerprint identification system. *Forensic Science International*, 2025;370, 112457.
17. Jickells SM. Fingerprinting: Into the future. *Measurement and Control*, 2008;41(8), 243–247. <https://doi.org/10.1177/002029400804100802>
18. West MJ, Went MJ. The spectroscopic detection of exogenous material in fingerprints after development with powders and recovery with adhesive lifters. *Forensic Science International*, 2008;174(1), 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2007.02.026>
19. West MJ, Went MJ. The spectroscopic detection of drugs of abuse in fingerprints after develop-

- ment with powders and recovery with adhesive lifters. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 2009;71(5),1984–1988. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2008.07.024>
20. Michalski S, Shaler R, Dorman FL. The evaluation of fatty acid ratios in latent fingermarks by gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS) analysis. *Journal of Forensic Sciences*, 2013;58(s1). <https://doi.org/10.1111/1556-4029.12010>
 21. Girod A, Ramotowski R, Lambrechts S, et al. Fingermark age determinations: Legal considerations, review of the literature and practical propositions. *Forensic Science International*, 2016;262, 212–226. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2016.03.021>
 22. Weyermann C, Roux C, Champod C. Initial results on the composition of fingerprints and its evolution as a function of time by GC/MS analysis. *Journal of Forensic Sciences*, 2011;56(1), 102–108. <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2010.01523.x>
 23. Ulery BT, Hicklin RA, Buscaglia J. Accuracy and reliability of forensic latent fingerprint decisions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2011;108(19), 7733–7738. <https://doi.org/10.1073/pnas.1018707108>