



# Mesterséges intelligencia a törvényszéki tudományokban

## Revolúció vagy invázió? I. rész

### Artificial Intelligence in Forensic Sciences Revolution or Invasion? Part 1

**Lontai Márton**

főigazgató  
Nemzeti Szakértői és Kutató Központ  
lontaim@nszkk.gov.hu



**Pamzsav Horolma**

Dr. DSc, igazságügyi genetikus  
szakértő  
Nemzeti Szakértői és Kutató Központ  
pamzsavh@nszkk.gov.hu



**Petrétei Dávid**

Dr., osztályvezető  
Nemzeti Szakértői és Kutató Központ  
Daktiloszkópiai Szakértői Intézet  
petreteid@nszkk.gov.hu



#### Absztrakt

**Cél:** A kétrészes tanulmány első fele bemutatja a mesterséges intelligencia növekvő szerepét a forenzikus tudományok művelésében. Az alapfogalmak tisztázását és a rövid történeti áttekintést követően sorra veszi a mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásának lehetőségeit a különféle forenzikus szakterületeken: genetika, nyomtan, vegyészeti, toxikológia, antropológia, igazságügyi orvostan.  
**Módszertan:** A tanulmány számos, közelmúltban megjelent külföldi szakcikk feldolgozásával azok szintézisét végzi el.

**Megállapítások:** A mesterséges intelligencia alkalmazásának behatolása az egyes tudományterületekre napjainkban is zajló folyamat. Ezt a fejlődést nem kerülhetik el a legváltozatosabb forenzikus szakterületek sem. A hagyományos módszerekkel kezelhetetlen méretű adatbázisokban való eligazodás, a minta-felismerés, a gépi tanulás mind hasznos eszköz lehet a forenzikus tudomány műveléséhez is. Fontos következtetés azonban, hogy az MI a szakértői munka támogatója, nem helyettesítője.

**Érték:** Magyar nyelven a forenzikus tudományok területén ilyen részletes összefoglaló szakcikk eddig nem született.

A szerzők a kéziratot magyar nyelven nyújtották be. Benyújtás: 2023. 09. 03. Átdolgozás: 2023. 10. 10.  
Elfogadás: 2023. 10. 26.

**Kulcsszavak:** mesterséges intelligencia, forenzikus tudomány, genetika, antropológia

## **Abstract**

**Aim:** The first half of the two-part study is on the emerging role of artificial intelligence in the forensic sciences. After clarifying the basic concepts and a brief historical overview, the possibilities of using AI in various forensic fields are discussed: genetics, pattern recognition, chemistry, toxicology, anthropology, forensic medicine, and scene reconstruction.

**Methodology:** The study synthesises several recently published international papers.

**Findings:** The penetration of the application of artificial intelligence into some fields of science is undoubtedly an ongoing process. Most of the varied forensic fields also cannot avoid this development. Analysing large databases unmanageable with traditional methods, pattern recognition, and machine learning can all be important tools for forensic science. However, an important conclusion is that AI is a supporter of human expert work, not a substitute.

**Value:** In the field of forensic sciences, no such detailed summary article has been published in Hungarian so far.

**Keywords:** artificial intelligence, forensic science, genetics, anthropology

## **Bevezető**

Napjainkban a mesterséges intelligencia (továbbiakban: MI) kifejezés szinte mindennapivá vált, és egy földi halandó ebből csak annyit sejt, hogy a számítógép és a program együttesen művel olyan dolgokat, amelyeket eddig hús-vér ember végzett. Ez a bennünket is érintő viszonylagos tájékozatlanság késztetett arra, hogy utána járjunk a témának: a mesterséges intelligencia milyen mértékben épült be a mindennapi életbe és a törvényszéki tudományokba? Mit tud jobban, mint mi emberek, és mikor jön el az az idő, amikor használata elkerülhetetlenné válik az igazságügyi szakértői gyakorlatban. Ha már utána jártunk az MI témájának, próbáltuk jobban kifejteni a gyakran használt szakkifejezések mibenlétét, amelyek a következők: gépi tanulás, mélytanulás, gyenge/szűk MI, erős MI, mesterséges általános intelligencia, mesterséges szuperintelligencia stb.

## Mi a mesterséges intelligencia?

Az MI (angolul Artificial Intelligence – AI) fejlődése töretlen, népszerűsége napról napra szárnyal. Az MI egy rendszer vagy program azon képessége, hogy gondolkodjon és tanuljon a tapasztalatokból ([URL1](#)).

Az MI a gépen megjelenített intelligencia, amely szimulálja az emberi viselkedést vagy gondolkodást, és speciális problémák megoldására tanítható. Az MI a gépi tanulási technikák (machine learning) és a mélytanulás (deep learning) kombinációja. Az MI modelljeit hatalmas mennyiségű adat felhasználásával képezik ki, amelyek képesek intelligens döntéseket hozni.

Mind a mélytanulás, mind a gépi tanulás az MI részterületei, a mélytanulás pedig valójában a gépi tanulás részterülete. A mélytanulás is voltaképpen neurális hálózatokból áll, ahol a „mély” olyan neurális hálózatra utal, ami háromnál sokkal több rétegből áll – a hagyományos bemeneti és kimeneti rétegek között több tucat rejtett adatfeldolgozó rétege lehet, amik egyszerre dolgoznak. Például képek értelmezése esetén alsóbb szintű rétegek végzik az élek azonosítását, a magasabb szintű rétegek pedig az ábrázolt dolgok felismerését.

A mélytanulás a közönséges gépi tanulástól abban különbözik, ahogy az egyes algoritmusok tanulnak. A mélytanulás automatizálja a folyamatjellemzők kinyerésének többségét, kiküszöbölve a szükséges kézi/emberi beavatkozások egy részét, és lehetővé teszi nagyobb adatkészletek használatát. A mélytanulást „skálázható gépi tanulásként” is tekinthetjük. A klasszikus vagy „nem mély” gépi tanulás jobban függ az emberi beavatkozástól, és a szakemberek határozzák meg a funkciók hierarchiáját, hogy megértsék az adatbevitel közötti különbségeket, amelyek általában strukturáltabb adatokat igényelnek a tanuláshoz. A „mély” gépi tanulás felhasználhatja a címkézett adatkészleteket, más néven felügyelt tanulást, hogy tájékozódjon az algoritmusáról, de nem feltétlenül igényel címkézett adatkészletet. Strukturálatlan adatokat nyers formában (például szöveget, képeket) tud beemelni, és automatikusan meg tudja határozni a különböző adatkategóriákat egymástól megkülönböztető jellemzők hierarchiáját. A gépi tanúlással ellentétben az adatok feldolgozásához nem igényel emberi beavatkozást, így érdekesebb módokon skálázhatjuk a gépi tanulást. Ezen kívül további MI fogalmakkal is meg kell ismerkednünk: gyenge és erős MI. A gyenge MI – más néven Narrow AI vagy Artificial Narrow Intelligence (ANI) – meghatározott feladatok elvégzésére összpontosít. A gyenge vagy szűk MI mozgatja a ma minket körülvevő MI nagy részét. A „szűk” kifejezés pontosabban fejezi ki az ilyen típusú MI jellemzőit, mivel az minden, csak nem gyenge; lehetővé tesz néhány nagyon robusztus alkalmazást, mint amilyen például az Apple Siri, az Amazon Alexa, az IBM Watson (lásd később), vagy akár az önvezető járművek.

Az erős MI a mesterséges általános intelligenciából (Artificial General Intelligence; továbbiakban: AGI) és a mesterséges szuperintelligenciából (Artificial Super Intelligence; továbbiakban: ASI) áll. Az AGI az MI egy elméleti formája, ahol a gépek intelligenciája megegyezik az emberekével; öntudatos tudata lenne, amely képes megoldani a problémákat, tanulni és tervezni a jövőt. Az ASI – más néven szuperintelligencia – felülmúlná az emberi agy intelligenciáját és képességeit. Noha az erős MI még mindig teljesen elméleti képződmény, és manapság még nincsenek rá gyakorlati példák, a fejlesztések és a kutatások folyamatosan zajlanak. Addig is az ASI legjobb példái a tudományos-fantasztikus irodalomból származhatnak, mint például a HAL9000, a legénység ellen forduló emberfeletti számítógép a 1968-ban készült emblematikus regényben és filmben, a 2001: Űrodüsszeiában.

## A mesterséges intelligencia története: főbb dátumok és nevek

A „gondolkodó gép” ötlete az ókori Görögországba nyúlik vissza. Az elektronikus számítástechnika megjelenése óta azonban az MI fejlődésének fontos eseményei és mérföldkövei a következők ([URL2](#)):

**1950: Alan Turing** közzé tette az úgynevezett *Számítástechnikai gépek és intelligencia* (Computing Machinery and Intelligence) című cikkét. A cikkben Turing – aki a náci Enigma kódjának a második világháború alatti feltöréséről híres – azt a kérdést boncolta, hogy „gondolkodhatnak-e a gépek?” Ő vezette be az úgynevezett Turing-tesztet annak meghatározására, hogy bármely számítógép képes-e ugyanazt az értelmet (vagy legalább az értelem ugyanolyan eredményeit) mutatni, mint egy ember. A Turing-teszt értékéről azóta is vita folyik.

**1956: John McCarthy** angol matematikus, a modern számítógép-tudomány egyik atyja bevezeti a „mesterséges intelligencia” kifejezést a Dartmouth College-ban tartott első MI-konferencián. Még ugyanebben az évben Allen Newell informatikus és kognitív pszichológus, Herbert A. Simon politológus, közgazdász és szociológus, valamint John Clifford Shaw rendszerprogramozó – mindannyian a kaliforniai Santa Monica-i Rand Corporation munkatársai voltak – kifejlesztették a Logic Theoristot, az első olyan programot, amelyet szándékosan úgy terveztek, hogy utánozza az emberi lény problémamegoldó képességeit.

**1958: Frank Rosenblatt** amerikai pszichológus, a mélytanulás egyik atyja megépítette a Mark 1 Perceptront, az első olyan neurális hálózaton alapuló számítógépet, amely próbálkozással „tanult”. Tizenegy évvel később Marvin Minsky amerikai kognitív tudós és informatikus és Seymour Papert amerikai matematikus, informatikus kiadott egy könyvet *Perceptrons* címmel, amely

egyszerre a neurális hálózatok mérföldkövének számító munkája, és legalábbis egy ideig érv a jövőbeli neurális hálózatok kutatási projektjei ellen.

**1980-as évek:** Azok a neurális hálózatok, amelyek hiba-visszaterjesztést használnak önmaguk képzésére, széles körben használatosak lettek az MI-alkalmazásokban.

**1997:** Az IBM Deep Blue nevű számítógép sakkmérkőzésen (és visszavágón) legyőzi az akkori sakkvilágbajnokot, Garri Kaszparovot.

**2011:** Az IBM Watson legyőzte a bajnok Ken Jennings és Brad Ruttert a Jeopardy kvízműsorban. Az IBM Watson (az IBM alapítója, Thomas Watson után) természetes nyelvi feldolgozást használ, olyan technológiát, amely elemzi az emberi beszédet szemantika és szintaxis szempontjából. A Jeopardy! egy amerikai kvízműsor, ahol a játékosok egymondatos állításokat kapnak, ami alapján meg kell fogalmazniuk a kérdést, amire az állítás lenne a válasz.

**2015:** A Baidu (a „kínai Google”) Minwa nevű szuperszámítógépe egy speciális mély neurális hálózatot, úgynevezett konvolúciós neurális hálózatot használ a képek azonosítására és kategorizálására, az átlagos embernél nagyobb pontossággal.

**2016:** A DeepMind (brit MI cég) mély neurális hálózattal működő AlphaGo programja egy ötjátszmás meccsen legyőzi Lee Sodolt, a világbajnok Go játékost. A győzelem jelentős, tekintve, hogy a játék előrehaladtával szinte „végtelen” lehetséges lépés van (több mint 14 500 milliárd már négy lépés után). Később a Google megvásárolta a DeepMindot 400 millió dollárért.

**2022:** Az OpenAI (mesterséges intelligenciakutató cég) 2022. november 30-án, a nagyközönség számára közzétett egy ingyenes, géptanulási technikával kiképzett nyelvi modellt a párbeszédhez, ChatGPT néven. A ChatGPT olyan nyelvi modell, amely természetes nyelvi feldolgozási feladatokhoz, például szöveggeneráláshoz és fordításhoz használható. A GPT-3.5 (Generative Pre-trained Transformer 3.5) modellen alapul, amely a jelenleg elérhető egyik legnagyobb és legfejlettebb nyelvi modell. Természetes nyelvi feldolgozási feladatok széles skálájára használható, amelyek közül alább felsorolunk néhány lehetséges alkalmazást.

- Szöveggenerálás: A ChatGPT segítségével emberszerű szöveges válaszokat generálhatunk, ami hasznossá teszi chatbot létrehozására ügyfélszolgálatokon, válaszok generálására online térben (például fórumokon feltett kérdésekre válaszol), vagy akár személyre szabott tartalmat hoz létre a közösségi médiában.
- Nyelvi fordítás: A ChatGPT fordítási feladathoz is használható. Azáltal, hogy a modellt egynyelvű szöveges prompittal (parancssorral) látja el, és megadja a célnyelvet, a modell pontos és gördülékeny fordításokat tud generálni a szövegből.

- Szövegösszegzés: A ChatGPT használható hosszú dokumentumok vagy cikkek összefoglalásának létrehozására. Ez hasznos lehet a szöveg gyors áttekintéséhez anélkül, hogy a teljes dokumentumot el kellene olvasni.
- Hangulatelemzés: A ChatGPT segítségével egy adott szöveg hangulatát elemezhetjük. Ez hasznos lehet egy írás általános hangvételének és érzelmeinek megértéséhez, vagy a vásárlói visszajelzések érzésének észleléséhez, hogy javítsák az ügyfelek elégedettségét.

## Mesterséges intelligencia az igazságügyi eljárásokban

A forenzikus (törvényszéki, igazságügyi) tudomány tudományos módszerek, illetve különleges szakértelem alkalmazása a jogalkalmazási célú ténymegállapítás (felderítés, nyomozás, bíróság előtti bizonyítás) érdekében. A törvényszéki tudományok területén az MI-alkalmazások hozzájárulhatnak a szakértők teljesítményének javításához. Az MI új információkat gyűjthet hatalmas adatkészletekből a tudás bővítése az emberi szubjektivitásból fakadó esetleges hibák csökkentése érdekében. Ez szélesebb, szilárdabb tudományos alapot biztosítva elősegítheti a szakértői bizonyítékok elfogadhatóságát (Galante et al., 2022). Innovatív MI-alkalmazásokat javasolnak különböző szakterületeken, amelyek magukba foglalják a biológiai nem és az életkor becslését (Bewles et al., 2019), a harapásnyomok elemzését (Mahasantipiya et al., 2011), a halál óta eltelt idő (PMI) becslését (Cantürk et al., 2018) és a DNS eredményének interpretálását (Moretti et al. 2017). Mindezek miatt elengedhetetlen annak mérlegelése, hogy az MI hatásai valóban felváltják-e, diverzifikálják vagy kiegészítik és kiterjesztik a kriminalisztikai problémák korábbi jól ismert megoldásait (Spivak et al., 2021). Az említettek közül néhány szakterületet részletesebben fogunk ismertetni a következőkben.

## A bűnüldözés „arany standardja”, a DNS-vizsgálat

Az utóbbi időben olyan fejlesztések történnek, amelyek során MI-t alkalmaznak – mesterséges neurális hálózatok (Artificial Neural Network; továbbiakban: ANN) – a DNS-profilokat tartalmazó, úgynevezett elektroferogramok (EPG)<sup>1</sup> értékelésére az igazságügyi DNS-laboratóriumokban. Mielőtt ezeknek az elektroferogramoknak az eredményeit a véleményben a szakértők felhasználnák, alaposan

---

1 A DNS-vizsgálatok eredményének képi megjelenítése csúcsok formájában.

meg kell vizsgálniuk azokat, hogy megállapítsák, mely DNS-jelek (csúcsok) mutatnak valódi DNS-allélokot, és melyek azok, amelyek pusztán a DNS-profilalkotási folyamat műtermékei. Tehát ANN-ek felhasználhatók arra, hogy az elektroferogramon lévő jeleket olyan kategóriákba sorolják, amelyeknek jelentése van (például allél, alapvonal, pull-up vagy stutter). Ehhez a munkafolyamathoz a neurális hálózatokat egyetlen típusú adatra képezték ki, egyetlen laboratóriumi környezetben generálták és alkalmazták azokat az adatokra, amelyek megfeleltek ezeknek a tényezőknek. Ezek az ANN-ek az emberi agy működése által ihletett hálózatrendszerek, amelyek egyre sikeresebbek nagy adathalmazok elemzésében, orvosi diagnózisok felállításában, kézírás azonosításában, játékban vagy képek felismerésében, ráadásul kiküszöbölhető a kognitív elfoglaltság (Taylor et al., 2016). A szerzők a következő munkájukban azt vizsgálták, hogy a neurális hálózatok képesek-e különböző típusú (azaz egy személytől vagy több személytől származó kevert DNS-profilok) és különböző laboratóriumi körülmények (különösen az elektroforézis műszerek modellje) meghatározására, hogy minden egyes előállított adattípushoz szükség van-e neurális hálózatokra, vagy egyetlen neurális hálózat használható az adatok széles skálájához és még mindig ugyanazt a teljesítményszintet éri el. Vizsgálatuk eredményei kihatnak arra vonatkozóan, hogy egy laboratórium hogyan oktatja és alkalmazza a neurális hálózatokat a laboratóriumában készült elektroferogramok adatainak osztályozására (Taylor et al., 2019). A szakértők általában előnyben részesítik a bonyolult, de pontos eszközöket az egyszerűbb, de kevésbé pontos eszközökkel szemben. Ha az egyes hardvertípusokra (3130xl vagy 3500xl) vagy profiltípusokra (egy forrásból vs. kevert DNS-profil) kiképzett ANN-ek jobban teljesítenének, mint a kombinált adatkészleteken betanított ANN-ek, akkor az utóbbi bonyolultabb rendszert jelentene a laboratóriumok számára. A szerzők azt találták, hogy az ANN-ek egyetlen készlete valóban tanítható olyan adatokra, amelyek a hardvertípusok és az adattípusok között mozognak, és továbbra is jól általánosíthatók e tényezők bármely kombinációjával rendelkező profilokra. Azt is érdemes megemlíteni, hogy kutatók a genetikus szakértők által napi rutinban leggyakrabban használt két kitet (a GlobalFiler és a PowerPlex Fusion 6C) tanították az úgynevezett Probabilistic Assessment for Contributor Estimation (PACE) új verziójával, amely egy teljesen folyamatos valószínűségi gépi tanuláson (random forest algorithm) alapuló módszer a műtermékek azonosítására és a kevert profilban szereplő donorok számának becslésére. A PACE ezen verziója három különálló, de egymást nem kizáró módon használható: (1) rendszer, amely segíti az elemzőt az olyan műtermékek azonosításában, mint a stutter (műtermék), a küszöb feletti zaj és a pull-up; (2) egy eszköz a profil összetettségének meghatározására, például ha egy profil alkalmas az interpretálásra; (3) egy DNS-keverékben

a résztvevők számának valószínűségi értékelésére (Marciano & Adelman, 2019). A fenti eredményekből megállapítható, hogy az MI gépi tanulás algoritmusai „hamarosan” átvehetik a DNS-profil azonosítás egyes értékelési szakaszait a genetikus szakértőktől, felszabadítva ezzel az időt a nagy rutint igénylő munkafázisok számára. Az MI gépi tanulás algoritmusai nemcsak a törvényszéki genetikában, hanem a kriminalisztikai tudomány minden más területén teret nyernek.

## Nyomszakértői munka

Az MI-t a törvényszéki tudományok más területein is alkalmazták, ideértve a lábellenyomok azonosítását, az arc- és ruhafelismerést, az igazságügyi rovartant és a ballisztikát. Lábellenyomok esetén olyan módszert vizsgáltak, amely képes becsülni az emberi életkort és nemet a hátrahagyott cipőnyomok alapján, automatikus tanulási megközelítéssel, amelyet ShoeNetnek neveznek. A tanulmány célja az volt, hogy a nagy populációt kis számú gyanúsítottra korlátozza, ezzel időt és erőforrásokat takarítson meg. A bűnügyi nyomszakértői területen szisztematikus megközelítést értek el az emberi életkor és nem becslésére nagyméretű cipőnyom-adatkészletből gépi tanulási algoritmus segítségével – 7 és 80 éves közötti személyektől származó 100 ezer nyomatról van szó. Ennek a modellnek az alkalmazásával az életkor és nem becslése biztató pontossági szinten automatizálható, ami költséghatékonyságával, a jobb skálázhatóságával, megbízhatóan és elfogultság nélkül nyújt döntéstámogatást. Továbbá sikeresen kezeli a zajjal, a mintázatokkal, a gyártási tervekkel, a kopási idővel és legfőképpen a kopási hatásokkal kapcsolatos számítási problémákat (Hassan et al., 2021). A ruhafelismerés egy másik hasznos azonosítási módszer, amikor az arcfelismerést és a biometrikus bizonyítékokat nehéz alkalmazni. Az öltözék olyan tényező, amely általában tükrözi a nemet, az életkort és a társadalmi helyzetet. Kutatók egy DCNN-t (Deep Convolutional Neural Network) használó módszerről számoltak be, amit arra képeztek ki, hogy a ruházatot ábrázoló képeket minőség alapján osztályozza, és jó eredménnyel különböztesse meg a specifikusabb tulajdonságokat, például a logókat (Bedeli et al., 2018).

## A fejlett mesterséges intelligencia alkalmazása az igazságügyi orvostanban

A forenzikus tudomány igazságügyi szakértőkre támaszkodik, akik képzettségükre, jártasságukra és szakmai tapasztalatukra támaszkodva alkotnak



szakvéleményt. Ez általában időigényes, és gyakran több, nehezen leküzdhető szubjektív tényező is befolyásolhatja. E fejezet fő célja egy nagyon ígéretes kutatási irány bemutatása, ami alkalmazható az igazságügyi antropológia és az igazságügyi orvostan különböző szakterületeire. Az MI alkalmazása új irányzat az igazságügyi orvostanban, és lehetséges vízváltó pillanat az egész törvényszéki szakterület számára. A háromdimenziós konvolúciós neurális hálózatok (3D Convolutional Neural Network; továbbiakban: 3D CNN) hatékonyak a képfeldolgozásban és képfelismerésben. A 3D CNN előnye elődeihez képest, hogy emberi felügyelet nélkül, automatikusan felismeri a fontos funkciókat. A 3D CNN-t a jellemzők háromdimenziós kinyerésére használják, ahol a bemenet egy 3D-s kötet vagy 2D-s képek sorozata, például egy kúpalakú sugárnyalábot alkalmazó számítógépes rétegvizsgáló, azaz tomográf (Cone-Beam Computer Tomography; továbbiakban: CBCT) szeletei (Szabó, 2019). A közelmúltban publikált cikk (Thurzo et al., 2021) a teljes körű CBCT-vizsgálatok 3D CNN-elemzésének újszerű munkafolyamatát mutatja be. Fő célja az volt, hogy interdiszciplináris hidat képezzen az igazságügyi orvosszakértők és az MI-mérnökök között. Aktivizálni kell a témában a fejlett MI technikákról esetleg alapismeretekkel rendelkező klinikai igazságügyi szakértőket, akik a törvényszéki kutatások továbbfejlesztése érdekében érdeklődnek annak megvalósítása iránt. A szerzők a 3D CNN módszert kutatják és mutatják be a törvényszéki kutatás tervezési koncepciójához öt szempontból: (1) a biológiai nem meghatározása; (2) a biológiai életkor becslése; (3) a 3D viszonyítási pontok keresése és kijelölése a koponyán; (4) a növekedési vektorok előrejelzése; (5) az arckép becslése a koponyából és fordítva. A 3D CNN-alkalmazás olyan korszakalkotó lépés lehet a törvényszéki orvostanban, ami a 3D neurális hálózatokon alapuló igazságügyi szakértői elemzési folyamatok javulásához vezet. Továbbá a gyakorlati megvalósításokkal vízváltó pillanat lesz a morfológiai jellemzőkkel foglalkozó igazságügyi orvostani szakterületeken. Összefoglalva: feltételezhetjük, hogy a 3D CNN mint fejlett MI funkció, megváltoztatja a paradigmát az összes fent leírt területen, és valószínűleg néhány más területen is. A törvényszéki orvosszakértőket most arra ösztönzik, hogy az MI korszakába lépjenek, amely hasznos eszköz a kutatáshoz és esetleg a jövőbeni rutin törvényszéki elemzéshez. A kriminalisztikai 3D-rekonstrukciók MI-vel új, izgalmas és gyakorlatilag használható módszerek lesznek. A fejlett MI megvalósítása továbbra is interdiszciplináris együttműködést igényel, de használható a megoldatlan rejtélyek megfejtésére. Ez határozottan nem elhanyagolható tendencia (Thurzo et al., 2021).

## A mesterségesintelligencia-alapú személyazonosítás az igazságügyi antropológiában

A személyazonosítás jelentősége vitathatatlan a mai társadalomban. E területen folyamatosan növekszik a pontos és robusztus eszközök iránti igény. A személyazonosításban leggyakrabban használt módszerek a DNS-teszt és az ujjnyomat-összehasonlító rendszerek (AFIS), leginkább nagy (99% feletti) pontosságuk miatt. Ezek a módszerek drágák (az AFIS költségei több millió dollárra is rúghatnak a rendszer összetettségétől függően) és időigényesek (csontból történő DNS-teszt hetekig tarthat). Legfőbb hátrányuk azonban korlátozott alkalmazhatóságuk: mindkettő előzetes nyilvántartást, megbízható kiindulási alapot és megőrzött vizsgálati anyagot igényel a DNS-kinyeréshez vagy az ujjnyomat-összehasonlításhoz. Vagyis ezeknek a módszereknek az alkalmazása kudarcot vallhat, ha az adatok hiánya (referencia DNS-minta) vagy a holttest állapota miatt nem áll rendelkezésre elegendő ante mortem (továbbiakban: AM) vagy post mortem (továbbiakban: PM) információ. Míg a csontváz általában túléli a bomlási folyamatokat (tűz, só, víz stb.), a lágyszövet fokozatosan lebomlik, eltűnik, ami megnehezíti vagy megghiúsítja a daktiloszkópiai azonosítást. Ha a körülmények nem kedvezőek (például csontváz, megégett vagy erősen bomlott, darabolt, akár összekeveredett maradványok, tömegsírok stb. estén), a törvényszéki antropológián (forensic anthropology; továbbiakban: FA) alapuló módszerek jelenthetik a fő alternatívát. Az FA tanulmányozza a csontmaradványokat az igazságügyi vizsgálatok során, magába foglalja a csontvázalapú azonosítás (skeleton-based forensic identification; továbbiakban: SFI) technikáit, például a koponya-arc-szuperimpozíciót vagy az összehasonlító radiográfiát. Több szakember tapasztalata szerint bizonyos (például a fent felsorolt) kihívást jelentő esetekben az SFI-technikák az esetek 70–80%-ában hatékonyan működtek a DNS- (kb. 3%) és a daktiloszkópiaalapú (15–25%) személyazonosítással szemben. Az igazságügyi antropológusok, fogorvosok és patológusok által alkalmazott SFI-módszerek sok esetben az áldozat utolsó esélyét jelentik az azonosításra (Mesejo et al., 2020). Az MI technikákat figyelemre méltó sikerrel alkalmazták számos kihívást jelentő feladatban, beleértve az egészségügyi ellátást és az orvosi képalkotást. Ebből a szempontból talán meglepő lehet az MI szerényebb jelenléte a törvényszéki antropológusok napi gyakorlatában. Még ha egyes integrált eszközök is megjelennek, a törvényszéki szakértőknek a mai napig nem állnak rendelkezésre MI alapú eszközök az SFI-feladatok automatizálására. MI technikákat alkalmaznak a különböző orvosi biológiai képalkotási módozatokban, főleg röntgenfelvételek, CT-k és MRI-k, de PM anyagok, azaz csontmaradványok 3D szkennelése esetén is, azzal a céllal, hogy hozzájáruljanak az elhunyt és élő személyek törvényszéki

személyazonosításához. Az ismertett megoldások némelyike CV (Computer Vision), SC (Soft Computing<sup>2</sup>) és ML (Machine Learning) technikákat alkalmaz az azonosítási eljárásban, például a CFS (Craniofacial Superimposition) vagy a CR (Comparative Radiography) automatizálására, az AM adatok és PM adatok pártatlan és pontos feldolgozása, elemzése és összehasonlítása révén. Ezenkívül a bemutatott megoldások némelyike lehetővé teszi a gyors és többszörös összehasonlítást, hatékony szűrőeszközöket kínálva, amelyekkel napok helyett percek alatt jelentősen csökkenthetik a kandidátusokat. Másrészt objektív és megismételhető eredményekkel is alá lehet támasztani a szakértői döntéseket, amik talán erősebb hatást gyakorolnának a jogalkalmazóra. Az itt idézett tanulmányok azt mutatják, hogy az MI technikák kiképezhetők az egyén biológiai profiljának (Biological Profile; továbbiakban: BP) becslésére, illetve traumás vagy kóros állapotok leírására csontvázmaradványok vagy röntgenfelvételek alapján. Más technikák képesek hozzájárulni az anatómiai struktúrák nagy pontosságú vizuális összehasonlításának automatikus elvégzéséhez, és képesek kiküszöbölni az emberi elfoglaltságot ennek során. Természetesen vannak korlátok: jelenleg viszonylag kevés a multidiszciplináris munkacsoportok száma, és egyelőre hiányoznak a kutatási célú nagy és nyílt nyilvános adatbázisok. Megjegyezzük, hogy sok más orvosi alkalmazáshoz hasonlóan nem az eredmények pontossága az egyetlen elérendő cél. Az eredményeket az emberi felhasználók számára is érthetővé kell tenni. A magyarázható MI nemrégiben bevezetett koncepciója magába foglalja a feketedoboz-modellek megnyitására, a modellek által tanult megértésének és érthetőségének javítására, illetve az egyéni előrejelzések magyarázatára szolgáló MI-rendszereket. Az FA olyan megoldásokat követel, amelyek figyelembe veszik az egyes feladatok megmagyarázhatóságát, miközben elérik a kívánt teljesítményt és pontosságot, biztosítva a tervezett (emberközpontú) modelleknek vagy döntéstámogató rendszereknek azt a képességét, hogy megbízzanak a rendszer kimenetében.

Jövőbeli fejlesztési lehetőségek a CFS, CR és BP azonosítási módszertan területén:

- a) A koponya és arc szuperimpozícióval, azaz a CFS-sel kapcsolatban különösen fontos lenne szisztematikus és alapos tanulmányok elvégzése annak igazolására, hogy ez az azonosítási technika mennyire hatékony. Az MI technikák nagyon hasznosak lennének nagy adattömegek kezelésére, valamint a CFS-folyamat részfeladatainak automatizálására és tárgyiasítására. Mindez

---

2 A soft computing algoritmusok halmaza, beleértve a neurális hálózatokat, a „fuzzy” logikát és az evolúciós algoritmusokat. Ezek az algoritmusok túrik a pontatlanságot, a bizonytalanságot, a részleges igazságot és a közelítést.

- hozzájárulna a CFS tudományos támogatottságának növeléséhez, valamint ahhoz, hogy a koponyát a daktiloszkópiához, a DNS-hez és a fogazathoz hasonlóan elsődleges azonosítónak tekinthessük (jelenleg másodlagos azonosító a sebhelyekhez, tetoválásokhoz, egyéb orvosi adatokhoz hasonlóan).
- b) Az összehasonlító radiológia, azaz a CR már gyakorlatilag elsődleges azonosítási technika. (Bár megjegyezzük, hogy az Interpol még nem ismeri el annak, lásd Angyal & Petrétei, 2019.) A célkitűzés itt a CR folyamat valamennyi szakaszának automatizálása, integrálása és végül olyan döntéstámogató rendszer kialakítása, ami a lehető legtöbb információt képes összesíteni, hogy segítse az igazságügyi szakértőt a döntéshozatali folyamatban.
  - c) A biológiai profillal kapcsolatban is van jogalkalmazói igény az azt elősegítő eszközök alkalmazására, például élő személyek életkorának becslése, ami a pedofilias esetekkel összefüggésbe hozható képeken vagy videókon, vagy kísérő nélküli kiskorú migránsok esetében kiemelten fontos (Mesejo et al., 2020).

## A mesterséges intelligencia az igazságügyi toxikológiában

A kémiai adatbázisok bővülése, a keresési kör tágulása kihívást jelent a kábítószerekkel és a gyógyszerekkel visszaélés nyomozása során. Az automatizált kémiai elemzés lehetővé tette a vegyületek azonosítását, illetve korábban elképzelhetetlen mennyiségű információ elérhetőségét. 2020-ra több mint 160 millió szerves és szervetlen vegyületet tartott nyilván a Chemical Abstract Service (CAS) az adatbázisaiban. Ez az áttekinthetetlen adatmennyiség kihívást jelentene a kutatások számára, ezért kezeléséhez számítógépekre és MI alkalmazásra van szükség (Gasteiger, 2020). A bővülő kémiai adatbázisok összekapcsolása az információs technológiával létrehozta a kémiai informatikát. Ez a tudományág hozzájárul a reakcióegyenletek megoldásához, a reakció termékeinek előrejelzéséhez, a kémiai adatok elemzésére szolgáló statisztikai módszerek kidolgozásához, valamint a vegyületek és spektrumok elemzéséhez. Például statisztikai módszerekkel azonosíthatók a vegyületek a spektrumadatbázisokkal végzett összehasonlítás révén (Dotzert, 2021). A gépi tanulási modellek új dimenziót nyújtanak a kevert vegyi anyagok azonosításához azáltal, hogy megkülönböztetik a vegyületeket összetételük, az analitikai körülmények ismerete és egyéb információk alapján. Például a kromatográfiás elválasztási eredményeket a tömegspektrometriás eredményekkel, illetve olyan elválasztási információkkal egyetemben értelmezik, mint a mozgófázis és az elválasztó oszlop (Gasteiger, 2020).

## Összefoglalás

A törvényszéki szakértői munka összetett vizsgálatokat jelent, illetve számos forrásból származó adatok gyűjtését, majd azok integrálását a logikus következtetések levonása érdekében. Az ilyen adatok kinyerése kétségtelenül érdekesítő feladat, illetve általában hatékony is, az egyre nagyobb mennyiségű adat kezelése viszont gyakran jelent kihívást, sőt olykor már kaotikus lehet. A nyomozás során az MI segítséget nyújthat az igazságügyi szakértőknek az adatok megfelelő kezelésében és többszintű metaanalízis elvégzésében. Ez jelentős időt takaríthat meg a törvényszéki nyomozóknak, ugyanakkor biztosítja, hogy legyen elegendő idejük és energiájuk más létfontosságú feladatokra összpontosítani. Az ujjnyomat- és DNS-azonosítástól az igazságügyi antropológián át a természetvédelmi kriminalisztikáig a törvényszéki tudomány a szakterületek széles körét öleli fel. Különböző háttérük ellenére minden törvényszéki szakértő ugyanazokkal a problémákkal szembesül. Az adatbázis-elemzés, a természetes nyelvi feldolgozás, a beszédfelismerés és a gépi látás az MI néhány speciális felhasználási területe. Az MI rendszerek úgy működnek, hogy hatalmas mennyiségű címkézett képzési adatot fogyasztanak, kiértékelik az adatokat korrelációk és minták szempontjából, majd ezeket a mintázatokat használják a jövőbeli állapotok előrejelzésére. Ily módon egy chatbot szöveges csevegési példákon keresztül megtanulhatja, hogy élethű beszélgetéseket generáljon emberekkel, vagy egy képfelismerő program megtanulja azonosítani és leírni a fényképeken lévő dolgokat több millió kép elemzésével.

Amikor bűnügyi nyomozásról van szó, az MI nagyszerű eszköz lehet számos szempontból:

- 1) adatkezelés és -elemzés a vizsgálatok támogatásához,
- 2) problémák kezelése és megoldási módszertan,
- 3) mintafelismerés,
- 4) átláthatóan bemutatni az érvelés lépéseit,
- 5) a hamis pozitív vagy hamis negatív azonosításkizárás számának csökkentése az elemzés során, amelyek nagyon gyakoriak a törvényszéki tudományban,
- 6) a szakértelem strukturált megjelenítése, ami a jogalkalmazókat is segíti a gyors és pontos döntésekben,
- 7) jól megszervezett teljesítményértékelés,
- 8) adatbányászat,
- 9) bizonyítékok statisztikai megalapozása,
- 10) integráció a jelenlegi architektúrával, eszközökkel és alkalmazásokkal (Kamdar & Pandey, 2011).

Az MI technológia segíthet a mintázatok felismerésében, például egyetlen kép különböző összetevőinek azonosításában, az e-mailekben és üzenetekben lévő mintázatok észlelésében, valamint az új információk és a rendszeradatbázisokban meglévő adatok különféle formáinak egyeztetésében. Segíthet a nyomozóknak abban is, hogy a gyanúsított információkat összekapcsolja a meglévő bünyügyi nyilvántartásokkal, és tájékoztatja őket minden olyan múltbeli bűncselekményről, amelyben a kérdéses gyanúsított részt vehetett (Chinnikatti, 2018). A törvényszéki statisztika tudományos módszereket kínál a bizonyítékok igazságszolgáltatási rendszerben történő kezelésére. A kifinomultabb és átfogóbb információs adatbázisokkal az MI szükség esetén gyors megoldásokkal segítheti a jogalkalmazókat. A forenzikus működés szükségessé teszi a szakértők és jogalkalmazók közti zökkenőmentes kommunikációt, ennek hiánya az adatok félreértelmezéséhez vezethet, ami késedelmes vagy helytelen jogalkalmazói döntéseket okozhat. Az MI segít áthidalni a kommunikációs szakadékot a szektor különböző szereplői között, akik erős statisztikai bizonyítékokat használhatnak fel a narratívájuk és az érveik alátámasztására. Az MI grafikus, vizuális környezetet tud létrehozni a rekonstrukció különböző forgatókönyveihez, illetve az egyes hatásmechanizmusok megfelelő bemutatásához. Használható a cselekmény körülményeinek grafikus modellálására is, ami felhasználható sértetti-gyanúsított állítások alátámasztására vagy cáfolatára, lehetővé téve a jogalkalmazó számára, hogy megalapozott döntéseket hozzon (Kamdar & Pandey, 2011).

Az MI olyan online adattár létrehozásában is segíthet, amely az összes digitális kriminalisztikai vizsgálatot, adatot, eszközt és leletet tárolná. A tárolókapacitás exponenciális növekedésével egyre nehezebbé válik mindezen adatok tárolása és értékelése. Az MI jó eszköz lehet az adatok tárolására, elemzésére és jogi célokra történő felhasználására (Kamdar & Pandey, 2011).

## Felhasznált irodalom

---

- Angyal M. & Petrétei D. (2019). *A magyarországi áldozatazonosítási szolgálat felállításának kihívásai és tapasztalatai*. Nemzeti Közszolgálati Egyetem.
- Bedeli, M., Geradts, Z. & van Eijk, E. (2018). Clothing identification via deep learning: forensic applications. *Forensic Sciences Research*, 3(3), 219–229. <https://doi.org/10.1080/20961790.2018.1526251>
- Bewles, J., Low, A., Morphet, A., Pate, F. D. & Henneberg, M. (2019). Artificial intelligence for sex determination of skeletal remains: application of a deep learning artificial neural network to human skulls. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 62(1), 40–43. <https://doi.org/10.1016/j.jflm.2019.01.004>

- Cantürk, İ. & Özyılmaz, L. (2018). A computational approach to estimate postmortem interval using opacity development of eye for human subjects. *Computers in Biology and Medicine*, 98(4), 93–99. <https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2018.04.023>
- Chinnikatti, S. K. (2018). Artificial Intelligence in Forensic Science. *Forensic Science & Addition Research*, 3(1), 000554. <http://dx.doi.org/10.31031/FSAR.2018.03.000554>
- Dotzert, M. (2021). *The Power of Algorithms in Analytical Chemistry*. <https://www.labmanager.com/insights/the-power-of-algorithms-in-analytical-chemistry-23167>
- Galante, N., Cotroneo, R., Furci, D., Lodetti, G. & Casali, M. B. (2022). Applications of artificial intelligence in forensic sciences: Current potential benefits, limitations and perspectives. *International journal of legal medicine*, 137(2), 445–458. <https://doi.org/10.1007/s00414-022-02928-5>
- Gasteiger, J. (2020). Chemistry in times of artificial intelligence. *Chemphyschem: a European journal of chemical physics and physical chemistry*, 21(20), 2233–2242. <https://doi.org/10.1002/cphc.202000518>
- Hassan, M., Wanga, Y., Wang, D., Li, D., Liang, Y., Zhou, Y. & Xu, D. (2021). Deep learning analysis and age prediction from shoeprints. *Forensic Science International*, 327, 110987. <http://dx.doi.org/10.1016/j.forsciint.2021.110987>
- Kamdar, S. R. & Pandey, A. (2011). The Scope of Artificial Intelligence in Forensic Science. *The Indian Police Journal*, 58(3), 48–51.
- Mahasantipiya, P. M., Yeasarapat, U., Suriyadet, T., Sricharoen, J., Dumrongwanich, A. & Thaipathump, T. (2011). Bite mark identification using neural networks: a preliminary study. *Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists*, 1, 16–18.
- Marciano, M. A. & Adelman, J. D. (2019). Developmental validation of PACE™: Automated artifact identification and contributor estimation for use with GlobalFiler™ and PowerPlex® fusion 6c generated data. *Forensic Science International: Genetics*, 43, 102140. <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2019.102140>
- Mesejo, P., Martos, R., Ibáñez, Ó., Novo, J. & Ortega, M. (2020). A survey on artificial intelligence techniques for biomedical image analysis in skeleton-based forensic human identification. *Applied Sciences*, 10(14), 4703. <https://doi.org/10.3390/app10144703>
- Moretti, T. R., Just, R. S., Kehl, S. C., Willis, L. E., Buckleton, J. S., Bright, J. A., Taylor, D. A. & Onorato, A. J. (2017). Internal validation of STRmix™ for the interpretation of single source and mixed DNA profiles. *Forensic Science International: Genetics*, 29, 126–144. <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2017.04.004>
- Spivak, B. L. & Shepherd, S. M. (2021). Ethics, artificial intelligence, and risk assessment. *The journal of the American Academy of Psychiatry and the Law*, 49(3), 335–337. <https://doi.org/10.29158/JAAPL.210066-21>
- Szabó, B. T. (2019). *A CBCT képpalkotó megbízhatóságának vizsgálatai*. Doktori értekezés. Semmelweis Egyetem Klinikai Orvostudományok Doktori Iskola.
- Taylor, D., Harrison, A. & Powers, D. (2016). An artificial neural network system to identify alleles in reference electropherograms. *Forensic Science International: Genetics*, 30, 114–126. <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2017.07.002>

- Taylor, D., Harrison, A. & Powers, D. (2019). The generalisability of artificial neural networks used to classify electrophoretic data produced under different conditions. *Forensic Science International: Genetics*, 38, 181–184. <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2018.10.019>
- Thurzo, A., Kosnáčová, H. S., Kurilová, V., Kosmel, S., Beňuš, R., Moravanský, N., Kováč, P., Kuracinová, K. M., Palkovič, M. & Varga, I. (2021). Use of Advanced Artificial Intelligence in Forensic Medicine, Forensic Anthropology and Clinical Anatomy. *Healthcare*, 9(11), 1545. <https://doi.org/10.3390/healthcare9111545>
- Zhou, Z. & Zare, R. N. (2017). Personal information from latent fingerprints using desorption electrospray ionization mass spectrometry and machine learning. *Analytical Chemistry*, 89(2), 1369–1372.

## A cikkben található online hivatkozások

---

URL1: *What is machine learning (ML)?* <https://www.ibm.com/topics/machine-learning>

URL2: *What is artificial intelligence?* [www.ibm.com/topics/artificial-intelligence](http://www.ibm.com/topics/artificial-intelligence)

## A cikk APA szabály szerinti hivatkozása

---

Lontai M., Pamzsav H. & Petrétei D. (2024). Mesterséges intelligencia a törvényszéki tudományokban. Revolúció vagy invázió? I. rész. *Belügyi Szemle*, 72(4), 577–592. <https://doi.org/10.38146/BSZ-AJIA.2024.v72.i4.pp577-592>

## Nyilatkozatok

---

### Összeférhetetlenség

A szerzők nem jelentettek összeférhetetlenséget.

### Finanszírozás

A szerzők nem kaptak pénzügyi támogatást a kutatáshoz, a szerzőséghez és/vagy a cikk publikálásához.

### Etikai nyilatkozat

Jelen cikkhez nem kapcsolódik adatkészlet.

### Nyílt hozzáférésről szóló tájékoztatás

Jelen cikk a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY NC-ND 2.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/>) feltételei szerint publikált Open Access közlemény, melynek szellemében a cikk bármilyen médiumban szabadon felhasználható, megosztható és újraközölhető, feltéve, hogy az eredeti szerző és a közlés helye, illetve a CC License linkje feltüntetésre kerülnek.

### Levelező szerző

A cikk levelező szerzője Petrétei Dávid, aki a [petreteid@nszkk.gov.hu](mailto:petreteid@nszkk.gov.hu) e-mail címen érhető el.