

**FACIAL RECOGNITION SYSTEMS –
THE ROLE AND SELECTION CRITERIA
OF TRAINING DATABASES****AZ ARCFELISMERŐ RENDSZEREK
ALAPJA – A TANULÓ ADATBÁZISOK
SZEREPE ÉS KIVÁLASZTÁSI SZEMPONTJAI**BAUMGARTNER Helga¹**Abstract**

The effectiveness of facial recognition systems is closely linked to the quality, composition, and diversity of the training databases used for the development of facial recognition models. A well-structured database plays a pivotal role in ensuring that models provide accurate and reliable results in real-world environments. The aim of this study is to examine the role of facial image databases in artificial intelligence-based facial recognition systems, and to analyse the most important criteria for selecting databases. The study highlights that the foundation of accurate and reliable facial recognition systems lies in the appropriate selection and use of training databases, ensuring that algorithms learn from diverse samples and improve their generalisation capability while reducing potential bias.

Keywords

facial recognition, training databases, dataset bias, artificial intelligence, demographic bias, database selection

Absztrakt

Az arcfelismerő rendszerek hatékonysága szorosan összefügg a modellek tanításához alkalmazott tanuló adatbázisok minőségével, összetételével és változatosságával. A jól strukturált adatbázis kulcsszerepet játszik abban, hogy a modell pontos és megbízható eredményeket nyújtson valós környezetben is. A tanulmány célja az arcfelismerő adatbázisok szerepének bemutatása a mesterséges intelligencián alapuló modellek működésében és hatékonyságának növelésében. Az írás elemzi az adatbázisok kiválasztásának legfontosabb szempontjait. A tanulmány rámutat arra, hogy a pontos és megbízható arcfelismerő rendszerek fejlesztésének egyik alapvető feltétele a megfelelő tanuló adatbázis kiválasztása és alkalmazása, amely biztosítja, hogy az algoritmusok változatos mintákon tanuljanak, és a modellek általánosító képességének növelésében, miközben csökkenti a torzításokat.

Kulcsszavak

arcfelismerés, tanuló adatbázisok, adatbázis-torzítás, mesterséges intelligencia, demográfiai torzítás, adatbázis kiválasztás

¹ baumgartner.helga@phd.uni-obuda.hu | ORCID: 0009-0003-7938-7614 | PhD Student, Doctoral School for Safety and Security Sciences, Óbuda University | Doktorandusz, Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola

BEVEZETŐ

Napjainkban az arcfelismerés a mesterséges intelligencián alapuló biometrikus azonosítás az egyik leggyorsabban fejlődő és legszélesebb körben alkalmazott technológiája, amely egyre nagyobb szerepet tölt be életünk minden területén – nemcsak az arcfelismerésen alapuló telefonfeloldásban és a személyre szabott marketingmegoldásokban mutatkozik meg, hanem a biztonságtechnika, a rendvédelem és a terrorizmus elleni védekezés területén is. [1]

A nagy forgalmú közterületekre, mint például repülőterekre, stadionokra, pályaudvarokra, valamint utcákra kihelyezett arcfelismerő rendszerek hatékonyan támogatják a bűnüldöző szervek munkáját, elősegítve a körözött személyek azonosítását és előállítását is. A határellenőrzés során az arcfelismerő rendszerek képesek valós időben ellenőrizni az útiokmányban szereplő arckép és a tulajdonosa közötti egyezést.

A hagyományos arcfelismerő rendszerek meghatározott mintázatok – például az arányai vagy jellegzetes pontjai – alapján azonosítják a személyeket, és önmagukban nem igényelnek mesterséges intelligenciát. Az arcfelismerés technológiai fejlődésén keresztül megfigyelhető, hogy már azelőtt is sikeresen működtek arcfelismerő szoftverek, hogy a mesterséges intelligencia mindennapi életünk szerves részévé vált volna. Napjainkban azonban a mesterséges intelligenciát alkalmazó megoldások szinte megkerülhetetlenné váltak, növelve a technológia hatékonyságát.

A mesterséges intelligencián alapuló arcfelismerő szoftverek egyik legfontosabb építőeleme a nagy volumenű, változatos tanuló adatbázis, amelyen az algoritmusok tanulnak és fejlődnek. A modell teljesítménye közvetlenül függ az algoritmus fejlesztéséhez használt adatbázis minőségétől – minél nagyobb elemszámú, jobb minőségű és változatosabb adatbázist alkalmazunk a modell fejlesztésekor, annál hatékonyabb modellt építhetünk. Egy megfelelően összeállított vagy kiválasztott adatbázis biztosítja azt a változatosságot, amely lehetővé teszi a különböző környezetben és feltételek mellett való alkalmazás eredményességét. [2]

A mélytanuláson alapuló mesterséges intelligencia rendszerek esetében az adatok szerepe különösen meghatározó, mivel nagy mennyiségű adatból képesek statisztikai mintázatokat felismerni és ezek alapján általánosítani. Ennek következtében a tanuló adatok mennyisége, minősége és változatossága közvetlen hatással van a modell teljesítményére és megbízhatóságára.

Egy nem megfelelően összeállított adatbázis torzíthatja a tanulási folyamatot, ami pontatlanabb felismeréshez, illetve magasabb hibaarányhoz vezethet, ezáltal csökkentve a rendszer valós környezetben történő alkalmazhatóságát. [3]

Az arcképadatbázis összetétele nemcsak technikai, hanem társadalmi és etikai szempontból is meghatározó, mivel a nem megfelelően reprezentatív adatok torzíthatják az eredményeket. Az elmúlt évek kutatásai rámutattak arra, hogy az arcfelismerő rendszerek pontossága jelentősen eltérhet az egyes demográfiai csoportok között, amennyiben a tanuló adatbázis nem reprezentálja megfelelően a populáció sokszínűségét. Az ilyen torzítások a modellek pontosságának és megbízhatóságának romlásához vezethetnek bizonyos csoportok esetében, ami különösen érzékeny a biztonságtechnika, a rendvédelem és a terrorizmus elleni védekezés területén. Ez különösen fontos olyan alkalmazási környezetben, ahol az arcfelismerés nem kontrollált körülmények között, hanem valós, komplex környezeti feltételek mellett történik. [4]

A modern arcfelismerő rendszerek fejlesztése során egyre nagyobb hangsúlyt kap az adatbázisok demográfiai kiegyensúlyozottsága, a megfelelő címkézés, valamint a különböző környezeti feltételek reprezentáltsága. A tanuló adatbázisok megfelelő kialakítása, illetve kiválasztása nem csupán technológiai kérdés, hanem alapvető feltétele annak is, hogy az arcfelismerő rendszerek megbízhatóan, igazságosan és széles körben alkalmazható módon működjenek. [4]

A tanulmány célja annak bemutatása, hogy a tanuló adatbázisok milyen szerepet töltenek be, és a mesterséges intelligencián alapuló arcfelismerő rendszerek fejlesztésében, valamint, hogy milyen szempontok alapján ítéltethető meg egy adatbázis alkalmassága. Az arcfelismerő rendszerek hatékonyságának vizsgálata ezért nem korlátozódhat kizárólag az alkalmazott algoritmusokra, hanem ki kell terjednie a tanuló adatbázisok felépítésének és összetételének elemzésére is.

ADATBÁZISOK SZEREPE

Az arcfelismerő technológia az elmúlt évek során jelentős fejlődésen ment keresztül. Számos arcfelismerő módszert és adatbázist fejlesztettek ki annak érdekében, hogy a technológia minél hatékonyabban működjön mind szabályozott körülmények között, mind természetes környezetben. Az arcfelismerő rendszerek működési folyamata során a tanuló adatbázisok nem közvetlenül a felismerési folyamatban jelennek meg, hanem a modell fejlesztésének és tanításának szakaszában töltenek be kulcsszerepet. A tanítási fázisban a tanuló adatbázisok szolgálnak alapul ahhoz, hogy a modell elsajátítsa az arcokra jellemző mintázatokat és szerkezeti sajátosságokat. Az azonosítási folyamat során a rendszer már a betanított modell által kinyert azonosítók alapján hasonlítja össze az aktuális képet a referencia adatokkal.

Az arcfelismerő rendszerek megvalósítása során többféle technológiai módszer alakult ki, amelyek az arc vizsgálatának módjában különböznek egymástól. A különböző technológiai megközelítések ellenére közös vonás, hogy mindegyik esetben meghatározó szerepet játszik a tanuló adatbázisok megfelelő kialakítása, mivel a modellek teljesítménye nagymértékben függ a tanulási folyamat során felhasznált adatok minőségétől és változottságától. Az arcfelismerés során alapvetően kétféle módszer terjedt el. [5]

- A 2D alapú módszer az arcot síkban vizsgálja, az arcról készített kép alapján elemzi. Ez a módszer hatékony ellenőrzött körülmények között, de érzékeny a megvilágítási viszonyok, a póz vagy az arckifejezés változásaira.
- A 3D alapú módszer az arc térbeli szerkezetét és mélységét vizsgálja, így kevésbé érzékeny a megvilágítás változására, azonban az arckifejezés változásai továbbra is kihívást jelenthetnek.

Mind a 2D, mind a 3D módszerek hatékonyak lehetnek a megfelelő körülmények között, de mindkettőnek megvannak a maga korlátai. Az utóbbi években a mélytanulás-alapú módszerek – és azon belül is a konvolúciós neurális hálózatok (CNN) – jelentősen átalakították az arcfelismerő rendszerek fejlesztését, lehetővé téve a komplex arcvonások automatikus felismerését nagyméretű adatbázisok segítségével. A gyakorlatban ezért az arcfelismerő rendszerek teljesítménye nemcsak az alkalmazott modellektől, hanem a tanuló adatbázisok minőségétől és változatosságától is függ. A neurális hálózatok képesek a rendelkezésére bocsátott nagy mennyiségű adatból kinyerni a számukra releváns jellemzőket,

valamint autonóm módon tanulni és folyamatosan fejlődni anélkül, hogy erre kifejezetten programozva lennének. [2]

Ez a tanulási képesség azonban nagymértékben függ attól, hogy milyen tanuló adatbázison fejlesztették ki az algoritmust. Az arcfelismerő szoftver megfelelő működéséhez alapvetően nagy mennyiségű és változatos tanuló adatbázisra van szükség. Az adatbázisnak minél több alanytól, változatos szögből, különböző fényviszonyok mellett és különböző arckifejezésekkel rögzített képeket kell tartalmaznia, hogy az algoritmus képes legyen az arcok pontos felismerésére és megkülönböztetésére.

A mélytanulási modellek esetében különösen fontos a nagy mennyiségű tanuló adat rendelkezésre állása, mivel a neurális hálózatok paramétereinek száma rendkívül magas lehet, ezáltal a modellek megbízható tanításához nagyszámú és változatos adat szükséges. Amennyiben a tanuló adatbázis nem megfelelő méretű, vagy nem kellően változatos, a modell nem lesz képes megfelelően általánosítani, és valós környezetben, korábban nem látott képeken pontatlanabb eredményeket adhat. [3]

A tanuló adatbázisok nemcsak a modellek tanításában játszanak kulcsszerepet, hanem azok általánosítási képességét is meghatározzák, vagyis azt, hogy mennyire lesz képes felismerni olyan arcokat is, amelyekkel nem találkozott a tanítás során. Az adatbázisok nemcsak a modell tanítása, hanem a validálás és a tesztelés során is fontos szerepet játszanak. A modell fejlesztése során a rendelkezésre álló adatbázist többnyire három részre osztják véletlenszerűen, annak érdekében, hogy a tanítás finomhangolás és értékelés egymástól független adathalmazokon történjen:

- 60-80% tréning készlet: az algoritmus tanítására szolgál, amelyből megtanulja az arcfelismeréshez szükséges jellemzőket, az azonosítási mintázatokat
- 10-20% validációs készlet: a tanítási folyamat során a modell működésének finomhangolására szolgál
- 10-20% teszt készlet: a tanítási folyamat lezárása után a modell működésének értékelésére szolgál

A teljes adatmennyiség ilyen módon történő felosztása és elkülönítése biztosítja a megfelelő fejlesztési folyamatot, amely elengedhetetlen a módszer sikerességének és megbízhatóságának szempontjából. [3]

Fontos azonban megkülönböztetni a fejlesztési folyamat során alkalmazott teszt készletet a benchmarking fogalmától. A teszt készlet a modell működésének belső mérésére és ellenőrzésére szolgál, azonban nem alkalmas a különböző modellek teljesítményének közvetlen összehasonlítására. Ennek oka, hogy a teszt készlet általában az adott kutatás vagy fejlesztés során használt adatbázisból származik, így a modell tanítási környezetéhez és az alkalmazott módszertanhoz igazodik. Emiatt a különböző kutatócsoportok által használt teszt készletek gyakran eltérő felépítésűek, különböző képfelbontással, demográfiai összetétellel vagy környezeti eltérésekkel kerülnek rögzítésre, ami megnehezíti az eredmények közvetlen összehasonlítását.

Ezt a célt szolgálja a benchmarking, amely külső, független értékelés és tesztelési eljárás. A benchmarking során nyilvános, rögzített protokollt alkalmaznak, amely lehetővé teszi a különböző modellek eredményeinek közvetlen és objektív összehasonlítását. A benchmarking során minden vizsgált algoritmust azonos adatbázison, azonos értékelési feladatok mellett tesztelnek, ami biztosítja az eredmények reprodukálhatóságát és közvetlen

összehasonlíthatóságát. Az ilyen jellegű értékelés során előre meghatározott teljesítménymutatókat alkalmaznak, mint például felismerési pontosság, hibaarány, amelyek lehetővé teszik a különböző modellek objektív értékelését.

Bár a benchmarking célra készült adatbázisok technikailag alkalmazhatók modellek tanítására is, azonban elsődleges funkciójuk a teljesítmények objektív összehasonlítása. Ezeket az adatbázisokat úgy alakítják ki, hogy egységes adatstruktúrát, pontos címkézést és jól definiált értékelési protokollokat tartalmazzanak, amely biztosítja a különböző modellek teljesítményének mérését.

AZ ARCKÉPADATBÁZISOK KIVÁLASZTÁSÁNAK SZEMPONTJAI

A tanuló adatbázisok összeállítása nem pusztán technikai kérdés, hanem olyan tervezési feladat, amely közvetlenül befolyásolja a modell megbízhatóságát és alkalmazhatóságát. A megfelelő adatbázisok kiválasztása az arcfelismerő rendszerek fejlesztésének egyik legfontosabb lépése, mivel a benne található arcképek sokaságán, azok minőségén múlik a modell pontossága. Az adatbázisok minősége nemcsak a technikai jellemzőkkel, mint például a képek felbontása vagy minősége, hanem a demográfiai és környezeti jellemzőkkel, a bőrszín, a nemek eloszlása, a korosztályok, a különböző arckifejezések és a kiegészítők jelenléte, is jellemezhető. [4] [6]:

- **Bőrszín:** az arcfelismerő modellek esetében az egyik legnagyobb kihívás a különböző bőrszínek megfelelő reprezentáltsága az adatbázisokban, amely pontatlansághoz és elfogultsághoz, illetve diszkriminációhoz is vezethet. A modell fejlesztéséhez használt adatbázisnak biztosítania kell a bőrszínek széles spektrumát, hogy pontos eredményeket nyújtson minden felhasználó számára. A bőrszín mellett a bőr fényvisszaverő-képessége is befolyásolhatja az arcfelismerés hatékonyságát, emiatt célszerű a képek rögzítését szabványosított körülmények között végezni, és külön figyelmet fordítani arra, hogy a rendszer robusztusan működjön eltérő fényviszonyok között is.
- **Nemek eloszlása:** fontos, hogy az adatbázisokban a nemek aránya kiegyensúlyozott legyen, hogy a modell mindkét nem képviselőit azonos hatékonysággal legyen képes felismerni, és ne legyen elfogult egyik nem felé sem. Amennyiben egy adott nem jelentősen felülreprezentált az adatbázisban, úgy a modell nagyobb pontossággal tanulja meg az adott nem arcvonásait, jellemzőit, míg az alul reprezentált nem esetében magasabb hibaarány jelenhet meg.
- **Korosztály:** Elengedhetetlen, hogy az adatbázis minden korosztályból tartalmazzon mintákat, hogy a modell képes legyen a különböző életfázisokban lévő személyek arcvonásait is elsajátítani. A korosztályok közötti változatosság elengedhetetlen, hogy a rendszer minden életkorú személyt megfelelően tudjon kezelni. Külön figyelmet kell fordítani az életkor, nem és bőrszín együttes előfordulására – például idősebb sötét bőrű nők esetében –, mivel ezek a tényezők együttesen jelentősen növelhetik az arcfelismerés hibaarányát. Ezért az adatbázisnak biztosítania kell az összetett demográfiai jellemzőkkel rendelkező csoportok megfelelő képviseletét is
- **Egyéni jellemzők és arcvonások:** minden személy rendelkezhet egyedi arcvonásokkal, amely adódhatnak az arc természetes struktúrájából – például széles állkapocs, aszimmetrikus szemek vagy nagyobb homlok – vagy maradandó jegyekből – például orrtörés következtében megváltozott orrnyereg vagy baleseti hegek. Ezek

befolyásolhatják az arcfelismerés pontosságát. Minél több egyedi jellemzővel rendelkező arcképet tartalmaz az adatbázis, annál hatékonyabban alkalmazható a rendszer a különböző személyek felismerésére.

- **Kiegészítők:** az arcfelismerés folyamata nem mindig történik kontrollált környezetben, így gyakran előfordul, hogy az emberek különböző kiegészítőt viselnek, mint például szemüveg, testékszerek, különböző frizurák, vagy arcszőrzet. A valós környezetben működő arcfelismerő rendszerek – például repülőtereken, határátkelőhelyeken vagy közterületi kamerarendszerekben – gyakran olyan személyek arcvonásait rögzíti, akik különböző kiegészítőket viselnek. A napszemüveg, a sapka, a sál, vagy arcszőrzet részben takarhatja az arc jellemző pontjait, ami jelentősen befolyásolhatja a modell teljesítményét. Ezek mind olyan tényezők, amelyek megnehezítik a felismerés folyamatát, ezért az adatbázisnak tartalmaznia kell valamilyen kiegészítővel rendelkező arcképet is a megfelelő működés érdekében.
- **Arckifejezések és hangulatok:** az arcfelismerés során az emberek többsége nem semleges arckifejezéssel látható. A különböző arckifejezések és hangulatok jelentősen befolyásolják egy személy megjelenését, ezért fontos, hogy az adatbázisok olyan arcképeket is tartalmazzanak, amelyek különböző arckifejezéseket vagy hangulatokat mutatnak a megfelelő tanulási kimenet szempontjából. Ez különösen fontos természetes környezetben, ahol az arcok ritkán jelennek meg semleges kifejezéssel.
- **Különböző szögek és megvilágítások:** fontos, hogy az adatbázisokban található arcképek ne csupán szemből vagy oldalprofilból ábrázolják a személyeket, hanem különböző szögekből, a fejet elfordítva, megdöntve, vagy billentve is. A legideálisabb, ha ugyanazon arcképek minden említett változatban megtalálhatóak. Mindamelllett a megvilágítás változatossága is elengedhetetlen, hogy minél szélesebb spektrumon tanulhasson a modell. A valós környezetben működő kamerarendszerek ritkán rögzítik az arcot ideális, frontális nézetből. A kamerák elhelyezkedése, a személy mozgása, valamint a környezeti fényviszonyok jelentős eltéréseket eredményezhetnek a rögzített képek között. Amennyiben a tanuló adatbázis kizárólag kontrollált körülmények között készült képeket tartalmaz, úgy a modell teljesítménye jelentősen romolhat természetes környezetben, ezért a fejlesztés során célszerű olyan adatbázisokat alkalmazni, amelyek különböző kameraszögekből és eltérő megvilágítási körülmények között készült arcképeket is tartalmazznak.
- **Felbontás és képminőség:** minél nagyobb felbontású és jobb minőségű képek találhatóak az adatbázisban, annál hatékonyabban képes a modell tanulni, és annál pontosabban, illetve megbízhatóbban működik az arcfelismerés különféle körülmények között. A gyenge minőségű vagy alacsony felbontású képek csökkenthetik a modell tanulási képességét, azonban jól tükrözik a valós környezetet, így hozzájárulhatnak a modell alkalmazkodóképességének növeléséhez.
- **Címkézés:** az adatbázisban szereplő arcképek minél pontosabb címkézése, azaz a képek kategóriákba sorolása segíti az algoritmusokat abban, hogy megfelelően értelmezzék a képeket, megtanulják a különböző bőrszínekre, nemekre, korosztályokra, arckifejezésekre stb. jellemző sajátosságokat. A nem megfelelő vagy hiányos címkézés megnehezítheti az algoritmus tanulási folyamatát, ami pontatlan felismerésekhez vezethet.

Amennyiben az adatbázis megfelel a fenti szempontoknak, az lehetővé teszi, hogy az algoritmus kellően változatos mintákon tanuljon, így növelve annak valószínűségét, hogy az arcfelismerő rendszer bőrszíntől, nemtől vagy életkortól függetlenül pontosan működjön, hozzájárulva a technológia megbízható alkalmazásához valós élethelyzetekben is.

ÖSSZEFOGLALÁS

A tanulmány rámutatott, hogy az adatbázisok minősége, változatossága, címkézett-sége és reprezentativitása közvetlenül befolyásolja a modellek hatékonyságát, pontosságát és általánosító képességét. A nem, életkor, bőrszín, arckifejezés, fényviszony és egyéb demográfiai vagy vizuális jellemzők megfelelő jelenléte elengedhetetlen a megbízható működéshez.

A megfelelően kialakított, valamint a kellő odafigyeléssel kiválasztott adatbázisok hozzájárulnak ahhoz, hogy a modellek változatos környezetben rögzített arcképeken tanuljanak, és ezáltal a valós környezetben történő alkalmazás során is megbízhatóan működjének. Ennek megfelelően az arcfelismerő modellek fejlesztése során kiemelt figyelmet kell fordítani a tanuló adatbázisok kialakítására, illetve kiválasztására.

A jövőbeli fejlesztések szempontjából ezért kiemelt jelentőségű, hogy a kutatók és a fejlesztők megfelelő figyelmet fordítsanak az adatbázisok összeállítása során a reprezentativitásra és a minőségre. A technológia fejlődésével párhuzamosan egyre nagyobb hangsúlyt kapnak azok a kutatások, amelyek a torzítások csökkentésére, valamint a modellek általánosító képességének javítására irányulnak. Ennek eredményeként az arcfelismerő rendszerek alkalmazása a jövőben várhatóan egyre megbízhatóbbá válhat és egyre szélesebb körű alkalmazási lehetőséget kínálhat.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] W. Ayad, S. Qays, A. G. Perera and A. Al-Naji, “Facial Recognition Databases: Recent Developments and Review of Methods”, *Journal of Techniques*, vol. 5, No. 4, pp. 95-104, 2023, DOI: <https://doi.org/10.51173/jt.v5i4.1729>
- [2] I. Adjabi, A. Ouahabi, A. Benzaoui and A. Taleb-Ahmed, “Past, present and future of face recognition: A review”, *Electronics*, vol. 9, No. 8, Art. No. 1188, 2020, DOI: <https://doi.org/10.3390/electronics9081188>
- [3] M. Szemenyei and D. Varnyú, “Deep Learning a Vizuális Informatikában – Egyetemi Jegyzet”, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Villamosmérnöki és Informatikai Kar, Irányítástechnika és Informatika Tanszék <https://deeplearning.iit.bme.hu/Public/DL/Jegyzet.pdf>
- [4] J. Buolamwini and T. Gebru, “Gender Shades: Intersectional Accuracy Disparities in Commercial Gender Classification”, *Proceedings of Machine Learning Research*, vol. 81, pp. 1-15, 2018 <https://proceedings.mlr.press/v81/buolamwini18a/buolamwini18a.pdf>
- [5] T. Kovács, I. Milák and Cs. Otti, “A biztonságstudomány biometria aspektusai”, *Pécsi Határőr Tudományos Közlemények*, vol. XIII, Magyar Rendészettudományi Társaság, 2012, pp. 485-496
- [6] K. Kotwal and S. Marcel, “Review of Demographic Bias in Face Recognition”, 2025, DOI: [10.48550/arXiv.2502.02309](https://doi.org/10.48550/arXiv.2502.02309)