

AZ EMBERI ÉSZLELÉSEN ALAPULÓ MESTERSÉGES INTELLIGENCIA MODELLEZÉSE A SZEMÉLYAZONOSÍTÁSBAN

HUMAN PERCEPTION BASED ARTIFICIAL INTELLIGENCE MODEL FOR IDENTIFICATION

WERNER GÁBOR PhD aspiráns

Óbudai Egyetem, Biztonságtudományi Doktori Iskola

DR. HANKA LÁSZLÓ adjunktus

Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész- és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

Abstract

Nowadays, in the current political and economical environment the identification of the natural persons is a major challenge. The biometrics as a modern branch of science tries to solve these difficulties. For us, in the Applied Biometrics Institute the most difficult task is to generating an operative artificial copy of our biological perceptual system. In this study we examined those soft computing methods which could be applied as an artificial intelligence method for the implementation of the human biological and psychological processes. According to our outlined model, there is a possible way the create operative biometrical identification devices, which are able to implement the cognitive knowledge and to learn like the human beings.

1. Bevezetés

Az emberiség történetében a modern ember 35 000 éves múltjából alig több, mint 100 éve, használunk mozgókép rögzítésére alkalmas eszközöket. A mozgóképek evolúciója Thomas Edison perforált celluloid szalagjához köthető, de a világméretű elterjedéshez szükség volt a Lumière fivérek vetítógépéhez. A kinematográfia vagy a mozgófényképezés tudománya egy dekád alatt jutott el az emberi szem biológia határaihoz, sőt egyes tulajdonságokban képessé vált azt felülmúlni. A kérdés azonban az, hogy elegendő-e csupán az érzékelésre szorítkozni, ha az emberi látást teljes folyamatát mesterségesen szeretnénk megvalósítani?¹

Az érzékelés és ezen belül az optikai érzékelés technikai és biológiai összevetését megelőzően érdemes beszélni arról, hogy a látás nem azonos az érzékeléssel. Érzékszerveink, így szemünk nélkül természetesen nem lennénk képesek befogadni a környezet felől érkező jeleket, azonban az érzékszervek által detektált kép „digitális kódja”, azaz az ingerület több lépcsőn halad keresztül addig, ameddig az tudatos észleléssé válik. Sőt, mint ahogyan azt a következőkben bemutatom, a észlelés folyamatában hurokszerű visszacsatolási folyamatok is szerepet játszanak.

Az emberi érzékelésre tehát mint rendszerre kell tekinteni, ha annak működését szeretnénk megérteni, és lehetővé akarjuk tenni mesterséges alkalmazását. Mindamellet azt is meg kell jegyezni, hogy az objektív, mindenkit körülvevő valóságon túl létezik a szubjektív valóságunk, ami az egyént érő ingerek egyedi feldolgozásából születik. A szubjektív valóságunk különbözőségén pedig nem vitatkozhatunk, mert az a virtuális képekből szőtt – amelyeket Frisby szimbólumnak nevez –, minket elbonthatatlanul körülölelő függöny.²

A minket körülvevő világ észlelése bár szubjektív, és az érzékelés alapja a szimbólumokra épül, talán mégsem teljesen kiszámíthatatlan, legfeljebb nem vagyunk tudatában az összes információnak. Az emberi gondolkodás filozófiai materializmusát Roger Sperry fogalmazta meg, miszerint az észlelési élményünk kizárólag az idegrendszerrel függ és nincs szükség semmilyen nem anyagi természetű erőre.³

Számomra e cikk tárgyalásában azért fontos az emberi materializmusra hivatkozni, mert a mesterséges intelligenciába nem tudunk olyan kódokat integrálni, amelyek egy felsőbb hatalom, természetfeletti befolyását teszik lehetővé. Ezzel együtt igenis, figyelembe kell vennünk, hogy az emberi gondolkodást és észlelést meghatározhatják olyan elemek, amiket az észlelő személy logikusan nem tud megmagyarázni. Ilyen esetekben szokásunk arra hivatkozni, hogy „ösztöneim úgy súgják” vagy „rossz előérzetem van”. Viszont annak megítélése, hogy ezek forrása mennyire természetes vagy természet feletti egy távolba vezető, filozofikus vitát nyitna. Következésképpen fogadjuk el, hogy az emberi észlelési és döntési modell legalább elméleti szinten modellezhető mesterséges környezetben.

2.1. Észlelés a térben

Sekuler és Blake könyvükben élesen elválasztják a közeli és távoli érzékelés formáit, miszerint a közeli érzékelés formái az ízlelés, tapintás és a szaglás is – hiszen ez az orrnyálkahártyájában zajló biokémiai reakciókon alapuló folyamat –, míg a távoli érzékeléshez sorolható a látás és a hallás, mert azok valamilyen közvetítő közegen keresztül érkezik az érzékszerveinkhez. A szerzők által nem említett érzékelési módok közül érdemes lehet külön kiemelni a hőérzékelést, – amelyet korunk tudományos vélekedése alapján el kell választani a tapintástól –, mert mind közeli, mind távoli érzékelést lehetővé tesz. Gondoljunk csak arra mikor hirtelen kisüt a Nap, vagy a kezünkre csöppen egy hideg vízcsepp.⁴

A mesterséges azonosítás szemszögéből az információ természetesen, kizárólag valamilyen közvetítő közegen keresztül jut a feldolgozásért felelős központban, de a biometrikus azonosítás azonosítandó személyére irányuló attitűd vizsgálatok azt mutatják, hogy a mesterséges azonosításban is lényeges szerepe van a térnek. A biometrikus eszközöket használó személyek sokkal együttműködőbbek olyan biometrikus azonosító eszközökkel, amelyek távoli érzékelés módján működnek. A pontos távolságok nagy mértékben függenek a pszicho-szociális és kulturális adottságoktól, de általánosan elmondható, hogy a mesterséges azonosítás gyakorlati megvalósítása során két jelentős szempontból is előnyt élvezhetnek a távoli érzékeléssel operáló megoldások. Egyfelől lényegesen könnyebb nagyobb távolságból mérni – akár az azonosítandó személy tudatossága nélkül –, másfelől ha tudatosan történik a mintavétel, akkor is nagyobb együttműködésre és elfogadásra lehet számítani, mint a közeli érzékelési technikáknál. Ezzel szemben figyelembe kell venni, hogy a közvetett tér miatt nagyobb zajterhelésre kell számítanunk.⁵

A térnek mint az észlelési folyamatot körülölelő környezetnek fontos szerepe, hogy közvetítse a megfelelő információt az azonosítandó mintáról az érzékelést végző detektorig. A közvetítés számos módja ismeretes. A klasszikus humán percepcióban az elektromágneses sugárzás látható fény spektrumában (380–780 nm hullámhossz) érzékelhető, bár meg kell jegyezni, hogy bőrünk képes érzékelni a távoli infravörös fény (5,6–1000 µm) hőhatását, emellett a 20 Hz és 20 kHz közötti mechanikus rezgéseket hallás formájában detektáljuk. Az elektromágneses sugárzások tulajdonságaiból fakadóan – tekintve a fény kettős természetét is – nincs szükség közvetítő anyagra, azok vákuumban és bármilyen fényáteresztő közegben képesek terjedni, de bizonyos esetekben tekintettel kell lenni a

fénytorés egyes jellemző jelenségeire. A hallásunkat biztosító hanghullám továbbításához azonban szükség van valamilyen közvetítő közegre, amely fizikai állapota hatással lehet a hullámfrontok keltette nyomáskülönbségekre. A többi érzékszerv bevetéséhez közelebbi kontaktushoz van szükség, ami alól a szaglásunk jelenthet apró kivételt. A szaglás során – mint említettem – az orrban biokémia folyamatok játszódnak le, azonban a detektálendő személyhez nem kell ehhez feltétlenül közel lennie, sőt elegendő akár egy „konzervált szagmintát” szerezni. Ami miatt érdemes lehet a szaglást a térben is közvetíthető azonosítási formaként megvizsgálni az a tény, hogy a szárazföldi körülmények között a nehéz látási viszonyok (sűrű aljnövényzet, terep stb.) és a hang térbeli terjedésének erős redukciója okán, a szaglás az állatvilág egyik legkifinomultabb érzékszervévé vált.

2.2. Észlelés és felismerés

Az észlelés mögöttes pszichofizikai modelljének igen leegyszerűsített, de a valósághoz közel álló modelljét vázolja Sekuler és Blake, akik egy kvázi körfolyamatban írják le az észlelés és felismerés folyamatát. Az észlelés egy kvázi reflex szerű folyamat, amelynek során a környezet felől érkező ingerek az érzékszerveken generált elektromos jellé, ingerületté válnak, és bizonyos torzítás és jelvesztés után az adott érzékszerv számára kijelölt agyi feldolgozó központba jutnak. Az észlelés során az agyunk figyelmet fordít néhány kiemelt eseményre abból a több ezer különböző jelből, ami másodpercenként éri, nevezük ezeket a komplex primer kép részeinek. A komplex primer kép nyilvánvalóan nem csak vizuális inger során alakul ki, és ugyan a zajból kiemelkedik, a teljes asszociációhoz általában elégtelen. A figyelem kulcsfontosságú jelenség a felismerésben. A figyelem kialakulásának van azonban néhány fontos feltétele, úgymint, a megfigyelendő esemény jelszintje szelektíven elválasztható kell legyen a környezeti zajtól, másfelől a feldolgozásért felelős agyi központ legyen megfelelő állapotban, valamint a megfigyelendő jel váltson ki valamilyen asszociációt, tehát legyen ismerős számunkra.⁶

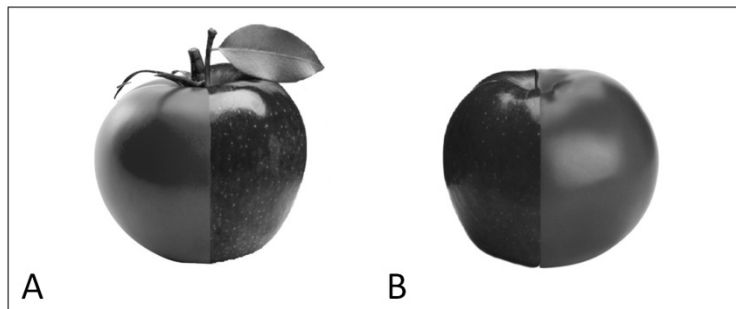
A fentiek alapján nem várhatjuk a figyelem kiváltását olyan esetekben amikor az érzékszervek helyes működése mellett sem tud a jel/zaj viszony élesen elváló jelszintet generálni, így nem várható el, hogy egy hangos koncerten „kihalljuk” a mellettünk beszélgető pár beszélgetését, ugyanígy nem várhatjuk el, hogy valaki mély alvás közben reagáljon annak ellenére is, ha a nevére szólítjuk, vagy hadonászással reagáljon a szunyog zúgására, ha korábban nem találkozott még ilyen állattal. Tipikus, bár viszonylag ritka klinikai eset az arcfelismerés hiánya, amit a tudomány prozopagnóziának nevez. A betegségben szenvedő személyek képesek helyesen megkülönböztetni egymástól az emberi arcokat, sőt ki tudják emelni a részleteket, de nem képesek felismerni a hozzá tartozó személyeket. Természetesen, a figyelmi érzéketlenségnek létezik az ellentétje, a figyelmi túlérzékenység. Olyan esetekben, amikor valamilyen konkrét esemény bekövetkezését várjuk, függetlenül annak negatív vagy pozitív kimenetétől, olyan vélt vagy valós ingerületekre is felfigyelünk melyek nem várt eseményhez kötődő rendes válaszok, ennek klasszikus példája a zuhanyzás közben „hallatszó” telefon csörgés.⁷

A figyelem kiváltása során megkezdődik valamilyen kategorizációs, illetve asszociációs tevékenység, de a legtöbb esetben itt még nem áll rendelkezésre elegendő információ ahhoz, hogy pontos képet kapjunk az eseményről. Ennek következtében a figyelem egy koncentrált megfigyelésre irányítja érzékszerveinket, jellemzően úgy, hogy ezzel párhuzamosan igyekszik csökkenteni a többi érzékszerv felől érkező felesleges zajt, elindítva ezzel egy automatikus visszacsatolást. A koncentrált figyelem során többnyire egy részletekben gazdagabb ingerület sorozat kerül továbbításra az agyi feldolgozó központok felé.

Az esetek nagy részében ez elegendő információval szolgál valamilyen másodlagos asszociációhoz, vagy a felismeréshez, amit nevezünk szelektív szekunder képnek.

Megjegyezendő, hogy a kép itt szimbolikusan jelenti a felismert motívumot, az lehet bármilyen személy, zene, tárgy vagy akár időjárási esemény is. Szintén meg kell jegyezni, hogy a szelektív szekunder kép is lehet pontatlan, vagy akár teljesen téves is, hiszen emlékezzünk a bevezetőben írtakra, miszerint minden észlelt esemény a valóságnak csupán szubjektív vetülete. Léteznek érzéki csalódások, amelyeket helyesebben asszociációs tévesztéseknek hívunk, léteznek a hibás szervezeti működésből fakadó tévesztések, és vannak olyan hibák amelyek az elménk gyors és lassú gondolkodása közti különbségéből fakadnak.^{8,9}

1. ábra. Alma és paradicsom felismerése (forrás: saját szerkesztés)



Egyes esetekben nem könnyű élesen szétválasztania az automatikusan észlelt, primer, komplex képet és az irányított figyelem által befogadott szekunder, szelektív képet, mert az észlelés neurológiai háttere igen összetett. Nyilvánvalóan nem tudjuk tudatosan megállapítani saját magunkról, hogy az adott pillanatban a nem tudatos észlelés működik-e. Az észlelés és felismerés közötti apró különbséget hivatott a fenti kísérlet bemutatni (1. ábra). Ha megpróbáljuk meghatározni, hogy a képen látható „gyümölcsök” melyik fele alma és melyik paradicsom. Az „A” képen relatíve gyorsan el tudjuk dönteni, hogy a bal oldali fele paradicsom, ellenben a „B” képen szükségünk van egy kissé szelektívebb szekunder képre is, hogy felismerjük az almát a bal félen. Ennek oka, hogy az „A” képen olyan plusz információ is szerepel, ami segíti a felismerést és a helyes asszociációt. Elménkben több olyan alma és paradicsom kép szerepel, amiben a szár is a gyümölcs részét képezi.

Hogy a gyors és lassú gondolkodás közti különbséget is érzékeltessem, úgyis megfogalmazhatjuk a kérdést, hogy gyümölcsök melyik fele valódi alma, illetve valódi paradicsom? Ebben az esetben a gyors gondolkodásunk a felismerés alapján már döntött, de ha hosszabban átgondoljuk, akkor bizony nem elképzelhetetlen, hogy egyik kép sem valódi gyümölcsöt ábrázol, de ennek eldöntéséhez nem áll rendelkezésre elég információ, mert csupán egyfajta érzékszervünk által szolgáltatott információra kell szorítkoznunk. Az itt bemutatott primitívnek tűnő problémák jelentik ma a mesterséges azonosítás legnagyobb kihívásait.

3.1. A mesterséges intelligencia az észlelésben

Habár eddig az észlelés humánbiológiai és pszichológiai háttéréről esett szó, annak ismerete nem elhanyagolható a mesterséges modell megalkotásához. A mesterséges modell alapvetően három fő részre tagolandó. Egyfelől az emberi érzékszervekhez hasonlóan szükség van olyan detektorokra, amik egyúttal képesek a komplex primer és szelektív

szekunder képek érzékelésére. Másfelől a detektált ismeretet valamilyen módon kódolni kell, és ezt a kódot el kell juttatni a központi feldolgozóegységhez, harmadrésről olyan központi feldolgozó egységre van szükség, amely az emberi észleléshez és gondolkodáshoz hasonlóan működik.

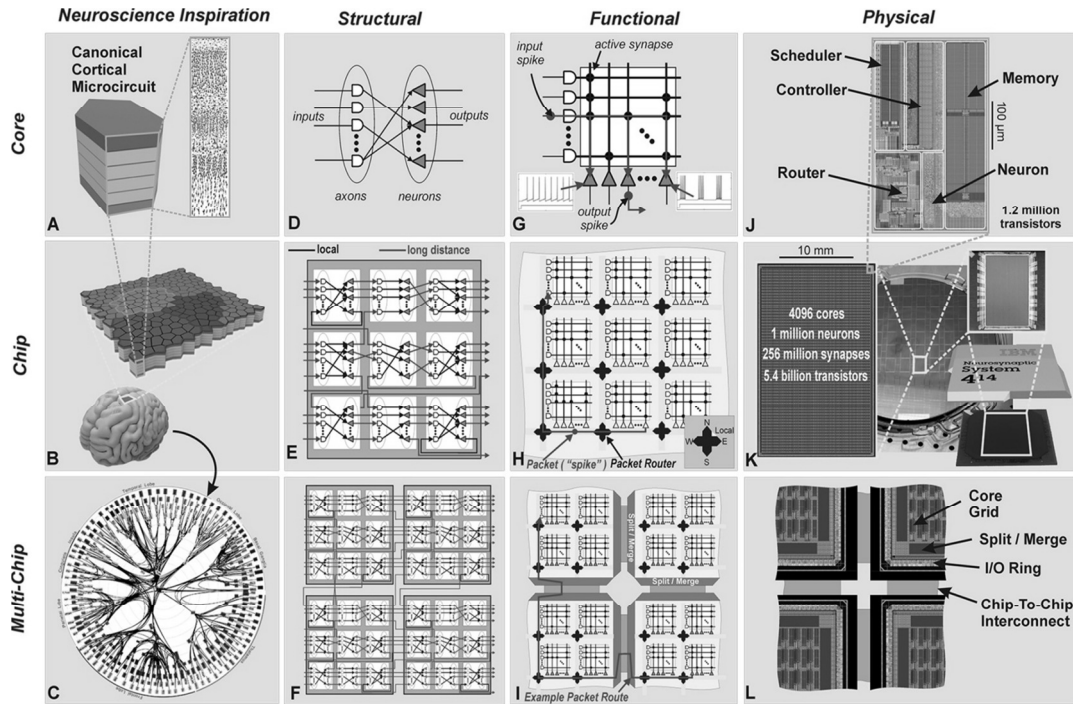
A mesterséges felismerés modelljében a mesterséges intelligencia eszközeit kell alkalmaznunk, amelyeket tulajdonképpen a lágy számítási módszerek egzakt matematikai megoldásira épülnek. Ahogy Amit Konar könyvében kifejti, a lágy számítási módszerek közé tartozó fuzzy logika (FL), mesterséges neurális hálók (ANN) és a genetikus algoritmusok (GA) jól alkalmazhatók a emberi észlelés, felismerés és a kognitív gondolkodás egyes folyamatainak modellezésére.¹⁰

E tanulmányban elsősorban a feldolgozó egység, azaz agyunk szerepével és a benne zajló folyamatok modellezésével foglalkozunk. A biológia neurális rendszerünk működését segíti megérteni Bechtel és Abrahamsen tanulmánya a neurális hálózatok működéséről. A szerzők az agyi neurális rendszert mint idegsejtek és az idegsejteket összekötő, strukturált hálózatot tekintik, ahol a kognitív tudás a hálózat szerkezetében rejlik.¹¹

A mérnöki világban a mesterséges neurális hálózatokat már közel három évtizede alkalmazzuk mintázat-felismerési problémákra, mert nem lineáris approximátorok lévén jól taníthatóak és relatíve kis hibával képesek felismerni mind az egyszerűbb (pl. rendszám-felismerés) mind az összetettebb mintázatokat (pl. önvezető személygépjárművek). Fontos megjegyezni, hogy miként a természetes neurális rendszernek is szüksége van tanulásra és a megfelelő „működési beállítások” megtalálására, úgy a mesterséges neurális hálózatoknak is. Az emberi szervezet már magzati korban elkezd megkeresni a „megfelelő beállításokat”, mégpedig úgy, hogy egy olyan feldolgozó központ alakul ki, ami önmagában az általános „napi” problémák megoldásánál sokszorta összetettebb feladatokra is képes. A mesterséges neurális hálózatok struktúráját ma még nem tervezhetjük meg a működési paraméterek ilyen méretű tartalék-képzésével. Ennek legfőbb oka az, hogy a mesterséges neurális hálók tanítása és működtetése is olyan számítási kapacitást igényel, ami technikai korlátokba ütközik. Érdemes megjegyezni, hogy e területen a Google, az IBM Watson és Tesla vezető helyen járnak a számítógépek és hálószerkezetek fejlesztésében. A technikai nehézségeink a klasszikus Neumann féle számítógép architektúra korlátaira vezethetőek vissza. A jelenlegi fejlesztések, például az IBM TrueNorth chipje (4096 magon) szakítva a hagyományos memória és feldolgozóközpont elrendezéssel a lehető legközelebb hozza egymáshoz a feldolgozandó adatot valamint a feldolgozást végző mikro tranzisztorokat (5.4 milliárd), úgy hogy köztük 256 millió mesterséges szinapszis alakít ki.¹²

A működési paraméterek dinamikus adaptációját a lágy számítási módszerek egy másik eszköze, a genetikus algoritmusok teszik lehetővé. A modell alapját a Darwin féle evolúció inspirálta. A természetes szelekció törvényének értelmében azok az egyedek – amelyek jelen esetben a működési beállítások egy bizonyos csoportját jelentik – élnek túl, és öröklődnek tovább, amelyek jobban tudtak alkalmazkodni a környezetükhöz. A modell emellett biztosítja azt, hogy a sikeresebb génekkel rendelkező csoportok kicseréljék egymással a tulajdonságaikat kódoló mesterséges DNS-eik egyes szakaszait, és így még sikeresebb egyedek születhessenek. Az evolúció során bizonyos esetekben a környezethez kiemelkedően jól alkalmazkodó egyedek is születnek, amelyek genetikai állománya ugyan kis mértékben, de teljesen eltért a szülökétől, ilyen esetekben beszélünk mutációról, amely tulajdonképpen a génállomány kis részének bizonyos valószínűséggel történő megváltozását jelenti. Fontos megjegyezni, hogy a mutáció valószínűsége általában alacsony, és eredménye két értékű lehet, de abban az esetben, ha az eredmény relatíve életképtelen egyedet hoz létre, akkor annak genetikai állománya hamar elveszik.¹³

6. ábra. IBM TruNorth chip



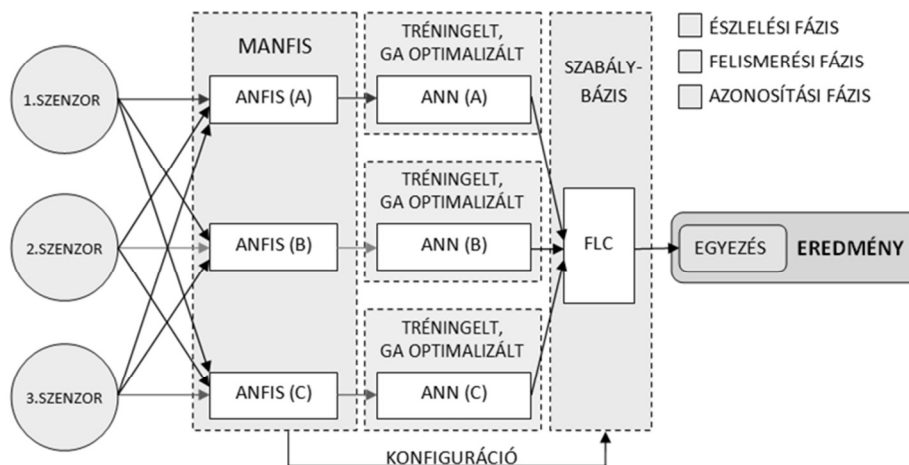
A korábbi modellek szempontjából új megközelítésnek számít, hogy az általunk vizsgált modellben egyesítettük a robotikában használatos fuzzy vezérlést és a mintafelismerésben alkalmazott neuro-genetikus megoldásokat. Visszacsatolva a korábban elhangzottakhoz, miszerint a bejövő jeleknek szelektíven el kell választódnuk a környezeti zajoktól, arra a következtetésre jutottunk, hogy az érzékelhető jelek kiválasztását fuzzy logikai vezérléssel érdemes kiválasztani, ehhez azonban meg kell határozni, hogy hány fuzzy tulajdonságot tudunk vizsgálni. A fuzzy logika alapján meghatározható, hogy egy bemenő jel – amelyet a humán a percepcióban az ingerület képvisel – az adott fuzzy értelmezési halmazban mennyire értelmezhető.

A fuzzy logika, vagy más néven zavart/homályos halmazok logikája a bináris logikával ellentétben megengedheti, hogy egy adott esemény bizonyos részben igaz és bizonyos részben hamis is legyen. Lotfi A. Zadeh volt, aki elsőként vezette be a fuzzy halmazok definícióját és a tagsági függvényekhez rendelte a halmaz belső szereplését az egyes tulajdonságoknak. Bár a fuzzy logika bevezetése megkönnyíti a numerikusan nehezen értelmezhető feladatok approximációját, nehézséget jelent a fuzzy beállítások optimális megválasztása. A szakirodalmi ismeretek alapján elfogadhatjuk, hogy egyes beállítások (pl. granuláció mértéke) változtatása csak infinitesimalisan kicsi különbséget jelentenek az eredményben, azonban más fuzzy jellemzők (pl.: tagsági függvények pontos alakja, következtetési szabálybázis) szignifikáns hatással bírnak a kimenet eredményére.^{14, 15} Az adaptív neurofuzzy megközelítés lényege abban rejlik, hogy ezen utóbbi jellemzőket parametrizálva optimalizálja a megoldandó feladathoz.

3.2. Az észlelés mesterséges modelljének elvi vázlata

A humán percepció mesterséges megvalósítása során törekvéseink arra irányultak, hogy annak hármas tagoltságát és logikáját a legkevesebb változtatás nélkül tudjuk átültetni a gyakorlatba. Így észlelés, felismerés és azonosítás fázisai az alábbiak szerint modellezhetők:

7. ábra. Humán percepció mesterséges modellje

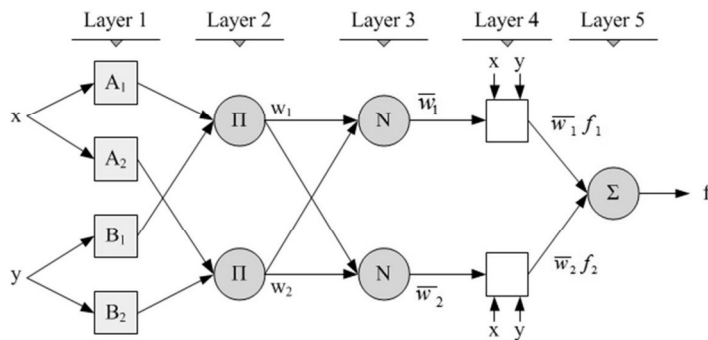


(forrás: saját szerkesztés)

Az ábrán különböző sorszámmal jelölt szenzorok nem feltétlenül jelentik azt, hogy ezek eltérően működő mesterséges érzékszervek, azonban fontos különbség, hogy a beolvasott információk valamilyen tulajdonságukban eltérőek. A gyakorlati megvalósítás szempontjából elképzelhető az, hogy három ugyanolyan kamera, de három különböző irányból figyeli az azonosítandó személyt, de elképzelhető más multi-modális azonosítási megoldás is, melynek során három különböző biometrikus mintát beolvasva kezdődik meg az identifikációs eljárás.

A fuzzy logikán alapuló következtető egység beállításainak meghatározásának nehézségei miatt érdemes segítségül hívni a mesterséges neurális hálók és a fuzzy logika előnyeit együttesen reprezentáló megoldást, az Adaptív Hálózat Alapú Fuzzy Következtető Rendszert, pontosabban ennek többszörös kimenetet is kezelni képes megoldását a multi ANFIS-t, vagy MANFIS-t. E modulnak az legfőbb feladata, hogy adaptív módon, tehát a tanítási fázisban érkező információk alapján a fuzzy következtetést néhány beállítását a tapasztalatikhoz igazítsa. Így a tagsági függvények alakját meghatározó premissza paramétereket és az ANFIS-ban használt Sugeno típusú implikáció paramétereket.¹⁶ Az alábbi ábrán körrel jelölt mesterséges neuronjainak beállítása fix, és a Sugeno típusú fuzzy következtetés szokványos hozzárendelését követi.

8. ábra. ANFIS modul



(forrás: [12])

Premisza paraméterek:

$$\mu_A(x) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x - c_i}{a_i} \right|^{2b_i}}, \text{ ahol } i \text{ a fuzzy halmaz granulációjának fokát jelöli.}$$

Következtető paraméterek:

$$f_i = p_i x + q_i y + r_i, \text{ ahol } i \text{ a fuzzy halmaz granulációjának fokát jelöli.}$$

Az első rétegben definiált tagsági függvények alakja a Gauss eloszlásból ismer haranggörbét követi, de annak pontos formáját az a_i , b_i , c_i adaptív paraméterek határozzák meg. A második rétegben Π mint fix, összegző operátor jelenik meg. A második réteg minden pontjának kimenetén (w_i) a beérkező tagsági függvényekből számított tüzelési erősséget kapjuk:

$$w_i = \mu_{A_i}(x) \cdot \mu_{B_i}(y)$$

A harmadik réteg szintén fix neuronjainak (\bar{w}_i) szerepe az, hogy normalizálja a beérkező értékeket és kimenetén a normalizált tüzelési erők jelennek meg.

$$\bar{w}_i = \frac{w_i}{\sum_1^i w_i}$$

Az utolsó előtti rétegben a Sugeno féle vezérlés szerint, az adaptív neuronok egy lineáris, paraméteres függvénnyel összegzik az eredeti, mesterséges érzékszervekből érkező értékeket és súlyozzák azt a normalizált tüzelési erővel.

$$\bar{w}_i f_i = \bar{w}_i (p_i x + q_i y + r_i)$$

Az utolsó, kimeneti rétegben egyetlen összegző neuron szerepel, aminek feladata a korábban számított értékek összesítése.

$$o_{ANFIS} = \sum_1^i \bar{w}_i f_i$$

Az ANFIS modul szerepe, hogy a különböző szenzorok felől érkező minták azonosíthatóságát összevesse, úgy, hogy a rendszer képes megtanulni, hogy a melyik érzékszervre támaszkodjon. A tanítás hiba vissza-terjesztéses (error back-propagation) módszerrel érdemes végrehajtani, ahogy azt korábbi cikkünkben bemutattuk.¹⁷ A minták felismerése egy későbbi lépésben történik meg, de előzetesen el kell dönteni, hogy melyik „érezs-zervre” milyen mértékben hagyatkozhatunk. Tulajdonképpen a modell intelligenciája ebben a szakaszban bontakozik ki, hiszen a modul adaptív módon dönt a szenzorok felől érkezők jelek feldolgozásáról.

Jelen formában három szenzort nevesítettünk és ennek megfelelően három kimenettel kell számolni, azaz három párhuzamos ANFIS modult építettünk be. Mindegyik ANFIS modul megvizsgálja, hogy a beérkező mesterséges ingerek együttes értékelése alapján érdemes-e az adott kimenetet továbbvinni. Tehát minden ANFIS modul kimenete egy-egy szenzorból érkező jel továbbvitelét indukálhatja, sőt az összevetés eredménye később hatással van a végső összegző fuzzy következtetés szabálybázisára is.

Az ANFIS modul szerepe kimondottan a bonyolultabb minta-felismerési problémákban hatékony, amikor a mesterséges neurális háló (ANN) alkalmazása nem feltétlenül vezet pontos megoldáshoz, vagy az azonosítási idejét nagyon meghosszabbítja. Az ANFIS modul alkalmazásával biztosítható, hogy azok a mesterséges ingerületek, amelyek a töb-binél szignifikánsan jobban értelmezhetőek (pl. több egyedi azonosító jegy ismerhető fel rajtuk), kitüntetett szerepet kapnak a mintafelismerésben. Szélsőséges esetben akár mellőzhető a többi szenzorból származó információ további feldolgozása. Ennek éppen ellen-kezője az az eset, ha a konvencionális azonosításhoz képest sokkal rosszabb az összes minta felismerhetősége, de az együttes vizsgálat és a párhuzamos mintafelismerések csök-keneni képesek a bizonytalanságot.

Fontos megjegyezni, hogy a mintafelismerésre alkalmazott ANN-eket szintén tréningezni kell. Ennek során egy genetikus algoritmuson alapul javító automatikával meghatá-rozható az ANN néhány kritikus beállítása, úgy mint a rétegekbe sorolt neuronok kezdeti súlymátrixa. Ennek optimalizálása azért fontos, mert az ANN tanulása érzékenyen függ a kezdeti súlymátrix értékeitől. A tanítás kevésbé hatékony, ha a súlyok kezdeti értékei nem megfelelő módszerrel vannak megválasztva. Az ANN tréningjét a tanulási eredmények tesztje zárja.

Az egyes ANN modulok eredményeit az utolsó blokkban működő fuzzy logikai vezér-lő veti össze az előzetesen definiált szabálybázis alapján. A szabálybázis előzetes, de au-tomatikus konfigurációja tulajdonképpen azt határozza meg, hogy az adott körülmények között melyik mesterséges érzékszervre érdemes támaszkodni. A konfiguráció eredménye alapján előfordulhat, hogy minden érzékszervet azonos mértékben kell figyelembe venni, de előfordulhat egy-egy teljes kizárás is. Az emberi percepcióban nem ismerjük a végső döntések és a érzékszervi ingerek feldolgozásának eredménye közti relációt, de vélhetően a fuzzy implikációk jobban közelítik ezt, mint bármely más lineáris, algebrai modell.

A végső eredmény tekintetében az adott problémára adandó válasz tükrében számos kimeneti értéket tudunk megjelentetni. Megadható, hogy az adott személyt a rendszerünk felismerte vagy sem, megadható, hogy kikhez hasonlít a legjobban, de akár azt is fel tud-juk tüntetni, hogy hány százalékos az egyezés a korábban eltárolt felhasználókhoz képest.

4. Eredmények

Cikkünkben bemutattuk, hogy az emberi érzékelés, észlelés és felismerés milyen logikai viszonyban működnek, illetve mik ezek főbb biológiai és pszichológiai jellemzőik. Kitértünk olyan esetekre, amikor a természetes rendszerünk rendellenes működik vagy csalatkozik, annak okán, hogy a mesterséges megvalósításban is tekintettel lehessünk ezen hibákra. A természetes modell megismerését követően felvázoltuk egy lágy számítási módszerekkel operáló algoritmus architektúráját, és bemutattuk, hogy az egyes blokkok hogyan valósítják meg a természetes funkciókat. Jelen fázisban egyelőre az alkalmazható módszer matematikai megvalósíthatóságát vizsgáltuk, kitérve az egyes korlátokra, mindazonáltal nélkülözhetetlen a konstruált algoritmust igazolásának céljából bővebb mintán is lefuttatni.

Jegyzetek

1. H. Landecker, *Microcinematography and the History of Science and Film*, Chicago: The University of Chicago Press, 2006.
2. J. P. Frisby, *Seeing*, Oxford, England: Oxford University Press, 1980.
3. R. W. Sperry, Mind-brain interaction: Mentalism, yes; dualism, no, in *Neuroscience*, Vol. 5, Issue 2, p. 119-126.: Elsevier, 1980.
4. P. Sekuler és R. Blake, *Perception (Észlelés)*, Budapest: Osiris Kiadó, 1994.
5. F. K. Kovács Tibor, A biometrikus azonosítással kapcsolatos averziók rendőrök és egyetemi hallgatók körében, Budapest: Biztonságtechnikai Szimpózium, a Magyar Tudomány Ünnepe 2014 keretében: Óbudai Egyetem. 2015. pp. 1-12. ISBN 978-615-5460-30-2, 2014.
6. P. Sekuler és R. Blake, *Perception (Észlelés)*, Budapest: Osiris Kiadó, 1994.
7. P. Sekuler és R. Blake, *Perception (Észlelés)*, Budapest: Osiris Kiadó, 1994.
8. P. Sekuler és R. Blake, *Perception (Észlelés)*, Budapest: Osiris Kiadó, 1994.
9. F. K. Kovács Tibor, A biometrikus azonosítással kapcsolatos averziók rendőrök és egyetemi hallgatók körében, Budapest: Biztonságtechnikai Szimpózium, a Magyar Tudomány Ünnepe 2014 keretében: Óbudai Egyetem. 2015. pp. 1-12. ISBN 978-615-5460-30-2, 2014.
10. D. Kahneman, *Thinking Fast and Slow*, New York: Farrar, Straus and Giroux, 2011.
11. A. Konar, *Artificial Intelligence and Soft Computing; Behavioral and Cognitive Modeling of the Human Brain*, US: CRC Press, 2000.
12. <http://www.research.ibm.com/articles/brain-chip.shtml>. (2016-09-15)
13. W. Bechtel és A. Abrahamsen, *Connectionism and the Mind: An Introduction to Parallel Processing in Networks*, Cambridge: Basil Blackwell, 1991.
14. <http://www.research.ibm.com/articles/brain-chip.shtml>. (2016-09-15)
15. M. Gen és R. Cheng, *Genetic Algorithms and Engineering Optimization*, US: John Wiley & Sons, Inc., 200.
16. L. Kóczy és D. Tikk, *Fuzzy Systems (Fizy Rendszerek)*, Budapest: Typotex, 2001.
17. J.-S. R. Jang, C.-T. Sun és M. E., *Neuro-Fuzzy and Soft Computing; A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence*, Upper Saddle River: Prentice Hall, 1997.

Felhasznált irodalom

- A. C. D. S. S. Vaithyasubramanian, TWO FACTOR AUTHENTICATIONS FOR SECURED LOGIN IN SUPPORT OF EFFECTIVE INFORMATION PRESERVATION AND NETWORK SECURITY, India: ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, vol. 10, no. 5, ISSN 1819-6608, 2015.
- A. Jager, *Fuzzy Logic in Control*, Delft, 1995.

- A. Konar, *Artificial Intelligence and Soft Computing; Behavioral and Cognitive Modeling of the Human Brain*, US: CRC Press, 2000.
- A. R. Anil K. Jain, *Multibiometrics Systems*, COMMUNICATIONS OF THE ACM, 2004/Vol. 47, No. 1, 2004.
- D. Kahneman, *Thinking Fast and Slow*, New York: Farrar, Straus and Giroux, 2011.
- D. T. L. Kóczy, *Fuzzy Rendszerek*, Budapest: Typotex, ISBN: 978-963-2797-09-0, 2012.
- F. K. Kovács Tibor, *A biometrikus azonosítással kapcsolatos averziók rendőrök és egyetemi hallgatók körében*, Budapest: Biztonságtechnikai Szimpózium, a Magyar Tudomány Ünnepe 2014 keretében: Óbudai Egyetem. 2015. pp. 1–12. ISBN 978-615-5460-30-2, 2014.
- F. P. J. C. X. Anne M.P. Canuto, *Investigating fusion approaches in multi-biometric cancellable recognition*, Brazil: Elsevier, *Expert Systems with Applications* 40 (2013) ISSN 1971–1980, 2012.
- H. L. Werner Gábor, *Using the Beta-Binomial Distribution for the Analysis of Biometric Identification*, Subotica, Serbia: SISY 2015 IEEE 13th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics ISBN 978-1-4673-9388-1, 2015.
- H. Landecker, *Microcinematography and the History of Science and Film*, Chicago: The University of Chicago Press, 2006.
- <http://www.research.ibm.com/articles/brain-chip.shtml>. (2016-09-15)
- J. P. Frisby, *Seeing*, Oxford, England: Oxford University Press, 1980.
- J. Y. Xuhua Liu, *Fuzzy Boolean Algebra and its Properties*, China: Jilin University, Changchun.
- J.-S. Jang, *ANFIS: adaptive-network-based fuzzy inference system*, USA: Dept. of Electr. Eng. & Comput. Sci., California Univ, Berkeley, p. 665-685, DOI: 10.1109/21.256541, 2002.
- J.-S. R. Jang, C.-T. Sun és M. E., *Neuro-Fuzzy and Soft Computing; A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence*, Upper Saddle River: Prentice Hall, 1997.
- K. Suzuki, *Artificial Neural Networks – Architectures and Applications*, Chapter 7, MLP and ANFIS Applied to the Prediction of Hole Diameters in the Drilling Process: InTech, 2013.
- L. A. Zadeh, *Fuzzy Sets*, ELSEVIER, *Information and Control*, 8 (3) 338-353., doi:10.1016/S0019-9958(65)90241-X, 1965.
- L. Kóczy és D. Tikk, *Fuzzy Systems (Fuzzy Rendszerek)*, Budapest: Typotex, 2001.
- M. Gen és R. Cheng, *Genetic Algorithms and Engineering Optimization*, US: John Wiley & Sons, Inc., 200.
- M. I. O. C. Kovács Tibor, *A Biztonságtudomány Biometrai Aspektusai*, Pécs: Pécsi Határőr Tudományos Közlemények, XIII. kötet, HU ISSN 1589-1674, 2012.
- O. Csaba, *Classification of Biometric Access Control Systems Based on real-time Throughput*, Pozsony, Szlovákia: REVIEWED PROCEEDINGS Fifth International Scientific Video-conference of Scientists and PhD. students or candidates: Trends and Innovations in E- business, Education and Security. 129 p. ISBN 978-80-225-4191-6, 2015.
- P. Sekuler és R. Blake, *Perception (Észlelés)*, Budapest: Osiris Kiadó, 1994.
- R. W. Sperry, *Mind-brain interaction: Mentalism, yes; dualism, no*, in *Neuroscience*, Vol. 5, Issue 2, p. 119–126.: Elsevier, 1980.
- W. Bechtel és A. Abrahamsen, *Connectionism and the Mind: An Introduction to Parallel Processing in Networks*, Cambridge: Basil Blackwell, 1991.