

Óbudai Egyetem

Doktori (PhD) értekezés tézislevele



**A MULTIMODÁLIS BIOMETRIKUS
AZONOSÍTÓ RENDSZEREK KOCKÁZAT
ALAPÚ VIZSGÁLATA FUZZY LOGIKA ÉS
NEURÁLIS HÁLÓZATOK SEGÍTSÉGÉVEL**

Werner Gábor

Témavezető:

Dr. Hanka László

Biztonságtudományi Doktori Iskola

Budapest, 2019

Tartalomjegyzék

1	Summary	3
2	A kutatás előzményei	4
3	Kutatási és vizsgálati célok:	5
4	Vizsgálati módszerek	6
5	Új tudományos eredmények	7
6	Az eredmények hasznosítási lehetősége	8
7	Irodalmi hivatkozások listája	10
8	Publikációk	18
8.1	Tézisekhez kapcsolódó publikációk	18
8.2	További publikációk	19

1 Summary

The biometrics has a more and more important role in identification. It has been used for forensic purpose for decades, but the development of the information technologies created an opportunity to apply more complex algorithms in real time identification. The information flow and accessibility became a highly vulnerable and sensitive infrastructure, thus the proper security of these systems is an actual challenge.

The main issue is how it is possible to increase the level of protection, meanwhile the authentication methods doesn't become much more complicated. This dissertation is focusing on a very common practical problem, which is the relationship of false acceptance rate (FAR) and false rejection rate (FRR). Generally these indexes can describe the goodness of a biometric device, and in most known biometric identification devices the correlation is inversely proportional.

The main idea was assumed by my hypothesis, which said that, it is possible to decrease the negative correlation, or even find sets of a suitable settings where the relation is independent among FRR and FAR. The first thesis, which investigates the effects of the failures on the whole identification process demonstrated that, it is feasible to reduce the harmful effect of the failures if the variables of the beta-binomial distribution are different. This difference can be caused by the proper choice of the failure sources. Whether the failures's source is differ, the parameters are changing, therefore the multiplication of the an original fault has less powerful effect. There are more possible solutions to have more colorful sample sources, like multimodal biometrics.

Thereafter the following thesis are addressed to find appropriate design for control algorithms of the multimodal biometrical identification. Multimodality gives an opportunity to reduce the number of false rejections, but the control algorithm has to be considered thoroughly, because in the most ways of the multimodal identifications the recognition and summarization highly depends on the user's biometrical attribution. Whether the control algorithm has no regard for personal specific features or the goodness of the sampling, the FRR can't be reduced or the FAR grows. My research addressed onto this question, where the introduced combinations of soft-computing method can give an applicable technique.

The mathematical background of the Artificial Intelligence, which based on the soft-computing methods helped to create a program frame as a control algorithm, which could be using in multimodal biometric identification with good results.

2 A kutatás előzményei

A biztonságstudomány fontos kérdései közé tartozik, hogy miként szabályozható az egyes javakhoz, szolgáltatásokhoz vagy információkhoz történő hozzáférés, illetve a hogyan valósítható meg jogosult személyek gyors és hatékony azonosítása? A biztonságtechnikában a digitális biometrikus azonosítás a jogosultság-vizsgálati módszerek viszonylag modern ága. Azonban maga a biometria nem nevezhető modern tudománynak, hiszen mind az orvostudomány, mind a kriminológia évszázados múltú ismeretekkel rendelkezik arról, hogy miként lehet egyes testi/pszichikai jellemzők alapján személyeket azonosítani, csoportokba sorolni.

A biometria biztonsági értelmezésében azonban elmondható, hogy a korábitól eltérő igények is felmerültek, mert az azonosítás vizsgálat körülményei egyes vonatkozásokban komoly korlátok közé szorúlnak. A gyakorlati alkalmazásokban fontos szempont az idő- és a költségtényező, valamint az alkalmazkodási képesség is. Elmondható, hogy az alkalmazott biometriában a biztonsági színvonal mellett a rendszerek költsége, gyorsasága és megbízhatósága is összemérhető kell, hogy legyen egymással és más azonosítási megoldásokkal.

A gyakorlat számára – az összemérhetőség viszonylatában is – problémát jelent, hogy az azonosítandó jegyek minősége időben nem állandó. A digitális adathordozók öregedéséhez képest az emberi szervezet jelentősen gyorsabban képes megváltozni, elveszítve az azonosításhoz szükséges egyedi jegyek jellegzetes tulajdonságait. Az emberi szervezet azonosító jegyeinek változása mellett, a biometrikus azonosítás más, elsősorban környezeti vagy felhasználási okokból kifolyólag is ki van téve olyan jelenségeknek, amelyek befolyásolják a szelektív és megbízható működést.

A változó felhasználói igények, a környezeti és a személyi feltételek kezelése olyan biometrikus azonosítási rendszer alkalmazásának bevezetését teszi szükséges, amely képes adaptálódni és flexibilis módon kezelni az azonosítási folyamatokat, mindamelllett, hogy a környezeti zajokkal szemben is toleránsabb. Ezen igényeket együttesen elégíthetik ki olyan multimodális biometrikus azonosítási rendszerek, amelyek a fuzzy logika és a neurális háló, avagy a mesterséges intelligenciák matematikai módszereinek előnyeit alkalmazzák.

3 Kutatási és vizsgálati célok:

Kutatásom elsődleges célja annak megválaszolása volt, hogy mesterséges intelligenciák körébe sorolt lágy számítási módszerek és egyes statisztikus megoldások hogyan javíthatják az azonosítás hatékonyságát, különös tekintettel arra, hogy az automatizált rendszerek miként taníthatóak meg a megváltozott működési feltételek implementálására. A fő kutatási cél vizsgálata során felmerültek olyan kérdések is, amelyek megfelelő megválaszolása nélkül nem lenne teljes és kellően körültekintő e tudományos munka. Ennek érdekében az alábbi kutatási és vizsgálati részcélokat tűztem ki:

- biometrikus azonosítási módszerek matematikai modelljeinek megismerése a mintaazonosítástól a döntésig;
- a sikeres azonosítás feltételeinek feltárása, különböző módszerek szelektivitásának összehasonlítása;
- biometrikus azonosítási rendszerek működésének vizsgálata, gyakorlati hibajelenségek feltárása és tipizálása, megfigyelési egységek közötti struktúrák felépítése;
- mesterséges tesztelési környezet és javító algoritmusok hibamentes működésének optimalizálása.

A téma kutatásának hipotézisei

- I. Ismert felhasználói kör és környezet esetén előzetes statisztikus eltérési vizsgálattal előre jelezhető az alkalmazott biometrikus azonosító eszköz valós működési teljesítménye, így jobban meghatározható a környezethez illeszkedő műszaki megoldás.
- II. A fuzzy logika lágy vezérlési szekvenciájával javulhat a multimodális biometrikus azonosítás döntési folyamatának pontossága a klasszikus, összegező és statisztikus jellegű eljárásokhoz képest.
- III. A mesterséges neurális hálózatok tanulási képessége a konvencionális minta-felismerési algoritmusokhoz képest növelheti a biometrikus minták felismerésének hatékonyságát, illetve a genetikus algoritmusokkal optimalizált mesterséges neurális hálózatok jól alkalmazhatók olyan problémák kezelésére, ahol a multimodális minták minősége nem állandó, a felhasználói kör vagy környezet változik.
- IV. Lágy számítási módszerek kombinálásával rövidíthető a multimodális biometrikus azonosítás folyamata, mindeközben a felismerés hatékonysága illetve egy komplex, mesterséges intelligenciát implementáló vezérlő képes lehet az emberi észleléshez hasonló logikával felismerési feladatokat végezni.

4 Vizsgálati módszerek

A kutatási módszerek közül elsőként a szakirodalmi feldolgozást kell megemlíteni, aminek során elsősorban nemzetközi szakirodalmi forrásokat elemeztem és hasonlítottam össze. Ezzel párhuzamosan természetesen megvizsgáltam a témakör magyarországi forrásait is, amiről elmondható, hogy relevánsnak tekinthető a nemzetközi viszonylatban. Három alapvető témakör területeiről gyűjtöttem szakirodalmi forrásokat úgymint az alkalmazott matematika (ezen belül optimalizálási módszerek, lágy számítási módszerek és az algebra numerikus módszerei), a biometria (multimodális biometria, alkalmazott biometria), valamint az általános biztonságtudomány (objektumvédelem, kritikus infrastruktúrák védelme, kockázatelemzési módszerek). A vizsgált problémák tárgyalása során áttekintettem a hazai és uniós szabályozást a biometrikus azonosítás minőségi jellemzőinek mérési és összehasonlíthatóságának nehézségei tekintetében.

A szakirodalom feldolgozásán túl, MATLAB (Matrix Laboratory Software) környezetben algoritmusokat készítettem az egyes hipotézisek igazolása céljából, amelyekkel vagy általam generált vagy nyilvánosan elérhető adatbázisok adatait elemeztem. A programozás során különleges célt állítottam magam elé, miszerint nem használtam úgynevezett toolbox-okat (eszközcsomag), hanem minden lépést analitikusan végigvezetve, külön-külön programoztam, így megadva a lehetőség arra, hogy minden beállítást tetszés szerint megváltoztathassak.

Bizonyos problémák esetében több matematikai modellt is megvizsgáltam, és témavezetőm útmutatása szerint az operációkutatáshoz hasonlóan kerestem a legjobban illeszkedő matematikai modellt. A fentiekén túl kvalitatív és kvantitatív kutatásokat végeztem egyes biometrikus azonosító eszközök működését illetően az Alkalmazott Biometria Intézetben, és az ebből származó kutatási adatokat a későbbiekben bemutatott modellekben feldolgoztam.

Megvizsgáltam, hogy egy multimodális biometrikus azonosító komplex modellje milyen rendszertechnikai elemekkel optimalizálható. Olyan mesterséges biometrikus azonosítási környezet hoztam létre, amelyben virtuális adatbázissal és eszközökkel automatizált tesztek tudtam lefuttatni. Végül soron kombináltam a multimodális vezérlési algoritmusokat, így egy komplex mesterséges intelligencia alapú vezérlőt készítettem, a kitűzött kutatási célok érdekében.

A kutatásaimban választ kerestem azokra a kérdésekre, amelyekkel a biometrikus azonosító eszközök gyakorlati alkalmazása során találkozhatunk, így egy igen komplex szemléletben vizsgáltam a biometrikus rendszereket a tervezéstől egészen a működtetésig.

5 Új tudományos eredmények

- I. A béta-binomiális eloszlással számított kismintás tesztek eredményei alapján jól felmérhető egy adott biometrikus azonosító eszköz alkalmazhatósága ismert felhasználói kör és környezet esetében.
- II. A bemutatott bimodális biometrikus fuzzy logika alapú vezérlés képes adaptív módon alkalmazkodni a megváltozott körülményekhez, így amennyiben változik a felismerési karakterisztika, akkor a szabálybázis változtatásával korrigálható egy esetleges torzító hatás is.
- III. A vizsgált egy-az-egyhez típusú azonosítási módban az ANN megfelelő hangolása és tanítása során olyan mintafelismerő algoritmus készült, ami a biztonsági színvonal változása nélkül kevesebb téves elutasítással képes működni.
- IV./A Genetikus algoritmus alkalmazásával sikerült olyan működési beállításokat találni, amelyek az ANN működését tekintve adott működési körülmények esetében optimálisnak tekinthetők. Így a tanulás konvergenciája folyamatos és gyors.
- IV./B MANFIS alkalmazása multimodális biometrikus azonosítási problémák esetében szignifikánsan javítja az egyes módok kihasználtságát és a teljes azonosítás pontosságát. Ezzel párhuzamosan az azonosítás ideje csökkenthető, így jogosultsági folyamat ellenőrzése rövidíthető.
- IV./C Az emberi észlelés és felismerés folyamatát alkalmazva, lágy számítási módszerek kombinációjával lehetséges megalkotni egy olyan algoritmust, ami az emberhez hasonló motorikus és kognitív képességekkel bír.

6 Az eredmények hasznosítási lehetősége

A digitális biometrikus azonosítás gyakorlatában eddig nem született széles körűen elterjedt, és elfogadott explicit formula, amivel előre becsülhető az eszközök működése ismert környezetben és felhasználói körben. Ennek következtében a minősítés és a működési teljesítmény értékelése támogatásra szorul. Az általam ismert megoldás alkalmazása segítheti a beruházókat, hogy a célra alkalmas eszközöket vásároljanak, illetve azokat a megfelelő körülmények szerint alkalmazzák.

A fuzzy logika alapú vezérlés előnye, hogy a bemeneti és kimeneti érték viselkedése alapján, empirikus módon is lehetőség van a működés optimalizálására, tehát pusztán a rendszer megfigyelése is segíthet az irányítási folyamatok hangolása során. A fuzzy logikának számos előnye mellett azonban tisztában kell lennünk a hátrányaival is. Olyan folyamatokban, amelyekben a bemeneti és a kimeneti változók között pontos analitikus kapcsolat áll fenn, nem érdemes a fuzzy logikát alkalmazni. Az analitikus kapcsolatok között bizonyosan pontosabban lehet megközelíteni az optimumot vagy kvázi optimumot, mint a fuzzy logikával közelíteni a szuboptimumot. A fuzzy logika tehát olyan biometrikus vezérlési és irányítási folyamatok esetében alkalmazandó, ahol nem ismerjük az analitikus megoldást, vagy az – annak összetettségéből fakadóan – a rendelkezésre álló időn belül, vagy számítási kapacitások korlátja miatt nem kezelhető. A fuzzy logikai vezérléssel egy multimodális biometrikus azonosítási rendszer felismerési hatékonysága jelentősen javítható.

A mesterséges neurális hálózatokat a gyakorlatban elterjedten használják osztályozási problémák megoldására, de egy strukturáltabb, többretegű perceptron bonyolultabb mintázatok felismerésére is alkalmas lehet. Ennek alapján készítettem el azt az ujjnyomat azonosító algoritmusomat, ami a kinyert információt egy ANN segítségével hasonlítja össze a tárolt adatokkal. A hálózat tanítása különösen fontos feladat, amire az úgynevezett rugalmas hiba-visszaterjesztéses iterációt kellett alkalmazni. Ki kell emelni, hogy a mesterséges neurális hálózat számos olyan beállítással rendelkezik, amivel a felismerés hatékonysága növelhető, de ezek megkeresésre analitikus módon korlátozott, így összetettebb feladat esetében optimum kereső algoritmusokat kell alkalmazni.

A genetikus algoritmusok alkalmazásával gyorsan és a lokális szélsőértékek kikerülésével sikerült elérni olyan optimálisnak tekinthető működési beállításokat, amelyekkel az ANN működése stabilizálódott. Természetesen a GA által vizsgált paraméterek lehetősége is korlátos. A teljes rendszer szempontjából kell megvizsgálni az ideális működési

intervallumot, valamint azt, hogy milyen jellemzőket lehet esetleg előzetesen megkeresni, és mik azok, amiket a kérdéses adathalmaz vizsgálata során szükséges optimalizálni. A GA alkalmazásának egyik legnagyobb előnye, hogy a moduláris algoritmus beállításainak megfelelő változtatásaival egymástól igen különböző típusú biometrikus azonosítási eljárások vizsgálatára is alkalmassá válik ugyanaz az algoritmus.

Felismerve, hogy a multimodális azonosítás egy bonyolultabb architektúrát jelent, egy adaptív neuro-fuzzy megoldással afféle előszűrési fázist építettem be a biometrikus azonosítási eljárásba. Ez az előfeldolgozás nem közvetlenül mintázat felismerési feladatot végez, hanem egy minőségellenőrzéssel optimalizált döntést hoz a további feldolgozási lépések szükségességéről és a végeredmények értékeléséről. A (M)ANFIS egységből érkező előminősített azonosítási információk alapján az algoritmus súlyozni képes a későbbi eredmények relevanciáját a döntési folyamatban, sőt a hatékonyság növelése érdekében, akár ki is hagyhat egy-egy azonosítási eljárást. Az egység alkalmazása különösen hasznos lehet olyan szituációkban, ahol a multimodális megoldások szerepe – felhasználói vagy környezeti szempontok miatt – folyamatosan változik.

A megvizsgált lágy számítási módszerek mindegyike segíti a biometrikus azonosítás hatékonyságának növelését, de érdemes ezen módszereket magasabb szinten is kombinálni és megvizsgálni, hogy ezek milyen analógiát mutatnak a természetes percepció folyamatával. Ezen vizsgálatok eredményeként fontos megállapítást nyert, hogy az emberi észlelés és felismerés folyamata egészen jól modellezhető, és az egyes modell egységek feladatát – természetesen bizonyos határok között – lehetséges a vizsgált módszerekkel helyettesíteni. E modell gyakorlati alkalmazásához és teszteléséhez a terjedelmes adatbázison kívül, nagy teljesítményű számítási kapacitással bíró számítógép bevonása is szükséges az egymásba ágyazódó ciklusok folytán.

7 Irodalmi hivatkozások listája

- [1] Kovács T.; Miklós G., "A Biometrikus Adatok Kezelésének Jogi Szabályozása," *Hadmérnök*, vol. XIV., no. 1., pp. 8-16, 2019..
- [2] Coseraru, R., "Facial Recognition Systems and Their Data Protection Risks Under the GDPR," Master Thesis Law and Technology LL.M., 2017, pp. 41-43.
- [3] 29. WORKING PARTY, *Opinion 3/2012 on developments in biometric technologies*, http://ec.europa.eu/justice/data-protection/index_en.htm, 2012.
- [4] Baker, J. P.; Maurer, D. E., "Fusion of biometric data with quality estimates via a Bayesian belief network," vol. Proceedings of the Biometric Symposium, pp. 21-22, 2005.
- [5] Jain, A. K.; Hong, L., *Multimodal Biometrics*, Boston: Springer, 1996.
- [6] Jain, A. K.; Ross, A.; Prabhakar, S., "An Introduction to Biometric Recognition," *IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS FOR VIDEO TECHNOLOGY*, vol. 14 No. 1, pp. 4-19, 2004.
- [7] Ahmad, S. M. S.; Ali, B. M.; Adnan, W. A. W., "Technical issues and Challenges of biometric Applications as Access Control Tools of Information Security," *International Journal of Innovative Computing, Information and Control*, vol. 8 No.11, pp. 7983-7999, 2012.
- [8] Luis-García, R.; López, C. A.; Aghzout, O. A.; Alzola, J. R., "Biometric identification systems," *Signal Processing*, vol. 83 (12), pp. 2539-2557, 2003.
- [9] Kovács T.; Milák I.; Otti Cs., "A biztonságstudomány biometriai aspektusai," in *Pécsi Határőr Tudományos Közlemények XIII. kiadvány - Tanulmányok a Biztonság Rendészettudományi Dimenziói - Változások és Hatások Című Tudományos Konferenciáról ISSN 1589-1674*, 2012.
- [10] Srivastava, H., "A Comparison Based Study on Biometrics for Human Recognition," *IOSR Journal of Computer Engineering*, Vols. e-ISSN: 2278-0661, p-ISSN: 2278-8727 Volume 15, Issue 1 (Sep. - Oct. 2013), pp. 22-29.

- [11] Yager, N.; Dunstone, T., "The biometric menagerie," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and*, vol. 32 No. 2., pp. 220-230, 2010.
- [12] Poh, N.; Kittler, J., "A methodology for separating sheep from goats for controlled enrolment and multimodal fusion," *Proceeding of the Biometric Symposium Tampa*, pp. 17-22, 2008.
- [13] Otti Cs., Classification of Biometric Access Control Systems Based on real-time Throughout, Pozsony, Szlovákia: REVIEWED PROCEEDINGS Fifth International Scientific Videoconference 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.
- [14] Werner G., Hanka L., "Using the Beta-binomial Distribution for the Analysis of Biometric Identification," Vols. ISBN 978-1-4673-9388-1, 2015.
- [15] Mansfield, A.; Wayman, J. L., "Best Practices in Testing and Reporting Performance of Biometric Devices," Vols. Biometric Testing Best Practices, Version 2.01, no. ISSN 1471-0005, 2002.
- [16] Jain, A. K.; Kumar, A. , "Biometrics of next generation: An overview," in *Second Generation Biometrics: The Ethical, Legal and Social Context*, ISBN 978-97-007-3892-8, Springer, 2012, pp. 47-79.
- [17] Kovács T.; Fialka Gy., "The Vulnerability of Biometric Methods and Device," *ANNALS of Faculty Engineering Hunedoara - International Journal of Engineering*, vol. 14, no. ISSN 1584-2673, pp. 45-48, 2016.
- [18] Ratha, N. K.; Connell, J. H.; Bolle, R. M. , "An Analysis of Minutiae Matching Strength," *Proceedings of the 3rd International Conference on Audio- and Video-Based Biometric Person Authentication (AVBPA '01)*, Vols. Halmstad, Sweden, June 2001, pp. 223-228,.
- [19] Werner G.; Hanka L., "Risk-Adapted Access Control with AI based Multimodal Biometric Identification," in *European Smart, Sustainable and Safe Cities Conference 2019 Abstract Book*, Budapest, 2019.

- [20] Hitchcock, D. C., Evaluation and Combination of Biometric Authentication Systems, USA: University of Flodria, 2003.
- [21] Rodrigues, R. N.; Ling, L. L.; Gondaraju, V., "Roboustness of multimodal biometric fusion methods against spoof attacks," *Journal of Visual Languages and Computing*, vol. doi:10.1016/j.jvlc.2009.01.010, pp. 169-179, 2009.
- [22] Navarro, D.; Perfors, A., "An Introduction to the Beta-Binomial Model," *Computational Cognitive Science*, 2012.
- [23] Armijo, L., "Minimization of Functions Having Lipschitz Continuous First Partial Derivates," *Pacific Journal of Mathematics*, vol. 16, no. 1, 1966.
- [24] Hintermüller, M., Nonlinear Optimization, Humboldt University of Berlin.
- [25] Galántai A., Optimalizálási Módszerek, Miskolc0: Miskolci Egyetemi Kiadó, 2004.
- [26] Hanka L.; Balogh Zs., "Bayesian Analyzis in the Risk Aassessment Applivation of Discrete Probability Distributions," *Statements in Aeronautics*, vol. 25, no. 2, 2013.
- [27] Otti Cs.; Kolnhofer-Derecskei A., "Az emberek elfogadási küszöbe a biometrikus rendszerek megbízhatóságával szemben," *Katonai Nemzetbiztonsági Szolgálat*, vol. XVI., no. 3., pp. 133-148, 2018.
- [28] Retter Gy., Kombinált Fuzzy, Neurális, Genetikus Rendszerek Kombinált Lágyszámítások, Budapest Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem ISBN 978 963 87401 0 6: Invesz Marketing Bt., 2007.
- [29] Franke, K.; del-Solar, J. R.; Köppen, M., "Soft-Biometrics: Soft-Computing Technologies for Biometric-Applications," in *SPRINGER*, Berlin, 2002.
- [30] McCarthy, J., "Artificial Intelligence, Logic and Formalizing Common Snese," in *Philosophical Logic and Artificial Intelligence*, University of PittsburghPhiladelphiaUSA, Springer ISBN 978 94 010 7604 3, 1989, pp. 161-190.

- [31] Bradshaw-Martin, H.; Easton, V., "Autonomus or 'Driverless' Cars and Diasability: a Legal and Ethical Analysis," *European Journal of Current Legal Issues*, vol. 20, no. 3, 2014.
- [32] Werner G., "A mesterséges intelligencia szerepe a biztonságtudományban," in *XX. Tavaszi Biztonságtechnikai Szimpózium, Óbudai Egyetem*, Budapest, 2017.
- [33] Werner G.; Hanka L., "A Fuzzy logika alkalmazása a multi-modális biometrikus azonosításban," in *KÖZTES EURÓPA: TÁRSADALOMTUDOMÁNYI FOLYÓIRAT: A VIKEK KÖZLEMÉNYEI*, 2016.
- [34] Zadeh, L. A., "Fuzzy Sets," *Information and Control*, Vols. doi:10.1016/S0019-9958(65)90241-X, pp. 338-353, 1965.
- [35] [Online]. Available: <https://in.pcmag.com/biometric-devices/118254/the-biometric-system-in-your-phone-has-come-a-long-way>. [Accessed 15. február 2019.].
- [36] Werner G.; Hanka L., "Optimization of Big Population's Multimodal Biometrical Identification with a Complex neuro-Fuzzy Logic Controller," in *Sixth International Scientific Videoconference of Scientists and PhD students or candidates : Trends and Innovations in E-business, Education and Security*, Budapest, 2016.
- [37] Kóczy L.; Tikk D., *Fuzzy Systems (Fuzzy Rendszerek)*, Budapest: Typotex, 2001.
- [38] Werner G., "Fuzzy Logic Adapted Controller System for Biometrical Identification in Highly-Secured Critical Infrastructures," in *10th Jubilee IEEE International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics (SACI 2015)*, Timisoara, Romania, 2015.
- [39] Jager, A., *Fuzzy Logic in Control*, Delft, 1995.
- [40] Polski, J.; Smith, R.; Garrett, R., *The Report of the International Association for Identification, Standardization II Committee*, 2011, pp. 28-29.

- [41] Abdolahi, M.; Mohamadi, M.; Jafari, M., "Multimodal Biometric System Fusion Using Fingerprint and Iris with Fuzzy Logic," *International Journal of Soft Computing and Engineering*, Vols. ISSN 2231-2307, no. 2, 2013.
- [42] Contil, V.; Milici, G.; Ribino, P.; Sorbello, F.; Vitabile, S., "Fuzzy Fusion in Multimodal Biometric Systems," in *Knowledge-Based Intelligent Information and Engineering Systems*, Berlin, Springer, 2007, pp. 108-115.
- [43] [Online]. Available: <http://www.research.ibm.com/brain-chip.shtml>. [Accessed 15 szeptember 2016].
- [44] Werner G.; Hanka L., "A mesterséges neurális hálózatok alkalmazásának lehetőségei a biometrikus személyazonosításban," *XXI. FMTÜ Nemzetközi Tudományos Konferencia kiadványa - Proceedings of the XXI-th International Scientific Conference of Young Engineers*, pp. 441-444, 2016.
- [45] "Fingerprint Veriification Competition 2002," [Online]. Available: <http://bias.csr.unibo.it/fvc2002/>. [Accessed 1. március 2019.].
- [46] Werner G; Hanka L., "Tuning an Artificial Neural Network to Increase the Efficiency of a Fingerprint Matching Algorithm," in *SAMI 2016 : IEEE 14th International Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics*, Herlany, Slovakia, 2016.
- [47] Kovács T., Milák I., Otti Cs., *A Biztonságtudomány Biometrai Aspektusai*, Pécs: Pécsi Határőr Tudományos Közlemények, XIII. kötet, HU ISSN 1589-1674, 2012.
- [48] Sudiro, S. A.; Yuwono, R. T. , "Adaptable Fingerprint Minutiae Extraction Algorithm Based-on Crossing Number Method for Hardware Implementaion Using FPGA Device," *International Journal of Computer Science, Enigneering and Information Technology*, vol. 2, no. 3, 2012.
- [49] Ravi, J.; Raja, K. B.; Venugopal, K. R., "Fingerprint Recognition Using Minutiae Score Matching," *Journal of Engineering, Science and Technology*, Vols. 1 ISSN 0975-5432, no. 2, pp. 35-42, 2009.

- [50] "Artificial Neural Network - Perceptron," [Online]. Available: http://www.saedsayad.com/artificial_neural_network_bkp.htm. [Accessed 01. március 2019.].
- [51] Ali, S.; Al-Omari, K.; Sumari, P.; Al-Taweek, S. A.; Hussain, A. J., "Digital Recognition Using Neural Network," *Jorunal of Computer Science*, Vols. 5 ISSN 1549-3636, no. 6, pp. 427-434, 2009.
- [52] Hajek, M., *Neural Networks*, University of KwaZulu-Natal, 2005.
- [53] Weeraprajak, E.; Chacko E., "New Learning Algorithm for Adaptive Network Based Fuzzy Inference System in Application of Forecasting Chaotic Time Series," in *University of Canterbury*, Christchurch, New Zealand, 2007.
- [54] Riedmiller, M., "Rprop - Description and Implementations Details," in *University of Karlsruhe*, Karlsruhe, Germany, 1994.
- [55] Katona Gy.; Recski A.; Szabó Cs., *A számítástudomány alapjai*, TYPOTEX, 2002.
- [56] Yao, X., "A Review of Evolutionary Artificial Neural Networks," *Internatonal Journal of Intelligent Systems*, vol. 8, no. 4, pp. 539-567, 1993.
- [57] Holland, J. H., *Adaptation in Natural Artificial Sytems*, Ann Arbor: University of Michigan Press, 1975.
- [58] Werner G.; Hanka L., "Optimization of Artificial Neural Networks with Genegtic Algorithms for Biometric Pattern Recognition," *REVISTA ACADEMIEI FORTELOR TERESTRE / LAND FORCES ACADEMY REVIEW*, vol. 19, no. 3, p. 256, 2019.
- [59] Jang, J-S. R.; Sun, C.H.; Mizutani, E., "Neuro-Fuzzy and Soft Computing-A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence," vol. 42, *IEEE Transactions on Automatic Control*, 1997, pp. 1482-1484.
- [60] Jang, J-S R., "Fuzzy Modeling Using Generalized Neural Networks and Kalman Filter Algorithm," *AAAI'91 Proceedings of the ninth National conference on Artificial intelligence*, vol. 2, pp. 762-767, 1991.

- [61] Jang, J-S. R.; Sun, C-T.; Mizutani, E., *Neuro-Fuzzy and Soft Computing; A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence*, Upper Saddle River: Prentice Hall, 1997.
- [62] Jang, J-S. R., ANFIS: adaptive-network-based fuzzy inference system, USA: Dept. of Electr. Eng.& Compit. Sci., California Univ, Berkeley, p. 665-685, DOI: 10.1109/21.256541, 2002.
- [63] Werner G.; Hanka L.; Ószi A., "Application of Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System in Multimodal Biometrical Identification," *ÓBUDA UNIVERSITY E-BULLETIN*, vol. 9, no. 1, pp. 23-28, 2019.
- [64] Wang, L. X.; Mendel, J. M., "Back-propagation fuzzy system as nonlinear dynamic system identifiers," *IEEE International Conference on Fuzzy Systems*, pp. 1409-1418, 1992.
- [65] Wang, Y. M. ; Elhang, T., "An Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System for Brdige Risk Assessment," *Expert Systems with Applications*, vol. 34, no. 4, pp. 3099-3106, 2008..
- [66] Kryszczuk, K.; Drygajlo, A., "On Quality of Qiality Measures for Classification," in *Biometrics and Identity Management*, Denmark, Roskilde Univesity, 2008, pp. 21-31.
- [67] Abreu, M.; Fairhust, M., "An Empirical Comparison of Individual Machine Learning Techniques in Signature and Fingerprint Classification," in *Biometrics and Identity Management*, United Kingdom, University of Kent, 2008, pp. 133-143.
- [68] Altrichter M.; Horváth G.; Pataki B.; Strausz Gy.; Takács G.; Valyon J., *Neurális Hálózatok*, Budapest: Panem Könyvkiadó Kft., 2006.
- [69] Sekuler, P.; Blake, R., *Perception (Észlelés)*, Budapest: Osiris Kiadó, 1994.
- [70] Kovács T.; Földesi K., *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.

- [71] Otti Cs.; Valociková C., "A Biztonsági Rendszerek Felhasználói Attitűdje, Értékelése és Befolyásolásának Lehetőségei," *Hadmérnök*, vol. 14, no. 1, pp. 32-41, 2019.
- [72] Bechtel, W.; Abrahamsen, A., *Connectionism and the Mind: an Introduction to Parallel Processing in Networks*, Cambridge, USA: Basil Blackwell, 1991.
- [73] Konar, A., *Artificial Intelligence and Soft Computing*, Calcutta, India: Jadavpur University, CRC Press, 2000..
- [74] Sánchez, D.; Melin, P., "Modular Neural Network with Fuzzy Integration and Its Optimization Using Genetic Algorithms for Human Recognition Based on Iris, Ear and Voice Biometrics," in *Soft Computing for Recognition Based on Biometrics*, Berlin, Springer, 2010, pp. 85-103.
- [75] Werner G.; Hanka L., "Az emberi észlelésen alapuló mesterséges intelligencia modellezése a személyazonosításban," in *KÖZTES EURÓPA: TÁRSADALOMTUDOMÁNYI FOLYÓIRAT: A VIKEK KÖZLEMÉNYEI*, Budapest, 2016.

8 Publikációk

8.1 Tézisekhez kapcsolódó publikációk

- I. Werner G.; Hanka L.: Using the Beta-Binomial Distribution for the Analysis of Biometric Identification, in IEEE 13th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics (SISY), ISBN:978-1-4673-9388-1, pp. 209-215., 2015.
- II. Werner G.; Hanka L.: Risk-Adapted Access Control with AI based Multimodal Biometric Identification, in European Smart, Sustainable and Safe Cities Conference Abstract Book, ISBN:978-615-5586-35-4, Budapest, 2019.
- III. Werner G.: A mesterséges intelligencia szerepe a biztonság tudományban, XX. TAVASZI BIZTONSÁGTECHNIKAI SZIMPÓZIUM, Budapest, Óbudai Egyetem, 2017.
- IV. Werner G.; Hanka L.: A Fuzzy logika alkalmazása a multi-modális biometrikus azonosításban, KÖZTES EURÓPA: TÁRSADALOMTUDOMÁNYI FOLYÓIRAT: A VIKEK KÖZLEMÉNYEI 8:(1-2), Szeged, ISSN:2064-437X, pp. 177-185., 2016.
- V. Werner G.; Hanka L.: Optimization of Big Population's Multimodal Biometrical Identification with a Complex Neuro-Fuzzy Logic Controller, in Sixth International Scientific Videoconference of Scientists and PhD. Students or Candidates: Trends and Innovations in E-business, Education and Security, Budapest, Óbuda University, ISBN:978-963-449-014-2, pp. 108-123., 2016.
- VI. Werner G.: Fuzzy Logic Adapted Controller System for Biometrical Identification in Highly-Secured Critical Infrastructures, in IEEE International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics (SACI) ISBN:978-1-4799-9910-1, pp. 335-340., 2015.
- VII. Werner G.; Hanka L.: A mesterséges neurális hálózatok alkalmazásának lehetőségei a biometrikus személyazonosításban, MŰSZAKI TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK, Kolozsvár, Románia, ISSN:2393-1280, pp. 441-444. 2016.
- VIII. Werner G.; Hanka L.: Tuning an Artificial Neural Network to Increase the Efficiency of a Fingerprint Matching Algorithm, in IEEE 14th International Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics (SAMI), Herlany, Slovakia, ISBN:978-1-4673-8739-2, pp. 105-109., 2016.
- IX. Werner G.; Hanka L., Optimization of Artificial Neural Networks with Genetic Algorithms for Biometric Pattern Recognition, in *REVISTA ACADEMIEI FORTELOR TERESTRE / LAND FORCES ACADEMY REVIEW*, Volume XXIV, No. 3(95), ISSN:2247-840X, pp. 256-264., 2019.
- X. Werner G.; Hanka L.: Application of Adaptive Neuro Fuzzy Inference System in Multimodal Biometrical Identification, in Óbudai Egyetem e-Bulletin, Volume 9 Issue 1, ISSN:2062-2872, pp. 23-28., 2019.

- XI. Werner G.; Hanka L.: Az emberi észlelésen alapuló mesterséges intelligencia modellezése a személyazonosításban, in KÖZTES EURÓPA: TÁRSADALOMTUDOMÁNYI FOLYÓIRAT: A VIKEK KÖZLEMÉNYEI 8:(1-2), Szeged, ISSN 2064-437X, pp. 187-197., 2016.

8.2 További publikációk

- XII. Werner G.: A kritikus infrastruktúrák kockázatelemzési módszereinek újragondolása, különös tekintettel az ivóvízellátásra, 6. BÁTHORY-BRASSAI NEMZETKÖZI KONFERENCIA ELŐADÁSAIBÓL, Budapest, ISBN:978-615-5460-38-5, pp. 383-394., 2015.