



Az Óbudai Egyetem lektorált folyóirata
Peer-reviewed journal of the Óbuda University

Rovatok	Columns
Anyagtudomány és technológia	Materials science and technology
Autonóm robotok és rendszerek	Autonomous robots and robot systems
Biztonságtudomány	Safety science
Géptervezés	Machine design
Gyártástechnológia	Manufacturing technology
Karbantartás és diagnosztika	Maintenance and diagnostics
Kritikus infrastruktúra és kiberbiztonság	Critical infrastructure and cyber protection
Megújuló energiák	Renewable energies
Mérési és minőségbiztosítás	Measurement techniques and quality assurance
Munkavédelem, ergonómia	Work protection, ergonomics
Műszaki informatika	Technical informatics
Műszaki matematika	Technical mathematics
Tribológia	Tribology

E számunk szerzői/authors of this issue

Bagány Igor, Takács Márta, Baróthy László, Hanka László,
Kecskés Péter, Lukács Judit, Nóthig Ádám, Zentai Dániel,
Sarusi-Kiss József, Tamás Anna Krisztina, Tóth-Laufer Edit

Bánki Közlemények– Bánki Reports
Az Óbudai Egyetem lektorált folyóirata

ISSN 2560-2810

<http://bk.bgk.uni-obuda.hu>

A folyóirat célja magas színvonalú tanulmányok, kutatási jelentések, beszámolók megjelentetése a biztonságstudományok, közlekedéstudomány, anyag és gyártástudomány, munkavédelem és egészségbiztonság tudomány területtől.

Megjelenés félévente, jellemzően magyar és angol, eseti jelleggel egyéb idegen nyelven. Konferenciákhoz és témákhoz kapcsolódóan különszámok, tematikus számok alkalmi jelleggel magyar, vagy idegen nyelven.

Szerkeszti a szerkesztőbizottság.

A szerkesztőbizottság elnöke	Prof. Dr. Rajnai Zoltán
Főszerkesztő	Dr. Drégelyi-Kiss Ágota
Vendégszerkesztő	Tóthné dr. Laufer Edit
Felelős szerkesztő	Beláz Annamária
A szerkesztőbizottság tagjai	Dr. Czifra Árpád
	Dr. Goda Tibor
	Dr. Szabolcsi Róbert
	Dr. Szabó József
	Dr. Hanka László
	Tóthné dr. Laufer Edit
	Dr. Kovács Tünde
	Dr. Horváth Richárd
	Dr. Farkas Gabriella
	Bakosné Dr. Diószegi Mónika
	Dr. Szabó Gyula
	Prof. Dr. Kovács Tibor

A szerkesztőbizottság munkáját tudományos-szakmai tanácsadó testület segíti.

Szerkesztőség

Óbudai Egyetem
1034 Budapest, Bécsi út 96/B.
bankikozlemenyek@gmail.com

Felelős kiadó | az Óbudai Egyetem rektora

A Bánki Közlemények folyóiratban csak két független lektor által lektorált és megjelentetésre alkalmasnak tartott tanulmányok jelenhetnek meg. A beküldött kéziratoknak formai és tartalmi szempontból egyaránt meg kell felelnie a Folyóirat weboldalán közölt elvárásoknak. El nem fogadott kéziratokat nem áll módunkban visszaküldeni.

Tartalom

- Automatikus fékrendszer fuzzy vezérlése
(p. 5-10)
- Defuzzifikációs módszerek megfelelőségének vizsgálata utastér zajszintjének meghatározására
(p. 11-15)
- Biztonságtechnikai Vizsgálat fuzzy logika segítségével
(p. 16-25)
- Grafikus kártyák összehasonlítása fuzzy rendszer alkalmazásával
(p. 26-31)
- Oktatási rendszerek paramétereinek fuzzy kognitív térképe
(p. 32-37)
- Fuzzy logika alkalmazása a páciens monitorozásban
(p. 38-43)
- Hálózati kommunikáció biztonságának becslése
(p. 44-49)

Köszöntő

Tisztelt Olvasó!

A Bánki Közlemények 2019. évi 3. száma a fuzzy alapú mérnöki rendszerek széleskörű gyakorlati alkalmazhatóságát illusztráló tanulmányokat közöl, ezek elméleti háttérét is bemutatva.

A lágy számítási módszerek egyik fő ágához kapcsolódó fuzzy alapú rendszerek méltán népszerűek a mérnöki feladatok megoldásában, hiszen alkalmasak intelligens rendszert létrehozva hatékony megoldást nyújtani komplex, illetve optimalizálási problémák esetén. Képesek nehezen számszerűsíthető adatokkal dolgozni és kezelni az adatokban, valamint a kiértékelésben rejlő bizonytalanságot, pontatlanságot, szubjektivitást.

A kötetben található tanulmányok sokszínűsége lehetőséget ad a fuzzy megközelítés mélyebb megismerésére, szerteágazó alkalmazási lehetőségeinek bemutatására. A témák között egyaránt találunk a járműtechnika, biztonságtechnika, informatika, oktatás és egészségügy területén megoldandó problémákra fókuszáló tanulmányokat.

Bepillantást nyerhetünk az automatikus fékrendszer fuzzy alapú vezérlésének megvalósításába. A rendszer a személygépjármű sebessége és objektumtól mért távolsága alapján határozza meg a fékerő szükségletet. A tapasztalati eredményeket a modell szabálybázison keresztül tartalmazza.

Szintén járműtechnikához kapcsolódóan az utazási kényelem, ezen belül az akusztikai minőség növelése érdekében a kocsiszekrényben kialakuló zajszint meghatározására alkalmas prediktív modell is bemutatásra kerül. A tanulmány azt vizsgálja, hogy a különböző defuzzifikációs módszerek milyen hatással vannak az eredményre, a kiértékelés során melyik a legalkalmasabb módszer.

Biztonságtechnika témakörében a kötet egy olyan tanulmányt közöl, ami összehasonlíthatóvá teszi az eszközök által nyújtott biztonság mértékét. Az alapfeladat egy nagyobb méretű csarnok biztonságtechnikai eszközökkel történő ellátása, miközben a védelmi szintet vizsgáljuk.

A kötetben megtalálható a grafikus kártyák összehasonlítását segítő fuzzy rendszer bemutatása is, ahol az összetett, egymást befolyásoló szempontrendszer kiértékelésére láthatunk példát a future proof szemlélet figyelembevételével.

A fuzzy megközelítés oktatási alkalmazhatóságát egy a tanulók eredményességének modellezésre alkalmas modell segítségével ismerhetjük meg. A szerzők gyűjtött adatokból kognitív térképet építettek, melynek alapján előre jelezhetők a tanulók jövőbeli várható eredményességi mutatói.

A kötetben egy olyan páciens monitorozó rendszer is bemutatásra kerül, ami alkalmas arra, hogy a fiziológiás értékek egyszerű mérése alapján egy visszajelzést küldjön a páciens állapotáról. A rendszer a kiértékelést automatikusan végzi, lehetőséget adva arra, hogy felismerjük az esetleges kritikus állapotot, és ezáltal időben megtörténhessen a szükséges beavatkozás.

A hálózati kommunikáció biztonságával foglalkozó tanulmány fuzzy következtetési rendszert alkalmazva azt vizsgálja, hogy a jelszavak hossza, a kommunikáció médiuma, az információ titkosítására szolgáló eljárás, valamint a faktorok száma milyen hatással van a biztonságra.

A szerkesztőség nevében hasznos olvasást kívánok!

Dr. Laufer Edit

Vendégszerkesztő

Dr. Drégelyi-Kiss Ágota
Főszerkesztő

Beláz Annamária
Felelős Szerkesztő

Automatikus fékrendszer fuzzy vezérlése

Fuzzy control for automatic braking system

Sarusi-Kiss József, Lukács Judit

Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar,
Mechatronikai és Járműtechnikai Intézet, Budapest, Magyarország
sarusij24@gmail.com, lukacs.judit@bgk.uni-obuda.hu

Összefoglalás — Napjainkban a személygépjárművek egyre összetettebb biztonsági követelményeknek kell, hogy megfeleljenek. Ennek következményeként különleges műszaki-informatikai probléma a számos kiegészítő funkció együttes irányítása és összehangolása. Jelen tanulmány egy automatikus fékrendszer működtetésére alkalmas fuzzy vezérlő kialakítását mutatja be. Egy ilyen rendszer alapvetően arra szolgál, hogy időben megállítsa a járművet elkerülve az esetleges balesetet, továbbá csökkentse a már bekövetkezett baleset súlyosságát. A fuzzy következtetési rendszer a MatLab fuzzy toolbox környezetben készült. A következtetési rendszer két bemenettel (sebesség, távolság) és egy kimenettel rendelkezik (féksszükséglet), melyek leírása háromszög és trapéz alakú tagsági függvényekkel történt. A feladatmegoldás során a centroid defuzzifikációs technikát alkalmaztuk.

Kulcsszavak: fuzzy következtető rendszer, automatikus fékrendszer, közlekedésbiztonság, mérnöki alkalmazás

Abstract — Nowadays, passenger cars have to meet increasingly complex safety requirements. As a result, a special technical-IT problem is the joint control and coordination of many additional functions. This study describes the design of a fuzzy controller capable of operating an automatic brake system. Such a system is basically designed to stop the vehicle in time, avoiding a possible accident and to reduce the severity of an accident occurred. The fuzzy inference system was built in MatLab fuzzy toolbox environment. The inference system has two inputs (speed, distance) and one output (brake demand), which are described by triangular and trapezoid membership functions. Centroid defuzzification technique was used to solve the problem.

Keywords: Fuzzy inference system, automatic braking system, traffic safety, engineering application

RÖVIDÍTÉSEK

ABS — Anti-lock Braking System, blokkolásgátló fékrendszer

ASR — Anti-Slip Regulation, kipörgésgátló, mint TCS

ESP — Electronic Stability Program, menetstabilizáló elektronika

FIS — Fuzzy Inference System, fuzzy következtető rendszer

MISO — Multi Input Single Output, több bemenetű és egy kimenettel rendelkező rendszer

TCS — Traction Control System, kipörgésgátló, mint ASR

1 BEVEZETÉS

A XIX. századi személygépjárművek esetén kulcskérdés a biztonság. Aktív biztonság kifejezéssel illetjük a közlekedési balesetek megelőzésében részt vevő kiegészítő rendszereket (ABS/ASR/TCS, ESP, fék-, tolatási-, sávtartási asszisztens, stb.). A passzív biztonság gondolatkörébe tartoznak a már elszenvedett baleset következményeit csökkentő eszközök, berendezések (biztonsági öv és övfeszítők, légzsákok, biztonsági üveg, segélyhívó, stb.). Mindkét csoport célja a közúti közlekedés biztonsági színvonalának növelése.

A vezetéstámogató rendszerekre tehát az emberi hibák okozta balesetek elkerülése miatt van szükség, az ilyen rendszerek érzékelők, kiértékelő rendszerek és beavatkozó egységekkel a veszélyes helyzeteket próbálják felismerhetővé és elkerülhetővé tenni. A fékasszisztens a városon belüli ráfutásos balesetek, kisebb ütközéseket előzi meg illetve a gyalogosok felismerésére is alkalmas. Az érzékelők a jármű előtti területet 3 irányban vizsgálják:

- előre,
- jobbra és
- balra.

A rendszert megfelelően kell optimalizálni, hogy feleslegesen fékezést ne hajtson végre, illetve szükség esetén állítsa meg az autót. A fékasszisztens természetesen nem minden esetben képes a veszélyhelyzet elhárítására, azonban az ütközés súlyosságát mindenképpen csökkenti. Továbbá érzékelők által szolgáltatott információ továbbítható a légzsákrendszer elektronikájához, mely szintén elősegíti a sérülések megelőzését és felkészülhet az esetleges balesetre [1].

A rendszer a bemenő paraméterek (jármű haladási sebessége, környező objektumoktól mért távolság) alapján megállapítja, hogy mekkora fékerő szükséges a jármű (autó, vonat, teherautó) biztonságos megállításához. A rendszer a bemenetek alapján figyelmezteti a sofőrt, ha pedig nem reagál, akkor emberi beavatkozás nélkül lassítja és/vagy akár meg is állítja a járművet. Intelligens fékrendszer használatával növelhető a közlekedésbiztonság, csökkenthető az emberi hibák, figyelmetlenség miatt bekövetkező balesetek száma [2].

Azonban a hagyományos (Boole) logika [3] alkalmatlan bizonyos jelenség leírására. Jelen esetben csak azt tudjuk meghatározni, hogy a jármű és egy objektum között van-e távolság vagy nincs. A „közel” és „távol” fogalmak logikai kezelése a részleges igazság bevezetésével, tehát lágszámítási módszerek alkalmazásával válik lehetővé [4].

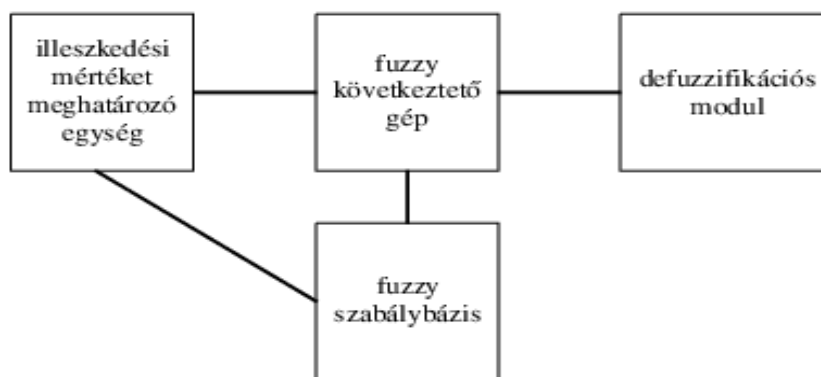
A fuzzy logika bevezetése Zadeh [5] nevéhez fűződik, kialakításakor az emberi gondolkodás matematikai leírása volt a cél, mely jobban leírható olyan fogalmakkal melyeknek nincsenek éles határaik.

A valóságban sok nagy bonyolultságú rendszerrel találkozunk, és modellezésükhöz szükség van egy pontatlanságot kezelni képes matematikai leírásra. A Boole-logikában a halmazhoz tartozás karakterisztikus függvényekkel egyértelműen megadható, míg a fuzzy logikában az alaphalmaz minden eleméhez valamely rögzített tartományból rendelünk értéket (az esetek nagy részében $[0, 1]$ intervallumból). Az érték nagysága megegyezik a halmazhoz tartozás mértékével. A fuzzy tagsági függvény előállítását a karakterisztikus függvény

általánosításával történik. A halmaz és a tagsági függvény egyenértékű.

A fuzzy logika matematikai eszközökkel kezeli az információhiányból, pontatlanságból és kétértelműségből származó bizonytalanságot [6].

Jelen tanulmány keretein belül egy fuzzy alapú modell kerül bemutatásra, mely az automatikus fékrendszer vezérlésére is alkalmas az adott közlekedési környezet követelményeinek figyelembe vételével. A fuzzy logika alkalmazásával már nem azt kell eldönteni, szükséges-e a fékasszisztens működtetése, hanem az akadály távolsága alapján definiálhatjuk a beavatkozás mértékének a mivoltát is.



1. ábra: Általános fuzzy irányítási rendszer vázlat [2]

2 FUZZY KÖVETKEZTETŐ RENDSZER

A vezérlés megvalósítása a fuzzy következtető rendszer megalkotásával történt, melynek általános felépítése az 1. ábrán látható.

A fuzzy következtető rendszer felállításához szükséges lépések a következők:

A fuzzifikálás az éles bemenetek fuzzy halmazokká alakítását, vagyis a tagsági függvények definiálását jelenti. Ez követi az illeszkedés mértékének vizsgálatát, tehát a tüzelési szint meghatározását. Ennek eredménye, valamint a szabálybázisban megadott ismeretanyag alapján a következtető gépben kerül meghatározásra a rendszer válasza fuzzy tagsági függvényként. A következtetés eredményeként keletkező fuzzy halmazt a bemenő adatok fuzzy halmaza és szabályait leíró fuzzy reláció kompozíciójaként állítja elő. Utolsó lépésként a defuzzifikálás során fuzzy változókat visszaalakítjuk könnyebben értelmezhető és feldolgozható konkrét, crisp értékké. Ez a Mamdani-féle következtetés.

Azonban meg kell jegyezni, hogy a fuzzifikáció, illetve defuzzifikáció NEM inverz műveletei egymásnak. Az illeszkedés mértékét meghatározó egység bemenete lehet fuzzy és nem fuzzy, a defuzzifikációs modul pedig minden esetben crisp (konkrét) értéket ad.

A fuzzy következtető rendszerek egy másik, igen elterjedt típusa, a Sugeno-féle rendszer az előbb bemutatott változattól mindössze abban különbözik, hogy a defuzzifikáció lépésére nincs szükség [6-9].

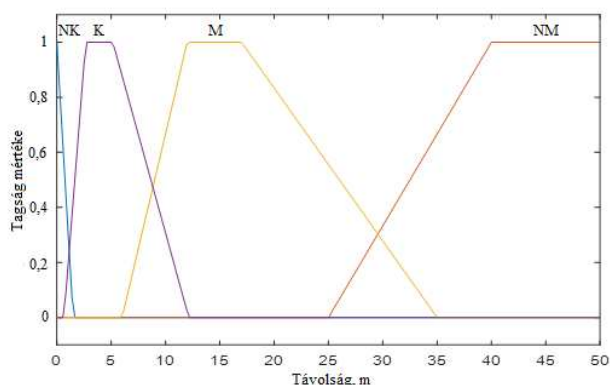
A bemutatásra kerülő rendszernek két bemenete és egy kimenete van (MISO rendszer), leírásukra trapéz, illetve háromszög alakú tagsági függvényeket használunk, ezek matematikai leírása látható az (1) egyenletben háromszög- és a (2) egyenletben trapéz alak esetén, ahol p_1, p_2, p_3 és r a tagsági függvények paraméterei [7].

$$A_1 = \begin{cases} p_1(x - r) + 1, & \text{ha } x \in [r - (1/p_1), r], \\ p_1(r - x) + 1, & \text{ha } x \in [r, r + (1/p_1)], \\ 0, & \text{különben;} \end{cases} \quad (1)$$

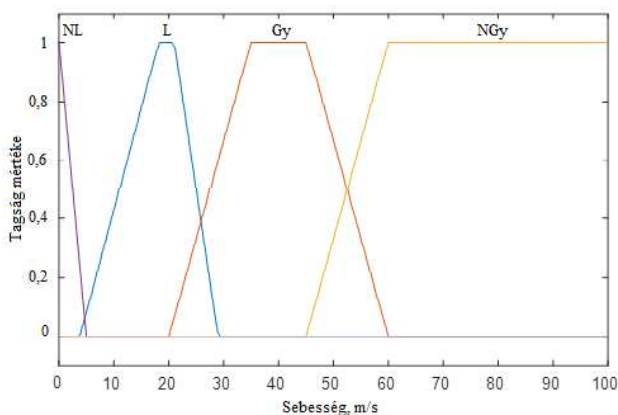
$$A_2 = \begin{cases} 1, & \text{ha } x \in [r - p_2, r + p_2], \\ p_3 ((x + p_2) - r) + 1, & \text{ha } x \in [r - (1/p_3) - p_2, r - p_2], \\ p_3 (r - (x - p_2)) + 1, & \text{ha } x \in [r + p_2, r + (1/p_3) + p_2], \\ 0, & \text{különben;} \end{cases} \quad (2)$$

2.1 Bemenő paraméterek

A rendszer bemenetei egy objektumtól való távolság és a jármű pillanatnyi haladási sebessége. A különböző tagsági értékeket a városi közlekedésre jellemző értékek és szakirodalmi ajánlás [10] alapján határoztuk meg.



2. ábra: Az objektumtól mért távolság tagsági függvényei



3. ábra: A sebesség tagsági függvényei

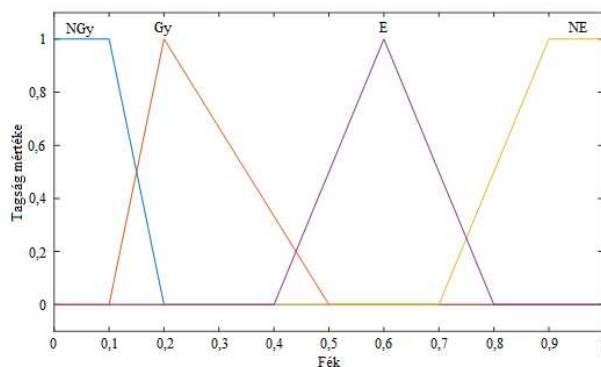
Az objektumtól mért távolság, mint első bemenet egy adott akadályig megtehető úthossz jelenti. A tanulmány keretein belül nincsenek különválasztva az álló, valamint az akár azonos, akár ellentétes irányba haladó „tereptárgyak”, ezek gyűjtőfogalma maga az objektum. A változó beállításait [0, 50] intervallumon adjuk meg, a mértékegysége: m. A tagsági függvények a 2. ábrán láthatóak, ezek elnevezései az alábbiak szerint alakulnak: nagyon közel (NK), közel (K), messze (M), nagyon messze (NM). A tagsági függvények közül valamennyi trapéz alakú.

A sebesség beállításait [0, 100] intervallumon adjuk meg, mértékegysége km/h.

A tagsági függvények háromszög, valamint trapéz alakúak (lásd 3. ábra), elnevezésük: nagyon lassú (NL), lassú (L), gyors (Gy) és nagyon gyors (NGy).

2.2 Kimenő paraméter

A rendszer kimenete a fékerő szükséglet. Ez alapján megállapítható, hogy a maximális fékerő mekkora hányada szükséges a jármű biztonságos megállításához. Ennek a megadása a [0, 1] intervallumon történik. A tagsági függvények az 4. ábra szerint alakulnak: nagyon gyenge (NGy), gyenge (Gy), erős (E), nagyon erős (NE).



4. ábra: A fékerő szükséglet tagsági függvényei

2.3 Szabálybázis

A létrehozott következtető rendszer szabálybázisa HA ... AKKOR... (IF ... THEN ...) kialakítású szabályokból épül fel.

A megalkotott 16 szabály definiálása a Matlabban szöveges formában történik:

1. IF távolság = NK AND sebesség = NL THEN fék =Gy
2. IF távolság = NK AND sebesség = L THEN fék =E
3. IF távolság = NK AND sebesség = Gy THEN fék =NE
4. IF távolság = NK AND sebesség = NGy THEN fék =NE
5. IF távolság = K AND sebesség = NL THEN fék =Gy
6. IF távolság = K AND sebesség = L THEN fék =Gy
7. IF távolság = K AND sebesség = Gy THEN fék =E
8. IF távolság = K AND sebesség = NGy THEN fék =NE
9. IF távolság = M AND sebesség = NL THEN fék =NGy

10. IF távolság = M AND sebesség = L THEN fék = Gy
11. IF távolság = M AND sebesség = Gy THEN fék = E
12. IF távolság = M AND sebesség = NGy THEN fék = E
13. IF távolság = NM AND sebesség = NL THEN fék = NGy
14. IF távolság = NM AND sebesség = L THEN fék = NGy
15. IF távolság = NM AND sebesség = Gy THEN fék = Gy
16. IF távolság = NM AND sebesség = NGy THEN fék = E

Ezek láthatóak 1. táblázatban is.

1. táblázat: Fuzzy szabályok

távolság \ sebesség	nagyon lassú	lassú	gyors	nagyon gyors
nagyon közel	gyenge	erős	nagyon erős	nagyon erős
közeli	gyenge	gyenge	erős	nagyon erős
messze	nagyon gyenge	gyenge	erős	erős
nagyon messze	nagyon gyenge	nagyon gyenge	gyenge	erős

2.4 Következtető rendszer

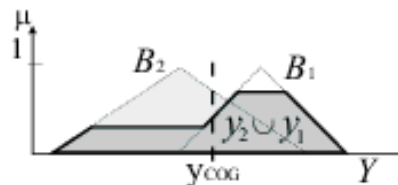
A feladat megvalósítása Mamdani típusú [11] Fuzzy következtető rendszerrel történt. Az alkalmazott operátorok az alábbiak szerint alakultak:

- „és”: min operátor,
- implikáció: min operátor,
- aggregáció: max operátor.

2.5 Defuzzifikáció

A Mamdani típusú következtető rendszerek eredménye egy Fuzzy halmaz. A rendszer leírására azonban egy olyan konkrét érték szükséges, mely megfelelően jellemzi a működést. A kimenet meghatározására a defuzzifikáció során kerül sor.

Jelen tanulmány keretein belül a súlyponti (centroid) módszert alkalmazzuk (lásd 5. ábra).

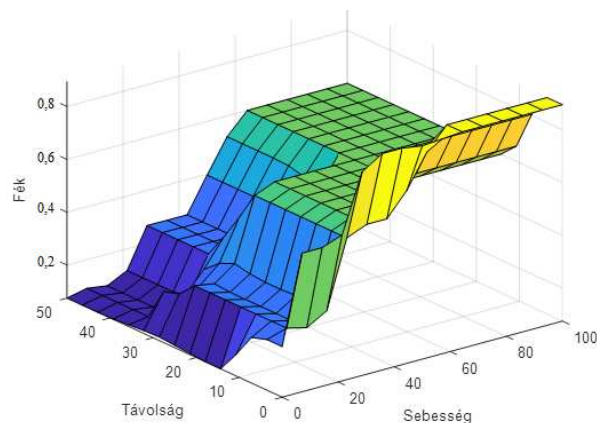


5. ábra: A súlyponti módszer [7]

A létrehozott következtető rendszer működését a tüzelési szintek feltüntetésével, valamint a kimenet tagsági függvényeinek és crisp értékeinek együttes megadásával szemlélteti a 6. ábra grafikus módon.

3 EREDMÉNYEK

A 7. ábrán látható grafikon a kimeneti felületet jeleníti meg a bemenetek függvényében. Jól látszik, ha a jármű nagy sebességgel halad és közel van az objektumhoz, akkor a fékerő szükséglet maximális lesz ez az állapot a felület sárga része. Abban az esetben, ha a jármű távol van az akadálytól és kis sebességgel halad, a fékszükséglet minimális, ezt az állapotot a sötétkék szín jelzi az ábrán. A világosabb zöld és világos kék színek pedig az átmeneti állapotokat szemléltetik.

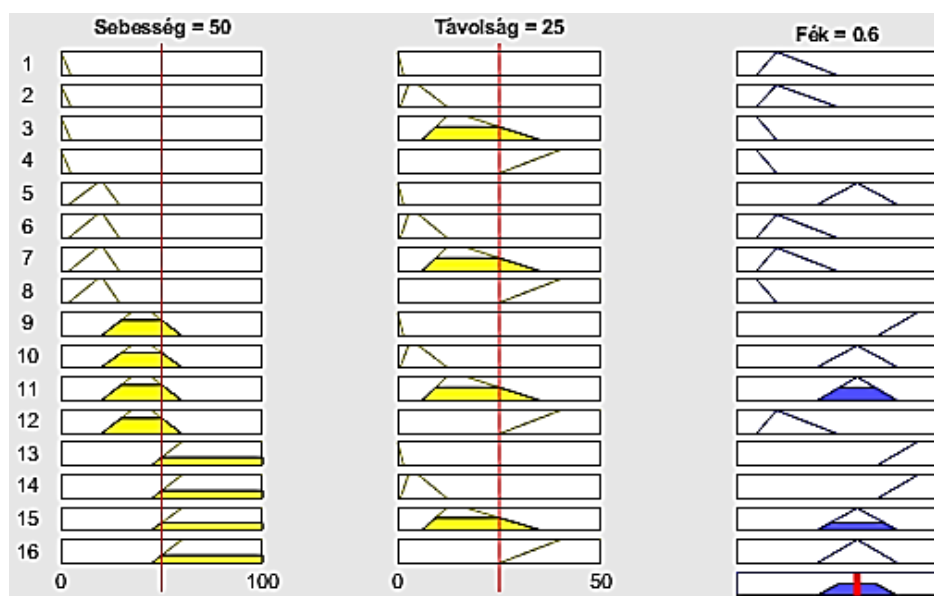


7. ábra: Kimenet a bemenetek függvényében

4 TOVÁBBFEJLESZTÉSI LEHETŐSÉGEK

A cikkben bemutatott fuzzy alapú fékrendszer vezérlés elsősorban szakirodalmi ajánlásokat [10] vett figyelembe a fékerő szükséglet mértékének meghatározására. Ennek adaptálása városi (alacsonyabb haladási sebesség) környezetre történt.

A rendszer továbbfejlesztésének lehetősége a bemeneti paraméterek (objektumtól mért távolság és sebesség) közötti összefüggés, valamint függvény alakban felírható kapcsolat figyelembe vételével történhet.



6. ábra: A következtető rendszer működése

Megállapítható ugyanis, hogy a fuzzy rendszer bevezetésével kapott szabadság, mely az egyes paraméterek nyelvi kifejezésekkel való leírhatóságában rejlik, további kérdéseket vet fel. Ugyanis más tekinthető „nagyon messze” levő objektumnak a különböző haladási sebességek esetén.

Általánosan megállapítható, hogy egy adott objektum és a jármű lassulásának megkezdése között ugyanis közelítőleg 1 másodperc telik el (reakcióidő, megfelelő féknyomás felépülésének időszükséglete). Ez alatt a gépkocsi azonban tovább halad [12].

Amennyiben a személygépjármű sebessége 15 km/h, ami megfelel 4,17 m/s-nak, azaz 1 másodperc alatt ~ 4 m-rel kerülünk közelebb az előttünk haladóhoz.

Azonban 50 km/h sebesség már ~ 14 m megtett utat jelent. A 2. ábrán látható tagsági függvények esetén ez már a „messze” kategóriába esik.

Szintén javítaná a rendszert a mozgó (másik haladó jármű, kerékpáros, gyalogos, stb.) és az álló akadályok (álló jármű, korlát, stb.) külön kezelése, további bemenet lehetne ez esetben a jármű és az akadály sebességének különbsége.

Ennek megfelelően jövőbeni célunk a két bemenő paraméter közötti kapcsolat már a következtető rendszerbe való integrálása, esetleg további változók figyelembe vételével, a bemeneti tagsági függvények és szabályrendszer hangolásával történő megvalósítás lehetőségeinek vizsgálata.

5 KONKLÚZIÓ

Jelen tanulmány egy Mamdani típusú fuzzy modell alapú, azonban a szabálybázisban tapasztalati eredményeket is felhasználó irányítási rendszer lehetőségét mutatja be az automatikus fékrendszerek fékerő szükségletének meghatározására városi közlekedés esetén.

Bemenetként a közlekedési környezet egyéb résztvevőitől (objektumok) mért távolságot, valamint a jármű haladási sebességét adtuk meg. A rendszer kimenete a szükséges fékerősítés mértéke volt a létrehozható maximális fékerőhöz viszonyítva.

Mindhárom paraméter leírása háromszög- és trapéz alakú tagsági függvényekkel történt.

A defuzzifikáció centroid eljárással történt.

Összességében megállapítható, hogy a legkisebb beavatkozási igény távoli objektum és alacsony sebességesetén szükséges. Ellenben magas sebességtartományban, közeli tárgyakkal már a maximális fékrásegítés válik elkerülhetetlenné.

A megalkotott rendszer finomítása, továbbfejlesztése a bemenő paraméterek összekapcsolásával történhet.

6 KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ez a cikk az Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar és a Magyar Fuzzy Társaság támogatásával készült.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Kőfalusi Pál, Antal Ákos, Varga Ferenc, Kádár Lehel, Fodor Dénes, Járműfedélzeti elektronika, Elektronikus asszisztens rendszerek, 2014, BME MOGI, http://www.mogi.bme.hu/TAMOP/jarmufedezeti_elektronika/ch03.html, [Elérhető: 2019.11.14]
- [2] C. Sakthivel et al. Automatic Braking System in Train using Fuzzy Logic, 266-267.o, 2018.április
- [3] Hailperin, T. (1986). Boole's logic and probability: a critical exposition from the standpoint of contemporary algebra, logic and probability theory (Vol. 85). Elsevier.
- [4] Pratihari, D. K. (2013). *Soft computing: fundamentals and applications*. Alpha Science International, Ltd.
- [5] Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and control*, 8(3), 338-353.
- [6] Stuart Russell et al. Mesterséges intelligencia – Tananyagbővítés, 2005.
- [7] Kóczy, L. T., Tikk, D. (2000). Fuzzy rendszerek. *TypoTEX, Budapest*.
- [8] Tóthné Dr. Laufer Edit, Fuzzy rendszerek mérnöki alkalmazása, OE, Moodle, 2019
- [9] A fuzzy logika és a fuzzy szabályozás, https://web.archive.org/web/20060908165118/http://www.rit.bme.hu/letoltheto/szamszim/F_4/Fuz_log.html#Eleje, [Elérhető: 2019.11.14.]

- [10] Vipul Shinde, Rohan Thorat, Trupti Agarkar, Automatic Car Driving System Using Fuzzy Logic, B.E Electronics, RamraoAdik Institute of Technology, Nerul, Navi Mumbai, Vol. 5, Issue 3, March 2018
- [11] Mamdani, E. H., & Assilian, S. (1975). An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller. *International journal of man-machine studies*, 7(1), 1-13.
- [12] Melegh, G. (2004). Gépjárműszakértés. *Maróti Könyvkereskedés és Könyvkiadó Kft.*

Defuzzifikációs módszerek megfelelőségének vizsgálata utastér zajszintjének meghatározására

Investigation of defuzzification techniques for interior noise prediction

Lukács Judit*

* Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Mechatronikai és Járműtechnikai Intézet, Budapest, Magyarország

lukacs.judit@bgk.uni-obuda.hu

Összefoglalás — Napjaink személygépjárműveivel szemben szerteágazó elvárásokat támaszt a fogyasztóközönség. Az utazási kényelem fogalomköre magába foglalja az akusztikai minőséget is, mely egyre növekvő jelentőséggel bír a termék megítélésekor. Jelen tanulmányban bemutatásra kerül a kocsiszekrényben kialakuló zajszint meghatározására alkalmas prediktív modell. A létrehozott fuzzy következtető rendszer léghangmérések eredményein alapul. Őt ismert defuzzifikációs eljárás eredményei alapján megállapítható, hogy a legnagyobb pontosság a LOM módszer esetén érhető el. A megalkotott modell jóságát további konfirmáló mérések igazolták.

Kulcsszavak: defuzzifikációs módszerek, utastér zajszintje, zajszint meghatározása, egyenértékű hangnyomásszint

Abstract — Nowadays passenger cars have to fulfil complex expectations from consumer side. Among the most prevalent ones is to provide a high level of travelling comfort. That issue contains acoustic well-being which includes cabin noise by reducing the disturbances sourcing the outer environment as well. In this paper, the results of acoustic measurement are presented and used for build up a Mamdani type fuzzy inference system. The results of five different types of defuzzification methods were compared: centroid, bisector, Mean of Maxima, Largest of Maxima and Smallest of Maxima methods. It was revealed that LOM provided the best fitting and the lowest range of errors. The concept was verified by further confirmation measurements.

Keywords: defuzzification techniques, cabin noise, noise prediction, equivalent continuous sound pressure level

RÖVIDÍTÉSEK

BOA — Bisector of Area, geometriai (terület) középpont (defuzzifikációs) módszer, mint COA

COA — Centre of Area, geometriai (terület) középpont (defuzzifikációs) módszer, mint BOA

COG — Centre of Gravity, súlyponti (defuzzifikációs) módszer

FIS — Fuzzy Inference System, fuzzy következtető rendszer

L_{Aeq} — Egyenértékű hangnyomásszint, dB

LOM — Largest of Maxima, legnagyobb maximum (defuzzifikációs) módszer

MISO — Multi Input Single Output, több bemenetű és egy kimenettel rendelkező rendszer

MOM — Mean of Maxima, maximumok közepe (defuzzifikációs) módszer

SOM — Smallest of Maxima, legkisebb maximum (defuzzifikációs) módszer

v_i — ütközési sebesség, km/h

x^* — defuzzifikált kimenet értéke

1 BEVEZETÉS

A közúti közlekedés kapcsán egyértelműen megállapítható, hogy az utóbbi évtizedek gyökeres változást hoztak utazási szokásainkban. A városi használatban levő személygépjárművek száma, valamint a gépkocsiban eltöltött idő jelentősen megnövekedett [1].

Mindezek következtében a járműgyártók mindent megtesznek a vásárlóközönség figyelmének felkeltése érdekében. Továbbá manapság egyre inkább előtérbe került az utazási kényelem, mely nem csupán a kezelőfelületek ergonómiáját, hanem a kocsiszekrény hangtani minőségét is magába foglalja. Ebben az esetben kulcskérdés az utasok akusztikai komfortérzetének megteremtése, mely a kabin megfelelő mértékű zajszigetelésével érhető el.

Azonban a nem kívánt, külső forrásból eredő hanghatások teljes mértékű kizárása közlekedésbiztonsági szempontoknak ellentmond. Mivel nagyszámú jármű használja egyidejűleg az utakat, a közlekedési környezet észlelése nélkülözhetetlen. Ezen a folyamat támogatására a korszerű járművekben megjelentek a kiegészítő vezetéstámogató és biztonsági rendszerek (fék-, parkolási és sávtartás-asszisztens, stb.). Ezek kettős funkciót hivatottak ellátni: feladatuk egy esetlegesen bekövetkező baleset megelőzése, továbbá csökkenthető általuk a már bekövetkezett káresemény súlyosságának mérséklése.

A kis intenzitású ütközések alacsony sebesség ($v_i = 1 \dots 5$ km/h) mellett történnek, vizsgálatuk során mégis számos nehézség adódik. Általánosságban elmondható, hogy az ilyen esetekben elsődleges szempont az észlelhetőség megítélése, amely a szándékoság meglétére is utalhat [2].

Schneider [3] szerint a balesetek vizsgálata során három érzékterület együttes értékelése szükséges. A vizuális észlelést a vezető látóterével, illetve tekintetének irányultságával lehet jellemezni. A kis sebességű ütközéseket legtöbbször rossz, vagy nem kielégítő látási

viszonyok jellemzik, amely az egyértelmű döntést megnehezíti. A taktilis és kinezetikus érzékelés az egyensúlyérzeten alapul, jelentős mértékben függ az érintkezési ponttól, ugyanis a gépkocsi karosszériája különböző merevségű részekből tevődik össze. Ezen felül szükség van az akusztikai kimutathatóságvizsgálatára is, ahol a kérdés, hogy az ütközést kísérő hangjelenség a járművön belül hallható volt-e. Ez azonban számos tényezőtől függ. Jelentősen befolyásolja a kocsiszekrény zajszigetelő képessége, valamint a belső (beszéd, jármű és segédberendezéseinek üzemeltetéséből eredő hanghatások, stb.) és külső forrásokból (környezeti és közlekedési zajok, stb.) eredő zajhatások. Összességében megállapítható, hogy ezen jelenségek befolyásolják a legnagyobb mértékben a kocsiszekrényben kialakuló zajszintet.

A belső forrásból származó hanghatások közül Angelscu és társai [4] a hűtő-fűtő ventilátor és a légkondicionáló berendezés beltér zajosságára gyakorolt hatását vizsgálta. Különböző kialakítású ventilátorlapátok megfigyelése során megállapították, hogy hűtés-fűtés működtetéséből eredő hanghatás adja az utastér zajszintjének legjelentősebb részét. További, vezetés szimulátorban elvégzett rész tanulmány eredményei alapján arra a következtetésre jutottak, hogy a járműben utazó személyek többletterhelést jelentenek a vezető számára hangtani és pszichológiai szempontból egyaránt.

Előtanulmányok alapján [5] – melyek végrehajtása során vizsgáló zajként tiszta szinuszos hangforrást alkalmaztunk – megállapítható, hogy a külső környezeti zajokon túl döntő mértékben befolyásolja az utastérben mérhető hangnyomásszintet a gépjármű üzemállapota (álló vagy járó motor) és a különböző segédberendezések működtetése.

Jelen tanulmány során léghangmérések eredményei kerülnek bemutatásra. A vizsgálatok eredményei alapján egy két bemenettel és egy kimenettel rendelkező – úgynevezett MISO – fuzzy következtető rendszer került kialakításra a Matlab Fuzzy Toolbox segítségével, melynek célja a személygépjármű belterében kialakuló egyenértékű hangnyomásszint becslésére. A megalkotott modell megfelelőségét további konfirmáló mérések igazolták a teljes mérési tartományban.

2 ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

2.1 Vizsgálatba vont jármű

Az akusztikai mérések elvégzése egy SKODA FABIA COMBI személygépjárművön történt, mely nagy számban fordul elő Magyarországi útjain [6].

A vizsgált jármű főbb műszaki adatai az 1. táblázatban láthatóak.

1. táblázat: A vizsgált jármű műszaki paraméterei

Hengerűrtartalom	1198 cm ³
Hengerek száma (szelepek száma)	3 henger (12 szelep)
Teljesítmény (fordulatszám)	47 kW (5400 1/min)
Üzemanyag típusa	benzin

2.2 Felhasznált eszközök

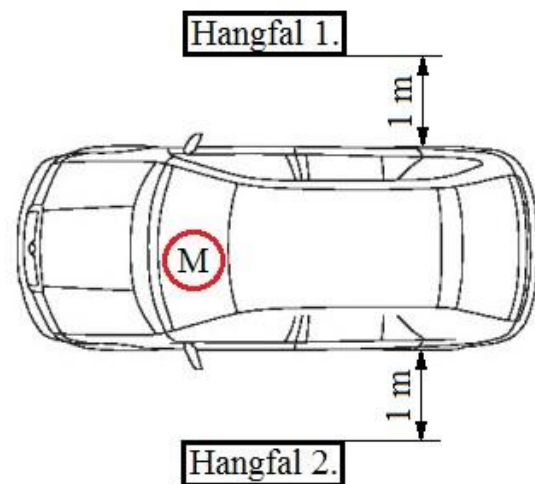
A vizsgálatok során egy Hohner Stereo 50 kéthangfalas zajgenerátort és Svantek 959 típusú zajszintanalizátort használtam.

2.3 Mérési elrendezés

A vizsgálatok elvégzésére zárt térben, alacsony alapzajszintű mellett került sor.

A mérések végrehajtása során az ISO 5128-1980 szabvány [7] ajánlásai alapján történt.

Az 1. ábrán látható módon a hangfalak a jármű két oldalán, attól 1 méteres távolságban, a mikrofon pedig a vezető jobb fülének magasságában lett elhelyezve.



1. ábra: Mérési elrendezés

Zárt ajtók és ablakok mellett került rögzítésre a beltérben kialakuló egyenértékű hangnyomásszint.

Szakirodalmi eredmények [4] [5] ismeretében különféle üzemállapotokat tanulmányoztam, mivel ezen tényező jelentősen befolyásolja a járművön belül tapasztalható hangnyomásszintet. A vizsgálatok során az egyik bemenő paraméter tehát a gépkocsi üzemállapotából adódó belső hangnyomásszint értéke. A másik független változó a kívülről érkező gerjesztő hanghatás, mely az ütközést kísérő zajának tekinthető. Mindkét beállítási paramétert három szinten változtattam, ezek láthatóak a 2. táblázatban.

2. táblázat: Bemenő paraméterek beállított értékei

Szint	Üzemállapot		Gerjesztés	
	x_1		x_2	
	Megnevezés	Peak value, dB	Megnevezés	Peak value, dB
1	-	18,4	Alacsony	71,2
2	alapjárat	44,5	Közepes	80,5
3	alapjárat + II fokozatú ventilátor	53,6	Magas	95,6

Vizsgálójazként rózsazajt alkalmaztam, mely a teljes frekvenciatartományban hangnyomásszintje oktávonként 3 dB-lel csökken [8].

A méréseket a bemenő paraméterek minden lehetséges kombinációja esetén végrehajtottam. Végül további confirmáló mérési pontok kerültek kiválasztásra, melyek az eredeti beállítások között nem szerepeltek, de vizsgált paramétertartományba tartoztak. Ezek esetében a cél a mért eredmények alapján megalkotott modell megfelelőségének igazolása volt. Mivel azonban az üzemállapot ugyan számszerűsítve van, mégis minőségi változónak tekinthető, a confirmálás során mindhárom beállítását vizsgáltam.

A megadott pontokban az egyenértékű hangnyomásszint (L_{Aeq} , dB) került rögzítésre. Ezen érték olyan állandó hangnyomásszintet jelent, melynek hangenergiája megegyezik a vizsgált zajjával. Továbbá, mivel a mérések végrehajtása nem süketszobában történt, alapzajkorrekció is szükséges volt.

2.4 Alkalmazott módszerek

A mindennapi műszaki problémák között számos olyan kérdés is felmerül, melyek egzakt matematikai módszerekkel nehezen kezelhetők, algoritmizálásra nem alkalmasak. Ez legtöbbször információhiányból, bizonytalanságból, pontatlanságból ered. Ilyen esetekben alkalmazható a közelítő következtetés [9].

A fuzzy logika és halmazelmélet L. A. Zadeh [10] nevéhez fűződik. Lényege, hogy az emberi gondolkodásmóddhoz hasonló jelleggel, a részleges igazság fogalmának bevezetésével lehetővé válik a nem csupán

kétértékű logikai elven történő megközelítés. A klasszikus (crisp) halmazelmélethez képest eltérés, hogy a halmazok határai nem élesek, hanem elmosódtak (az angol fuzzy kifejezés jelentése: elmosódott). Így adódik lehetőség az átmenetek jobb kezelésére.

A módszer kiválóan alkalmas valóságú eredmények szolgáltatására olyan felmerülő problémák kapcsán, amikor a rendelkezésre álló ismeretek hiányosak, valamint nincs megfelelő méretű adatbázis statisztikai elemzések végrehajtására.

Mindezek következtében nagy népszerűségnek örvend az eljárás közelítő modellek esetén, mivel nyelvi változók használatát teszi lehetővé, továbbá a bizonytalanság, pontatlanság kezelése nem okoz nehézséget. A hagyományos módszereknél jobb pontosság érhető el alkalmazásával [11].

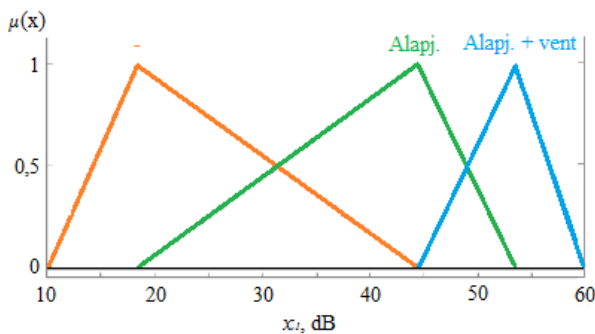
A fent ismertetett előnyök miatt mérési eredmények alapján egy MISO fuzzy következtető rendszer (FIS) került megalkotásra a személygépjármű utasterében kialakuló egyenértékű hangnyomásszint közelítő meghatározására, mely a be- és kimeneteken túl négy részegységből épül fel (lásd 2. ábra):

- fuzzifikáló egység,
- szabálybázis,
- következtető egység és
- defuzzifikáló egység.



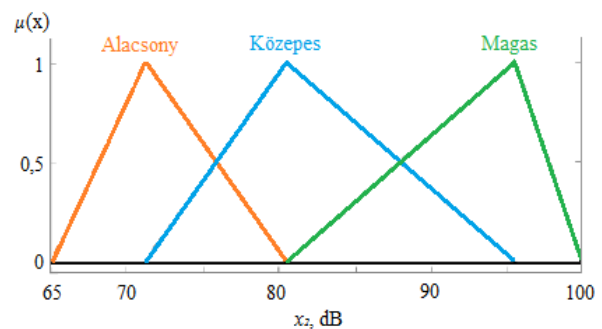
2. ábra: Általános fuzzy irányítási rendszer vázlat [12]

A fuzzy modell megalkotásának első lépése a bemenetek fuzzifikálása, amely bemeneti tagsági függvények meghatározását jelenti. Az üzemállapotból adódó, az utasterben mérhető alapzajszint (x_1 , dB), mint első bemenő paraméter háromszög alakú tagsági függvényei láthatóak a 3. ábrán.



3. ábra: Üzemállapot tagsági függvényei

A környezetből érkező gerjesztés (x_2 , dB) halmazait a 4. ábra szemlélteti.



4. ábra: Külső gerjesztés tagsági függvényei

Mindkét bemenő paramétert a közlekedési környezetre jellemző tartományban vizsgáltam: $x_1 = 10 \dots 60$ dB; $x_2 = 65 \dots 100$ dB.

A szabálybázis *IF ... THEN ...* alakban felírt szabályokat tartalmaz (lásd 3. táblázat), korábban megszerzett ismeretek alapján írhatóak fel. Jellege a szakértői rendszerek szabályrendszerére hasonlít.

3. táblázat: Fuzzy szabálybázis

Szabály	x_1 , dB		x_2 , dB		L_{Aeq} , dB
Sz_1	-	AND	alacsony	THEN	y_1
Sz_2	-		közepes		y_2
Sz_3	-		magas		y_3
Sz_4	alapjárt		alacsony		y_4
Sz_5	alapjárt		közepes		y_5
Sz_6	alapjárt		magas		y_6
Sz_7	alapj. + vent		alacsony		y_7
Sz_8	alapj. + vent		közepes		y_8
Sz_9	alapj. + vent		magas		y_9

Az összefüggések meghatározására a következtető modulon belül kerül sor, amely a bemeneteket és a szabálybázist összekapcsolva generálja a kimeneteket. Mamdani típusú következtető gép esetén fuzzy kimeneteket kapunk.

Jelen esetben a mért függő változó az utastérben mérhető egyenértékű hangnyomásszint (L_{Aeq} , dB). A kimeneti, szintén háromszög alakú tagsági függvények a 4. táblázatban láthatóak.

4. táblázat: A kimenet fuzzy halmazai

y_i	$\mu(y_i)$
y_1	{40, 47.2, 49.35}
y_2	{47.2, 49.35, 55.35}
y_3	{49.35, 55.35, 57.45}
y_4	{55.35, 57.45, 60.2}
y_5	{57.45, 60.2, 60.4}
y_6	{60.2, 60.4, 72.15}
y_7	{60.4, 72.15, 72.65}
y_8	{72.15, 72.65, 72.75}
y_9	{72.65, 72.75, 80}

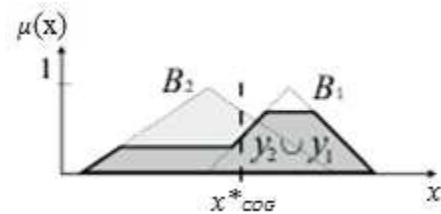
Ennek értelmezése azonban nehézkes. Így szükségessé válik az eredményként kapott tagsági függvények defuzzifikálása, melynek során jobban értékelhető, számszerűsíthető crisp értékeket kapunk. A konkrét kimenetek meghatározása többféle eljárással is megvalósítható. Nincs általánosan működő módszer, mindig vizsgálandó az adott alkalmazásra legjobban megfelelő technika, a helytelen defuzzifikáció ugyanis súlyos problémákat eredményezhet a rendszer működése során [13][14].

Jelen tanulmány keretein belül öt különböző módszer eredményeinek összehasonlításával keresem az optimális eljárást. Ezek a következők:

- COG,
- COA,

- MOM,
- LOM és
- SOM.

A súlyponti módszer (centroid eljárás, COG) esetén a kimeneti fuzzy halmazok súlypontjába kapjuk a defuzzifikált eredményt (lásd 5. ábra).



5. ábra: Defuzzifikáció súlyponti módszerrel [12]

A megfeleltethető crisp eredmény meghatározása diszkrét tagsági függvények esetén az (1), folytonosaknál pedig a (2) egyenlet alapján történik.

$$x^* = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \cdot \mu_A(x_i)}{\sum_{i=1}^n \mu_A(x_i)} \quad (1)$$

$$x^* = \frac{\int x \cdot \mu_A(x) dx}{\int \mu_A(x) dx} \quad (2)$$

ahol $x_{(i)}$ adott elemet, $\mu_A(x_{(i)})$ a tagsági függvényt és n az elemek számát jelöli.

A területközpont módszer (biszektor eljárás, geometriai középpont, BOA, COA) az eredményként kapott tagsági függvény görbe alatti területének keressük a közepét, amelytől balra és jobbra is azonos nagyságú terület helyezkedik el. Meghatározása a (3) egyenlet szerint történik.

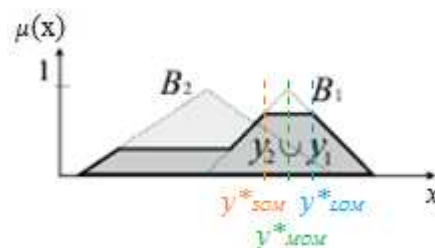
$$\int_{\alpha}^{x^*} \mu_A(x) dx = \int_{x^*}^{\beta} \mu_A(x) dx \quad (3)$$

ahol $\alpha = \min\{x|x \in X\}$ és

$$\beta = \max\{x|x \in X\}.$$

A maximum módszerekről általánosan elmondható, hogy a legnagyobb tagsági értéket vesszük figyelembe a defuzzifikált érték meghatározása során:

- MOM a középpontot,
- LOM a legnagyobb,
- SOM a legalacsonyabb maximumhoz tartozó értéket adja (lásd 6. ábra).



6. ábra: Defuzzifikáció maximum módszerekkel ([12] alapján)

A továbbiakban a fent ismertetett módszerek adott konkrét alkalmazásra való megfelelőségének a vizsgálata kerül bemutatásra.

3 EREDMÉNYEK

A 5. táblázat a vizsgálati pontok beállítását, eredményét, valamint a következő rendszer különböző defuzzifikációs eljárások esetén adott kimenetét egyaránt tartalmazza (1-9 sor).

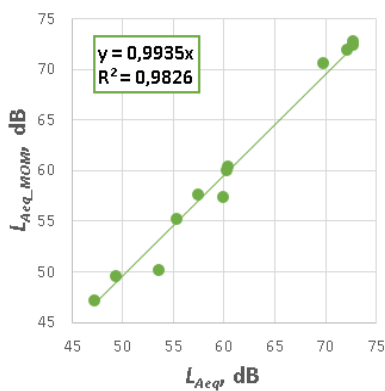
Megállapítható, hogy a súlyponti és a geometriai középpont módszerek esetén jelentős mértékű eltéréseket és fajlagos hibákat kapunk: -5,20...6,29% COG, 4,64...5,30% COA alkalmazásakor.

A maximum módszerek esetén azonban azonos nagyságú, megfelelően kicsi különbségek adódnak a beltérben kialakuló egyenértékű hangnyomásszint számítása esetén: -0,34...0,51%.

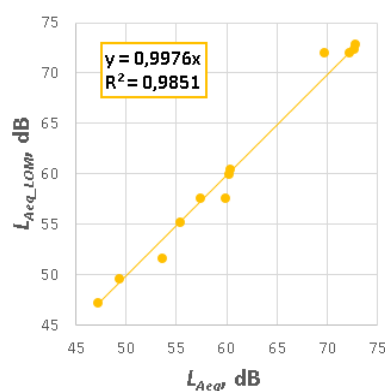
A három eljárás rangsorolására további konformáló mérések kerültek végrehajtásra (lásd ... táblázat 10-12 sora). Ezek az eredeti mérésorozatban nem szerepeltek, beállítási értékeiket a vizsgált technológiai tartományból választottam ki. Mivel már korábban beigazolódott, hogy a COG és COA defuzzifikációs technikák során tapasztalható a legjelentősebb mértékű pontatlanság, a konfirmáló mérések eredményei ezen módszerekkel már nem kerültek kiértékelésre.

5. táblázat: Eredmények

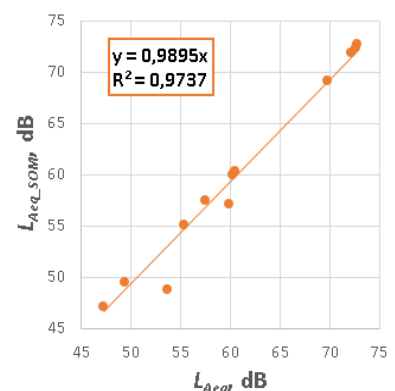
M. P.	x_1	x_2	L_{Aeq}	L_{Aeq_COG}	ΔL_{Aeq_COG}	L_{Aeq_COA}	ΔL_{Aeq_COA}	L_{Aeq_MOM}	ΔL_{Aeq_MOM}	L_{Aeq_LOM}	ΔL_{Aeq_LOM}	L_{Aeq_SOM}	ΔL_{Aeq_SOM}
	dB	dB	dB	dB	%	dB	%	dB	%	dB	%	dB	%
1	-	alacsony	47,2	45,5	-3,60	46,0	-2,54%	47,2	0,00	47,2	0,00	47,2	0,00
2	-	közepes	57,45	57,7	0,44	57,6	0,26%	57,6	0,26	57,6	0,26	57,6	0,26
3	-	magas	72,75	75,1	3,23	74,8	2,82%	72,8	0,07	72,8	0,07	72,8	0,07
4	alapj. árat	alacsony	49,35	50,6	2,53	50,4	2,13%	49,6	0,51	49,6	0,51	49,6	0,51
5	alapj. árat	közepes	60,2	59,3	-1,50	59,2	-1,66%	60,0	-0,33	60,0	-0,33	60,0	-0,33
6	alapj. árat	magas	72,65	72,4	-0,34	72,4	-0,34%	72,4	-0,34	72,4	-0,34	72,4	-0,34
7	alapj. + vent	alacsony	55,35	54,0	-2,44	54,4	-1,72%	55,2	-0,27	55,2	-0,27	55,2	-0,27
8	alapj. + vent	közepes	60,4	64,2	6,29	63,6	5,30%	60,4	0,00	60,4	0,00	60,4	0,00
9	alapj. + vent	magas	72,15	68,4	-5,20	68,8	-4,64%	72,0	-0,21	72,0	-0,21	72,0	-0,21
10	-	83,1	59,9					57,4	-4,17	57,6	-3,84	57,2	-4,51
11	alapj. árat	74,8	53,6					50,2	-6,34	51,6	-3,73	48,8	-8,96
12	alapj. + vent	91,7	69,7					70,6	1,29	72,0	3,30	69,2	-0,72



a.



b.



c.

7. ábra: Maximum módszerek pontossága

A 7. ábrán a maximum módszerek által adott eredmények a mért értékekre való illeszkedése látható (7./a. a MOM, 7./b. a LOM, 7./c. a SOM eljárásra vonatkozó). Megállapítható, hogy az értékek tökéletes egyezése (zéró eltérés) esetén amennyiben a 7. ábrához

hasonló módon a számított értékeket a mért értékek függvényében ábrázolnánk, az illesztett egyenes az identitás függvény lenne ($x = y$). Az ettől való eltérés mértéke minél kisebb, annál nagyobb pontosság érhető el az adott módszer alkalmazásával.

Megállapítható, hogy ugyan mindhárom vizsgált maximum eljárás megfelelő pontosságú becslést ad az utastérben kialakuló egyenértékű hangnyomásszintre, a legnagyobb pontosság mégis a LOM technika alkalmazásával érhető el.

4 KONKLÚZIÓ

Jelen tanulmány keretein belül léghangmérések eredményei kerültek bemutatásra. A vizsgálatok végrehajtása egy háromhengeres Otto motorral szerelt SKODA FABIA COMBI személygépjárművön történt.

A mérési elrendezésben a hangfalak a jármű két oldalán, a zajszintanalizátor a sofőr jobb fülének magasságában volt elhelyezve. A vizsgálózájként rózsazajt alkalmaztam.

A mérések során két bemenő paraméter volt, melyek három szinten kerültek beállításra: az utastérben mérhető, az üzemiállapotból adódó hangnyomásszint, valamint a kívülről érkező, az ütközés kísérő hangjelenségének megfeleltethető gerjesztés. A független változók minden lehetséges kombinációja esetén rögzítésre került a beltérben kialakuló egyenértékű hangnyomásszint.

A mérési eredmények felhasználásával egy két bemenettel és egy kimenettel rendelkező Mamdani típusú FIS került megalkotásra az utastérben levő hangnyomásszint becslésére.

Végül öt különböző defuzzifikációs eljárás eredményei lettek összehasonlítva, a legjobb módszer kiválasztására.

A tanulmány során az alábbi következtetéseket sikerült levonni:

- Megállapítható, hogy a COG és COA módszerek esetén érhető el a legrosszabb pontosság, az eltérések -5,20...6,29% között mozognak COG és -4,64...5,30% között COA alkalmazásakor.
- Kijelenthető, hogy a három vizsgált maximum eljárás azonos, megfelelő pontosságú lehetőség az utastérben mérhető egyenértékű hangnyomásszint számítására a mérési pontok esetén, az eltérések nagysága -0,34...0,51%.
- A fuzzy modell alkalmazhatóságának vizsgálatára, valamint a maximum módszerek összehasonlítására további confirmáló mérések lettek végrehajtva.
- Az eredeti és a confirmáló mérések együttes kiértékelése alapján megállapítható, hogy a legnagyobb pontosság a LOM defuzzifikációs módszer esetén érhető el.

5 KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ez a cikk az Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar és a Magyar Fuzzy Társaság támogatásával készült.

Külön köszönet illeti Szabó Dánielt, a Zajkontroll Kft munkatársát a mérések során nyújtott segítségéért.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Kolnhofer-Derecskei, A., Reicher, R. Z., Szegegyi, Á. (2019). Transport Habits and Preferences of Generations—Does it Matter, Regarding the State of The Art?. *Acta Polytechnica Hungarica*, 16(1). DOI: 10.12700/APH.16.1.2019.1.2
- [2] Schmedding, K. (2012) *Minor collisions*. Vieweg+Teubner Verlag. ISBN 978-3-8348-2006-8 DOI 10.1007/978-3-8348-2007-5
- [3] Schneider, S. (2005) "Hit -and-run" – or was the impact not perceptible?. *Verkehrsbund Ruhr-Rhein*, 6/2005.

- [4] Angelescu, A., Catalina, T., Vartires, A. (2017). Acoustic Measurements inside a Vehicle with Different Air Prototype Diffusers. *Romanian Journal of Acoustics and Vibration*, 14(1), 15.
- [5] Lukacs, J., Melegh, G. (2017). Sound Perception inside a Stationary Vehicle in Case of Frontal Audio Source. *Obuda University e-Bulletin*, 7(1), 57-61.
- [6] Központi Statisztikai Hivatal adatbázisa (2015)
- [7] ISO 5128-1980 (1980) Measurement of Noise inside Motor Vehicles.
- [8] Kyon, D. H. et al.: Hi-pass Pink Noise: Its Acoustic Features and Standard Volume. *International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering*, 8(6), 229-236. (2013)
- [9] Aradi P. et al. (2014). Számítógépes szimuláció. TÁMOP-4.1.2
- [10] Zadeh, L. A. (1965). Information and control. *Fuzzy sets*, 8(3), 338-353.
- [11] Tóth-Laufer, E., Horváth, R. (2017). Fuzzy model based surface roughness prediction of fine turning. *FME Transactions*, 45(1), 181-188.
- [12] Kóczy, L. T., Tikk, D. (2000). Fuzzy rendszerek. TypoTEX, Budapest.
- [13] Mogharreban, N., Dilalla, L. F. (2006, June). Comparison of defuzzification techniques for analysis of non-interval data. In *NAFIPS 2006-2006 Annual Meeting of the North American Fuzzy Information Processing Society* (pp. 257-260). IEEE.
- [14] Saade, J. J., Diab, H. B. (2004). Defuzzification methods and new techniques for fuzzy controllers.

Biztonságtechnikai vizsgálat fuzzy logika segítségével

Baróthy László, Dr. Hanka László PhD

Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Mechatronikai és Járműtechnikai Intézet, Budapest, Magyarország

barlac98@gmail.com, hanka.laszlo@bgk.uni-obuda.hu

Összefoglalás:

A mai modern társadalomban életünk minden területén megjelenik a biztonság kérdése. Ez a biztonság lehet tárgyi, vagyoni, vagy akár online felületen megjelenő kézzel nem fogható információra értelmezett. Rengeteg módszer létezik a biztonságot igénylő, számunkra fontos és értékes dolgok védelmére. A sok eszköz és módszer végtelen szempontok szerint összehasonlítható, attól függően mire és hol használjuk. Ezen eszközök különböző mértékben nyújtanak védelmet, kombinációjuk, mennyiségbeli változatosságuk pedig hatványozza ezt. Lágyszámítás, fuzzy logika segítségével számszerű értékekkel tudjuk ezt a megfoghatatlan fogalmat jellemezni, ami segíthet az összehasonlításban, biztonsági rendszerek tervezésében.

Kulcsszavak: biztonság, biztonságtechnikai eszközök, fuzzy-rendszer, bizonytalanság, pontatlanság

1. A BIZTONSÁG KÉRDÉSE, FOGALMA A MAI VILÁGBAN

Mit is jelent a biztonság? Mit jelent biztonságban lenni? Milyen helyzetre, helyszínre mondhatjuk, hogy biztonságos? Egy ilyen megfoghatatlan, ősi és összetett dolgot megfogalmazni rendkívül bonyolult folyamat. Miért?

- régóta használt fogalom;
- egyidős az emberiséggel;
- folyamatosan változik, a technika fejlődésével újabb és újabb eszközei születnek.

Számtalan definíció és meghatározás létezik azonban ezek nem elég pontosak, nem fogják át a téma egészét, nagy bennük az eltérés, nem kielégítő, nem „jó fogalmak”. Létező példák:

- *Veszélyektől vagy bántódástól mentes (zavartalan) állapot.[1]*
- *A veszély hiánya.*
- *Adott nemzet (közösség) azon képessége, hogy megvédje nemzeti értékeit és érdekeit minden külső és belső fenyegetéssel szemben.*
- *Háborítás mentes lét, félelem nélküli élet.* [2]

Jól közelítik meg a témát azonban mindben van valami kivetni való, mind kiegészítendő. Veszélymentes és zavartalan állapot sajnálatos módon az általunk ismert világban 100%-ban soha, semmilyen körülmények között nem lehetséges. Beszélhetünk itt tárgyi védelemről, személyi védelemről vagy információ biztonságról, a környezeti változók számszerűsége miatt kijelenthetjük, hogy a környezet tényezői akár egy személyt, akár egy szervezetet, akár egy állatot, vagy állatokat, akár tárgyakat, vagy szerkezeteket és a

környezetük viszonyait vizsgáljuk, legfeljebb statisztikai gyakoriságot figyelembe vevő, vagy becslés szintű valószínűséget jelentenek, de semmiképpen sem teljes biztonságot. Azonban rengeteg módszer, eszköz és megoldás létezik melyek segíthetnek minket a témával kapcsolatos tervezéseinkben.

1.1. Biztonságtechnika eszközei

A 21. századról teljes mértékben megállapítható hogy technika függő. Egyre gyorsabb tempóban jelennek meg az új eszközök, új fejlesztések, amik az ember mindennapi életét gyökeresen befolyásolják, megváltoztatják. Gondoljunk csak a mobiltelefon kialakulására, gyors fejlődésére. Jövőkutatók szerint a 2050-es években érjük el a szingularitást. Technológiai szingularitásnak (röviden szingularitás vagy különösség) nevezzük a tudományos-fantasztikus irodalomban és a jövőkutatásban azt a lehetséges jövőbeli eseményt, amikor az emberfeletti intelligencia megjelenése miatt a technológiai fejlődés és a társadalmi változások felgyorsulnak, olyan módon és sebességgel változtatva meg a környezetet, amit a szingularitás előtt élők képtelenek felfogni vagy megbízhatóan megjósolni.

Mindez igaz a biztonságtechnikára is [3], számtalan eszköz született a különböző védelmi mechanizmusok ellátására. Ezek lehetnek egyszerűek mint egy botló csapda (kifeszített zsinór, amibe beleakadva megszólaltat egy csengőt), vagy akár bonyolultabbak is, mint egy infra kamera. Csupán a felhasználástól függ hogy milyen típusú lámpákat használunk, melyek a sötét területek bevilágítására szolgálnak, milyen kamerát a tér megfigyeléséhez (halszem, térfelügyelő, eszközbe épített, rejtett), vagy egyéb eszközt alkalmazunk (mozgásérzékelő, behatolásérzékelő, némariasztó, vagy akár élőerő [4].

1.2. A vizsgált probléma

Vegyünk egy egyszerű példát, amely során összehasonlítjuk az eszközök által nyújtott biztonság mértékét. Adott egy nagyobb méretű csarnok, a feladatunk, hogy biztonságtechnikai eszközökkel lássuk el [5]. Honnan tudjuk megfelelő-e a védelmi szint? Ahogy korábban említve lett, millió és egy szempont van, ami ezt befolyásolja. Rengeteg az adat, amelyet nagyrészt becslésekkel, általunk alkotott szituációkkal vizsgálunk, sokszor hiányos, nem az általános matematika eszközeivel vizsgálunk. A fuzzy logika tökéletesen alkalmas e célra.

1.3. Fuzzy logika kapcsolódása az adott esethez

Az ember gondolkodásához nagyon hasonlóak a lágyszámítási módszerek [5], mivel pontos számítások helyett becsléseket és az emberi gondolkodást vesszük alapul. Számos olyan problémával találkozhatunk, amit matematikai modellekkel bonyolultabban, sokkal több számítás igénybe

véve és erőforrásokat pocsékolva tudunk csak megoldani. E módszerek egyike a fuzzy logika.

A ma már fuzzy logikaként ismert módszer [6] jól kezeli a matematikában fellépő bizonytalanságot, pontatlanságot, nem egyértelműen értékkel rendelkező tulajdonságokat. Olyan szubjektív példákról lehet szó, mint hogy valami nagy vagy kicsi, gyors vagy lassú, vagy a mostani esetben, hogy a védelem megfelelő, vagy sem.

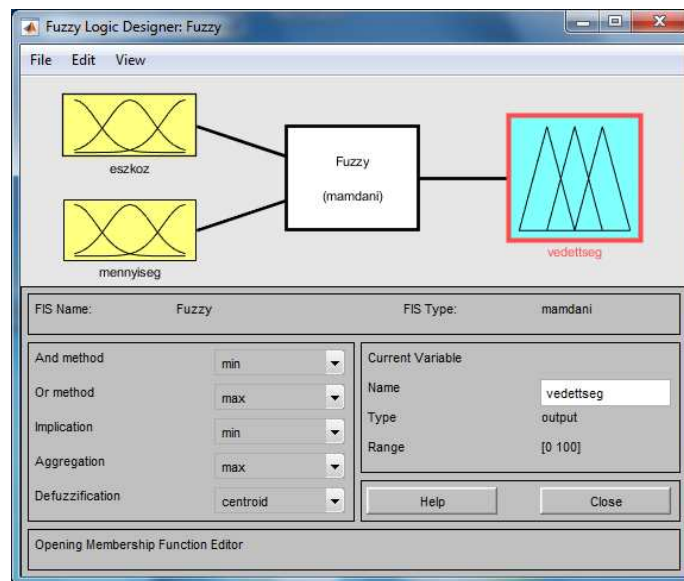
Ezeket az állításokat matematikailag nem tudjuk egyértelműen meghatározni, esetleg intervallumokba tudjuk helyezni, szempontok szerint osztályozni a be és kimeneti adatokat, melyeknek alapul a fuzzy halmaz elmélet szolgál, ahol a karakterisztikus függvényt általánosítva azalaphalmaz minden eleme $[0,1]$ intervallumból vesz fel értéket. A felvett értékek az adott halmazhoz tartozás mértékét mutatják meg.

Ezt a függvényt tagsági függvénynek nevezzük, az meghatározott halmazt fuzzy halmaznak.

1.4. A modell megalkotása

Minden fuzzy alapja a bemeneti tényezők és kimenetek meghatározása, ezt követően a szabályrendszerének megalkotása. Mamdani, Sugeno (1. ábra) és Takagi Sugeno következtetési típusokból [7],[8] itt a Mamdanit célszerűbb használni, mivel ez tükrözi jobban az emberi gondolkodásra is jellemző pontatlanságot és bizonytalanságot, tökéletes a 2 bemenettel és egy kimenettel rendelkező rendszerek modellezésére.

Az alábbiakban végzett számítások és ábrák a Matlab software "fuzzy logic toolbox"-ának segítségével készültek, mind saját ábrák.



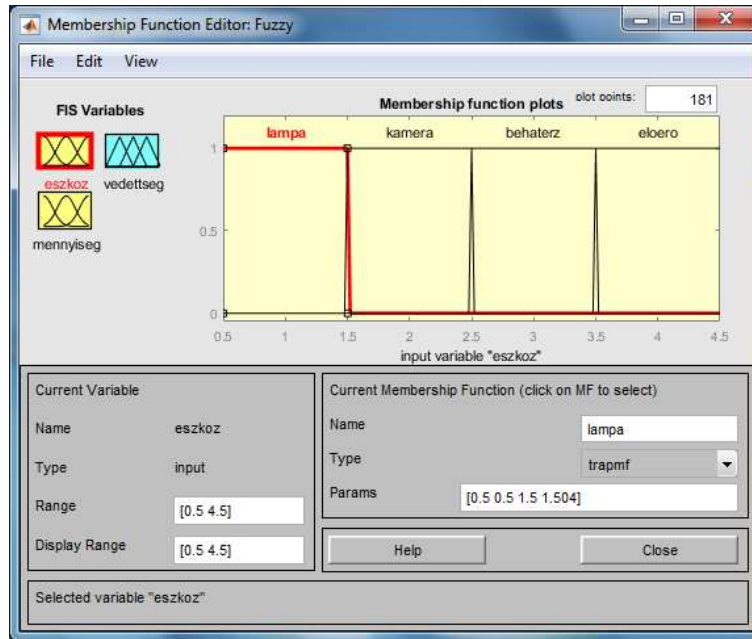
1. ábra: 2 bemenetes és egy kimenetes Mamdani következtetési rendszer

Bemeneteink:

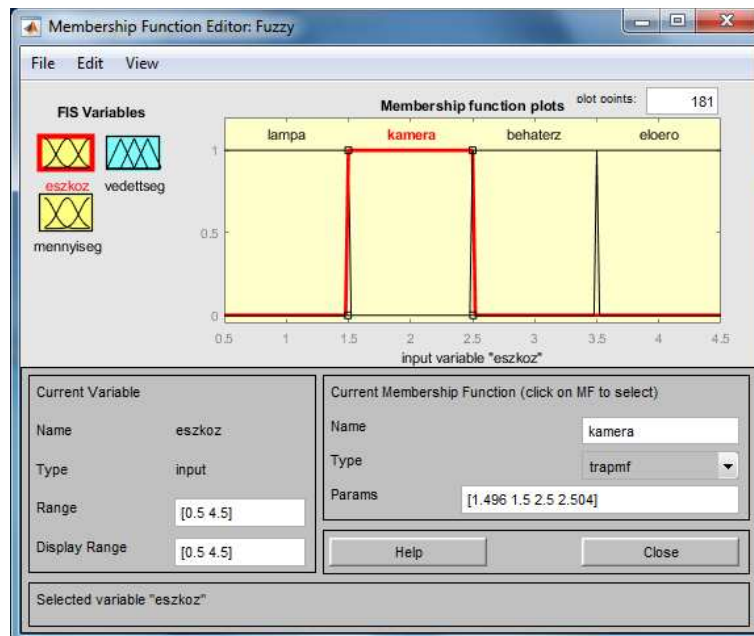
- eszköz;
- mennyiség.

Vizsgált eszközként lámpákat (2.ábra), kamerákat (3.ábra), behatolásérzékelőket (4.ábra) és magát az „előerőt” (állat, ember) vesszük (5.ábra), mivel ezek a leggyakoribban előfordulók. Ezek az eszközök rengeteg konkrét típusal rendelkeznek, nem olyan egyéntől függő a meghatározásuk,

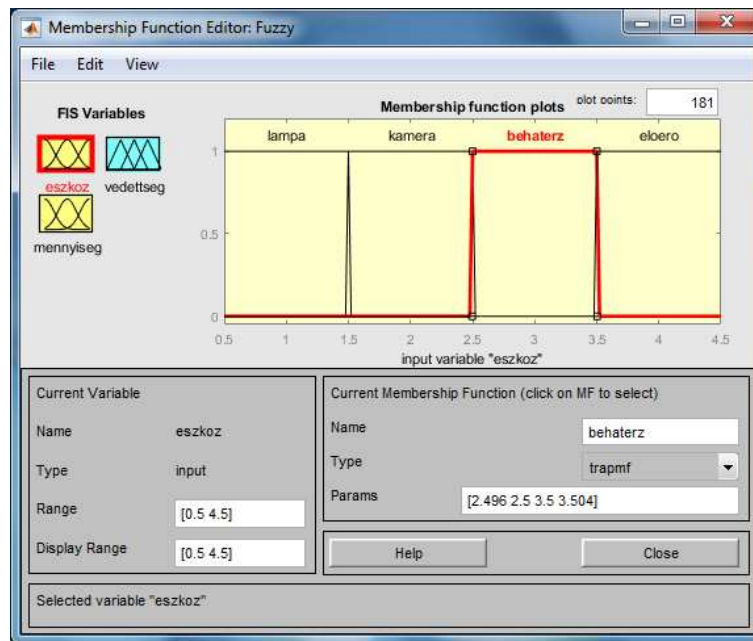
mint hogy valaki magas vagy alacsony, így tagsági függvényeik nem adhatók meg az általánosabb háromszög vagy trapéz alakkal. Egy lámpa nem lehet kamera, ahogy egy mozgásérzékelőre sem mondhatjuk azt, hogy biztonsági/vagyonőr. Ezért is választottam ezt az alakot a függvényeknek, nincs átmenet az eszközök közt, célszerű minél kisebb metszetet beállítani. A 0.5-4.5 határértékek saját belátás szerint, a könnyebb számítás és geometria kialakítás miatt vannak beállítva.



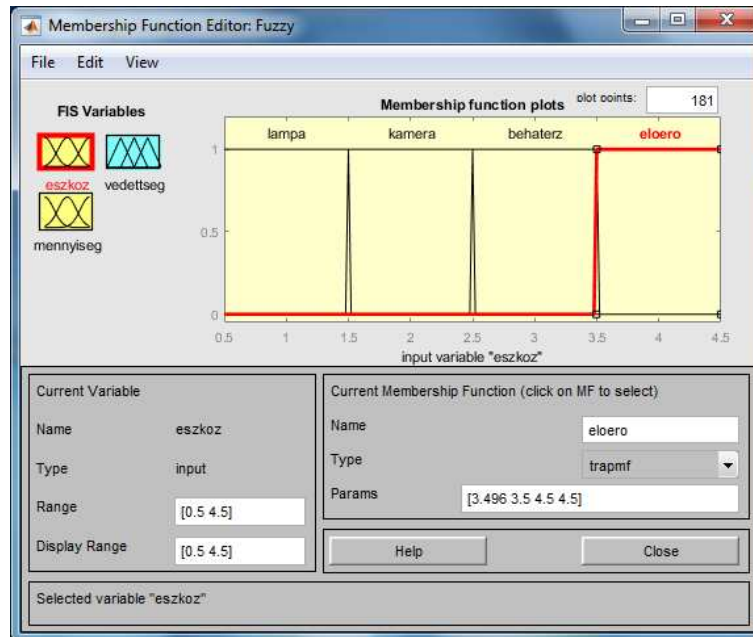
2. ábra: Lámpa változó



3. ábra: Kamera változó



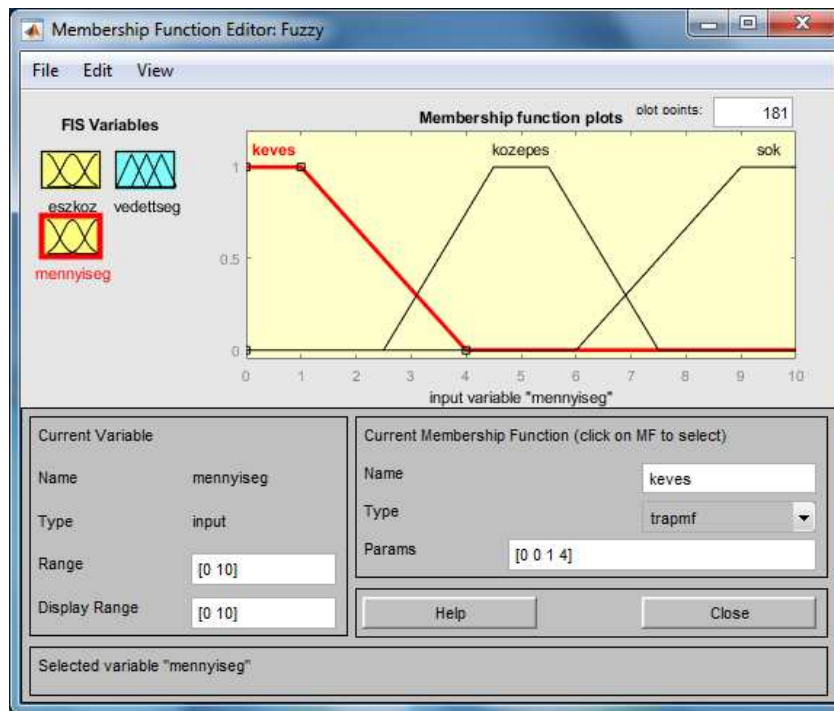
4. ábra: Behatolás érzékelő változó



5. ábra: Élőerő változó

Második bemenet a mennyiségként tekintettük azt, hogy egy adott eszközből mennyit veszünk igénybe (6.ábra). A mennyiség, mint fogalom sokkal jobban illik egy fuzzy következtetési rendszer komponensei közé, mivel meg van benne az a fokú bizonytalanság, amely például az első eszköz bemenetünkből hiányzik. Mennyiségnek beállíthatunk kevés, közepesen sok vagy sok eszközt. Hogy mi számít soknak vagy kevésnek eredményezi azt a határozatlanságot, amely

tökéletesen alkalmas bemenetté teszi a mennyiséget, egy lágyszámítási feladatba. Ebből kifolyólag a tagsági függvények beállíthatók a klasszikus háromszög, vagy akár trapéz alakra is [9],[10], az átmenetek két halmaz közt sokkal szemléletesebbek, mint az előző esetben. Paramétereiket tekintve a 0-10 felosztásban megjelennek az előbb említett „intervallumok”, a számítás és a későbbi Rule Viewer ablakon való beállítások szempontjából is előnyös.



6. ábra: A felhasznált mennyiség mint második bemenet

1.5. A szabálybázis

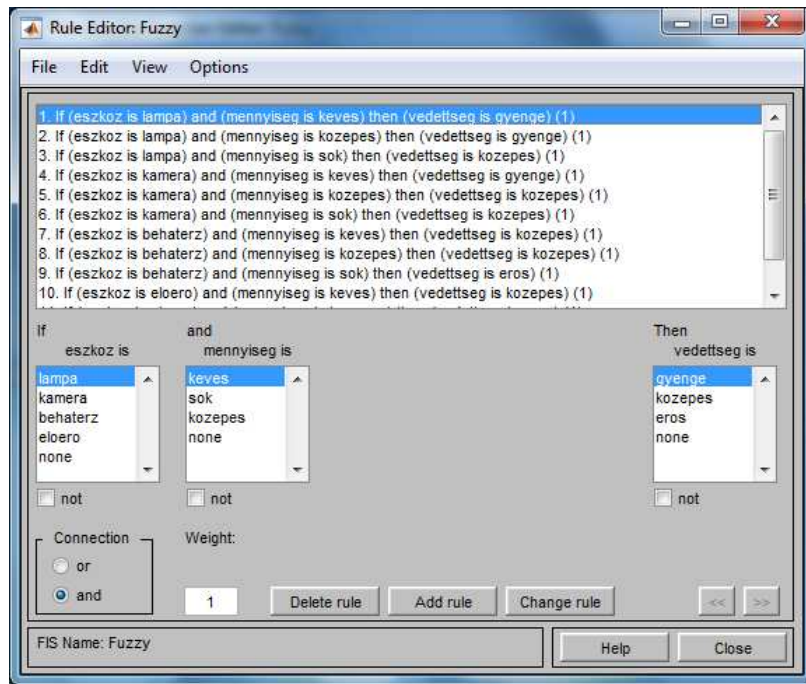
A kialakított szabálybázis az 1. táblázatban van összefoglalva [6],[7],[9].

1. táblázat. A szabályok meghatározását segítő tábla.

	kevés	több	sok
élőerő	közepes	erős	erős
behatolás érzékelő	közepes	közepes	erős
kamera	gyenge	közepes	közepes
lámpa	gyenge	gyenge	közepes

Az első oszlopban az eszköz bemenet komponensei szerepelnek, alulról felfelé nagysági sorrendben. Az első sorban pedig a mennyiség bemenet adatai, balról jobbra növekvő sorrendben. A táblázat adott oszlop és sor elemét kiválasztva a kettő adat adja meg a kimenet, vagyis az erősség mértékét. Ha egy „gyengébb” eszközt választunk egy nagyobb mennyiségben, a kettő átlaga közepes eredményt ad (lámpából sok). Azonban ha egy jobb eszközből sokat alkalmazunk az erős átlageredményeket fog adni. Ha pedig gyengébből keveset, értelemszerűen gyenge lesz a kimenet. A szabálybázis, mely szavakkal megfogalmazva a következő felsorolásban látható, a Matlab "fuzzy logic toolbox"-ában is definiálva lett, ezt mutatja a 7. ábra.

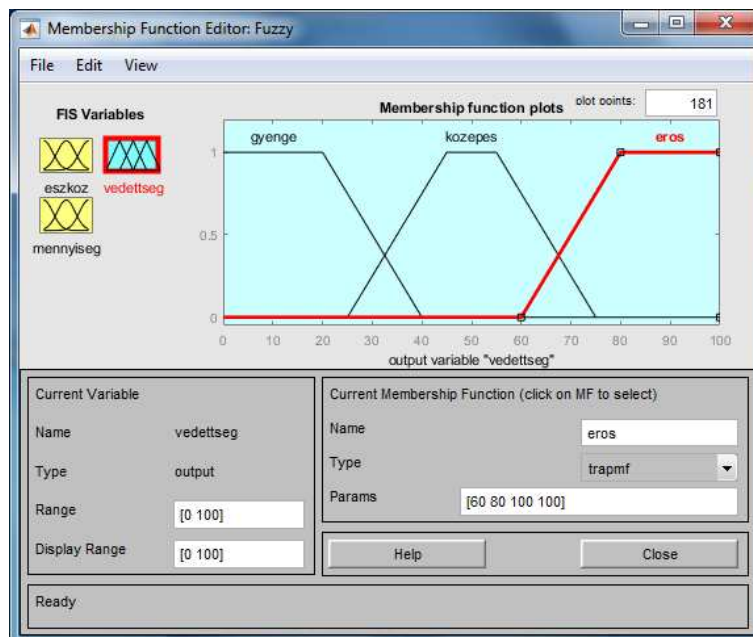
- 1 If (eszköz is lámpa) and (mennyiség is kevés) then (védetség is gyenge).
- 2 If (eszköz is lámpa) and (mennyiség is közepes) then (védetség is gyenge).
- 3 If (eszköz is lámpa) and (mennyiség is sok) then (védetség is közepes).
- 4 If (eszköz is kamera) and (mennyiség is kevés) then (védetség is gyenge).
- 5 If (eszköz is kamera) and (mennyiség is közepes) then (védetség is közepes).
- 6 If (eszköz is kamera) and (mennyiség is sok) then (védetség is közepes).
- 7 If (eszköz is behaterz) and (mennyiség is kevés) then (védetség is közepes).
- 8 If (eszköz is behaterz) and (mennyiség is közepes) then (védetség is közepes).
- 9 If (eszköz is behaterz) and (mennyiség is sok) then (védetség is erős).
- 10 If (eszköz is eloero) and (mennyiség is kevés) then (védetség is közepes).
- 11 If (eszköz is eloero) and (mennyiség is közepes) then (védetség is erős).
- 12 If (eszköz is eloero) and (mennyiség is sok) then (védetség is erős).



7. ábra: Szabálybázis

A kimenet a szabályok és az általunk használt eszközök mennyisége által meghatározott védettség. A második bemenethez hasonlóan (mennyiség), a védettségben is megvan az a szükséges bizonytalanság, megfoghatatlanság, amely a fuzzy logikára és a lágyszámítási módszerekre mind jellemző. Az hogy mi védett, ugyanolyan nehezen eldönthető, mint hogy valaki magas e vagy alacsony, nagyban függ az ember gondolkodásától is, hogy ő maga mit tart annak. Van, aki számára 3 kamera már biztonságot nyújt és van, aki úgy gondolja, hogy neki minden ablakra, ajtóra mozgásérzékelő kell, két vagyonőrrel, akik folyamatosan véletlenszerű pályán mozognak. E példának megfelelően határoztam meg gyenge,

közepes és erős védettségi szintet, a magas fokú határozatlanság ugyancsak nagy metszeteket, átmeneteket eredményez a halmazok közt, mint a második bemenetnél is. Ezen okokból a tagsági függvény alakjának az egyszerű háromszög vagy trapéz alakú függvény teljesen megfelelő. Esetünkben utóbbit alkalmaztam [11]. A beosztás 0-100 egységig tart, ezáltal a geometriáról (8.ábra) és a szabálmegjelenítő ablakról is egyfajta százalékos eredményt olvashatunk le, amelyet a korábban definiált 4x3-as mátrix szabályoz. Ezzel is könnyítve a kimenet adatainak a megértését.



8. ábra: Védettség szintjének kimenete

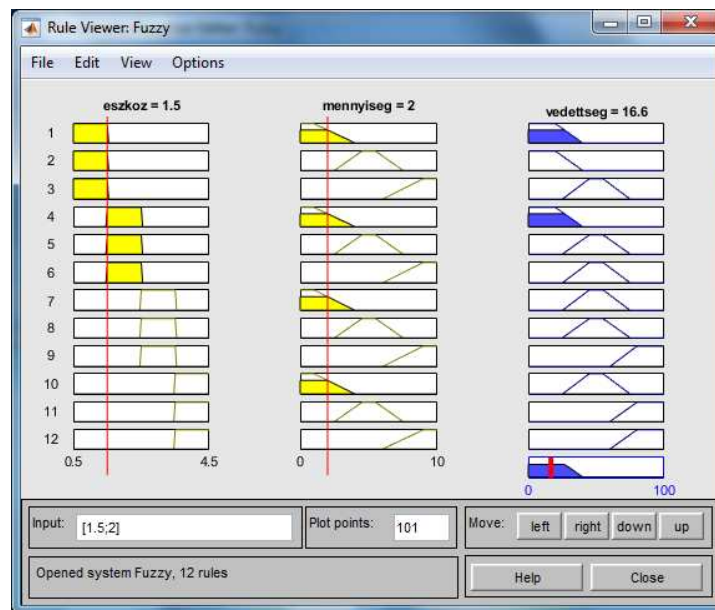
2. DEFUZZYFIKÁCIÓ

A defuzzyfikáció [9],[10],[11],[12] során láthatjuk egyrészt azt a triviális eredményt, hogy ha az alacsonyabb rendű, kisebb hatékonyságú eszközök kevesebbet használunk, akkor gyenge biztonsági szint adódik, és fordítva, magasabb rendű, nagyobb hatékonyságú eszközökből többet használva pedig fokozottabb biztonságot nyújt a berendezett csarnok számára.

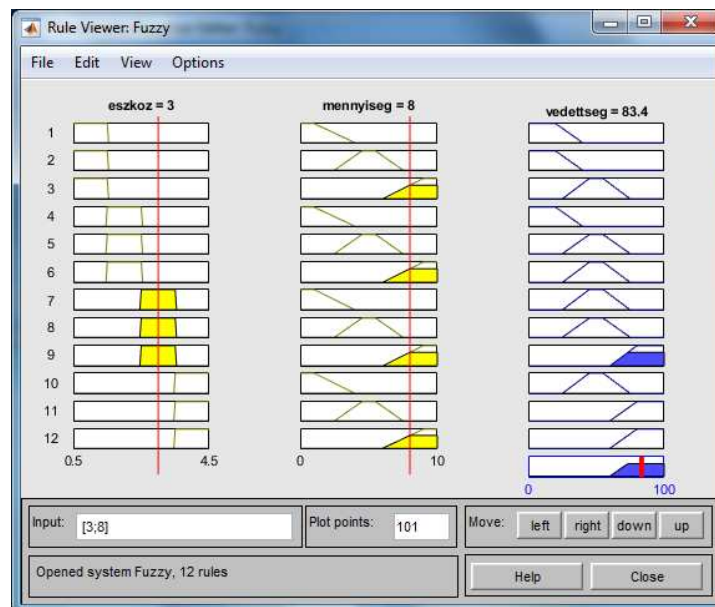
Konkrétabban a fuzzy következtetési rendszer látható grafikusán a 9. és 10. ábrákon grafikusán szemléltetve. Az ábrák szintén a Matlab "fuzzy logic toolbox"-ának segítségével készültek. A szabálybázis 4×3 méretű mátrixának megfelelően összesen 12 szabálynak megfelelő tagsági függvények és a szabálybázisnak megfelelő következtetések láthatók két konkrét, illusztráló példaként kiválasztott esetben, egy „alacsony” és egy „magas” biztonsági szint elemzése esetén.

Sárga színnel láthatók az input tagsági függvények, a piros színű segédegyenesek pedig abban segítenek, hogy jól lássuk mely szabályok „tűzelnek” és melyek nem. Az utolsó 13. sorban látható a defuzzyfikáció eredménye grafikusán, amely már egyetlen valós szám.

Ez utóbbi érték kiszámítására számos lehetőség van az elméleten belül. Ebben az esetben a leggyakrabban használt módszert, a súlypont (tömegközéppont, Center Of Gravity = COG) [10],[12] módszert használtuk, amely szemléletes értelmezése az ábrán, a kék színben kapott síkidom matematikai értelemben vett tömegközéppontja. Ez az output érték látható az ábrán a 3. oszlop felett a vizsgált két speciális esetben.



7. ábra: Alacsony biztonsági szint vizsgálata



8. ábra: Magas biztonsági szint vizsgálata

3. A FUZZY KÖVETKEZTETÉS 3D FELÜLETE

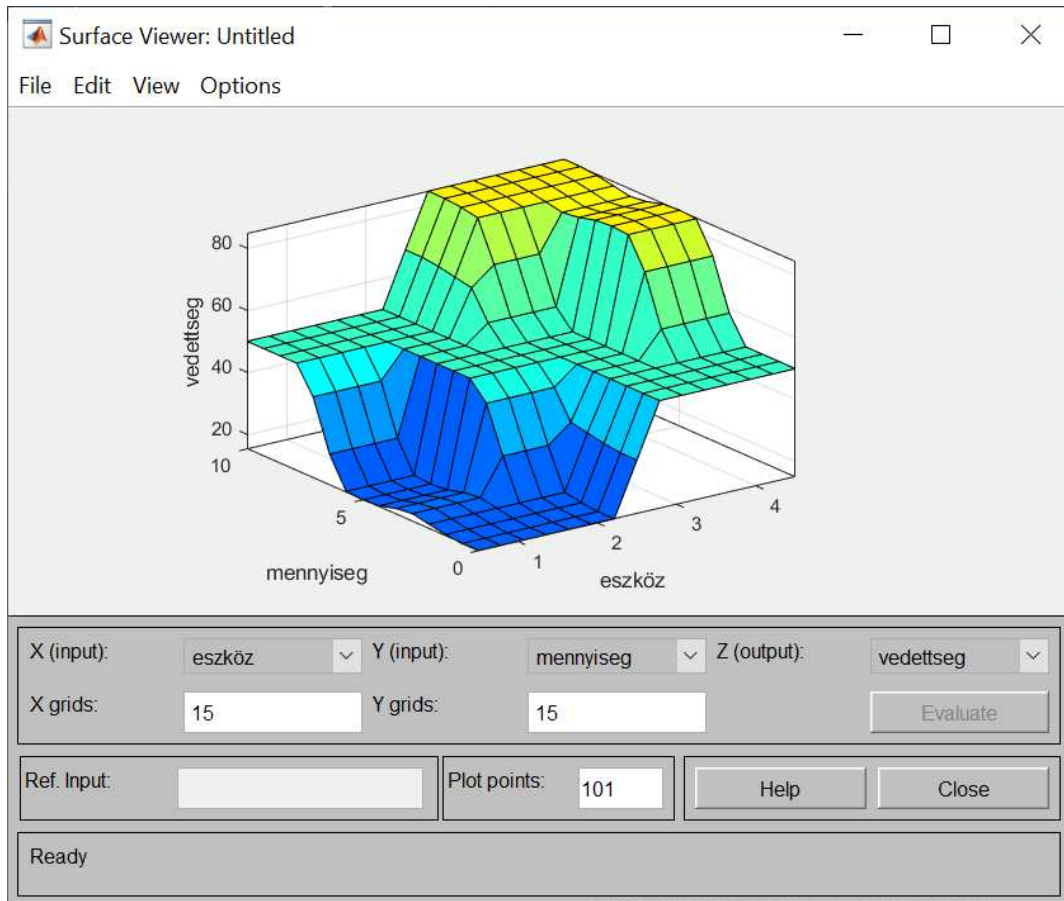
A szimuláció elkészítéséhez általam használt Matlab program "fuzzy logic toolbox"-ának egy nagyon fontos és hasznos funkciója a fuzzy leképezés megjelenítése egy 3 dimenziós felület segítségével [7],[10]. Ennek során egy 3D-s alakzat jön létre, melyen szerepelnek egyszerre a bemenetek és a kimeneti adatok is, amelyek a három tengely skálaértékei. Az ábráról (11. ábra) jól leolvasható minden adat, amely az adott feladat, a védetség megállapításához szükséges. Az előző két ábrában manuálisan is beállítható adatok és a hozzájuk tartozó eredmény itt egyszerre látszik, válasszuk ki bármilyen két bemenetet, a kimeneti adatuk is leolvasható egy időben.

Az alábbi 2. táblázatban példaként öt különböző adathármaszt állítottam be manuálisan,. A 3 adat mindig a felület egy pontja által van meghatározva. A 4-8-83.4 számhármas jelentése példaként a következő: egy magas szintű eszközből (élőerő) „nagy” mennyiséget használva, magas védetséget eredményez. Hasonlóan értelmezhetjük a felület többi pontja által megadott számhármaszt is.

Az alakzat formáját tekintve az ugrások közel azonosak és ismétlődők. Jól látható a két szint, az alacsonyabb és a magasabb százalékokat elválasztó sík 50%-nál.

2. táblázat: A fuzzy következtetési felület néhány összetartozó adata

eszköz	mennyiség	védetség
4	8	83.4
1	5	15.3
2.5	8.7	67
3.14	3.14	50
1.5	5	32.5



11. ábra. A következtetési rendszert illusztráló felület

4. KONKLÚZIÓ

Összefoglalásként át kell tekinteni mire jöttünk rá a vizsgálat során. Adott egy probléma/feladat, egy terem vagy csarnok

berendezése az általunk választott eszközökkel, választott mennyiségben. Olyan fogalmakat számszerűsítettünk, mint a biztonság, védetség, mennyiség, mindben szerepel egy fajta bizonytalanság, mely jellemző az emberi gondolkodásra. Igazi

lágyszámítást igénylő feladat. A fuzzy logika segítségével és a Matlab programot alkalmazva, sikerült egy következtetési rendszert alkotnunk, ami a bevitt adatok ellenében képes kiértékelni eszközeinket a feladat megoldás szempontjából. Osztályozza az erősséget, többféle módon is áttekinthető teszi az adatainkat, könnyíti az értelmezést.

A cikket végig olvasva és az eleinte tárgyalt problémát végig gondolva, levonhatjuk, hogy a fuzzy logika és bemutatott eszközei képesek eme feladat megoldására, sőt, még bővíthetik is a kérdést, további felhasználásra.

5. TOVÁBBI FELHASZNÁLÁS, INNOVATÍV ÖTLETEK

Ahogy azt már említettem, ehhez a feladathoz témérdek adata van szükség, amelyeket szinte lehetetlen mind összegyűjteni. Annyi hatás ér minket a mindennapokban, környezeti tényezők, váratlan események, egyénektől, felhasználóktól függő adatok. Ezek mind felhasználhatók e megoldás tökéletesítéséhez, én csak egy alapszintű vizsgálatot hoztam létre pár adattal, amely a végletekig kiegészíthető és bonyolítható. A fuzzy alkalmas arra, hogy mindezeket az adatokat jól és eredményesen kezelje.

Nagy potenciált látok a feladat tovább gondolásában, akár egy bonyolultabb és részletesebb szimuláció, akár egy összetett 3d-s tervezőprogram formájában, melyben bármilyen helyszínt megjelenítve egészíthetjük ki az adott eszközökkel, forrásadatokként és vizsgálatként egy ehhez hasonló rendszer tökéletesen megfelelné.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton is fejezném ki hálámat Tóthné Dr. Laufer Edit Tanárnőnek, aki betekintést nyújtott ebbe az új és érdekes

világba, az Egyetemnek, hogy teret adtak a Szafari konferenciának, mely során számos hallgatótársammal megoszthattuk egymással ötleteinket, cikkeink témáját, amit elsajátítottunk tudást.

Köszönöm Dr. Hanka László Tanár Úrnak, aki időt nem sajnálva segített e kiadvány megalkotásában, tanácsaival bővítette tudásom e témában és megmutatta hogyan is tud együtt dolgozni hallgató és tanára.

Ez a cikk az Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar és a Magyar Fuzzy Társaság támogatásával készült.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] A Magyar Értelmező Kéziszótár. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1985
- [2] Hadtudományi Lexikon, Magyar Hadtudományi Társaság, Budapest, 1995
- [3] Berek Lajos: Biztonságtechnika. NKE HHK Budapest. 2014.
- [4] Tóth-Tóth: Biztonságtechnika. NKE RTK Budapest, 2014
- [5] Szabó Lajos: A biztonságsszervezés alapjai. Óbudai egyetem
- [6] Tóthné Dr. Laufer Edit: Fuzzy Rendszerek Mérnöki Alkalmazása. Óbudai Egyetem
- [7] Franck Dernoncourt: Introduction to fuzzy logic. MIT, 2013
- [8] Jan Jantzen: Tutorial On Fuzzy Logic. Technical University of Denmark, Department of Automation, Bldg 326, DK-2800 Lyngby, DENMARK. Tech. report no 98-E 868, 19 Aug 1998
- [9] Zadeh, L. A. (1988). Fuzzy logic, , IEEE Computer 21 (4): 83–93.
- [10] René Jager: Fuzzy logic in control. Technische Universiteit Delft. 1995.
- [11] Klir – Juan. Fuzzy sets and fuzzy logic. Prentice hall. 1995
- [12] Kóczy – Tikk: Fuzzy rendszerek. Typotex. 2001.

Grafikus kártyák összehasonlítása fuzzy rendszer alkalmazásával

Kecskés Péter

Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Budapest, Magyarország
kepeter97@windowslive.com

Összefoglalás — Komplex eszközök beszerzését megnehezítheti, ha intenzív verseny alakult ki az egyes gyártók között, és emiatt közel száz lehetőséget kell mérlegelnünk, mindegyiket a saját előnyeivel és hátrányaival. Tovább nehezítheti a döntést, ha nagy értékű vásárlásról van szó, ami több éven át kíséri munkánkat. Egy fuzzy rendszer felépítésével megkönnyíthető az esetenként számtalan opció összehasonlítása. Jelen tanulmányban grafikus kártyák választási szempontjait mérlegelve szemléltetem egy ilyen típusú rendszer működését.

Kulcsszavak: Grafikus kártyák, Fuzzy, Matlab

1 A GRAFIKUS KÁRTYÁK PROBLÉMÁJA

Rengeteg adattal jellemezhető az egyes modellek, ezek alapján össze is hasonlíthatóak, azonban ezek nem adnak egyértelmű információt arról, hogy mennyire felelhetnek meg a használati célunknak. Különböző szoftverek más és más erősségeket képesek előnyükre fordítani, nincs olyan példány, ami minden alkalmazási területhez tökéletes választás lehetne. A GPU chipek architektúrája nagymértékben meghatározó a bizonyos terhelések alatt mutatott teljesítményben, viszont nem számszerűsíthető, a tesztelésen és bizonyos programokban, specifikus környezetekben nyújtott teljesítmények összehasonlítása szükséges ahhoz, hogy felismerhetők legyenek egy-egy architektúra erősségei és gyengeségei. Ezen túl az egyes gyártók egymástól függetlenül osztályozzák termékeiket saját szisztemáik szerint, mely osztályozás jellemzően meglehetősen felszínes tájékoztatást nyújt az egyes modellek elhelyezkedéséről a piacon. A verseny nem csupán a számítási teljesítmény növeléséről szól, hanem a hatékonyság fejlesztéséről mind architektúrák, mind pedig energiaszükséglet és így hőtermelés szempontjából. A versenyképességhez hozzátartozik, hogy mindezt olyan technológiával éri el, ami a célközönség által megfizethető áron állítja elő a termékeket. Vannak bizonyos gyártó-specifikus funkciók, melyek felhasználási céltól függően leszűkíthetők a releváns kínálatot, de ezek előfordulása egyre ritkább.

1.1 Kézenfekvő megoldások az összehasonlításra

A legalapvetőbb megoldása a problémának, hogy a teljesítmény függvényét vizsgáljuk a grafikus kártyák valamilyen más tulajdonságának függvényében. Leggyakrabban a gyártó által ajánlott értékesítési ár és a villamos teljesítmény függvényeként írják fel és végzik az összehasonlítást.

1.2 Fuzzy rendszer az összehasonlításra

A rengeteg tulajdonság közül az alkalmasságra indikatív kiválogatásával, illetve a használati cél

szempontjából kevésbé jelentősek kiszűrésével nyerhetünk olyan egymással összefüggő változókat melyek hatása az egyes modellek alkalmasságára nem szembetűnő. A fuzzy kiértékelés előnyösen alkalmazható az ilyen típusú rendszerekben, ahol a tényezők nagy száma és azok bonyolult kölcsönhatása miatt a folyamat nehezen számszerűsíthető. A grafikus kártyák összehasonlításakor olyan tényezőket is vizsgálunk, amelyek értékeire nem adhatók meg éles határok, mint például a kártya ára. Nem tudunk egyértelmű határt szabni, hogy milyen ár az, ami még alacsonynak, normálisnak, vagy már magasnak tekinthető. A fuzzy modellek ezeket a jellemzőket is képesek hatékonyan kezelni, így a rendszer sokkal realisabb eredményt szolgáltat.

2 A HASZNÁLATI CÉL

A grafikus kártyák széles választéka is jelzi, hogy rengeteg alkalmazási körülmény képzelhető el, nincs olyan modell, amit a „legjobbnek” nevezhetnénk. Egy számvetéssel alkalmazott számítógépben egy több millió forintos kártya tökéletesen helyettesíthetne egy húsz ezer forintosat, és az olcsóbb is átvehetné a drágább helyét fehérjemozlik formálódásának szimulációjában. A rossz választásért egyik esetben pénzzel, másikban idővel fizetünk.

2.1 Alkalmazási területek

Grafikus kártyák alkalmazási területei széles spektrumot határoznak meg. Szükség lehet rájuk egy média-szerver számítógépben, amit a hálózatunkban a TV alatt tartunk, egy professzionális videó szerkesztő, egy tervezőmérnök számítógépében, vagy akár egy gyógyszerkutató laboratórium szimulációs szerverében. Az alkatrészek egyre népszerűbben használtak szórakozási céllal valószínű videojátékok, virtuális-valóság szimulációk megvalósítására. Erre a célra jellemzően azt a modellt keresik a felhasználók, ami a leghosszabb ideig biztosítja a lehető legminőségibb kikapcsolódási élményt. Ez az elvárás „jövő-biztonságként” („future proof”) emlegetett a piac-szakértők és a felhasználók köreiben.

2.2 Releváns tulajdonságok, változók a „future proof” szemlélethez

Elektromos teljesítmény (TDP) [2]

Valamilyen mértékben tükrözi az egyes GPU-k számítási teljesítményét, azonban a technológia fejlődésével egyre javul a „wattontkénti teljesítménye” a kártyáknak, és a különböző architektúrák energiatakarékossága is eltérő. Jó mutató a hűtési igényre, valamint a szükséges tápellátás minimális teljesítményére. „Future proof” szempontból nem kifejezetten jelentős tulajdonság, csupán az élmény kényelmét fokozhatja ha

kevés hő termel a kártya, hiszen ehhez általában kisebb intenzitású, halkabb hűtés társul.

Tranzisztorok száma a GPU-ban (Transistor) [3]

Az egyes architektúrák hatékonyságára és korára utaló adat. A „fiatalabb” modellek jellemzően tovább maradnak relevánsak a jövőben. A csúcsmodelleket vizsgálva megállapítható, hogy a régebbi modelleken a technológia fejletlenségéből adódóan kevesebb tranzisztor kapott helyet. Az architektúrák javulása azonban azt eredményezte, hogy a régi csúcskategória számítási teljesítményét kevesebb tranzisztorral érik el a mai közép-, esetleg alsó kategória modelljei.

Dupla pontosságú lebegőpontos számítási teljesítmény (FP32) [4]

A videokártyák számítási teljesítményét legáltalánosabban jelző adat, mivel az alkalmazói szoftverek és illesztőprogramok nincsenek rá hatással.

DirectX11 teljesítmény (FSX)

Szórakozási céllal leggyakrabban Windows operációs rendszer használatos, amihez a legközelebb álló programozói interfész a DirectX család, melyből manapság a 11-es és a 12-es a releváns. Puszta a DirectX teljesítmény számszerűsítésére kifejlesztett, stabil, konzisztens és elismert program - többek közt - a Fire Strike Extreme. Egy meghatározott valós időben renderelt jelenetsorozatban nyújtott teljesítmény alapján értékeli a felhasználó rendszerét. Az adatbázist a felhasználók építik, lehetőség van specifikus környezetek kiszűrésére (processzor, memória, OS), ami lehetővé teszi a lehető legpontosabb összehasonlítást nem csak modellek, hanem specifikus példányok szintjén.

Video memória mérete (RAM)

A részletgazdagság, valamint a magas felbontású kijelző technológiák elterjedésével egyre nő az alkalmazások memória igénye. Emiatt a manapság elegendő memóriával rendelkező kártyák 2-3 éven belül erősen korlátozhatják új virtuális élmények elérhetőségét. A futó programokat tároló memóriával ellentétben a grafikus memória nem bővíthető, minden esetben a kártyára van forrasztva, azonban előfordulnak egyes modellek megnövelt kapacitású változatai.

Ár (Price)

Előfordul, hogy valamely gyártó kimagasló terméket kínál. Ilyenkor olyan árat is kiszabhatnak, ami nincs összhangban a termék előnyeivel, azonban a fogyasztók túlnyomó többségének alapvető célja a legtöbb értéket kapni a pénzéért.

3 A TULAJDONSÁGOK ÖSSZEFÜGGÉSEI EGYMÁSSAL ÉS A KIMENETTEL

Vannak tulajdonságok, melyek egyértelműen leszűkíthetők a lehetőségeket, kizárhatnak bizonyos modelleket. Ilyenek lehetnek az alkalmazási környezet méretbeli korlátozásai, a tápellátás hiányosságai, bizonyos kimeneti csatlakozók hiánya, vagy kompatibilitási korlátok. Ezek nem implementálhatóak a fuzzy rendszerben, mivel nem általánosítható, hogy kinek milyen csatlakozókra van szüksége, vagy milyen formájú

számítógépbe szánja a kártyát. Az általános tulajdonságok relevanciája pedig a felhasználási cél szerint változhat. Szándékunknak megfelelően ugyanúgy előtérbe helyezhetjük az árat, az elektromos teljesítményt, vagy a számítási teljesítményt. Ezt a változók súlyozásával tükrözhetjük.

3.1 Ár és FSX

A legkézenfekvőbb összehasonlítási alap, hogy milyen számítási teljesítményt kapunk a pénzünkért. A lehető legolcsóbb, ugyanakkor lehető legerősebb megoldást keressük.

3.2 RAM és FSX

A grafikus kártya relevanciáját legjobban meghatározó tulajdonságok a memóriájának mérete és a felhasználói alkalmazásokban nyújtott teljesítménye, mivel ezek közvetlen szükségesek, illetve indikatívak a kártya segítségével elérhető élményről. Úgy optimális párosítani, hogy a kapacitás ne korlátozza a teljesítményt, ugyanakkor ne is növelje értelmetlenül az árat.

3.3 Tranzisztor és FSX

Az architektúra hatékonyságára vet fényt e két tulajdonság összesítése. Utal a modell korára. Egy modern kártya mellé tovább tartó és figyelmesebb támogatást várhatunk. Továbbá összefügg az elektromos fogyasztással és a költséggel is. Optimális esetben alacsony tranzisztorokhoz magas teljesítmény társul.

3.4 FP32 és TDP

Az elektronikai hatékonyságra utaló páros. Hardver közeli terhelés mellett jobban összevethető a különböző modellek fogyasztása. A felhasználói élményen javíthat az alacsony teljesítmény, mivel gyakran kisebb hűtési igénnyel társul, ami csökkent zajszintet jelent. Magas számítási, ugyanakkor alacsony elektromos teljesítmény az optimális.

4 AZ ALKALMAZOTT FUZZY RENDSZER

A rendszerben a kiértékelés Mamdani elven történik, mivel a kimeneti érték egy analóg jellegű skáláról kerül ki.

A bemenetek egymással való összefüggései okoznak problémát az egyes input kombinációk, vagyis videokártyák értékelésénél.

A bemenő adatokat a grafikus kártyák főbb tulajdonságai képezik. Ezen tulajdonságokban meghatározhatóak bizonyos fokozatok, azonban ezek határai nem egyértelműek.

Valamennyi tulajdonság figyelembevételével meghatározunk egy 0 és 5 közötti számot két tizedesjegy pontossággal, ami az egyes bemeneti kombinációk rangsorolására használható.

A rendszer eredményeivel objektív módon hasonlíthatunk össze jelen esetben grafikus vezérlő kártyákat.

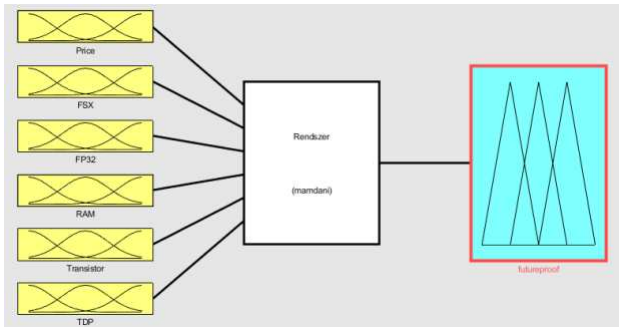
4.1 A bemeneti tagsági függvények

A változók felosztása statisztikai alapú, bizonyos kategória-meghatározó modellek tulajdonságai alapján.

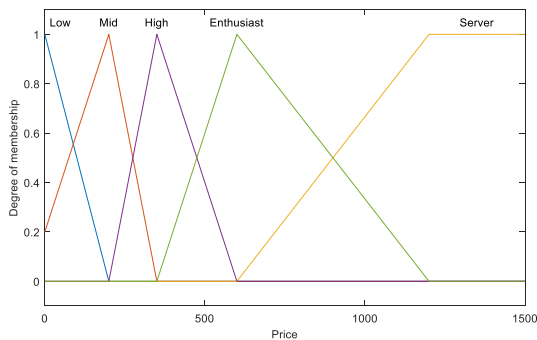
Ár

Vásárlói szempontból tekintve, a minimális funkcionalitású és a legfejlettebb modellek is besorolhatóak.

A függvények erősen az alacsonyabb értékek felé tolnak, mert ha alapvetőleg keveset szándékozik költeni a vevő, jelentősebbek számára a különbségek. Egyértelmű hatással van a döntésre, nem szükséges más tulajdonsággal párosítani. Negatív hatással van a kimenetre.



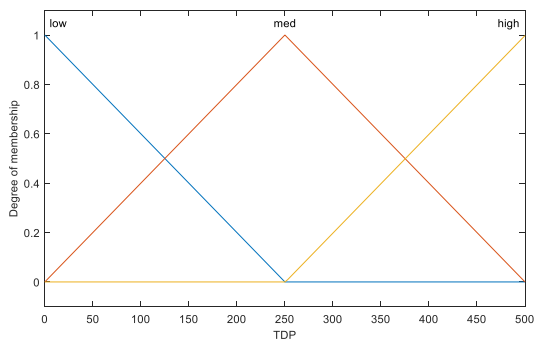
2. ábra A rendszer felépítése



3. ábra Az „ár” tulajdonság tagsági függvényei

TDP

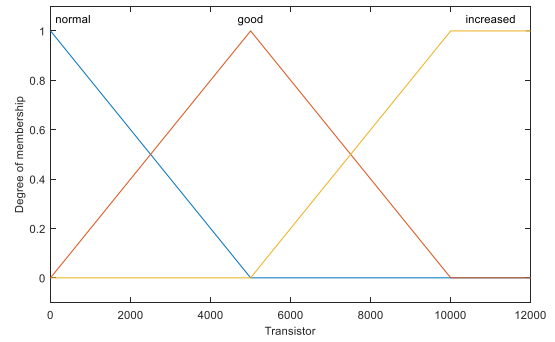
Egyenletesen felosztható változó, mivel van egy maximális határérték, amelytől a technológia fejlődése és a felhasználási környezetek miatt mindegyik gyártó igyekszik távol tartani termékeit. Negatív hatással van a kimenetre.



4. ábra A „TDP” tulajdonság tagsági függvényei

Tranzisztorszám

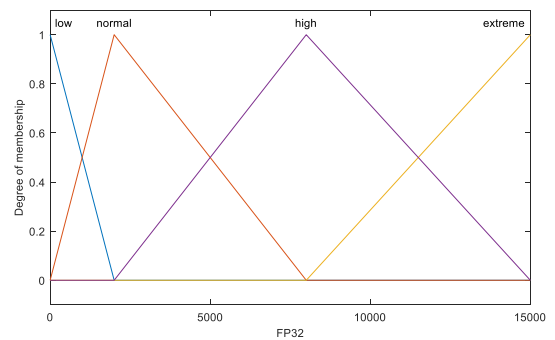
A technológia jelenlegi állása ad határokat a skálának. Egyenletesen intuitív módon felosztható, mert nincs közvetlen hatása a végeredményre, segéd funkciója van. Pozitív hatással van a kimenetre.



1. ábra A „Tranzisztorszám” tulajdonság tagsági függvényei

FP32

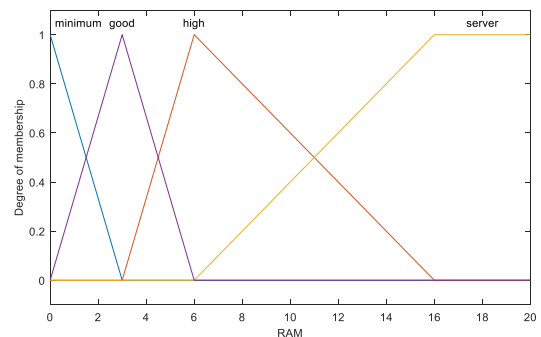
Statisztikai alapon, bizonyos kategória-meghatározó modellek alapján, felhasználói célok alapján osztható fel. Pozitív hatással van a kimenetre.



5. ábra Az „FP32” tulajdonság tagsági függvényei

FSX

Statisztikai alapon, felhasználói célok alapján osztható fel. Pozitív hatással van a kimenetre.

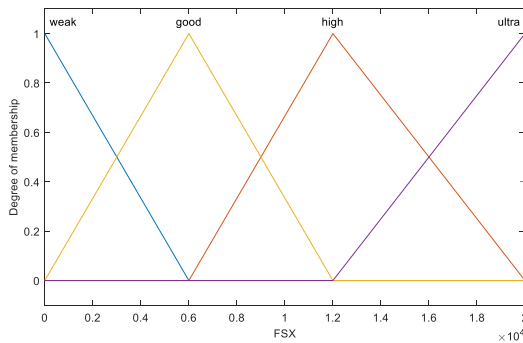


6. ábra Az „FSX” tulajdonság tagsági függvényei

RAM

Főként a piacon kialakult kategóriák alapján felosztva. Fontos, hogy a memória kapacitása ne korlátozza a kártya teljesítményét, ugyanakkor ne növelje értelmetlenül a modell árát. Hasonlóságot mutat az „ár” tagsági függvényekkel, a különbség, hogy ez többnyire pozitív hatással van a kimenetre (kivéve azt az esetet, amikor

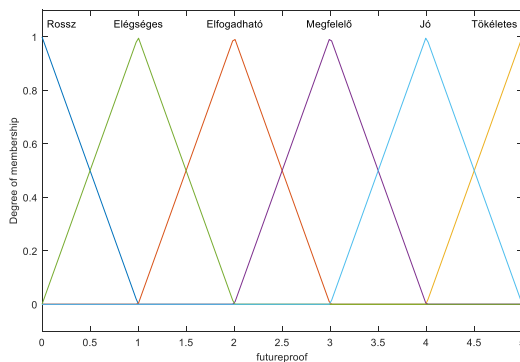
alacsony számítási teljesítményhez irracionálisan nagy memória kapacitás tartozik).



7. ábra A „RAM” tulajdonság tagsági függvényei

4.2 A kimeneti tagsági függvények

Nullától ötig tartó skálára soroljuk be a modelleket az egyszerűség kedvéért. Ez a felosztás a kitűzött célnak megfelelő eredményt ad, de szükség esetén szélesebb skálával, több szabállyal az eredmény tovább finomítható.



8. ábra A kimenet tagsági függvényei

5 A KIÉRTÉKELÉS FOLYAMATA

A szorosan összefüggő tulajdonságokból alkotott párok kombinációi alapján határozhatunk meg szabályokat melyek objektíven besorolják a modelleket.

5.1 Alkalmazott operátorok

A Mamdani típusú következtetés első lépése a bementi értékek fuzzifikálása, amikor az értékek halmazhoz tartozásának mértékét adjuk meg egy [0,1] intervallumbeli tagsági értéket rendelve ahhoz, a karakterisztikus függvény általánosításával. Ez a művelet a 2-8. ábrákon látható tagsági függvények segítségével történik a rendszerben. Ezt követi a tüzelési szint meghatározása, amikor a szabályok feltétel részében szereplő bementek fuzzifikált értékeit összesítjük a minimum operátor segítségével.

$$w_i = \min(\mu_{A_{kj}}(x)) \quad (1)$$

ahol $\mu_{A_{kj}}(x)$: a j-edik bemenet k-adik tagsági függvénye.

Az implikáció művelet során szintén a minimum operátort alkalmaztam az előző lépésből kapott tüzelési szintekre.

$$y_{B_i} = w_i \mu_{B_i} \quad (2)$$

Az egyenletben „ w_i ” az „i”-edik szabály tüzelési szintje, „ μ_{B_i} ” az „i”-edik szabály kimeneti fuzzy halmaza.

Az egyes szabálykimenetek összesítése pedig súlyozott összegként a következő összefüggéssel számítható:

$$y = \sum_{i=1}^n w_i y_{B_i} \quad (3)$$

Az egyenletben „ w_i ” az „i”-edik szabály tüzelési szintje „ y_{B_i} ” az „i”-edik szabályra az implikáció eredménye, „n” a szabályok száma.

A kiértékelés utolsó lépéseként a bisector defuzzifikációs módszert alkalmaztam.

$$\int_{\alpha}^{y_{BOA}} B^*(y) dy = \int_{y_{BOA}}^{\beta} B^*(y) dy \quad (4)$$

ahol $\alpha = \min y; y \in \text{supp} B^*$ és $\beta = \max y; y \in \text{supp} B^*$, y_{BOA} : függőleges vonal az $y = \alpha$, $y = \beta$, $z = 0$ és $z = B^*(y)$ által határolt területet osztja fel.

5.2 Az alkalmazott szabályrendszer

A fuzzy következtetési rendszerekbe a szakértői tudás beépítése a szabályrendszer segítségével történik. A megfelelő működést, ennek felépítése garantálja. A grafikus kártyák összehasonlítására az 1-4. táblázatban látható szabályrendszert alkalmaztam.

1. táblázat Ár & FSX

Price	FSX	Future proof
Low	Weak	2
	Good	3
	High	4
	Ultra	5
Midrange	Weak	1
	Good	2
	High	4
	Ultra	5
High	Weak	0
	Good	1
	High	4
	Ultra	5
Enthusiast	Weak	0
	Good	1
	High	3
	Ultra	4
Server	Weak	0
	Good	0
	High	2
	Ultra	4

1. táblázat RAM & FSX

RAM	FSX	Future proof
Minimum	Weak	1
	Good	2
	High	0
	Ultra	0
Good	Weak	1
	Good	2
	High	2
	Ultra	1
High	Weak	1
	Good	2
	High	3
	Ultra	4
Server	Weak	0
	Good	1
	High	4
	Ultra	5

3. táblázat FP32 & TDP

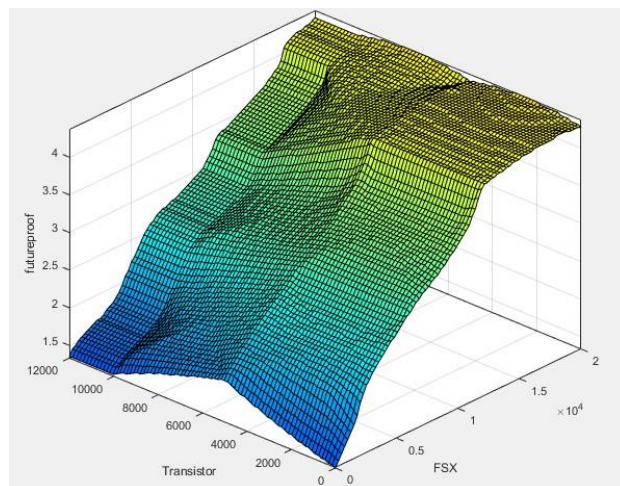
FP32	TDP	Future proof
Low	Low	2
	Medium	1
	High	0
Normal	Low	3
	Medium	2
	High	1
High	Low	4
	Medium	3
	High	2
Extreme	Low	5
	Medium	4
	High	3

2. táblázat Tranzisztor & FSX

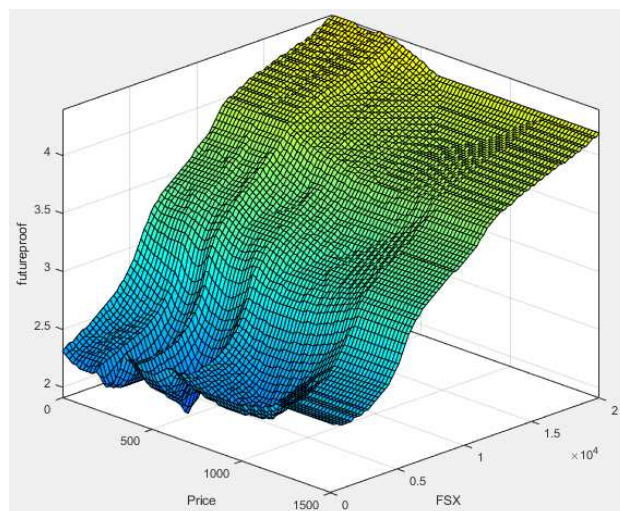
Tranzisztor	FSX	Future proof
Normal	Weak	1
	Good	3
	High	5
	Ultra	5
Good	Weak	2
	Good	3
	High	4
	Ultra	5
Increased	Weak	0
	Good	2
	High	4
	Ultra	5

5.3 Tendenciák

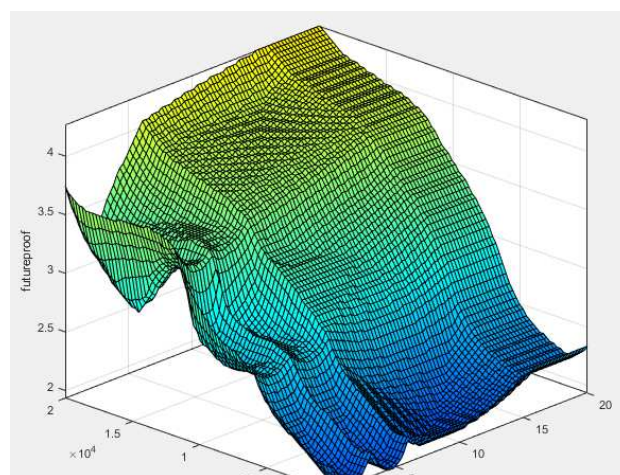
A szabályrendszer alkotta felületek tendenciája tapasztalatainknak megfelelő értéket ad, de a kevés szabály nem fedi le teljesen a dimenziókat. A pontatlansághoz hozzájárul, hogy az egyes tulajdonságok csupán 3-5 szintre vannak osztva.



9. ábra TDP és FP32 kapcsolata



10. ábra Ár és FSX kapcsolata



11. ábra FSX és RAM kapcsolata

6 ESETTANULMÁNY

A fenti modell alkalmazhatóságának szemléltetésére néhány videokártya jellemzőit foglaltam össze az alábbi táblázatban.

A leggyengébb modell (R7 240) értékelése is viszonylag távol marad a 0-tól, mivel alacsony ára és fogyasztása erős pozitívumnak számítanak a rendszerben.

A GTX 1050 egy modernebb alsó kategóriás videokártya, teljesítménye jóval meghaladja az R7 240-ét, ára és fogyasztása továbbra is kedvező, azonban messze elmarad a csúcskategóriás vezérlők képességeitől.

Az R9 295x2 egy elavult, megjelenésekor csúcskategóriás modell, amit az ára is tükrözött. Az architektúra hiányosságai miatt azonban számítási teljesítményét a modern videokártyák az R9 295x2 500 Wattos villamos teljesítményének töredékével képesek elérni. Ára és fogyasztása jelentősen ellensúlyozza a számítási teljesítményét.

Az RTX 2080 ti az egyik legmodernebb grafikus vezérlő, közepes fogyasztás mellett kimagasló számítási teljesítményt nyújt. Az értékelésén ront a magas ára, az első két modellhez viszonyítva magas fogyasztása, továbbá nagyobb memória-kapacitású modellek is elérhetőek a piacon.

Az RX 5700 xt egy modern középkategóriás videokártya. Számítási teljesítményének hiányosságait ellensúlyozza a viszonylag alacsony ára, jó memória-kapacitása és moderált fogyasztása.

A rendszer megfelelően rangsorolja a modelleket. Maximális értékelést valóságos inputra nem kapunk, hiszen a számítási teljesítmény növekedése magával vonja az ár emelkedését is, gyakran az elektromos fogyasztással együtt, mérsékelve a rendszer által kiszámított értékelést.

7 FEJLESZTÉSI LEHETŐSÉGEK

Teljes szabályrendszer felépítésével jelentősen javítható a rendszer precizitása. Jelenleg a legfontosabb, legalapvetőbb összefüggések alapján működik. Több tulajdonság felvételével, illetve a tulajdonságok között több összefüggés felírásával kifinomultabb eredményt adna.

Alkalmazási célnak megfelelően bővíthető a tulajdonságok listája.

A szabályok súlyozásával hangolható az egyes szabályok és tulajdonságok hatása a végeredményre.

Átalakítható a rendszer tetszőleges tárgyak osztályozására. Releváns tulajdonságok kigyűjtése után valamennyiben fokozatokat kell megállapítani, majd összefüggéseket keresni két vagy több tulajdonság között, melyeknek együttesen is van valamilyen hatása a tárgyak alkalmasságára. Majd ezek kombinációval igény szerint súlyozott szabályok hozhatók létre.

8 ÖSSZEFOGLALÁS

Egy olyan összehasonlítási probléma precíz megoldása volt a célunk, mely nehezen számszerűsíthető értékekkel, illetve eredményekkel dolgozik. Ilyen típusú rendszerekben, ahogy a fentiekben is láthattuk, a fuzzy modellek nyújthatnak megoldást. A bemutatott rendszerrel teljes mértékben kiküszöbölhető vele a döntési folyamatot esetenként megnehezítő elfogultság valamilyen tulajdonság irányába, legyen az a termék gyártója, ára, vagy egy bizonyos alkalmazásban nyújtott teljesítmény. A rendszer finomhangolható az aktuális elvárásoknak

megfelelően, bővíthető egyéb tulajdonságokkal, valamint átalakítható más tárgyak összehasonlításához. Az eredmények jól használhatók nem csak videokártyák, hanem megegyező kategóriába tartozó tárgyak rangsorolására is.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Az Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar és a Magyar Fuzzy Társaság támogatásával készült.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Tóthné Dr. Laufer Edit, Fuzzy Rendszerek Mérnöki Alkalmazása, Óbudai Egyetem, 2019
- [2] Reiji Suda, Da Qu Ren, Accurate Measurements and Precise Modeling of Power Dissipation of CUDA Kernels toward Power Optimized High Performance CPU-GPU Computing, Institute of Electrical and Electronics Engineers 2009
- [3] John Y. Chen, GPU technology trends and future requirements, Institute of Electrical and Electronics Engineers 2009
- [4] Paulius Micikevicius, GPU Performance Analysis and Optimization, NVIDIA GPU Technology Conference 2012/hu/tartalom/tkt/fuzzy-rendszerek-fuzzy/adatok.html [Febr 04, 2014]

Oktatási rendszerek paramétereinek fuzzy kognitív térképe

Igor Bagány *, Márta Takács **, ***

*Óbuda University/Doctoral School of Applied Informatics and Applied Mathematics, Budapest, Hungary

**Óbuda University/John von Neumann Faculty of Informatics, Budapest, Hungary

***University of Novi Sad/Hungarian Language Teacher Training Faculty, Subotica, Serbia

bagany.igor@phd.uni-obuda.hu

takacs.marta@nik.uni-obuda.hu

takacs.marta@magister.uns.ac.rs

Összefoglalás — Kognitív térképet építettünk fel az oktatási rendszer és a tanulók eredményességének modellezésére. A cél az, hogy előrejelzést adjunk az adott összefüggések alapján a tanulók jövőbeli várható eredményességi mutatóira. Az esettanulmány adatgyűjtés alapján szerkesztett kognitív térképről szól.

Kulcsszavak: fuzzy kognitív térkép, oktatási rendszerek.

Abstract — We built a cognitive map to model an educational system and student performances. Our goal is to make predictions based on the given context of the students' future performance indicators. The case study is about a cognitive map constructed from data set.

Keywords: fuzzy cognitive map, educational systems.

1 BEVEZETÉS

Az oktatási rendszerek hatékonysága nagyon sok paramétertől függ. A tanulók eredményessége azonban jórészt attól a tényezőcsoporttól függ, amit a tehetségmodellek is meghatároznak a tehetségazonosítás tekintetében. Vannak olyan tényezők (későbbi rendszermodell-paraméterek), amelyek a hatékonyságot és a tanulók eredményességét befolyásolják, és vannak olyanok, amelyek a hatékonyságot, eredményességet kvantitatív, esetlegesen kvalitatív mutatókkal mérik. A kimutatható, reprezentálható eredmények például a képzések egyes szakaszait lezáró vizsgák eredményei. Ahhoz, hogy az oktatási rendszer esetlegesen javítható gyenge pontjait felismerjük, modellezhetjük a paraméterek kölcsönhatását, paraméterértékek változásának, különbözőségének hatását a mérhető paraméterekre. Különböző Kárpát-medencei régiókban ugyan eltérnek közoktatásban mérhető paraméterek, de lényegében az alapfokú általános képzés lezárásakor mindenhol mérik a tanulók eredményességét, így ez a paraméter összehasonlítható a különböző régiókra. Nyilvánvalóan az erre a kimenetre ható paraméterek/tényezők viszont mindenütt jelen vannak, így azok, a paraméter-kölcsönhatások mérőszámái és a mért eredményesség is megfelelő skálázással összehasonlítható.

Kutatásunk általános célja a kognitív térképek összehasonlító mértékeinek elemzése és a csomópont bővítés lehetőségei, és a fentiekben leírt problémakör kognitív térképekkel történő modellezése sokat segít az általánosítható következtetések megadásában.

Ennek kapcsán, adatgyűjtést végeztünk Szerbiában és a Kárpát-medence többi régiójában, felállítottunk egy összefüggésrendszert a paraméterek között, és megszerkesztettük az alapvető kognitív térképstruktúrát a problémához. Figyelembe véve, hogy a paraméterek nem csak kvantitatív, de kvalitatív jellegűek is lehetnek, bizonyos helyzetekben fuzzy alapú leírást alkalmazunk.

A különböző régiókban begyűjtött adatok alapján így hasonló szerkezetű, de azonos funkciójú térképeket tudunk összehasonlítani és különbözőségeiknek jellegére rámutatni.

Jelen írásunkban először a fuzzy kognitív térképek (Fuzzy Cognitive Maps - FCM) általános leírását tekintjük át (2. fejezet), majd a FCM inicializálásáról és tanításáról esik szó (3. fejezet). A 4. fejezet a fentiekben leírt esettanulmány kapcsán született kognitív térképet mutatja be. Végeterül majd áttekintést adunk a vizsgált helyzet tekintetében a következő általánosított elméleti és alkalmazott, gyakorlati kutatási tervekkel kapcsolatosan.

2 FUZZY KOGNITÍV TÉRKÉP

Az FCM (Fuzzy Cognitive Map) egy olyan rendszer, melyet Bart Kosko mutatott be 1986-ban [1]. Ez lényegében egy (fuzzy) irányított gráf struktúra, amely jól modellezi az ok-okozati következtetéseket. Lényegében egy hibrid rendszernek tekinthető, amely egyszerre tekinthető neurális hálónak és fuzzy alapú megoldásnak is. A hálózat csomópontokból áll, melyek numerikus értékekkel, vagy fuzziifikált paraméterértékekkel vannak jellemezve, és a köztük lévő összekötő kapcsolatokat a $[-1,1]$ intervallumból vesznek fel értéket, vagy ugyancsak fuzziifikált formában adottak. A minősítő súlyok a paraméterek erősítő (pozitív előjelű), illetve gyengítő (negatív előjelű) kölcsönhatását érzékeltetik [2]. A módszer alkalmazható többek között biológiai, vagy társadalmi-gazdasági szervezetek működésének modellezésére is. A paraméterek/tényezők értékváltozása által változó rendszert, illetve FCM modelljének működését dinamikus módon vizsgálhatjuk, mégpedig úgy, hogy a kognitív térképek a csomóponti értékeit módosíthatjuk. Ennek módja az, hogy egy adott csomópontoz bemenetként kapcsolódó csomópontok értékeit megsúlyozzuk kapcsolati élsúlyokkal, és a kapott értéket aggregáljuk a meglévő vizsgált csomópontértékkel. Az élsúlyok ugyancsak taníthatók figyelembe véve a

modellezett rendszerre vonatkozó korábbi adathalmazokat illetve adatkapcsolatokat. Ezáltal akár előre jelezhetünk, a fennálló paraméterértékek mellett, várható rendszerállapotokat és paraméterértékeket. A számításokhoz különböző matematikai függvényeket, operátorokat és módszereket alkalmazhatunk.

Számos szoftver áll rendelkezésünkre a feladatok kognitív térképpel történő modellezésére. A megvalósításokat általában különböző scenáriók (beállítások) mellett vizsgálhatjuk [3]. A vizsgált témakörben, első lépésben, kézilleg vezérelt élsúlyokkal felépített rendszert alakítottunk ki. Majd a begyűjtött adatokból a rendszert tanítottuk, az adathalmazokból kinyert kapcsolati értékek alapján, és transzfer függvények alkalmazásával a csomópontok értékeit újra számítottuk, megsúlyozva a tanított élsúlyokkal a bemenő csomópontok értékeit. A tanítható kognitív térkép esetében terveink szerint a továbbiakban különböző operátor típusokkal számítottunk csomópont és élsúly értékeket, és felhasználjuk a modellt a tanulói eredményesség előrejelzésére.

Alapvetően két lépést különböztetünk meg a számításban: a csomópont és a súlyértékek inicializálását, azaz kezdeti értékének megadását, majd később a módosított, tanított értékek számítását. A jelentősebb alkalmazott módszerekről és megközelítésekről [4], [5] és [14] forrásban olvashatunk.

Mindkét esetben az aggregáló operátorok kulcsszerepet játszanak az értékmódosításban [6]. A fuzzy kognitív térkép egy lágy számítási módszer alapú modell, amely szerkezete lehetővé teszi több operátor és függvénytípus alkalmazását a számításokban és a következtetési módszerekben. Figyelembe véve a tényt, hogy a FCM általában alkalmazás-orientált modellként van felépítve, a modell hatékonyságának növelése érdekében megengedett, hogy különböző operátorcsaládokkal kísérletezzünk. De, mint általában, ez a szabadság felveti a rendszermodell stabilitásának kérdését és az alkalmazott operátorok szükséges funkcionális tulajdonságait a matematikailag helyes számítás mechanizmusában.

3 A FCM INICIALIZÁLÁSA ÉS TANÍTÁSA

3.1 Inicializálás

A fuzzy kognitív térkép inicializálása a csomópont és az élsúly értékek kezdeti adatainak megadása.

A csomópont inicializálása

Amikor az FCM modellező kiválasztja a modell szempontjából fontos csomópontokat, azonnal felmerül az említett fogalmak kezdeti értékeinek kérdése.

A kognitív térképeken belül vannak csomópontok, amelyeknek kezdeti értékét az adatgyűjtés alapján meg lehet határozni, és vannak számítható csomópont értékek.

Esettanulmányunkban például a tanulók teljes vizsgaeredménye ilyen, amely több részeredmény átlagaként adódik. Más régiókban más a teljes kiértékelés meghatározása, és ez felveti a hasonló, de mégis bizonyos részmodelljeiben különböző FCM modellek összehasonlítási problémáit.

A csomópontok tehát alapvetően két csoportra oszthatók: a megadott értékekkel rendelkező csomópontok (concepts with a previously known values - CKV) és a kiszámítható értékekkel rendelkező csomópontok (concepts with calculable values - CCV).

1) A megadott értékekkel rendelkező csomópontok

Az a tény, hogy a csomópontoknak ismert az értéke, abból eredhet, hogy:

- szakértők által megadható, vagy
- egy másik ellenőrzött és szakmailag elfogadott forrásból származtatható, illetve
- egy ismert hitelesített adatkészlet segítségével számíthatók ki.

Ha adott egy adathalmaz, amely a vizsgált csomópontok paramétereit jellemzi, akkor a csomópont kezdeti értéke lehet az adatállomány alapján begyűjtött parameter- illetve tényezőértékek normalizált aritmetikai átlaga. A normalizálás azért szükséges, hogy a csomópont értéke a $[0,1]$ intervallumban legyen (az alkalmazott operátorok és függvények miatt).

Legyen a kognitív térképnek n csomópontja: $C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$. A C_i csomópont ($i=1,2,\dots,n$) ismert, azaz mért értékhalmaza az $\{x_1, x_2, \dots, x_m\}$ m elemű halmaz. A C_i érték hozzárendelése a C_i csomópontához legegyszerűbb módon a következőképpen történhet:

$$Av_i = \frac{\sum_{j=1}^m x_j}{m} \quad (1)$$

$$c_i = \frac{Av_i - \min_{j=1,2,\dots,m} (x_j)}{\max_{j=1,2,\dots,m} (x_j) - \min_{j=1,2,\dots,m} (x_j)}$$

A fent említett módszer csak egy a lehetséges módszerek közül, és az átlagoló operátor is csak egy a lehetséges operátorok közül, amely az inicializáláshoz és a normalizáláshoz használható. A leggyakoribb aggregáló operátorok a maximum és a minimum, de az átlag és a medián is gyakran alkalmazható.

A $C = [c_1, c_2, \dots, c_n]$ vektort a kognitív térkép állapotmátrixának is nevezhetjük, a t időpillanatban mért állapotvektor pedig $C(t) = [c_1(t), c_2(t), \dots, c_n(t)]$.

2) A számított értékekkel rendelkező csomópontok

Ha az csomópont-halmazban adott egy részhalmaz $\{C_{k1}, C_{k2}, \dots, C_{kl}\}$, ($l \leq n$), amely alapján kiszámítható egy újabb csomópont (C_k) értéke, alkalmazva az előzőleg ismert $c_k = g(C_{k1}, C_{k2}, \dots, C_{kl})$ kapcsolati függvényt a $\{C_{k1}, C_{k2}, \dots, C_{kl}\}$ és a C_k csomópontértékek között, egyértelműen kiszámítható a c_k érték. Ebben az esetben a $C_{k1}, C_{k2}, \dots, C_{kl}$ csomópontok, mint bemenet vagy premissza alapján definiálhatjuk a C_k csomópontot. A későbbiekben, amikor elindul a tanulási folyamat, ezek a csúcspontértékek kiemelt számítási algoritmussal rendelkezhetnek, amely eltér a mátrix számításoktól.

Az élsúly inicializálása

A kognitív térképek, valójában gráfok, melyek C_i tényező-csomópontokból, valamint az egyes C_i és C_j tényezőket összekötő e_{ij} élekből állnak. Összetett rendszereket modelleznek, valós időben; tényezőket, illetve a közöttük fennálló ok-okozati kapcsolatokat és azok egymásra gyakorolt hatásait rajzolják ki. A gráf e_{ij} éleihez w_{ij} súlyok társulnak, melyek a tényezők hatásának mértékét írják le.

Az egyik leggyakrabban alkalmazott megközelítés az, hogy a súlyokat a $[-1,1]$ intervallumból választjuk. Az élsúly előjele fontos. A C_i és C_j közötti w_{ij} élsúly akkor pozitív, ha C_i növekedése (csökkenése), C_j növekedését (csökkenését) eredményezi. Negatív w_{ij} élsúly az előbbivel éppen ellentétes módon azt jelenti, hogy C_i növekedése (csökkenése) C_j csökkenését (növekedését) vonja maga után. Ha a w_{ij} élsúly értéke nulla, akkor C_i és C_j között nincs érdemleges kapcsolat ($1 \leq i, j \leq n$).

Ha rendelkezésünkre áll egy adathalmaz, amely a fogalmak közötti kölcsönhatások erősségéről szól, akkor az élsúlyokat inicializálhatjuk az adatállomány statisztikájával. Az adatállomány létrehozása történhet, többek között, egy online kérdőív segítségével. A begyűjtött értékek átlaga, módusza vagy mediánja lehet a csomópontok kezdeti értéke [7]. A w_{ij} kölcsönhatás/súly inicializálásának természetes, megfelelő módja lehet rendre a C_i és C_j számára gyűjtött $\{x_1, x_2, \dots, x_m\}$ és $\{y_1, y_2, \dots, y_m\}$ adatkészletek közötti korreláció. Ez azt jelenti, hogy például az adott adatforrást fel kell kérni becslési értékpár (x_k, y_k) megadása a C_i és C_j numerikusan leírt jellemzéséhez. (Ha az értékadás kvalitatív jellegű, akkor a statisztikai jellemzők helyett fuzzy környezetben használt operátorokat alkalmazhatunk). A kapott korrelációs érték az $[-1,1]$ intervallumból származik, ezért készen áll a további számításra normalizálás nélkül.

A $w_{ij} = w_{ij}(0)$ kezdeti értékek a kezdeti $W(0)_{n \times n}$ súlymátrixban vannak elhelyezve:

$$W(0) = [w_{ij}(0)]_{i,j=1,2,\dots,n} \quad (2)$$

ahol a (0) jelzés a modellparaméterek kezdeti állapota.

Amennyiben a kezdeti súlyértékek nem korreláció alapján születnek, hanem szakértői javaslat alapján, a W mátrix nem lesz kötelezően szimmetrikus mátrix.

3.2 A csomópontérték tanítása

A csomópontérték, mint rendszerparaméter-érték tanításakor azt kell szem előtt tartani, hogy valós időben mindig egy t -edik időpillanat (vagy lépés) alapján igyekszünk meghatározni a $t+1$ -dik időpillanatban várható értékeket.

A fuzzy kognitív térképek abban különböznek az egyszerű kognitív térképektől, hogy a csúcspontok értékei, de akár az élsúlyok is lehetnek fuzzy meghatározások (élsúlyra vonatkozóan például erős negatív, gyenge pozitív, ..., a csomópont értékek pedig kvalitatív meghatározások tagsági függvényvel történő leírásai is lehetnek).

C_i tényező értéke (fuzzy meghatározása) a $t+1$ -dik időpillanatban vagy lépésben:

$$c_i(t+1) = f \left(\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n c_j(t) w_{ji} \right) \quad (3)$$

miközben f alatt egy szigmoid függvényt értünk [18], például:

$$f(t) = \frac{1}{1 + e^{-\lambda t}} \quad (4)$$

A következő időpillanatra vagy lépésre vonatkozó érték így mindig a megelőző pillanatban kiolvasható összes többi ($n-1$ darab) tényező súlyozott szorzatösszegével, pontosabban annak f -beli függvényértékével lesz egyenlő. Az érdemleges súly alatt a többi tényezőtől az éppen számított tényezőbe mutató élsúlyok értékeit értjük, $\lambda > 0$ paraméter pedig az $f(x)$ függvény görbületét szabályozza a $[0,1]$ tartományban. Az f függvény más egyéb szigmoid típusú függvény is lehet, pl. tanh, arc tg.

Adott t lépéshez tartozó tényezők az FCM C állapotvektorát adják meg:

$$C(t+1) = f(W(t)^T C(t)) \quad (5)$$

ahol $W(t)$ az élsúlyokból a t időpillanatban alkotott mátrix.

A kognitív térképek két további típusát is szokás megkülönböztetni az előbb említett mellett. A módszerek abban különböznek egymástól, hogy egy adott tényező maga is hatással lesz-e saját rákövetkező állapotára, és ha igen, akkor milyen súllyal [8].

Az élsúly tanítása

Számos módszer és operátor áll rendelkezésünkre az élsúlyok újraszámításához. A legegyszerűbb a Hebb-féle tanulási törvényen alapszik [9], az adaptív NN (Neurális Hálózat) elméletből is jól ismert. A javasolt tanulási algoritmus a felügyelet nélküli tanulási algoritmusok csoportjába tartozik. Ez a tanítási módszer az úgynevezett elsőrendű tanítási törvényt alkalmazó súlyok módosításán alapul:

$$w_{ij}(t+1) = -w_{ij}(t) + c_i(t) \cdot c_j(t) \quad (6)$$

Ha a $c_i(t)$ és $c_j(t)$ paraméterek értékei egyenes arányosságban vannak, akkor feltételezzük, hogy a $c_i(t) \cdot c_j(t) > 0$, és erős pozitív hatást gyakorolnak az élsúlyra. Ha viszont a $c_i(t)$ és $c_j(t)$ paraméterek értékei fordított arányosságban vannak, feltételezzük, hogy a $c_i(t) \cdot c_j(t) < 0$ és erős negatív hatást gyakorolnak az élsúlyra.

A kiszámított w'_{ij} érték a $[0,1]$ intervallumból származik, de normalizálható és újraszámítható a $[-1,1]$ intervallumra.

Az a tanulási modell, amely megtartja a csomópontok közötti súly előzetes ütközési irányát (mínusz vagy plusz), a

$$w_{ji}(t) = \gamma \cdot w_{ji}(t-1) + \varepsilon \cdot c_i(t-1) \cdot \left(c_j(t-1) - \text{sgn}(w_{ji}(0)) \cdot w_{ji}(t-1) \cdot c_i(t-1) \right) \quad (7)$$

összefüggéssel adható meg, ahol ε a tanulási arány paramétere, a γ pedig az élsúly hanyatlási paramétere. A $\text{sgn}(w_{ji})$ az a signum függvény, amelyet a megfelelő korrekció fenntartása érdekében használunk fel, mivel megtartja a szomszédos csomópont értékek közötti eredeti irányt.

Ezzel a modellel a súlyok értékei a kezdeti súlyokhoz képest kis mértékben módosulnak a tanulási arány kis értéke miatt.

A teljes tanítási algoritmus különböző scenáriók szerint végezhető el:

- a meglevő adathalmaz kialakított térkép csomópont- és élsúly-értékei alapján csak a csomópontok értékeit tanítjuk (3 képlet).
- a meglevő adathalmaz kialakított térkép csomópont- és élsúly-értékei alapján a csomópontok értékeit és az élsúlyok értékeit váltakozva, lépésről lépésre tanítjuk (3 és 7 képletek).
- az adathalmaz esetleges bővülésével újraszámítjuk csomópont és élsúly értékeket, majd újra tanítunk.

4 ESETTANULMÁNY

4.1 Az esettanulmány lényegi céljai és módszerei

A kognitív térképek szerkesztésének és viselkedésének tanulmányozását kutatásunk ideje alatt egy esettanulmány segíti. Az alapfokú (általános- vagy elemi) iskolákban zajló oktatásban résztvevő tanulók tanulmányi eredményét tanmeneti szakaszonként mérik egy-egy teszttel, amely alkalmanként a továbbtanulást is meghatározhatja. Ez egy mérhető, statisztikailag lekövethető paraméter, és nem csak a tanulók, de az oktatási rendszer hatékonyságát is jellemzi. Ugyanakkor ez a kimenet nagyon sok tényezőtől függ, amelyek között egyéni és társadalmi-szociális tényezők is szerepelnek. Mindezek azonban egy jól szerkesztett kérdőívvel begyűjthető adatok.

Arra a megállapításra jutottunk, hogy a vizsgálható, az eredményességre ható paramétereket tekintve a felmérés hasonlít a tehetség gondozási tényezők modelljében tapasztaltakhoz, például a Czeizel Endre féle tehetségmodellhez [10]. Ez a paramétercsoport tehát alapot képezhet a paramétereket összekapcsoló és kölcsönhatását vizsgáló kognitív térkép megalkotásához.

A bemenő adatokat először csak globális paraméterekkel adjuk meg, de ezek a későbbiekben finomíthatóak, részletezhetőek, hiszen értékeiket további paraméterhalmazok adhatják meg, és a számításukat egy hierarchikus következtetési rendszerbe építve tervezzük továbbfejleszteni [11].

Első lépésként a szülők hatását például csak anyagi helyzetükkel mértük, amit a személyi jövedelmükkel számszerű skálán adtunk meg. (Ez az adat nem bizonyult minden esetben korrektnek, mert a válaszadók, és a hivatalosan bejelentett jövedelemigazolások sem voltak mindig valóságok). A szülők jellemzői között a későbbiekben bemenő paraméterként megjelenhetnek még: az iskolai végzettség szintje, a munkaviszony megléte, élnek-e, házasságban élnek-e, stb.

Az otthoni körülményeket összesítve egy tízes skálán ábrázoltuk. Ez a bemenet is finomítható a későbbiekben, kvalitatív meghatározásokkal skálázható adatokkal, például:

- lakóhely nagysága és a lakók számának aránya,
- van-e külön szobája a tanulónak vagy hely ahol nyugodt körülmények között tanulhat,
- megfigyelhető-e az alapvető iskolai felszerelés hiánya, és még sok más.

A kortárs csoport hatása is nagyon fontos szempont. Amennyiben olyan tárgyi dolgok hiányoznak egy szociális hátrányú diáknál, amelyek pótolhatóak, akkor egy befogadó osztály összefogásával beszerezhető minden szükséges taneszköz, az ügyesebb diákok tarthatnak korrepetálást, és nagy mértékben segíthetnek a nehézségeken. Viszont, hatalmas hátrány is lehet a közösség, ha például nem fogadja be a hátrányos helyzetű tanulót. Ezzel még nehezebbé válhat a tanulás folyamata. Ezen paraméterek mérésének megvannak a szakmai alapjai, ezeket most egyenlőre nem vettük figyelembe, intuitív módon állítottuk fel a skálát és a tagsági függvényeket.

A tanító/tanár paraméter is kulcsfontosságú lehet, (tapasztalataink szerint különösen ha a gyermek árva, vagy csonka családban él). A pedagógus szakképzettsége, az odaadása, a gyerek helyzetének megértése és elfogadása mind kritikus szempont. Szerbiában a tanítókat négy kompetencia alapján minősítik:

- oktatási terület, tantárgy és tanítási módszer;
- tanítás és tanulás;
- a tanuló személyiségfejlesztése;
- együttműködés és kommunikáció [12].

Ezeket most ugyancsak intuitív módon, egyenlőre egy bemeneti paraméterbe foglaltuk össze és skáláztuk. A későbbiekben, a bővített rendszerben ezen részparaméterek egyértelműen behatárolhatóak (kvalitatív vagy kvantitatív mutatókkal).

Fontos kihangsúlyozni, hogy az oktatási körülmények tekintetében nagyon sokszor minőségi, vagyis kvalitatív meghatározások hangzanak el, nem számbeli adatokkal, hanem szavakkal kifejezve, ezért a fuzzy megközelítés megfelelőnek bizonyult.

4.2 Adatgyűjtés és inicializálás

Első lépésként a Szerbiában gyűjtött adatok alapján állítottuk fel a kognitív térképet. Időközben folytatódik a régióban is hasonló adatgyűjtés, hogy a romániai, szlovákiai és magyarországi adatok alapján hasonló szerkezetű kognitív térképeket szerkeszthessünk, és, a későbbiekben, ezekben az eltérésekre rámutatva, esetlegesen az oktatási rendszerekben tapasztalható különbözőségekre utalhassunk.

A kérdőívben szereplő kérdésekre adott válaszok közül most csak néhányat mutatunk, mert a létrehozás és a tanítás által vizsgálható előrejelzés volt a célunk. Ezek a paraméterek/csomópontok viszont nagyon fontosak a tanulói eredményesség-mérést tekintve, amelyet a nyolcadik osztály befejezésekor megírt tesztek pontszámai alapján ítélünk meg. Szerbiában három tesztet írnak a

tanulók (anyanyelv, matematika és általános ismeretek), és ezek átlaga adja a teljes értékelést. Ennek következtében az összesített eredmény már csak számított csomópontérték. Vannak kvalitatív paraméterek melyeket most a kérdőívben adott skála alapján numerikussá tettünk, de a későbbiekben fuzziifikálni kívánjuk őket.

1. táblázat: Csomópontok típusai és értékei

	kérdőív kérdései/ csomópont	típus	átlag	csomópont normalizált kezdeti értéke c_i
C1	Osztály létszám	mérhető adat	18,34	0,528
C2	Igazolt hiányzások	mérhető adat	30,38	0,122
C3	Igazolatlan hiányzások	mérhető adat	1,19	0,085
C4	Felső tagozat eredménye	mérhető adat	3,93	0,733
C5	Hány évig járt óvodába	mérhető adat	2,64	0,440
C6	Mennyire tartsa fontosnak az iskolát	skálázott mérhető adat	4,04	0,760
C7	Háztartás létszám	mérhető adat	4,21	0,368
C8	Testvérek száma	mérhető adat	1,45	0,181
C9	Anyagi helyzete a környezetéhez képest	skálázott mérhető adat	3,68	0,670
C10	Milyen sűrűn segít szülő a tanulásban	skálázott mérhető adat	1,97	0,243
C11	Mennyire igyekezett a záróvizsgán	skálázott mérhető adat	3,79	0,698
C12	Anyanyelvi teszt pontszáma (max20)	mérhető adat	12,32	0,596
C13	Matematika teszt pontszáma (max20)	mérhető adat	6,68	0,334
C14	Összetett/kombinált teszt pontszáma (max20)	mérhető adat	8,8	0,390
C15	Össz pontszám a záróvizsgán	számított érték $C_{12}-C_{14}$ alapján	27,8	0,425

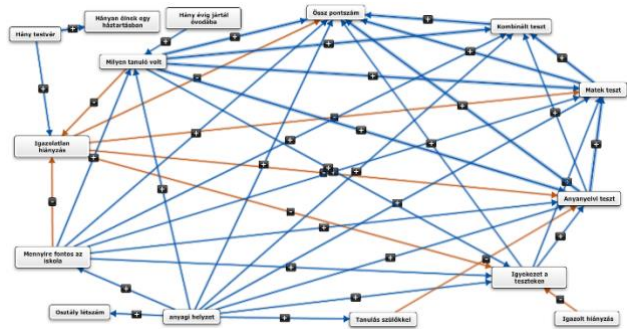
A kérdőívet 252, 15 éves végzős tanuló töltötte ki, 7 különböző általános iskolából a 2014/2015 tanév végén. A felmérés Észak-Vajdaságra összpontosult, 7 községre. Összesen 35 kérdésből a vizsgálat első szakaszában 15 kérdést emeltünk ki, mert különböző szempontokból jelentősek a hallgatók végső vizsgaosztályának elemzéséhez [12]. A válaszok tehát numerikusan adóttak, és a kognitív térkép egy-egy tervezett és vizsgált csomópontját jellemzik. A csomópontok a kérdőív eredeti kérdéseiből származnak, és a jelölésük rendre: C_1, C_2, \dots, C_{15} , kezdeti értékük pedig c_1, c_2, \dots, c_{15} és az (1) egyenlet használatával kapjuk meg őket.

A csomópont típusát az előző szakaszban leírtak alapján, továbbá a számított kezdeti értékeket az 1. táblázat tartalmazza.

Az élsúly kezdőértéke a csomópontok közötti korrelációval számoltuk ki, és a kutatás jelenlegi szakaszában nem tanítottuk a (4) képlettel.

A komplex kognitív térkép egyszerűsítése érdekében a $T=0,2$ küszöbértéket vezettük be, azaz ahol a kapcsolat ennél az értéknél gyengébb volt, zérusnak vettük, és csak a csomópontok közötti jelentős kölcsönhatásokat tartottuk meg [13].

A Mental Modeler környezetben kialakított kognitív térképet az 1. ábrán mutatjuk be, a 2. táblázatban pedig az élsúly mátrix látható.



1. ábra: Kognitív térkép

2. táblázat: Korrelációs mátrix

	Class headcount?	Justified absence?	Unjustified absence?	Success/absence in upper grade?	Years in kindergarten?	School importance?	Household headcount?	Number of siblings?	Family's financial situation?	How often do you learn with your parents help?	How much do you take the test?	Achieved score in the native language test	Achieved score on the math test	Achieved score on the final test	Total score
Class headcount?															
Justified absence?															
Unjustified absence?															
Success/absence in upper grade?															
Years in kindergarten?															
School importance?															
Household headcount?															
Number of siblings?															
Family's financial situation?															
How often do you learn with your parents help?															
How much do you take the test?															
Achieved score in the native language test															
Achieved score on the math test															
Achieved score on the final test															
Total score															

4.3 Esettanulmány tanítási lépések

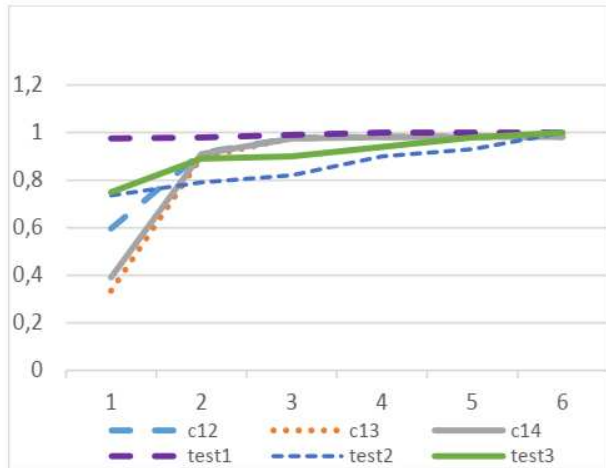
Az FCM-ben a tanulási folyamat ugyanúgy értelmezhető, mint a neurális hálózat (NN - Neural Network) modellben, azaz ha feltételezzük, hogy a FCM a rendszer diszkrét időmodellje, attól függően, hogy a t időbeli változó, és hogy a csomópont értéke lépésről lépésre változik. Alkalmazzuk a (3) képletet az (4) képletben definiált szigmoid transzferfüggvényel.

Lehetséges és ésszerű a kezdeti súlyok módosítása a kapcsolódó csomópontértékeknek függvényében. A (7) képlettel adott tanulási modell, amely megtartja a csomópontok közötti súly előzetes ütközési irányát elfogadhatóbb az egyszerű tanítási modellnél. Ezzel a modellel a súlyok értékei a kezdeti súlyokhoz képest kis mértékben módosulnak a tanulási arány kis értéke miatt.

A csomópontértékek tanulási folyamatát a (3) és (4) egyenletek alkalmazásával végeztük el 15 lépésben.

A környező csomópontérték a három részvizsgára (anyanyelvi, matematikai és vegyes összetételű teszt) gyakorolt hatását teszteltük leginkább, mivel a hipotézis az volt, hogy a megtanult kognitív térkép előrejelzést ad a csomópont értékekről, és ugyanazt a tendenciát mutatja a vizsgált csomópontértékekre, mint a valódi teszteredményekre ebben a régióban.

A C_{12} , C_{13} és C_{14} értékek tanítási folyamat alatti változását a 3. ábra szemlélteti.



2. ábra - A 3 csomópontérték konvergálása

4.4 A tanulási folyamat eredményei

A csomópontértékek változása és a közzétett hivatalos átlagértékek összehasonlítása (2014/2015 és a 2017-2018 tanév között) arra a következtetésre vezet, hogy a valós világban felismert tendencia megjósolható a megtervezett és tanított kognitív térképekkel [12].

5 ÖSSZEGZÉS ÉS KITEKINTÉS

Kutatásunk első szakaszában először a fuzzy kognitív térképek általános leírását tekintettük át, majd a FCM inicializálásáról és tanításáról esett szó általánosságban. A leírtak alapján egy esettanulmány segítségével vizsgáltuk a FCM tanítási lehetőségeit, elsősorban tanulók előmenetelét vizsgálva és előre jelezve.

A kutatás folytatásban több feladat vár ránk. A kérdőív további 15 kérdésére adott válaszok elsősorban kvalitatív jellegűek, vagy skálázottak. A kognitív térképbe való bekapcsolásukkal, az sokkal komplexebb lesz.

A környező régiókban gyűjtött adatok alapján más országokra is el kell készítenünk a kognitív térképet, és bár a kérdőívek kérdései ugyanazok, a válaszadás lehetséges intervallumai, halmazai különböznek. Így a térképek összehasonlítása előtt újra skálázással mérhetővé kell tennünk a különbözőségeket.

Miután az összehasonlítás elsősorban mátrix- és vektor-összehasonlításon alapul, több lehetőség is adódhat a különbözőségi mérőszám megadására.

Az is kiderült az adatgyűjtés folyamán, hogy egyes régiókban nem tartanak számon bizonyos adatokat, amelyeket a vizsgált térképekben alapvető csomópontként meg kellene jeleníteni. Felmerül a kérdés, hogy hogyan végezhető el ebben az esetben a hiányzó csomópontok interpolációja.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Az Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar és a Magyar Fuzzy Társaság támogatásával készült.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] B. Kosko (1986): Fuzzy cognitive maps, *International Journal of Man-Machine Studies*, pp. 24. 65-65.
- [2] J. R. Cole, K. A. Persichitte (2000): Fuzzy Cognitive Mapping - Applications in Education, *International Journal of Intelligent Systems*, vol. 15, 1-25
- [3] MentalModeller: <http://www.mentalmodeler.com>
- [4] Y. Choi, H. Lee, Z. Irani (2018): Big data-driven fuzzy cognitive map for prioritizing IT service procurement in the public sector, *Annals of Operations Research*, Volume 270, Issue 1-2, pp 75-104.
- [5] E. Bourgani, C. D. Stylios, G. Manis, V. C. Georgopoulos (2013): Fuzzy cognitive maps modelling and simulation, *Proceedings of the European Modeling and Simulation Symposium*, ISBN 978-88-97999-22-5; Bruzzocxne, Jimenez, Longo, Merkurjev Eds., pp. 561-570, 2013.
- [6] Bagány, I., Takács, M. (2019): FCM Based Parameter Analysis of Educational Models, *23rd IEEE International Conference on Intelligent Engineering Systems: proceedings*, Budapest, Magyarország: IEEE, (2019) pp. 325-330., 6 p.
- [7] Buruzs, A. (2015): Fenntartható regionális hulladékgazdálkodási rendszerek értékelése fuzzy kognitív térképpel, PhD thesis, Széchenyi István University, Győr, Hungary.
- [8] Lantos, Z (2014): Hallgatói eredményesség vizsgálata lágy számítási módszerek alkalmazásával, Óbuda University, Budapest, Hungary.
- [9] Stylios, Ch. D., Groumpos, P. P. (1999): Mathematical Formulation of Fuzzy Cognitive Maps, *Proceedings of the 7th Mediterranean Conference on Control and Automation (MED99)* Haifa, Israel, pp
- [10] Czeizel, E. (1997): *Sors és tehetség*, Fitt Image és Minerva Kiadó, Budapest.
- [11] Takács, M (2010): Multilevel Fuzzy Approach to the Risk and Disaster Management, *Acta Polytechnica Hungarica*, Volume 7, Issue Number 4, pp.91-102.
- [12] Zavod za unapređivanje obrazovanja i vaspitanja, Srbija (Oktatást és Nevelést Fejlesztő Intézet): <http://www.zuov.gov.rs>
- [13] Ollé, J., Falusi, I. (2008): *Az empirikus kutatások gyakorlata*, Nemzeti Tankönyvkiadó
- [14] Papageorgiou, E. I., Groumpos, P. P. (2005): A weight adaptation method for fuzzy cognitive map learning, *Soft Computing* 9 (11):846-857

Fuzzy logika alkalmazása a páciens monitorozásban

Tamás Anna Krisztina, Tóth-Laufer Edit

Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Budapest, Magyarország
tamas.anna34@gmail.com, laufer.edit@bkg.uni-obuda.hu

Összefoglalás — Az orvosi gyakorlatban az emberi szervezetben mérhető értékekhez a legtöbb esetben egy általános határértéket adnak meg, hogy az adott paraméter mettől-meddig normál értékű. A valóságban a határok egyénenként változnak, mert a korunk, a környezetünk, az étkezési és folyadék beviteli szokásaink, káros szenvedélyünk, a sportolási szokásaink mind-mind befolyásolják a szervezetünk működését. A fejlődő világban, hamarabb fordulunk az interneten elérhető tartalmak felé, mint, hogy szakértő emberhez forduljunk. A rohanó világ miatt nem jut elég időnk a vizsgálatokra való várakozásra. Egy előzetes felmérő program felgyorsíthatja a folyamatokat. A folyamatos megfigyelő program segít az állapot folyamatos megfigyelésében és jelzést ad, hogy a kezelés hatásos vagy sem, ezért egy ilyen rendszer alkalmazása jelentősen javíthatja az életminőséget. A szerzők egy ilyen rendszert mutatnak be, melyben fuzzy kiértékelést alkalmazva kezelhető az is, hogy a mért értékeknek nem élesek a határai, hanem fokozatos az átmenet a normális és a kóros értékek között.

Kulcsszavak: Páciens monitorozás, fuzzy következtetés, Systole, Dyastole, SpO₂

1 BEVEZETÉS

Napjainkban rengeteget hallunk az életvitel fontosságáról, az egészségmegőrzés szempontjából fontos rendszeres szűrővizsgálatokról, melyek segítséget nyújtanak a komolyabb problémák megelőzésében, a már meglévő krónikus betegségek esetén az állapot javításában, illetve a további állapotromlás megállításában, lassításában. Rohanó életmódunk azonban sokszor nem teszi lehetővé, hogy az orvosi rendelőkben hosszasan várakozzunk, vizsgálatokkal töltsük az időnk. Szívesebben fordulunk a gyors megoldást kínáló online tartalmak, vagy az otthonunkban is elérhető, fiziológias jellemzőket mérő, kiértékelő eszközök felé. A technológia fejlődésének köszönhetően lehetővé vált az otthoni páciens monitorozás, mely könnyen, gyorsan elvégezhető méréseket jelent, és egyre általánosabban elterjedt. Az ilyen rendszerek az egészségügyi problémák korábbi felismerését is segíthetik, illetve az orvosi vizsgálatokat is kiegészíthetik, teljesebb képet adva a páciens állapotáról [1].

A kiértékelést is végző rendszerek legnagyobb problémája az, hogy bár a szakirodalomban életkortól és nemtől függően adottak a normálisnak tekinthető tartomány értékhatárai, ez nem alkalmazható általános érvényűen, sok egyéb tényező is hatással van az adott páciens esetén normálisnak tekinthető értékekre. A páciens esetleges krónikus betegségein kívül a fizikai állapota, életvitele, káros szokásai, a környezeti hatások, az aktuális

körülmények is mind hatással vannak arra, hogy mit tekintünk normális értéknek. Ebből következően egy személyre szabott kiértékelő rendszer megépítése indokolt.

A kiértékelés során azt is figyelembe kell vennünk, hogy a mért érték normál és kóros tartományai között nem húzható éles határ, azok között finom átmenet figyelhető meg. Ezt a jellegzetességet a kiértékelés folyamatába beépítve kaphatunk csak valós eredményt. A fuzzy logika orvosi rendszerekben hatékonyan alkalmazható a fentiek figyelembe vételére, hiszen képes kezelni az adatokban és a kiértékelés folyamatában rejlő bizonytalanságot, pontatlanságot, szubjektivitást, így lehetővé téve az éles határokkal nem rendelkező értékek megfelelő kezelését [2].

Ebben a cikkben a szerzők egy fuzzy következtetési rendszert mutatnak be, amely a fenti céloknak megfelelően a páciens állapotfelmérését teszi lehetővé. A rendszer automatikus kiértékelést végezve ad visszajelzést a páciens számára, általa is elvégezhető egyszerű mérések alapján. A rendszer segítségével lehetővé válik az állapotromlás, illetve a kritikus állapot felismerésére, ezáltal segítve az időben érkező, megfelelő beavatkozást.

2 A RENDSZER BEMENETEI

A páciens monitorozó rendszer a mért értékek alapján a páciens aktuális állapotát határozza meg.

A bemenetek a szisztolés nyomás, dyasztolés nyomás, SpO₂ (oxigén szaturáció) érték és pulzus szám. A következőkben ezeknek a jellemzőknek az ismertetésére kerül sor, az irodalomban adott normál tartományok definiálásával együtt.

2.1 Vérnyomás

A vérnyomás az az erő, melyet a szív bal kamrájából kikerült vér az erek rugalmas falára kifejt. Vérnyomásméréskor a szisztolés és a dyasztolés értéket mérjük. A szisztolés érték a szív bal kamrájának összehúzódása után az ütőerekben kialakult legnagyobb nyomás. A dyasztolés érték a szívkamra elernyedésekor az erek rugalmassága által fenntartott legkisebb nyomásérték. [3]

2.1.1 Vérnyomás normál értékek

Az idő előle haladtával a vérnyomás normál értéke nő. Az életkorunk az egyik meghatározó tényező a vérnyomásunkban. Az orvosok a normálértékeket e szerint határozták meg. A normál érték alatt alacsony, felette magas vérnyomásról beszélünk. A kor szerinti értékhatárokat a szisztolés nyomásra vonatkozóan az 1. táblázat, míg a dyasztolés nyomásra vonatkozóan a 2. táblázat szemlélteti.

1. táblázat: Kor szerinti Systolés nyomás értékek [4]

Életkor	Systolés nyomásérték [Hgmm]	
	Minimum	Maximum
1-12 hónap	75	110
1-5 év	80	110
6-13 év	90	115
14-19 év	105	120
20-24 év	108	132
25-29 év	109	133
30-34 év	110	134
35-39 év	111	135
40-44 év	112	137
45-49 év	115	139
50-54 év	116	142
55-59 év	118	144
60-64 év	121	147

2. táblázat: Kor szerinti Dyastolés nyomás értékek [4]

Életkor	Dyastolés nyomásérték [Hgmm]	
	Minimum	Maximum
1-12 hónap	50	75
1-5 év	55	79
6-13 év	60	80
14-19 év	73	81
20-24 év	75	83
25-29 év	76	84
30-34 év	77	85
35-39 év	78	86
40-44 év	79	87
45-49 év	80	88
50-54 év	81	89
55-59 év	82	90
60-64 év	83	91

2.2 Pulzusszám

A pulzus az ütőereken tapintható lüktetés. A pulzus szám az egy perc alatt számolt lüktetések összege [5].

2.3 Oxigén szaturáció

A vér O₂ szállító kapacitása egyenesen arányos a hemoglobin (Hgb) koncentrációval. A szaturáció vagy telítettség az oxigénnel telített hemoglobin hányada (%) [6].

3 AZ ALKALMAZOTT MÉRŐESZKÖZÖK

Páciens monitorozó rendszerekben fontos szempont a mérendő tényezők minimalizálása, de ennek nem szabad a megbízhatóság rovására mennie, meg kell találni a megfelelő egyensúlyt. Ennek fő oka az, hogy a mérőeszközök zavaróak lehetnek a páciens számára, így akár a mérési eredményeket is meghamisíthatják. Esetünkben mindenképpen olyan eszközöket kell

választanunk, amelyek nem igényelnek invazív beavatkozást, illetve a vezeték nélküli technológia alkalmazásával is valamelyest csökkenthetők a zavaró hatások. A következőkben a bemenetek mérésekor alkalmazott eszközök működési elvét és műszaki jellemzőit mutatjuk be, valamint a kiértékelés hatékonyságát segítő kérdőív is ismertetésre kerül.

3.1 Vérnyomás mérés

A vérnyomásmérést nem invazív módszerrel végeztük el, egy automata vérnyomásmérő készülék segítségével.

3.1.1 A vérnyomás mérő működése

Ez a mérőeszköz az erek rugalmasságát használja ki. A karra rögzített mandzsettába pumpált levegő nyomása a kötőszövet és izmok segítségével a felkarhoz szorítja az artériát ezzel elzárva a vér áramlását. A mérés során a készülék olyan nagy nyomást állít elő, hogy teljes mértékben elzárja a vér áramlását, majd lassan egy szelep segítségével elkezd leengedni a felfújott mandzsettát, így csökken a nyomás és az eszköz figyelni az első pulzus megjelenését ez a systolés nyomás, majd amikor eltűnik az a dyastolés érték [7].

3.1.2 A vérnyomás mérés menete

Vérnyomásmérés előtt fél órával már nem javasolt a dohányzás, alkoholfogyasztás, kávézás, mert befolyásolja az eredményt. A mérés előtti 5-10 percet nyugalomban ülni kell eltölteni. A mandzsettát felhelyezzük a bal felkarra szív magasságában. A kart alulról megtámasztjuk és ellazítjuk, ezek után elkezdhetjük a mérést. A mérés során enni, inni, beszélgetni, mozogni nem szabad. A mérés körülbelül 1-2 percet vesz igénybe.

3.1.3 Használt mérőeszköz

Automata, digitális kijelzővel ellátott, felkaros készülék. Méri a pulzusszámot, systolés és dyastolés nyomás értéket és jelzi a szabálytalan szívverést.

3.1.4 Vérnyomás kiértékelése

Mért adatok tekintetében nem volt két olyan ember, akinek minden paramétere megegyezett volna. A normál határértéktől való eltérés legalacsonyabb érték egy 23 éves férfinál volt 93/62, 56-os pulzusszámmal és a legmagasabb egy 39 éves nőnél 213/189, 142-es pulzusszámmal.

3.2 Oxigén szaturáció mérése

Az SpO₂ mérés a perifériás artériás oxigén szaturáció, ami azt mutatja meg, hogy a hemoglobinnak mennyi az oxigén telítettség értéke százalékban kifejezve. A mérés pulzoximéter segítségével történt.

A vér oxigén szaturációs értéke 95-100% között jónak tekintett, 75-95% közötti értéknél, ha a páciens nem szenved alsó vagy felső légúti megbetegedésben mindenképpen érdemes orvoshoz fordulni. Ezen értékek között már oxigén terápia alkalmazása javallott. 75-50% között állandó oxigén terápiával kezelik a betegeket. 0-50% közötti érték már halálos kimenetelű, mert ekkor már a tüdő léghólyagok nagymértékben ki vannak tágulva és ez a folyamat ilyen alacsony értéknél visszafordíthatatlan.

3.2.1 A mérőeszköz működési elve

Az eszköz ujjra csíptethető és az alsó részben egy fényforrás található, a felső részben pedig egy detektor. A pulzoximéter fotopletizmográfia elven működik. Melynek lényege, hogy egy led fényforrás segítségével, infravörös vagy látható fényrel átvilágítja az ujjat. A detektor méri az

ujjon áthaladó fény intenzitását és ebből számolja ki az oxigén szaturációt [8].

3.2.2 Használt mérőeszköz

Ujjra csíptethető, digitális kijelzővel ellátott készülék. Alkalmazható felnőtteknél és gyermekeknél is 6 éves kor felett. SpO₂ mérés esetén a mérési tartomány 35-100% és készülék pontossága 75-99%. Pulzus mérés esetén a tartomány 30-250/ min és a pontosság ± 2 bpm.

3.2.3 SpO₂ kiértékelése

A mérés során, akinél magas vérnyomás vagy COPD betegség nem áll fent, az érték 90-99% között mozgott. Magas vérnyomás esetén és COPD-s betegeknek közelített a 74-90% közötti tartományhoz.

Egyes esetekben az emberi szervezet, hozzászokik az alacsonyabb oxigén telítettséghez és szervi károsodás nélkül megfelelően tud működni. Ez előfordul a nagyvárosokban élő embereknél a szmog káros hatásai miatt és a dohányosoknál is.

Vizsgálataink során például egy egész napos vérnyomásmérésben is részt vett nő SpO₂ mért értéke 13 év dohányzás után és egy felső légúti megbetegedés során is 98% volt, míg egy sportoló 29 éves férfi, aki nem dohányzott élete során, ez az érték 96-97% volt.

3.3 Kérdőív

A fuzzy rendszer kiegészítésére a páciensek egy kérdőívet is kitöltöttek, melynek kérdéseit az alábbiakban ismertetjük, melynek kérdései a következők voltak:

1. Név
2. Nem
3. Születési idő, hely
4. Milyen településeken élt és mennyi időt?
5. Milyen településeken dolgozott és mennyi időt?
6. Milyen munkakörökben dolgozott?
7. Fogyaszt-e alkoholt? Ha igen milyen rendszerességgel és mennyit?
8. Dohányzik? Ha igen naponta hány szálát szív el?
9. Használt kábítószer élete során? Ha igen melyet és milyen rendszerességgel?
10. Ön szerint mennyire táplálkozik egészségesen?
11. Napi hány órát tölt el alvással?
12. Ön szerint stresszes életvitelt folytat? Ha igen mik a főbb stresszforrások?
13. Milyen gyakorisággal sportol, és milyen sportokat űz?
14. Szenved-e szív és érrendszeri betegségekben és milyen típusúban?
15. Mennyi idősen jelentkeztek a szív és érrendszeri panaszok?
16. Milyen vérnyomás értéknél rossz a közérzete?
17. Szenved-e állandósult légzőrendszeri betegségekben és milyen típusúban?
18. Mennyi idősen jelentkezett az állandósult légzőrendszeri megbetegedés?

19. Milyen gyakorisággal szenved felsőlégúti megbetegedésben? Milyen típusúakkal fertőződött meg?

20. Milyen rendszerességgel jár orvoshoz?

21. A betegségek során betartja az orvosi utasításokat?

22. A meglévő betegségek miatt jár rendszeresen kontroll vizsgálatokra?

23. Rendszeresen vesz részt orvosi szűréseken?

3.3.1 Kérdőív kiértékelése

A kérdőív főbb kérdése a kor, nem, meglévő betegségek, káros szenvedélyek, lakhely és milyen vérnyomás értéknél rossz a közérzete.

Életkor és meglévő betegség tekintetében nagy volt a szórás, Legfiatalabb 4 éves és a legidősebb 83 éves volt. A milyen vérnyomás értéknél rossz a közérzete kérdésre adott válaszok közül kiemelkedett egy 52 éves hölgy válasza ami az volt, hogy ha „130-as vérnyomásnál már annyira rosszul érzi magát, hogy mentőt kell hívni” és egy másik hölgy aki 47 éves aki azt írta „a 160-ast meg se érzem”.

4 A FUZZY KÖVETKEZTETÉSI RENDSZER

A fuzzy következtetési rendszer négy bemenettel és több kimenettel rendelkezik. A bemenetek a systolés nyomás, a dyastolés nyomás, az SpO₂ érték és a pulzusszám, kimenete pedig a páciensaktuális állapotát mutatja. A rendszer flexibilitása lehetővé teszi a későbbi bővíthetőséget mind a bemenetek mind a kimenetek tekintetében.

A fuzzy következtetési rendszerek egyik legelterjedtebb típusa a természetes nyelvi szabályokat használó Mamdani típusú következtetési rendszer, melynek szabályai a következő alakban írhatók fel [9]:

$$HA x_1 = A_{1,i_1} \text{ és } \dots \text{ és } x_n = A_{n,i_n} \text{ AKKOR } y = B_{i_1, \dots, i_n}$$

ahol A_{k,i_k} a k -adik bemenethez tartozó i_k -adik antecedens, B_{i_1, \dots, i_n} a szabályokhoz tartozó konzekvens halmazokat képviseli, $i_j = 1, \dots, n_j$, n_j a j -edik bemenethez tartozó antecedens halmazok száma. A szabálypremisszákat úgy állítjuk elő, hogy a bemenetekhez tartozó fuzzy halmazok összes lehetséges kombinációját vesszük. A következő alfejezetekben az alkalmazott szabályrendszert és a következtetés lépéseit ismertetjük.

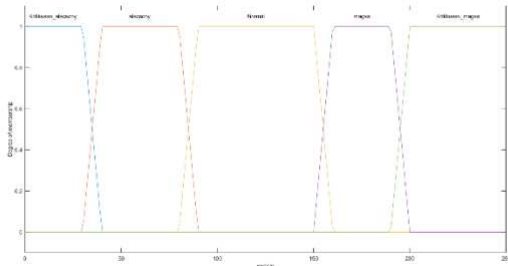
4.1 Az alkalmazott szabályrendszer

Ahogy a fentiekből is jól látható, a szakértői tudást a szabályrendszer segítségével tudjuk beépíteni a modellbe, ezért annak megfelelő megalkotása alapvető fontosságú. A kiértékelés során vannak bizonyos általános érvényű szabályok, melyeket a szabályrendszer megalkotása során figyelembe kell venni. Az egyes bemenetek rendszerkimenetre gyakorolt hatását az alábbiakban, a kiértékelés részletes bemutatásakor a „Fuzzy implikáció” alfejezet 8-10. ábrája szemlélteti.

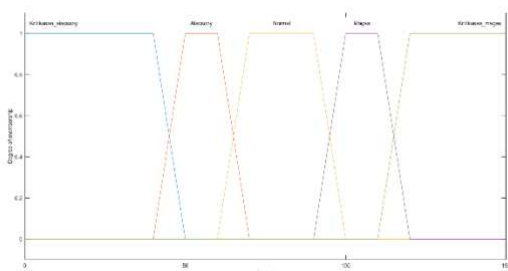
4.2 Fuzzifikálás

A bementként kapott számszerű értékeket első lépésként fuzzifikálni kell a rendszer számára, vagyis meg kell adni az egyes fuzzy halmazokhoz tartozás mértékét. Tanulmányunkban trapéz alakú tagsági függvényeket alkalmaztunk, melyek kiszámítása (1) segítségével történik [10]. A függvények egy 26 éves nő mért adatai és saját érzete alapján optimalizálva az 1-4. ábrákon láthatók..

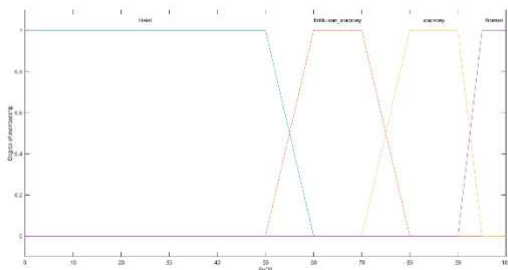
$$\mu_{A_i}(x) = \begin{cases} 0 & \text{ha } x \leq a_i \\ \frac{x-a_i}{b_i-a_i} & \text{ha } a_i \leq x \leq b_i \\ 1 & \text{ha } b_i \leq x \leq c_i \\ \frac{d_i-x}{d_i-c_i} & \text{ha } c_i \leq x \leq d_i \\ 0 & \text{ha } d_i \leq x \end{cases} \quad (1)$$



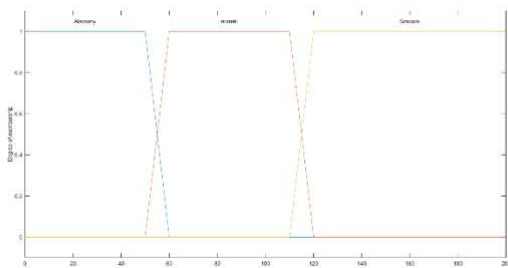
1. ábra. A systolés nyomshoz tartozó tagsági függvények



2. ábra. A diastolés nyomáshoz tartozó tagsági függvények



3. ábra. Az SpO2 értékhez tartozó tagsági függvények



4. ábra. A pulzusszámhoz tartozó tagsági függvény értékek

4.3 Tüzelési szint meghatározása

Mivel a szabálypremisszákat úgy állítjuk elő, hogy a bemenetekhez tartozó fuzzy halmazok összes lehetséges kombinációját vesszük, ezt a rendszerben matematikailag is kezelünk kell. Ezt a lépést a tüzelési szint számításakor végezzük el, ÉS kapcsolat esetén valamilyen konjunkciós

operátor segítségével. A vizsgált rendszerben a minimum operátort alkalmaztunk, melynek (2) segítségével számolható.

$$w_i = \min(\mu_{A_{kj}}(x)) \quad (2)$$

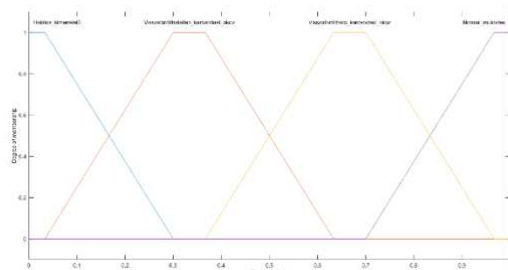
ahol $\mu_{A_i}(x)$ a j -edik bemenet k -edik antecedenséhez tartozó fuzziifikált érték.

4.4 Fuzzy implikáció

Miután minden egyes szabályra meghatároztuk a tüzelési szintet, meg kell határozni azt, hogy a szabályok alapján hozzájuk tartozó kimeneti halmazok milyen mértékben vesznek majd részt a rendszer kimenetében. Ezt a műveletet nevezzük fuzzy implikációnak, melyet jelen esetben minimum operátor segítségével végeztünk, melynek meghatározása a következőképpen történik:

$$y_{B_i} = \min(w_i, \mu_{B_i}) \quad (3)$$

ahol w_i az i -edik szabály tüzelési szintje, μ_{B_i} az i -edik szabályhoz tartozó konzekvens halmaz.



5. ábra. A kimenethez tartozó tagsági függvények

4.5 Aggregáció

A szabályonkénti kimeneteket összesíteni kell, hogy előálljon a teljes rendszer kimenete fuzzy halmaz formájában. Ez a művelet az aggregáció, melynek eredménye általában egy bonyolult alakú halmaz, de egy egyszerű számszerű eredményhez képest többlet információt szolgáltat. Az aggregációs során a maximum operátort alkalmaztunk (4).

$$y = \max(y_{B_i}) \quad (4)$$

ahol w_i az i -edik szabályhoz tartozó tüzelési szint, y_{B_i} az implikáció eredménye az i -edik szabályra vonatkozóan, n a szabályok száma.

4.6 Defuzzifikáció

Annak ellenére, hogy az aggregáció eredményeként kapott halmaz sokkal informatívabb lehet, mint egy számszerű érték, az eredményt sok esetben defuzzifikálni kell [11]. A művelet során egy számszerű értéket rendelünk a kapott halmazhoz olyan módon, hogy azt a lehető legjobban képviselje. Tanulmányunkban a legnépszerűbb defuzzifikációs módszert, a centroidot alkalmaztuk. Ez a módszer a kapott komplex függvény súlyközpontját határozza meg:

$$y_{out} = \frac{\int_{y \in \mu_B} \mu_B(y) y dy}{\int_{y \in \mu_B} \mu_B(y) dy} \quad (5)$$

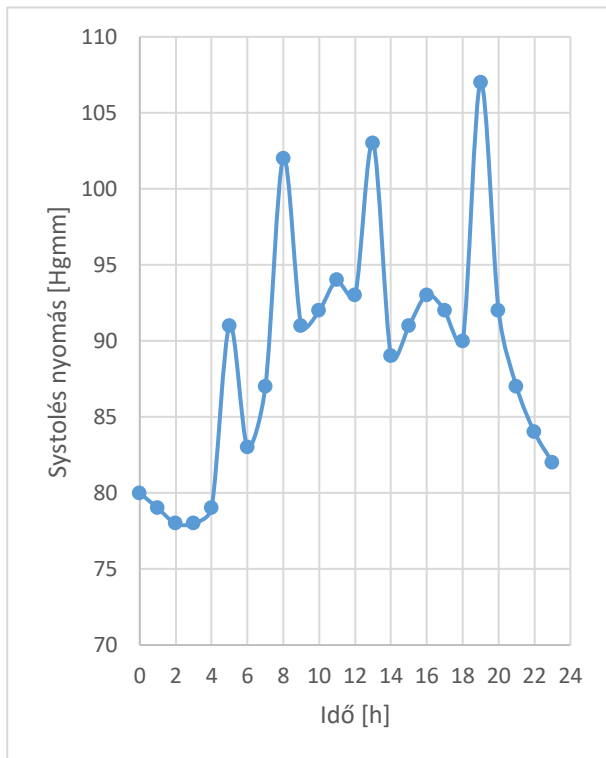
ahol $\mu_B(y)$ az aggregáció eredményeként kapott halmaz.

5 ESETTANULMÁNY

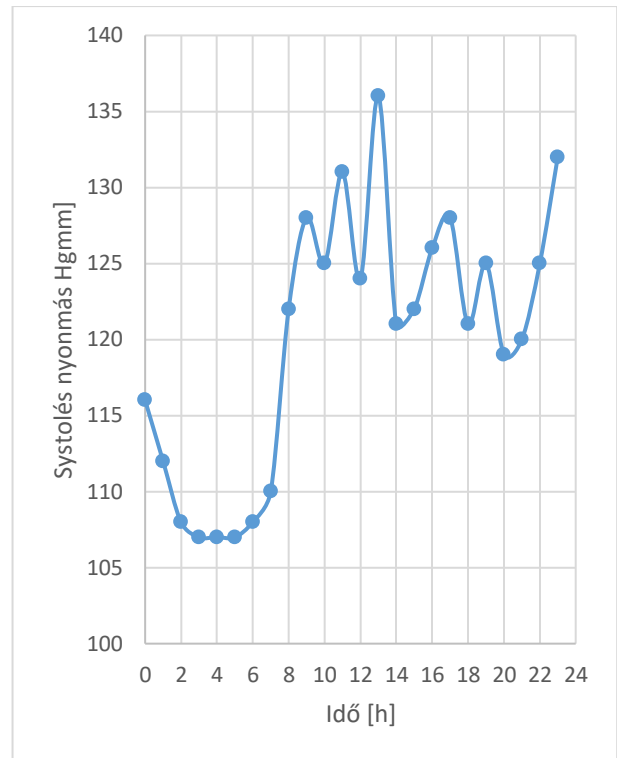
Felmérést végeztünk egy hónapon keresztül egy Balaton keleti partján fekvő településen a helyi gyógyszerész nő segítségével. A felmérés egy vérnyomásmérésből, egy SpO₂ mérésből és egy húsz kérdéses kérdőívből állt. A felmérést hatszázharminckilenc személy vállalta. A modellt Matlab környezetben Fuzzy Logic Toolbox alkalmazásával valósítottuk meg.

5.1 Egy nap vérnyomása

A 24 órán keresztül, óránkénti vérnyomásmérésben részt vett egy 26 éves nő és egy 2 éves lány. A mérés egy hétfői napon történt, amit együtt töltöttek. A 26 éves nő 13 éve dohányzik, egyetemre jár, dolgozik és az átlagos napi kávéfogyasztása hat csésze.



6. ábra. 2 éves gyermek napi vérnyomása

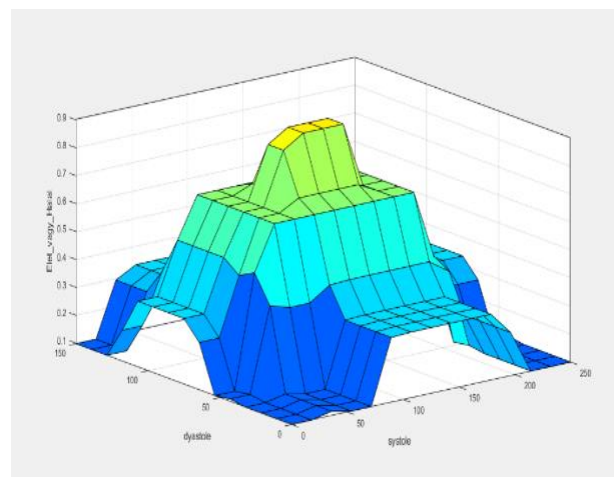


7. ábra. 26 éves nő napi vérnyomása

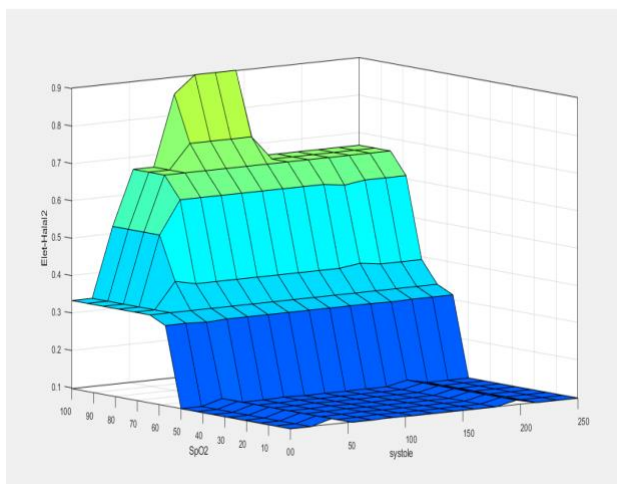
Megfigyelhető, hogy a napi tevékenységeink során vérnyomásunk ingadozik. Alvás során alacsonyabbak az értékek míg ébrenlét alatt magasabbak. Egyes tevékenységek növelik, míg mások csökkentik a vérnyomást. Megfelelő életvitel során a napi vérnyomás ingadozás hasonlít a gyermekéhez. Ami étkezés után, játék során, és az esti fürdés során emelkedett csak meg.

5.2 Systolés és dyastolés nyomás és az SpO₂ kapcsolata

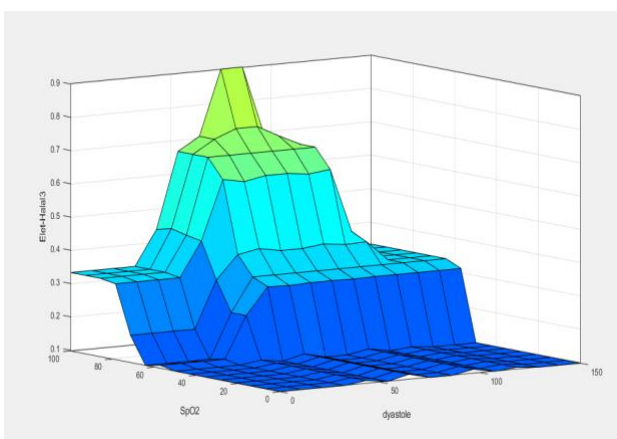
Az alábbi ábrán láthatóak a systolés nyomás, dyastolés nyomás, SpO₂ kapcsolata.



8. ábra. Systole és Dyastole nyomás hatása a kimenetre



9. ábra. Systole nyomás és SpO₂ hatása a kimenetre



10. ábra. Dyastole nyomás és SpO₂ hatása a kimenetre

6 ÖSSZEFOGLALÁS

Ahány ember él a földön annyi féle orvostanilag mérhető értékekkel rendelkezünk. Más és más életmódot folytatunk, ami befolyással van a szervezetünkre. A napi tevékenységeink során a szervezetünk másképp reagál a fent álló helyzetekre. A megkérdozettek nagy része stresszel teli életet folytat, ami nagyban növeli a szív és érrendszeri betegségek kockázatát. Az alváshiány csökkenti a stressztűrő képességünket ezzel még nagyobb kockázatot teremtve. A nem megfelelő táplálkozás különböző nyomelem hiányt okozva további rizikó faktort jelent, a dohányzás, az alkoholfogyasztás, a kávézás szintén hatással van állapotunkra és a mért értékekre. Számos tényezővel kell, még számolni, ami szív és érrendszeri megbetegedésekhez vezet. A szív betegségei és az oxigén szaturáció alacsony szintje egymásra kihatással vannak, „ha az egyik beteg, idővel a másik is beteg lesz”. Így sok bizonytalansággal kell számolni a páciens monitorozás során, a paramétereket egyénre szabottan kell meghatározni. Egy fuzzy logikán alapuló monitorozási rendszer alkalmas a páciensek megfelelő értékelésére, mert képes a bizonytalanságok kezelésére. A fuzzy következtetési rendszerek nagy népszerűségnek örvendenek orvosi célú alkalmazásokban, hiszen nagy előnyük, hogy figyelembe tudják venni azt, hogy a fiziológias jellemzők esetén nem adhatunk meg éles

határokat a normál és a kóros értékek között. Ezt a lehetőséget kihasználva valamint természetes nyelvi szabályokat alkalmazva a rendszer realisabb értéket szolgáltat, és jóval inkább felhasználóbarát kezelést tesz lehetővé. Az ilyen típusú felmérő rendszerek jelentősége abban rejlik, hogy segítségükkel nagyobb eséllyel fordulunk időben orvoshoz, ezzel megelőzve egy későbbi komoly egészségügyi problémát. Ha a panaszok kezdetén és hajlandók vagyunk életmód változtatásra, akkor még lehetséges, hogy a keletkezett károk visszafordíthatók és ekkor már érdemes a Páciens nyomon követése is, a kezelés és megfelelő egészséges élet optimalizálása érdekében, vagy ha az nem visszafordítható, akkor akár szinten tartás érdekében.

A tanulmányban egy olyan páciens monitorozó rendszer került bemutatásra, ami alkalmas arra, hogy a fiziológias értékek egyszerű mérése alapján egy visszajelzést küldjön a páciens állapotáról. A rendszer a kiértékelést automatikusan végzi, lehetőséget adva arra, hogy felismerjük az esetleges kritikus állapotot, és ezáltal időben megtörténhessen a szükséges beavatkozás.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Az Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar és a Magyar Fuzzy Társaság támogatásával készült.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] J. Min Kang, T. Yoo, H.Chan Kim, “A Wrist-Worn Integrated Health Monitoring Instrument with Tele-Reporting Device for Telemedicine and Telecare”, IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Vol. 55, No. 5, October 2006, pp. 1655-1661, doi: 10.1109/TIM.2006.881035.
- [2] M. Takács, „Multilevel Fuzzy Approach to the Risk and Disaster Management”, Acta Polytechnica Hungarica, Vol. 7, Issue No.4, 2010, http://www.uni-obuda.hu/journal/Takacs_25.pdf
- [3] Gyakorló ápoló, A vérnyomás, <https://gyakorloapolo.webnode.hu/betegmegfigyeles-monitorozas/a5-tetel/> [Aug 2, 2019]
- [4] Itt a nagy vérnyomás táblázat! Megmutatja, mennyi az ideális vérnyomás a korod szerint, <https://www.tudasfaja.com/itt-a-nagy-vernyomas-tablázat-megmutatja-mennyi-az-alacsony-normalis-tul-magas-vernyomas-a-korod-szerint/> [Aug 2, 2019]
- [5] Gyakorló ápoló, A pulzus, <https://gyakorloapolo.webnode.hu/betegmegfigyeles-monitorozas/a4-tetel/> [Aug 2, 2019]
- [6] Dr. Boros Mihály, Oxigén és Hipoxia (Gyakorlati kórtan, monitorozási alapismeretek, SZTE AOK Sebészeti Műtéttani Intézet, <http://web.med.u-szeged.hu/expsur/Lokalis%20es%20szisztemas%20hipoxia.pdf> [Aug 2, 2019]
- [7] Vérnyomás, <https://hu.wikipedia.org/wiki/V%C3%A9rnyom%C3%A1s> [Aug 2, 2019]
- [8] Wafa Dina, Diagnosztikai módszerek – Pulzoximéter, <https://www.webbeteg.hu/cikkek/adattar/23382/pulzoximeter> [Aug 2, 2019]
- [9] R.Fullér, „Fuzzy Reasoning and Fuzzy Optimization,” Turku Centre for Computer Science, 1998, <http://uni-obuda.hu/users/fuller.robert/sda1.pdf>
- [10] Zs.Cs. Johanyák, „Fuzzy logika”, Oktatási segédlet, 2004 [Online]. Available: http://www.johanyak.hu/files/u1/publi/J_Fuzzy_logika_segedlet.pdf [July 24, 2019]
- [11] L. T. Kóczy, D. Tikk, Fuzzy rendszerek, Kempelen Farkas Tankönyvtár, 2001[Online]. Available: <http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tkt/fuzzy-rendszerek-fuzzy/adatok.html> [Febr 04, 2014]

Hálózati kommunikáció biztonságának becslése

Nóthig Ádám, Zentai Dániel

Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar Mechatronikai
és Járműtechnikai Intézet, Budapest, Magyarország
nothig.adam@gmail.com, zentai.daniel@bgk.uni-obuda.hu

Absztrakt

A tanulmány célja, hogy egy olyan következtetési rendszert építsen fel, ami képes egy számítógépes hálózat kommunikációjának biztonságát becsülni és azt egy felhasználó számára is érthető módon közölni. A következtetési rendszert alkalmazva könnyen demonstrálható, hogy milyen hatással van a jelszavak hossza, a kommunikáció médiuma, információ titkosítására szolgáló eljárás valamint az azonosítási faktorok száma a biztonságra.

Kulcsszavak: Fuzzy rendszerek, hálózati biztonság, Wi-Fi biztonság, autentikáció

1. BEVEZETÉS

Sok kutatás jut arra a következtetésre, hogy egy átlagos számítógép felhasználó nincs tisztában azzal, hogy egy gyenge jelszó vagy a nem megfelelő kommunikációs protokoll milyen hatással lehet az adatainak biztonságára. [1] [2] Tanulmányunkban egyszerű bemenetekből számítunk egy mindenki számára érthető biztonsági mutatót a kommunikáció titkosításának minőségére.

A következtetési rendszert a MATLAB Fuzzy Logic Toolboxban építettük fel. Míg az autentikációs faktorok száma diszkrét logikai faktor, ezzel szemben a jelszavak hossza és a kommunikációs megoldás nem az. Különböző források eltérő adatokat adnak meg optimális jelszó hosszként, a kommunikációs protokollok osztályozását pedig különálló revíziók teszik bonyolulttá.

2. JELSZAVAK - AZ ELSŐ HIBA

2.1. Jelszavak természete

A jelszó általában az első biztonsági réteg az azonosítás során, sok rendszer esetén ez az egyetlen azonosítási faktor. A jó jelszóval kapcsolatos követelmények változnak rendszerről rendszerre, de általában minimum 8 karaktert ajánlanak, különleges karakterekkel kiegészítve, valamint, hogy ne használjuk ugyanazokat a jelszavakat különböző rendszereken. A fő probléma ezzel, hogy a jelszó természeténél fogva az embereknek nehezebb emlékezni rájuk még anélkül is, hogy a fent említett szabályokkal bonyolítanak rajta. Ebből következően, ha lehetőségük van, vagyis, ha a weboldal vagy a rendszer nem teszi kötelezővé az emberek többsége figyelmen kívül fogja hagyni ezeket a szabályokat/javaslatokat.

Ezt a problémát fokozandó a GPU teljesítmény növekedése miatt a számítógépek egyre jobbak a jelszavak kitalálásában. Arról nem is beszélve, hogy a cryptovaluta bányász örület után a nagy teljesítményű GPU-k relatívan olcsón beszerezhetővé váltak, annyira, hogy akár egy átlagember is építhet olyan gépet, ami percek alatt képes egy 8 karakteres jelszó feltörésére. Még abban az esetben is, ha egy MD5 algoritmus lett hash-elve, ami, habár egy elavult megoldás még mindig elég sok esetben használják. De volt arra is precedens, hogy több milliárd dolláros cégek milliányi felhasználó adatát nyílt szöveggé tárolták. [3] Tehát előfordulhat, hogy a jelszó biztonsága a felhasználó hatáskörén kívül esik. A következőkben a lehetséges megoldásokat mutatjuk be.

2.2. Biztonságos jelszavak

A biztonságos jelszavak alapja, hogy nehéz kitalálni. Úgy gondolnánk, hogy ez mindenki számára egyértelmű. Tekintsük át, hogy ez megfelel-e a valóságnak.

2013-ban a Google publikált egy tanulmányt, amiből kiderült, hogy a legtöbb ember olyan jelszót választ, ami a közösségi média oldalakon elérhető adataikból egyszerűen kikövetkeztethető. Ilyen információk például a születésük helye, a kisállatuk vagy a gyermekük neve. Szintén itt derült ki, hogy az emberek 48%-a több oldalon vagy rendszerben is ugyanazt a jelszót használja és hogy 3% a számítógépre ragasztott Post-it cédulán hagyja a jelszavát. [1]

A fentiekkel ellentétben jó megoldás lehet 2 vagy több egymással kapcsolatban nem álló szót összefűzni. [4] Jeff Yan arra az eredményre jutott, hogy egy mondat szavainak kezdőbetűit egymásután írva egy nehezen kitalálható, de könnyen megjegyezhető jelszót kapunk. [5] A speciális karakterek vagy számok előírása viszont kétélű kard ugyanis gyakran az a következménye, hogy úgy nevezett Leet speak-ben (1337) adják meg a felhasználók a jelszavukat. Vagyis bizonyos betűket numerikus karakterekkel helyettesítenek, mint például az i-t egy 1-sel vagy az e-t egy 3-sal. Ez a módszer viszont széles körben ismert és épp ezért nem növeli a jelszó biztonságát. Az, hogy egy sorral eltoljuk a billentyűzetet a leütött gombokat szintén nem megbízható megoldás. [6]

2.3. A jelszavak halála

Több prominens személy is megjósolta már hogy a jelszavak kora véget ért, többek közt Bill Gates 2004-ben [7] és a Google Információ biztonsági menedzsere Heather Adkins 2013-ban [8]. Általában valamilyen biometrikus vagy kétfaktoros azonosítást javasolnak helyére. Egyes szakértők szerint viszont semmilyen másik technológia nem tudja a jelszavakat helyettesíteni kényelmesség, gyorsaság és költséghatékonyság terén. [9]

3. KOMMUNIKÁCIÓS MEGOLDÁSOK

3.1. Kommunikáció médiumai

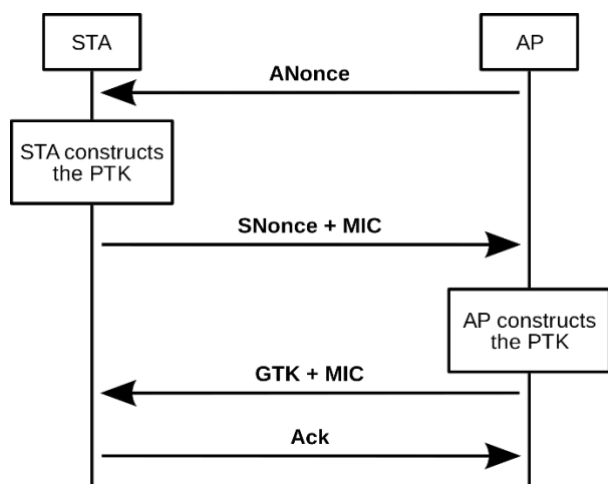
A tradicionális kábeles mellet egyre elterjedtebb a vezeték nélküli kommunikáció az IEEE 802.11 szabvány segítségével. Mivel az eszköz bárhova vihető kényelmet jelent használójának, mindemellett a legújabb Wi-Fi szabványok az 802.11ac és az 802.11ax képesek több GBit/s-es sebességre, amit a legtöbb felhasználó nem is tud maximálisan kihasználni. A rádióhullámos kommunikációval viszont új problémák jelentek meg.

Míg egy kábeles kommunikáció lehallgatásához általában fizikai hozzáférésre van szükség addig a rádióhullámokat bárki foghatja, aki hatókörön belül van és rendelkezik akár egy olcsó vevővel is. Ezért a jeleket valamilyen módszerrel titkosítani szükséges hacsak nem akarjuk, hogy a potenciálisan szenzitív adatainkhoz hozzáférjenek.

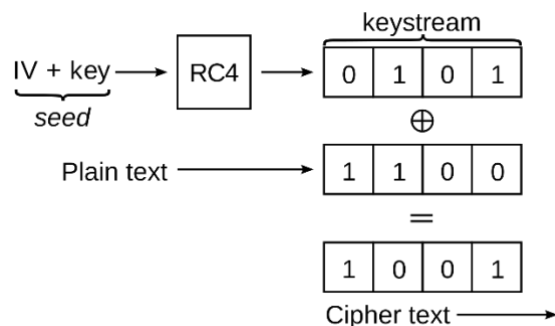
3.2. A 802.11 titkosítási szabványok

Az első titkosítási szabvány a WEP mely az eredeti 802.11-es szabvánnyal együtt jelent meg. A W(ired) E(quivalent) P(rivacy) nevű protokollnak a célja a vezetékessel egyező biztonság elérése volt.

A szabvány egy 64 bites RC4-es kulcsot generál a megadott jelszóból, ez későbbi verziókában akár 128 vagy 152 bites is lehet.



1. ábra WEP/WPA2 kézfogás protokoll



2. ábra WEP kulcs generálás

A rendszer hibája, ami a feltöréséhez is vezetett, hogy a kulcs generálás során egy 24 bites úgy nevezett Inicializáló vektort (IV) nyílt szöveggként küld el, ezt a vektort nem szabad többször felhasználni, viszont egy 24 bites hossz nem elegendő az ismétlődések elkerülésére egy sűrűn használt hálózaton. Ráadásul a születésnap paradoxonból kifolyólag annak az esélye, hogy ezek az IV-k 5000 csomagonként ismétlik egymást 50%. Ennek ismeretében passzív módszerekkel is feltörhető kulcs.

A kulcs hosszának növelése nem jelent lényeges biztonság növekedést hiszen a támadás a kriptográfiai eljárás hibáját támadja nem a kulcsot. Az FBI 2005-ben nyilvánosan elérhető eszközökkel 3 perc alatt feltört egy WEP jelszót, [10] 2007-ben 45 millió felhasználó adatát lopták el a TK Maxx cégtől a WEP gyengeségeinek kihasználásával. [11] Az átlag felhasználó szerencséjére viszont az újabb routerek egyáltalán nem támogatják ezt a hitelesítési módot, de még sok régebbi modellben ez az alapbeállítás.

A látványos biztonsági hibák kijavítására a Wi-Fi Alliance 2013-ban bevezette a Wi-Fi Protected Access-t (WPA) mint egy átmeneti megoldás. A hosszútávú megoldást a WPA2 jelentette mikor 2014-ben hivatalosan is része lett az IEEE 802.11i szabványnak. Ez a titkosítás már Temporal Key Integrity Protocol-t (TKIP) használ, vagyis minden csomagot más kulccsal titkosít, így megakadályozza az olyan jellegű támadásokat amik legyőzték a WEP-et.

Mint ahogy az az 1. ábrán is látszik a kézfogási protokollja megegyezik a WEP-el. A legnagyobb problémát bár kijavították, de az a megoldás még mindig sebezhető, passzív és offline támadásokkal szemben. Habár a kulcsot titkosítva küldik el, a protokoll nem akadályozza meg hogy elfogják és feltörjék a saját gépen. Nem kell még a hozzáférési ponttal sem kommunikálni.

Ahogy a kulcs rendelkezésre áll minden üzenet dekódolható, tehát ha megosztott a kulcs, mint például egy kávézóban vagy hotelben akkor egyáltalán nem biztonságos.

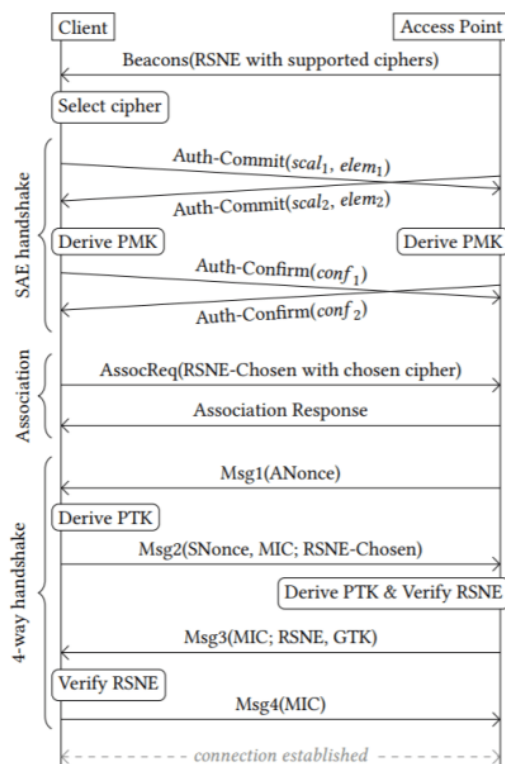
Egy 2017-ben publikált cikk bemutatta, hogy lehet lehallgatni az adásokat anélkül, hogy visszafejtenék a kulcsot ez az úgynevezett KRACK (Key Reinstallation Attacks) támadás, mely a WPA minden verzióját érintette habár különböző hatásai voltak a hálózatra az alkalmazástól függően. Ez a támadás a kézfogási protokoll egyik gyengeségét használta ki. [12] Emellett számos támadással szemben sebezhető mind hozzáférés mind denial of service (DoS) téren. Így a Wi-Fi Alliance is úgy tartotta, hogy ideje lecserélni ezt a több mint egy évtizede szolgáló protokollt.

2018-ban bemutatták a WPA3-at, ami orvosolni hivatott a kettes verzió hibáit. Az új rendszerrel elméletileg nem lehetséges az offline kulcs fejtés és biztosítja, hogy ha a kulcsot meg is fejtik akkor sem lehet az előző vagy jövőbeli üzeneteket vele visszafejteni. A protokollt azonban sokan már az elterjedése előtt temetik.

2019 áprilisában ugyanis ugyanaz a csoport, aki a KRACK támadást kifejlesztette, felfedezett 5 sebezhetőséget ezeket együttesen DRAGONBLOOD-nak nevezték el. 4 támadás az új DragonFly kézfogást támadja.

Ezek a támadások a 3. ábrán látható kézfogási protokoll második és harmadik lépéseit célozzak meg.

Mivel a piacon minden újonnan bevezetett eszköznek kompatibilisnek kell lennie a korábbi termékekkel, ezért a WPA3-as eszközökön megtalálható újításoknak is funkcionálnia kell a WPA2-es eszközökön. Ezt használja ki az utolsó publikált támadási módszer ami kényszeríti a hozzáférési pontot arra, hogy WPA2-vel azonosítson, így megkerülve a frissebb verzió offline kulcs fejtési korlátozásait. [13]



3. ábra WPA3 kézfogás protokoll

A támadások pontos eljárását még nem publikálták, először a Wi-Fi Alliance-et informálták róla, hogy azt javítani tudják, amit már meg is kezdtek.. Mivel ez a verzió még nem túl elterjedt a hibákat könnyebb korrigálni, mint az előző 2 verzió estén. Ezért talán még túl korai kijelenteni a protokollról, hogy a biztonsága nem megfelelő.

4. AZONOSÍTÁSI FAKTOROK

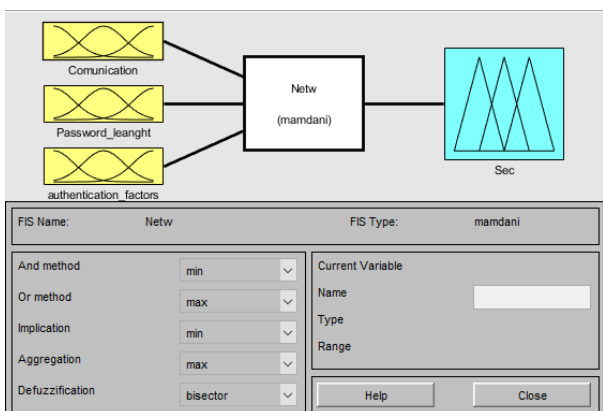
A jelszó a legelterjedtebb egyfaktoros azonosítási módszer. [14] A fentiek szerint ez gyakran nem elég biztonságos és ezért plusz azonosítási faktorokat is bevezethetnek, hogy javítsák a védelmet. A legelterjedtebb faktorok alapja, valami, amit tud a felhasználó (pl.: jelszó), valami a felhasználónál van (pl.: egyszer használatos kód generátorok), valami, ami csak a felhasználóra jellemző (pl.: bio-metrikus). [15] Fontos megjegyezni, hogy ezek a faktorok nem egyenlők. A bio-metrikus azonosítás például hajlamos a hamis elfogadásra amikor egy nem megfelelő személynek is hozzáférést ad az esetek bizonyos százalékában. Valamint bio-metrikus adatokat relatíve könnyű ellopni. A több faktoros azonosítás támogatói szerint megfelelő kommunikációs protokollal kombinálva lényegesen csökkenthető az illetéktelen hozzáférések esélye.

5. A KÖVETKEZTETÉSI RENDSZER

A modellben Mamdani típusú következtetési rendszert alkalmaztunk, melyben a szakértői tudást a következő felépítésű szabályok reprezentálják:

IF x_1 *is* A_{1,i_1} *and ... and* x_n *is* A_{n,i_n} *THEN* y *is* B_{i_1,\dots,i_n} ,

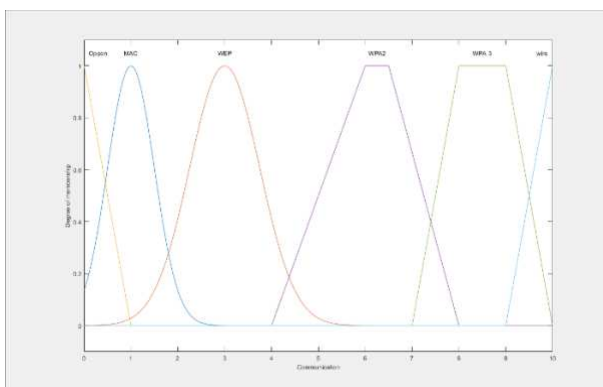
ahol A_{k,i_k} a k-adik bemenethez tartozó i_k -edik antecedens, B_{i_1,\dots,i_n} az a fuzzy halmaz, amit a szabályok konzekvens részéhez rendelünk, $i_j = 1, \dots, n_j$; és n_j a j-edik bemenethez tartozó antecedens halmazok száma.



4. ábra következtetési rendszer áttekintése

Ahogy az 1. ábrán is látható, a következtetési rendszernek 3 bemenete van, ami alapján a kommunikáció biztonságosságát értékeli. Ezek a bevezetésben említett jelszó hossz, kommunikáció módja és az azonosítási faktorok száma. Ebből a három bementi adatból értékeli egy tízes skálán a rendszer. Tesztelés során a 1. ábrán látható operátorok hozták legkonzisztensebben jó eredményeket.

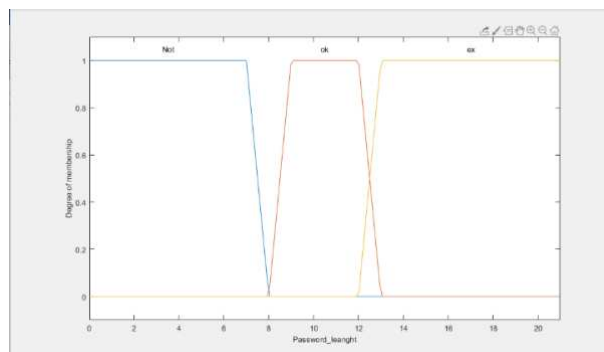
A bemenetek fuzzifikálására alkalmazott tagsági függvényeket a 2-4. ábrák szemléltetik.



5. ábra tagsági függvények a kommunikációs bemenetnél

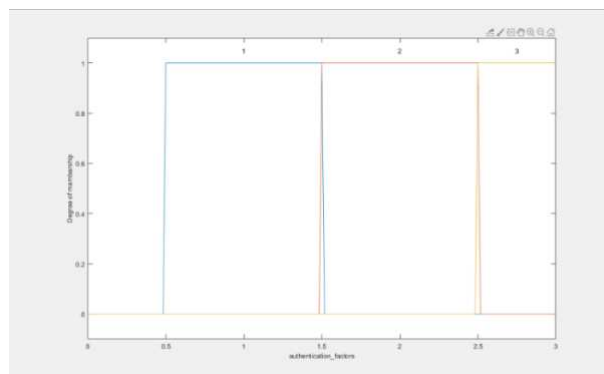
Az egyes protokollt egy tízes skálán osztályozzuk, hogy mérhető értékeket kapjunk belőle, így elvégezhetőek a számítások. A nyílt és a MAC szűrés nem nyújt biztonságot, a WEP könnyebben míg a WPA2

nehezebben, de feltörhető. A WPA3 és a vezetékes megoldások adják a legnagyobb biztonságot.



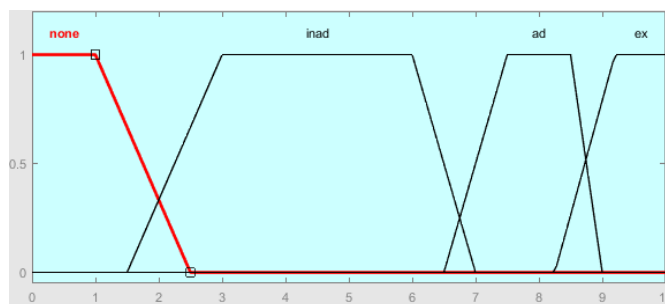
6. ábra tagsági függvények a jelszó hosszára

A jelszavak hosszát egyszerűen a karakterek mennyiségével reprezentáljuk, feltételezve, hogy azok az angol abc kis és nagy betűiből állnak és tartalmaznak speciális karaktereket is.



7. ábra tagsági függvények az autentikáció faktorok számára

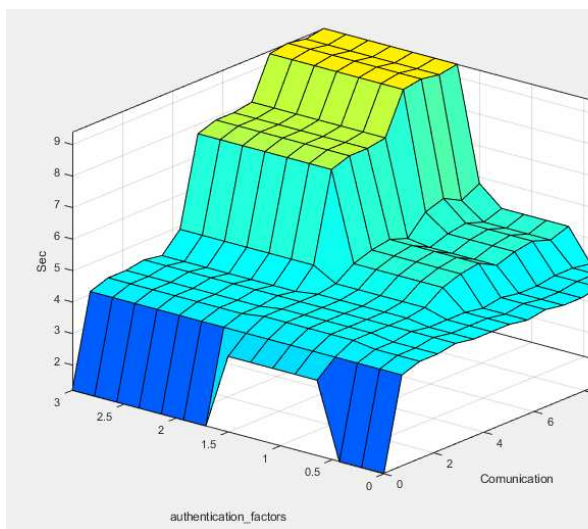
Az autentikációs faktorok száma diszkrét logikai elem a rendszerben, ezért az értékek átmenet nélkül váltanak a függvények között.



8. ábra kimeneti tagsági függvények

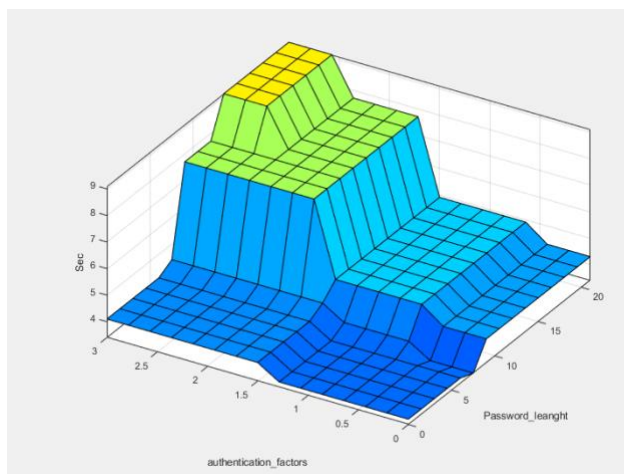
A biztonságot egy 10-es skálán értékeli és a elfogadhatatlannak, nem megfelelőnek, megfelelőnek és kiválónak értékeli azt.

A szabályrendszert a program úgy nevezett Surface nézetén keresztül demonstráljuk az 9. és 10. ábrán.



9. ábra szabályrendszer 1

A rendszer a WPA 3-at még magasra értékeli hiszen az ellene irányuló támadások még nem publikusak. Ellentétben a kettes verzióval és a WEP-vel, ami nyilvánosan és ingyenes elérhető szoftverekkel támadható. Szintén magas értékelést kap a kábeles kommunikáció, hiszen ahhoz, hogy azt lehallgassák fizikai hozzáférés szükséges a hálózathoz.



10. ábra szabályrendszer 2

Több faktoros autentikáció nem értelmezhető bizonyos protokollok esetén. Mivel a jelszó hosszával exponenciálisan növekszik a feltöréséhez szükséges idő, így a jelentősebb pontokon lényegesen ugrás látható a biztonsági mutatóban. A rendszer nem viselkedik láncként, elemeinek a gyengeségeit lehet bizonyos mértékben kompenzálni más pontok erősítésével.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A rendszer a tapasztalatoknak megfelelő értéket képes megbecsülni a kommunikáció biztonságára vonatkozóan, hogy azt prezentálni lehessen a felhasználónak. Nem javasolt viszont ennek a

segítségével tervezni a hálózati kommunikációt hiszen nagy általánosítással készül. Ez a megállapítás nem feltétlen helytálló az átlag felhasználó szempontjából, mivel ők nem véletlenszerű jelszavakat alkalmaznak és a különleges karakterek használata is ritka. [2]

További fejlesztési irány lehet például az említett jelszó minőség osztályozásra bemeneti függvények fejlesztése. Akár egy többszintű fuzzy függvénnyel, ami a jelszavak hosszát, karakter készletét, valamint a véletlenszerűségét is figyelembe veszi. Ugyanezt a számítási metódust lehet alkalmazni az azonosítási faktorokra, melyeknek csak a számát értékeljük, és figyelmen kívül hagyjuk a bio-metrikus azonosítás hibáit [16] (hamis elfogadás és könnyű hamisítás). Továbbá, ha például egy tűzfal osztályozó rendszerrel is kombinálnák melyekre, szinten léteznek fuzzy függvények és figyelembe vennék egyéb sebezhetőséget is akkor a rendszer képes lehet akár teljes számítógépes hálózat biztonságának becslésére is.

A folyamat során a legnagyobb kihívás az emberi tényező korrekt osztályozása, hiszen az rengeteg komponenstől függ, mind az ismeretek a jelszó kezeléssel kapcsolatban vagy a rendszerek zárolása, ha a felhasználó azok felügyelet nélkül hagyja. Megfelelő elővigyázatossággal még a bio-metrikus azonosítók megszerzése is korlátozható így lényegesen javítva annak biztonságát.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Az Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar és a Magyar Fuzzy Társaság támogatásával készült a tanulmány.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] F. V. Allen, „The 10 Worst Password Ideas, as Revealed by Google,” 07 08 2013. [Online]. Available: <https://www.techlicious.com/blog/the-10-worst-password-ideas-as-revealed-by-google/>.
- [2] M. Ehrenkranz, „The 25 Most Popular Passwords of 2018,” Gizmodo, 2018. [Online]. Available: <https://gizmodo.com/the-25-most-popular-passwords-of-2018-will-make-you-fee-1831052705>.
- [3] A. Hern, „Facebook stored hundreds of millions of passwords unprotected,” 21 04 2019. [Online]. Available: <https://www.theguardian.com/technology/2019/mar/21/facebook-admits-passwords-unprotected>.
- [4] M. E. Whitman és H. J. Mattord, Principles of Information Security, 2014.
- [5] J. Yan, „Password Memorability and,” 2004.
- [6] D. Lewis, Ctrl-Alt-Delete, 2011, p. 17.
- [7] M. Kotadia, „ZDNet,” 2004. [Online]. Available: <https://www.zdnet.com/article/gates-predicts-death-of-the-password/>.
- [8] D. Teriman, „Google security exec: 'Passwords are dead',” 2013. [Online]. Available: <https://www.cnet.com/news/google-security-exec-passwords-are-dead/>.
- [9] C. Herley és P. v. Oorschot, A Research Agenda Acknowledging the Persistence of Passwords, 2012.
- [10] Network Computing, „FBI Teaches Lesson In How To Break Into Wi-Fi Networks,” 2005. [Online]. Available:

- <https://www.networkcomputing.com/wireless-infrastructure/fbi-teaches-lesson-how-break-wi-fi-networks>.
- [11] T. Espiner, „Wi-Fi hack caused TK Maxx security breach,” 2007. [Online]. Available: <https://www.zdnet.com/article/wi-fi-hack-caused-tk-maxx-security-breach/>. [Hozzáférés dátuma: 01 08 2019].
- [12] M. Vanhoef, „Key Reinstallation Attacks,” 2017. [Online]. Available: <https://www.krackattacks.com/>.
- [13] M. Vanhoef, „DRAGONBLOOD,” [Online]. Available: <https://wpa3.mathyvanhoef.com/>. [Hozzáférés dátuma: 13 06 2019].
- [14] „SINGLE-FACTOR AUTHENTICATION (SFA),” [Online]. Available: <https://doubleoctopus.com/security-wiki/authentication/single-factor-authentication/>.
- [15] R. Dias, „The 5 Factors of Authentication,” 2017. [Online]. Available: <https://medium.com/@renansdias/the-5-factors-of-authentication-bcb79d354c13>.
- [16] D. Thakkar, „Risk Factors Associated with Biometric Identification,” BAYOMETRIC.