

IX. Évfolyam 2. szám - 2014. június

MENYHÁRT József – POKORÁDI László
jmenyhart@msn.com – pokoradi.laszlo@bgk.uni-obuda.hu

AKKUMULÁTOR ÁLLAPOT FUZZY SZABÁLYBÁZISÚ BECSLÉSE

Absztrakt

A napjainkban fejlesztett elektromos járművek egyik legfontosabb kutatási területe az ideális energiaforrás megválasztása, hogy a lehető legnagyobb hatótávolsága legyen a járműveknek. A kutatások rámutattak arra, hogy a tisztán elektromos meghajtású járművekben igen nagy potenciál rejlik. Mivel a járművek meghajtásához szükséges akkumulátorok igen nagymennyiségű energiát tárolnak magukban, ezért felmerült azok biztonságtechnikai kérdése. A tanulmány egy elektromos hajtású autó akkumulátorainak kockázat elemzését mutatja be fuzzy logika és MatLAB segítségével.

Nowadays one of the most important research areas of the electric vehicle development is the electric source system for advanced electric cars. Here the main purpose is to reach the greatest possible range. The research trends show a lot of potential in the electric vehicles. Very important are the safety issues, because the batteries store a huge amount of energy. This paper presents a risk analysis about electric car batteries applying fuzzy logic and MATLAB.

Kulcsszavak: *elektromos jármű, akkumulátor, fuzzy, MATLAB ~ electric vehicle, battery, fuzzy, MATLAB*

BEVEZETÉS

Az elektromos járművek fejlesztése egy igen gyorsan fejlődő ipar- és tudományág. Ezen járművek építése és fejlesztése egy meglehetősen összetett feladat. A folyamatos újítások közül is kiemelkedő szerepe van az energiaforrások lehető legjobb és legbiztonságosabb kihasználásának. Ezen új kutatási területek lehetőséget adnak több különböző hajtáslánc és fedélzeti diagnosztikai rendszerek fejlesztésére.

Emődi, Tölgyesi és Zöldy részletes bemutatást engednek a különböző hajtáskombinációk, és energiaforrások technikai kérdéseibe [1]. A könyvükben leírtak alapján kiemelkedően jó tulajdonsággal rendelkeznek a lítium polimer akkumulátorok. Hasonló megközelítésből ismerteti Ehsani és szerzőtársaival a hibrid és az elektromos hajtású energiaforrásokat és meghajtásokat [2]. Akkumulátor élettartam növelésének érdekében több műszaki paraméter mérésére került sor, melyekről a [3] és a [4] publikációk számolnak be. A kialakított mérési berendezéseket gyártó cégek mindegyike igyekszik műszaki szempontból a legkritikusabb tulajdonságait mérni az akkumulátoroknak (feszültség, áramerősség, hőmérséklet stb.) [3][4]. Akkumulátorok mérési berendezéseiről átfogó képet ad Stuart, szerzőtársaival [5].

Az akkumulátorok biztonságtechnika szempontjából történő felügyelete és elemzése fontos a balesetek számának és következményének csökkentése érdekében, hogy elkerülhetőek legyenek a TESLA autógyár járműveivel történt hasonló balesetek [6][7].

A fuzzy halmazelmélet alapjait Lotfi A. Zadeh fektette le 1965-ben. Az igazságtartományok elmosódott határait vizsgálta munkássága során, amelynek folyamán „fuzzy” nevet adta ennek a kutatási területnek. A magyar nyelvű szakirodalomban minősítő logikának is szokták nevezni. A fuzyság alapvetően nem más, mint a pontatlanság egy típusa [8] [9].

Pokorádi egy átfogó képet ad a fuzzy logika hogyan használható FMEA elemzés során. Ez alapján megállapítható, hogy a fuzzy logika kiválóan alkalmas kockázatelemzési és kockázatbecslési eljárások elemzésére és modellezésére [8].

Johanyák [10] [11] kis komplexitású fuzzy modelleket alkalmazott sikeresen különböző folyamatok eredményeinek becslésére többdimenziós esetekben. Portik példákkal szemlélteti munkáiban a fuzzy halmazelmélet alkalmazási lehetőségeit különféle döntési esetekre [12][13]. Szabolcsi [14] és [15] könyvei, illetve a [16] irodalom kellő segítséget nyújtanak a feladat MATLAB programmal való megoldásához.

A tanulmány célja egy elektromos hajtású jármű akkumulátorainak új kockázatelemzési módszerének kidolgozása fuzzy halmazelmélet és MATLAB Fuzzy Logic Toolbox segítségével.

A cikk az alábbi fejezetekből áll: Az elektromos hajtású jármű akkumulátorainak élettartam vizsgálata, amely rövid leírást tartalmaz a járművet hajtó akkumulátorokról és azok méréseinek fontosságáról. 2. fejezet a fuzzy szabálybázisú döntés, amelyben a fuzzy elméleti háttere kerül rövid ismertetésre. A 3. fejezet a jármű akkumulátoraira felállított szabályokat és tagsági függvényeket szemlélteti, valamint a MATLAB Fuzzy Logic Toolbox segítségével készített függvény felületét mutatja be. A cikk a 4. és egyben utolsó fejezettel az Összegzéssel zárul.

AZ ELEKTROMOS HAJTÁSÚ JÁRMŰ AKKUMULÁTORAINAK ÉLETTARTAM VIZSGÁLATA

A cikkben vizsgált elektromos autó egy lítium polimer akkumulátorokkal működő prototípus jármű. A lítium-polimer akkumulátorok 60-100°C üzemi hőmérsékleten működnek. Energiasűrűségük kiemelkedő, teljesítménysűrűségük közepes. Ezeknek az akkumulátoroknak a fejlesztése a mai napig nem zárult le, a kísérletek sokat ígérők.

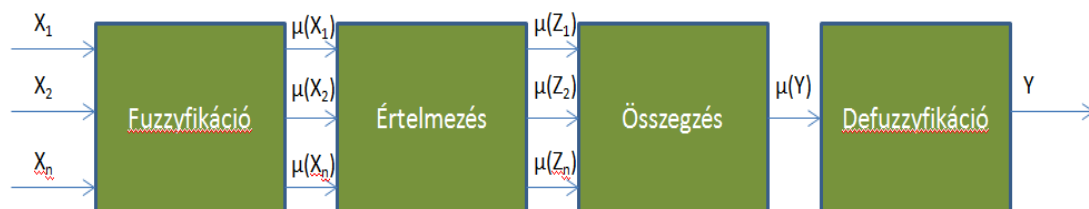
A jármű energia forrásának használt akkumulátorok feszültség szintjének ellenőrzését egy folyamatos működésű töltő berendezés végzi, amely méri az akkumulátorok feszültség értékeit, valamint a töltést vezérli.

Az akkumulátorok sajátossága, hogy élettartamukat befolyásolja a túltöltöttségük és azok 0V-ra való lemerítésük. Az állandó túltöltöttség és a teljes lemerítés az akkumulátorok túlmelegedéséhez és azok robbanásához vezethet.

A FUZZY SZABÁLYBÁZISÚ DÖNTÉS

Az akkumulátor ellenőrző műszerek leolvasása során előfordulhat, hogy rosszul olvassuk le a mért értéket, ebben az esetben pontatlanság lép fel. Így a kimondható, hogy a probléma „elfuzzysodik”. A pontatlanságot tagsági függvények segítségével tudjuk szemléltetni. A fuzzy rendszerben lejátszódó folyamat az 1. ábrán látható [9].

Az első lépés a fuzzyfikáció, amely nem más, mint a rendszer úgynevezett éles értékekkel való feltöltése. A fuzzyfikáció elvégzéséhez először is meg kell határozni a modellezés során alkalmazandó kategóriákat és a hozzájuk kapcsolódó tagsági függvényeket. Ehhez meg kell vizsgálni a fő befolyásoló tényezőket. Fontos, hogy megfelelő számú kategóriát válasszunk ki. A kategóriák számának növelésével pontosabb képet kapunk a vizsgált rendszerről, de a kategóriák számának növelése bonyolítja a vizsgálatot. [8] [9]



1. ábra: A fuzzy rendszer és a benne lejátszódó folyamat ([8] alapján)

A meghatározott kategóriák mindegyikéhez tagsági függvényt kell meghatározni, ezek meghatározása több módon lehetséges. A $\mu(x;a)$ tagsági függvény az x jellemző adott A halmazhoz való tartozásának a mértékét adja meg. Fontos lépés az úgynevezett éles skála meghatározás, amelyet 0-10, 1-10, 0-100, 1-100 skálák közül célszerű kiválasztani. Ennek célja, hogy minél egyszerűbben lehessen a vizsgálandó dolgokat összehasonlítani.

Az értelmezési szakaszban a meghatározott kategóriák alapján szabályokat kell felállítani. Azaz létrejön a fuzzy modellre vonatkozó szabálybázis.

Az összegzéslépésben az értelmezés során kapott 0-tól különböző eredményeket összefűzzük a szabályozott folyamat jellemzőinek figyelembe vételével (fuzzy művelettel). Ennek eredménye képen fuzzy halmazt kapunk. Ez nem más, mint egy elsődleges vagy előzetes konklúzió, ezért a következő lépésben a defuzzyfikációban értelmezzük a kapott eredményt.

A defuzzyfikáció a folyamat utolsó lépése. Ekkor a fuzzy konklúzió alapján ki kell választani

azt a konkrét értéket, mely az adott fuzzy halmazt az alkalmazástól illetve a modelltől függően a leginkább jellemzi. Az alkalmazás típusától függően a fuzzy halmaz értelme eltérő lehet, ezért a megfelelő eredmény eléréshez különböző defuzzifikációs módszerek vannak.

Ezek közül néhány ismertebb:

- Súlypont módszer (COG);
- Geometriai középpont módszer (COA);
- Maximumok Súlyozott Átlaga módszer.

A FUZZY SZABÁLYBÁZISÚ DÖNTÉS ALKALMAZÁSA

Az adatokat az 1. táblázat szemlélteti. 10 db akkumulátor mérési eredményei találhatóak benne, amelynek értékeit átlagolva használtuk fel a fuzzy döntés során. Az Ah-adatok eltérhetnek szoftver vezérléstől függően.

NOK		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	Átlag
	V		4,6046	4,602	4,65	4,603	4,61	4,689	4,6021	4,6002	4,6023	4,6005
Ah		48,23867	48,21143	48,71429	48,2219	48,29524	49,12286	48,21248	48,19257	48,21457	48,19571	48,36197
OK	V	4,201	4,204	4,209	4,2	4,205	4,208	4,206	4,2	4,201	4,2	4,2034
	Ah	44,01048	44,0419	44,09429	44	44,05238	44,08381	44,06286	44	44,01048	44	44,03562
	V	3,6	3,6	3,609	3,607	3,603	3,607	3,6	3,602	3,606	3,609	3,6043
	Ah	37,71429	37,71429	37,80857	37,78762	37,74571	37,78762	37,71429	37,73524	37,77714	37,80857	37,75933
NOK	V	3,2	3,201	3,208	3,207	3,202	3,2	3,209	3,203	3,2	3,201	3,2031
	Ah	33,52381	33,53429	33,60762	33,59714	33,54476	33,52381	33,6181	33,55524	33,52381	33,53429	33,55629

1. táblázat: A mért akkumulátor adatok (Forrás: Sajat)

A táblázat első oszlopában található „OK” és „NOK” feliratok az értékek megfelelőségét jelzik.

- NOK: Nem megfelelő érték
- OK: Megfelelő érték

Feszültség szempontjából:

- Nem megfelelő 0 - 3,2031 V között
- Megfelelő: 3,6043 – 4,2034 között
- Nem megfelelő: 4,61637 V felett

Ah szempontjából:

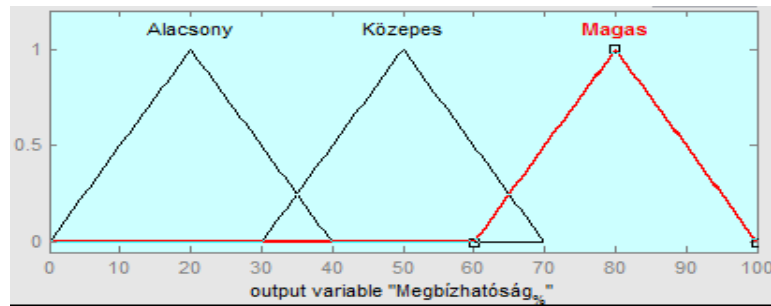
- Alacsony: 0 - 33,55629 Ah között
- Megfelelő: 37,75933 – 44,03562 Ah között
- Magas: 48.36197 felett

A megbízhatóság 3 fuzzy halmaza a következő:

- az akkumulátor megbízhatóság alacsony: 0-40%
- az akkumulátor megbízhatóság közepes: 50-70%
- az akkumulátor megbízhatóság megfelelő: 60-100%

A tagsági függvények vizsgálata MatLAB alkalmazásával történt, amelynek segítségével megállapíthatóak azok az üzemeltetési paraméterek, amikor a jármű akkumulátorai a lehető legnagyobb megbízhatósággal üzemeltethetőek. [10] A következőkben a tagsági függvények megállapítása történik.

A megfelelő tagsági függvények (2. ábra):



2. ábra. Megbízhatóság %-os eloszlása (Forrás: Saját)

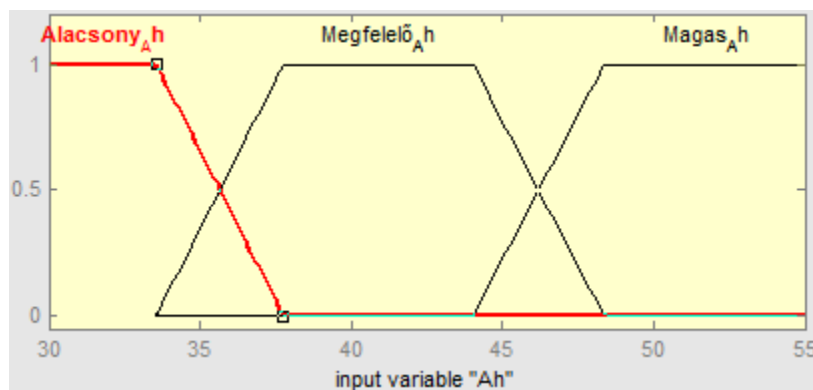
Az Ah értékek tagsági függvényei:

$$\mu(\text{alacsonyAh}) = \begin{cases} 0, & \text{ha } x \leq 0 & \text{vagy } x > 37,7593 \\ 1, & \text{ha } x < 33,556 \\ 37,7593 - x, & \text{ha } 33,556 < x < 37,7593 \end{cases} \quad (1)$$

$$\mu(\text{megfeleloAh}) = \begin{cases} 0, & \text{ha } x \leq 33,556 & \text{vagy } x > 48,2386 \\ x - 33,556, & \text{ha } 33,556 < x < 37,7593 \\ 1, & \text{ha } 37,7593 < x < 44,0356 \\ 48,2386 - x, & \text{ha } 44,0356 < x < 48,2386 \end{cases} \quad (2)$$

$$\mu(\text{magasAh}) = \begin{cases} 0, & \text{ha } x \leq 44,0356 \\ x - 44,0356, & \text{ha } 44,0356 < x < 48,2386 \\ 1, & \text{ha } 48,2386 < x \end{cases} \quad (3)$$

A 3. ábrán az (1), (2) és (3) függvények együttes ábrázolása látható.



3. ábra: A 3 tagsági függvény ábrázolva (Forrás: Saját)

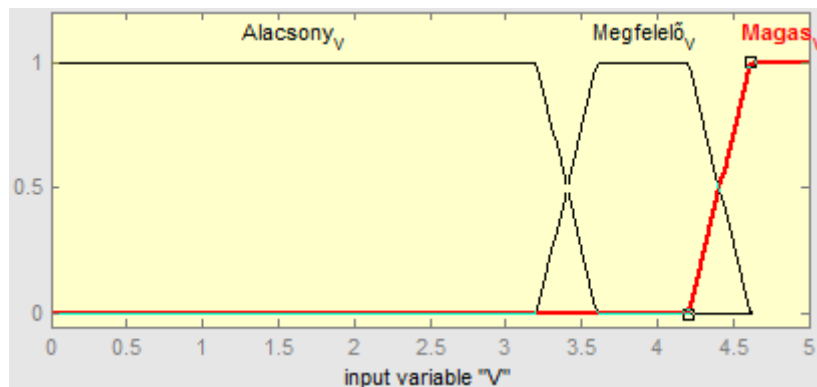
Feszültség értékek tagsági függvényei:

$$\mu(\text{alacsonyV}) = \begin{cases} 0, & \text{ha } x \leq 0 & \text{vagy } x > 3,6043 \\ 1, & \text{ha } 0 < x < 3,2031 \\ 3,6043 - x, & \text{ha } 3,2031 < x < 3,6043 \end{cases} \quad (4)$$

$$\mu(\text{megfelelo}V) = \begin{cases} 0, & \text{ha } x \leq 3,2031 \quad \text{vagy } x > 4,6046 \\ x - 3,2031, & \text{ha } 3,2031 < x < 3,6043 \\ 1, & \text{ha } 3,6043 < x < 4,2034 \\ 4,6046 - x, & \text{ha } 4,2034 < x < 4,6046 \end{cases} \quad (5)$$

$$\mu(\text{magas}V) = \begin{cases} 0, & \text{ha } x \leq 4,2034 \\ x - 4,2034, & \text{ha } 4,2034 < x < 4,6046 \\ 1, & \text{ha } 4,6046 < x \end{cases} \quad (6)$$

A 4. ábrán a (4), (5) és (6) függvények együttes ábrázolása látható.

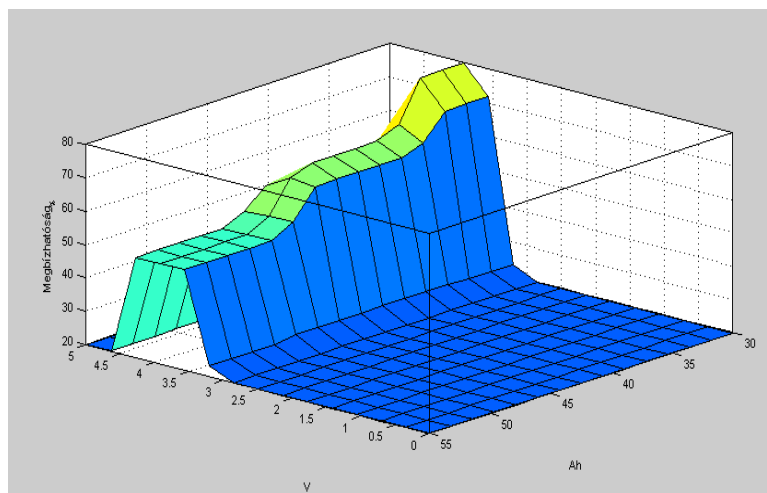


4. ábra: A 3 tagsági függvény ábrázolva (Forrás: Saját)

A szabályok felállításánál figyelembe kell venni, hogy az akkumulátorok alacsony és túl magas feszültségértékei befolyásolják annak megbízhatóságát, valamint a felhasznált áramerősség is befolyásolja az akkumulátorok hasznos élettartamát és a megbízhatóságukat. Ezen szempontok figyelembevételével a következő szabályok kerültek felállításra:

- HA a feszültség alacsony AKKOR a megbízhatóság alacsony;
- HA a feszültség megfelelő AKKOR a megbízhatóság magas;
- HA a feszültség magas AKKOR a megbízhatóság alacsony;
- HA a feszültség megfelelő ÉS az Ah alacsony AKKOR a megbízhatóság magas;
- HA a feszültség megfelelő ÉS az Ah magas AKKOR alacsony közepes;
- HA a feszültség megfelelő ÉS az Ah közepes AKKOR a megbízhatóság közepes.

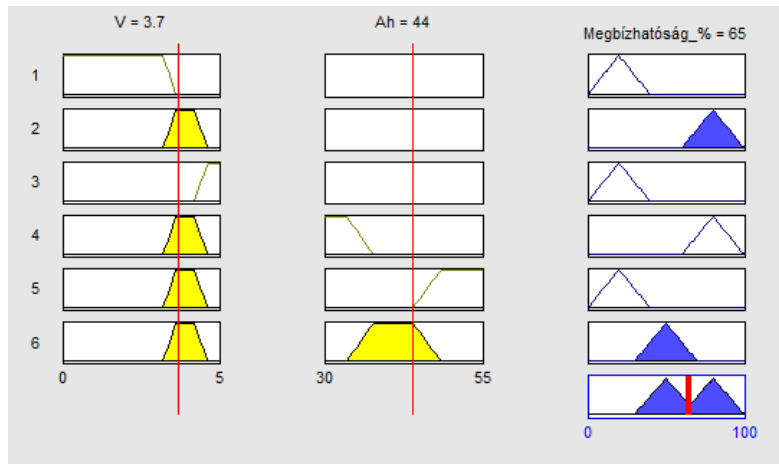
Ezen szabályok figyelembe vételével az 5. ábrán látható grafikon felületét kapjuk.



5. ábra: A függvény felülete (Forrás: Saját)

Az 5. ábrán látható felület egyértelműen behatárolja azokat a paraméter intervallumokat, amelyek következtében az akkumulátorok a legnagyobb megbízhatósággal üzemeltethetők. Az ideális feszültségértéken, és alacsony Ah-s értéken az akkumulátorok megbízhatósága igen magas. Ennek hátulütője, hogy kisebb áramerősséggel a jármű hatásfoka romlik.

Szakértői adatok és vélemények alapján legtöbbször a feszültség alsó tűréshatárát használják és viszonylag magas Ah-n, ennek oka, hogy a jármű menetteljesítménye megfelelő legyen. Ilyenkor az akkumulátorokat 3,7V-ig engedik merülni és 44Ah-n használják, ebben az esetben a megbízhatóság 65%-os a megengedhető legalacsonyabb feszültségen (6. ábra).



6. ábra: Szakértői adatok alapján használt akkumulátor megbízhatósága (Forrás: Saját)

ÖSSZEGZÉS

A tanulmány egy elektromos hajtású jármű akkumulátorainak kockázatelemzését mutatja be fuzzy logika és MatLAB programcsomag segítségével. A mért eredmények és szakértői bevonás, valamint szakértői tapasztalatok segítségével megállapításra kerültek azok a tartományok, ahol az akkumulátorok megbízhatósága a legjobb.

A cikkben leírtakból megállapítható, hogy a jármű használata során melyek azok a paraméterek, ahol a lehető legnagyobb megbízhatósággal üzemeltethető a jármű. A kapott grafikon segítségével eldönthető, hogy mely feszültség, és Ah-tartományban célszerű üzemeltetni a járművet.

Ennek hatására az akkumulátorok élettartama és megbízhatóságuk megnövelhető így csökkentve az esetleges baleseteket, valamint a karbantartások és a kiesések számát.

Felhasznált irodalom

- [1] Emödi I., Tölgyesi Z., Zöldy M.: *Alternatív járműhajtások* - Maróti Könyvkereskedés és Könyvkiadó Kft., Budapest, 2006.
- [2] Mehrdad Ehsani, Yimin Gao, Sebastien E. Gay, Ali Emadi: *Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles, Fundamentals, Theory, and Design*, CRC PRESS, Boca Raton, London, New York, Washington D.C., 2005.
- [3] Electropaedia, Battery an Energy Technolodies,
<http://www.mpoweruk.com/bms.htm> (Letöltve: 2014.01.19.)
- [4] Metric Mind Corporation: Battery.
<http://www.metricmind.com/audi/14-battery.htm> (Letöltve: 2014.01.19.)

- [5] T. Stuart, F. Fang, X. Wang, C. Ashtiani, A. Pesaran: A modular Battery Management System for HEVs, 2002-01-1918, National Renewable Energy Laboratory
- [6] The cornell Daily Sun, Fires, Problems Persist for Tesla
<http://cornellsun.com/blog/2013/11/26/fires-problems-persist-for-tesla/>
(Letöltve: 2014.01.19.)
- [7] The Christian Science Monitor.
<http://www.csmonitor.com/Environment/Latest-News-Wires/2013/1119/Tesla-battery-fires-get-NHTSA-probe> (Letöltve: 2014.01.19.)
- [8] Pokorádi László: Rendszerek és folyamatok modellezése, Capmus Kiadó, Debrecen 2008.
- [9] Varga Tamás: A Fuzzy logika alkalmazási lehetőségei a minőségtervezésben. Debreceni Műszaki Közlemények, 2010/1 p. 43-51.
- [10] Z.C. Johanyák: Fuzzy Modeling Of Thermoplastic Composites' Melt Volume Rate, Computing and Informatics, Vol. 32, 2013, No 4, ISSN 1335-9150, pp. 845-857.
- [11] Z.C. Johanyák and J. Kovács: Fuzzy Model based Prediction of Ground-Level Ozone Concentration, Acta Technica Jaurinensis, Series Intelligentia Computatorica, ISSN 1789-6932, Vol. 4. No. 1. 2011, pp. 113-126.
- [12] Portik Tamás: Matematikai modellezési lehetőségek az üzemeltetés-menedzsmentben, irodalom áttekintő tanulmány, Debreceni Műszaki Közlemények, 2010/1 p. 63–68
- [13] Tamás Portik, Tamás Varga: Development of fuzzy supplier-rating by trapeze fuzzy membership functions with trigonometrical legs. Theory and Applications of Mathematics & Computer Science, Vol 1, No 2 (2011), p. 56-70.
- [14] Szabolcsi Róbert: A MATLAB programozása. Budapest, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, 2004, p258.
- [15] Szabolcsi Róbert: Korszerű szabályozási rendszerek számítógépes tervezése, ISBN 978-615-5057-26-7, p415, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, 2011.
- [16] MathWorks, Fuzzy Logic Toolbox
<http://www.mathworks.com/products/fuzzy-logic/> (Letöltve: 2013.11.28.)