

**MŰSZAKI TUDOMÁNY AZ
ÉSZAK-KELET MAGYARORSZÁGI
RÉGIÓBAN
2012**

**KONFERENCIA
ELŐADÁSAI**

Szolnok, 2012. május 10.

**Szerkesztette:
Edited by
*Pokorádi László***

Kiadja:

**Debreceni Akadémiai Bizottság
Műszaki Szakbizottsága**

ISBN 978-963-7064-28-9

Debrecen 2012

A konferencia szervezői:

**A Magyar Tudományos Akadémia Debreceni Területi Bizottság
(DAB) Műszaki Szakbizottsága és Jász-Nagykun-Szolnok Megyei
Szakbizottsága,
Magyar Tudományos Akadémia Miskolci Területi Bizottsága,
valamint a
Szolnoki Főiskola**

A konferencia fővédnöke:

**Dr. Túróczi Imre
a Szolnoki Főiskola rektora**

FUZZY HALMAZELMÉLETI MÓDSZEREK ALKALMAZÁSA A MŰSZAKI MENEDZSMENTBEN

APPLICATION OF FUZZY SET THEORY IN THE TECHNICAL MANAGEMENT

POKORÁDI László

egyetemi tanár
Debreceni Egyetem
pokoradi@eng.unideb.hu

Kivonat: A műszaki menedzsment döntései során gyakran alkalmaz úgynevezett nyelvi változókat, melyek újabb bizonytalansági forrásokkal rendelkeznek. A fuzzy logika és halmazelmélet a nyelvi változók bizonytalanságának leírására alkalmas matematikai eszköz. A tanulmány röviden bemutatja a fuzzy halmazelmélet és logika alapjait, valamint a Szerző eddigi kutatási eredményeit, melyeket a fuzzy matematika a műszaki menedzsment döntéshozatali folyamatában történő alkalmazásával kapcsolatban elért.

Kulcsszavak: fuzzy halmazelmélet; menedzsment; döntéshozatal

Abstract: During decision-making the technical management often uses so-called linguistic variables, which are sources of uncertainty. The fuzzy set theory and logic are mathematical tools to describe uncertainties of these linguistic variables. The aim of this paper to show the bases of fuzzy set theory and logics as well as the scientific results of the author in application of fuzzy mathematics during decision-making of technical management.

Keywords: fuzzy set theory; management; decision making

1. BEVEZETÉS

Napjaink korszerű technikai berendezései és döntéshozatali módszerei mind szélesebb körben alkalmaznak valamilyen fuzzy eszközt, fuzzy szabályzó vagy szakértői rendszert. A fuzzy halmazelmélet 1965-ben született meg, LOFTI ZADEH „Fuzzy Sets” című cikkében [19]. Ez egy olyan új matematikai eszköz, mellyel a valós világ bizonytalanságait tudjuk modellezni.

A szótárak szerint a „fuzzy” angol szó jelentése (többek között): homályos, elmosódott, lágy körvonalú, életlen kontúrú. Alapvetően a *fuzzyság* a pontatlanság egy típusa. Olyan elemek csoportosításából, halmazából származó pontatlanság, melyeknek nincsenek határozott körvonalai. A fuzzy teóriájának egyik fő célja olyan módszerek kidolgozása, melyekkel szabályokba foglalhatók és megoldhatók a túlságosan bonyolult, hagyományos vizsgálati módszerek segítségével nehezen megfogalmazható problémák. Mérnöki szempontból a fuzzy logika és a fuzzy halmazelmélet olyan módszer, mellyel az analóg folyamatokat digitális eszközökkel (például személyi számítógépekkel) lehet modellezni. Más — inkább humán jellegű — tudományos fogalmazásban a fuzzy elmélet az intuíciót tekinti a központi magyarázó paradigmának.

Hazánkban több elismert művelője található a fuzzy matematika műszaki alkalmazásának. Ezek közül kiemelendő Kóczy [4] és Retter [17] könyve, melyek alaplémüként ismertetik a fuzzy logika, halmazelmélet és a fuzzy rendszerek elméleti alapjait.

Johannyák szerint a fuzzy szabálybázisok alapvetően két csoportba sorolhatók aszerint, hogy a szabályok antecedens részében szereplő nyelvi értékek milyen mértékben fedik alaphalmazukat. A [2] publikációjának első részében a sűrű és ritka szabálybázisok fogalmának áttekintése után ismertetésre kerül a leggyakrabban alkalmazott, sűrű

szabálybázisra épülő Mamdani következtetési módszer. Ugyanezen tanulmány második rész két olyan technikával foglalkozik Johannyák, ami megoldást kínál a ritka szabálybázisok kérdésére.

Szintén Johannyák fogalmazza meg azt, hogy a fuzzy rendszerek kialakításának egyik legkritikusabb szakasza a partíciók és a szabálybázis összeállítása. A [3] dolgozatuk azzal az esettel foglalkozik, amikor bemeneti és kimeneti adatpárok formájában rendelkezésre álló tanító halmaz alapján alakítjuk ki a rendszert. Ilyenkor két egymásnak ellentmondó igény kielégítése a cél. Ezek a következők: az approximációs képesség maximalizálása és a szabályok számának minimális szinten tartása. Cikkükben két ilyen saját fejlesztésű eljárást mutatnak be, amelyek egy iteratív algoritmus keretében szakaszosan bővítve a szabálybázist állítják elő az alacsony szabályszámú és kis tárigenyű fuzzy rendszert.

A tanulmány célja röviden bemutatni részben a fuzzy halmazelmélet és logika alapjait, valamint a Szerző eddigi kutatási eredményeit, melyeket a fuzzy matematika a műszaki menedzsment döntéshozatali folyamatában történő alkalmazásával kapcsolatban elért.

A cikk további része az alábbi fejezetekből áll: A 2. fejezet a fuzzy halmazelmélet és logika alapjait írja le, röviden. A 3. fejezet a fuzzy modellek alkalmazását ismerteti a kockázatbecslés során. A 4. fejezet a fuzzy szabálybázisú Hibamód és hatáselemzést mutatja be. Az 5. fejezetben egy, a Szerző által kidolgozott fuzzy logikára épülő műszaki döntési eljárás ismerhető meg. Végezetül a Szerző összefoglalja eddigi eredményeit és körvonalazza jövőbeni tudományos célkitűzéseit.

2. A FUZZY HALMAZELMÉLET ÉS LOGIKA

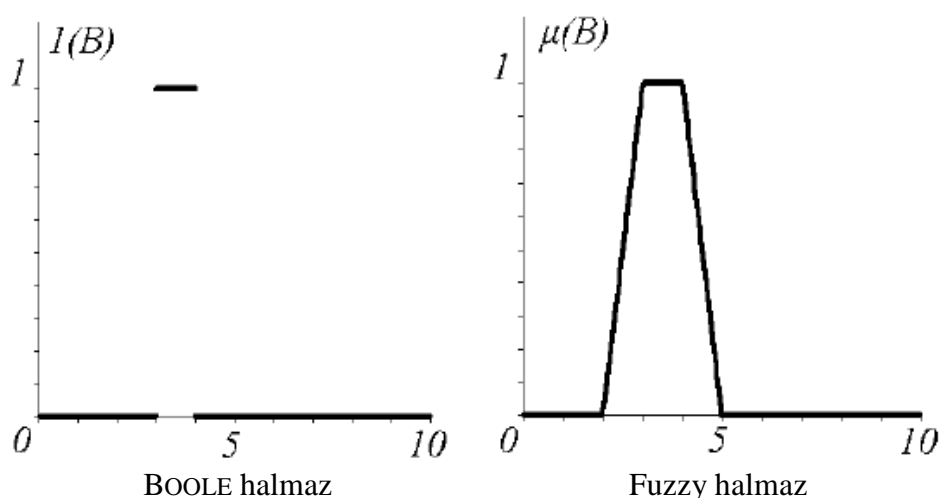
A fuzzy logika egy olyan sokértékű logika, mely egy következtetés eredményének megengedi a klasszikus logikában felvehető igaz {1} és hamis {0} közti — azaz a [0;1] zárt intervallumban definiált — bármely valós értéket.

A klasszikus halmazelmélettel összekapcsolt BOOLE-algebra pontosan definiált, és éles határral rendelkező halmazokkal végzendő műveletekkel foglalkozik.

Vegyünk például egy B jelű paramétert, mely értékeinek 3 és 4 között kell lennie, azaz:

$$3 \leq B \leq 4 \tag{1}$$

feltételt kell (kéne) kielégíteni.



1. ábra BOOLE és fuzzy halmazok összehasonlítása

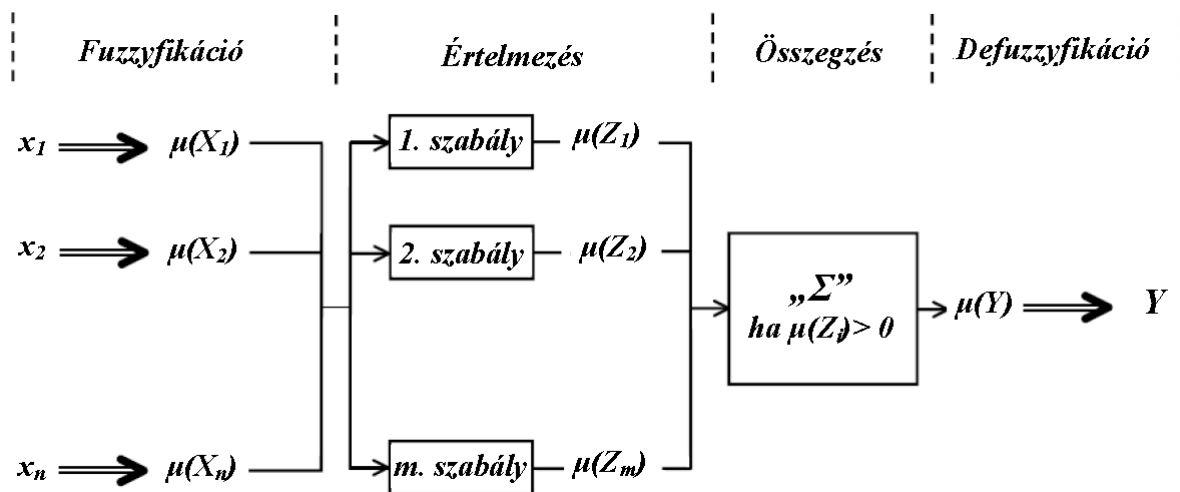
De, mi történik akkor, ha ezt a B értéket valamilyen mérés eredményeként kapjuk? Pontatlan a műszer, a skáláról rosszul olvassuk le az értéket. Ekkor fog „elfuzzysodni” az (1) egyenlőtlenség kielégítésének igaz volta. Ugyanis — figyelembe véve a fenti tévedési lehetőségeket — a B értékének meghatározásában pontatlanság lép fel. Ezt a pontatlanságot — azaz a $3 \leq B \leq 4$ feltétel teljesítésének igaz voltának mértékét — a B jellemző $\mu(B)$ jelű tagsági függvényével tudjuk jellemezni. A tagsági függvény — követve a klasszikus logikát — csak a:

$$0 \leq \mu \leq 1 \quad (2)$$

értéket veheti fel. Például, esetünkben ezt a pontatlanságot megadhatjuk az alábbi függvénnyel:

$$\mu(B) = \begin{cases} 0 & \text{ha } x \leq 2 \\ x-2 & \text{ha } 2 < x < 3 \\ 1 & \text{ha } 3 \leq x \leq 4 \\ 5-x & \text{ha } 4 < x < 5 \\ 0 & \text{ha } 5 \leq x \end{cases} \quad (3)$$

Egy fuzzy logikai módszert alkalmazó döntéshozatali eljárás vagy fuzzy szabályzó rendszer lényegében a 2. ábrán szemléltetett folyamatot hajtja végre. Ezek a rendszerek, folyamatok egy időben több logikai szabályt — úgynevezett szabálybázist — alkalmaznak. A szabálybázis sajátossága, hogy a logikai szabályok arisztotelészi logika szerinti megoldásai — egy időben — eltérő eredményeket adhatnak. Lényegében ezen ellentmondást oldja fel a fuzzy logika alkalmazása.



2. ábra Fuzzy rendszerben lejátszódó folyamat

Fuzzifikáció

Az első lépésben — melyet fuzzifikációnak nevezünk — a rendszer konkrét értékekkel bíró bemenő jellemzőinek pillanatnyi éles értékeihez egy-egy fuzzy tagsági értéket rendelünk. Ekkor, például a (3) egyenlethez hasonló meghatározásokat alkalmazunk például a bemeneti adatok pontatlanságainak, bizonytalanságainak jellemzésére. A fuzzifikáció elvégzéséhez

először is meg kell határozni — még a döntéshozatali modell felállításakor — a modellezés során alkalmazandó kategóriákat, azaz nyelvi változókat és a hozzájuk kapcsolódó tagsági függvényeket.

Értelmezés

Ebben a lépésben az előzőleg meghatározott fuzzy értékek felhasználásával határozzuk meg az összes szabály alkalmazásának eredményeit. Ezeket a szabályokat a rendszer felállításakor kell meghatározni.

Összegzés

Az összegzésben az értelmezés során kapott, nem zérusértékű eredmények összefűzése történik. A következtetési algoritmus eredményül egy fuzzy halmazt ad. Ez az elsődleges konklúzió, mely általában lingvisztikai kifejezésekkel közelíthető, vagy összetett rendszerek esetén más fuzzy irányítási rendszer bemeneti adataként használható.

Defuzzifikáció

A folyamat utolsó lépése az úgynevezett defuzzifikáció. Ekkor a fuzzy konklúzió alapján ki kell választani azt a konkrét értéket, mely az adott fuzzy halmazt az alkalmazástól, illetve modellezett rendszertől függően legjobban jellemzi. Az alkalmazás típusától függően a fuzzy halmaz értelme eltérő lehet, ezért a megfelelő eredmény eléréséhez különböző defuzzifikációs módszerek közül célszerű választani.

3. FUZZY MODELL ALKALMAZÁSA A KOCKÁZATBECSLÉSBEN

A kockázatkezelés folyamatának kiemelten fontos momentuma a kockázati szint becslése, amelynek során objektív értékítélet alakítható ki az egyes kockázati tényezőkről. Metodológiai szempontból célszerű ezt a fázist is jól elkülöníthető lépésekre bontani.

A teljes kockázat meghatározására, becslésére alkalmazott módszereket két csoportba sorolhatjuk. Az úgynevezett kemény (más néven kvantitatív) módszerek esetén a kockázat mértékét a várható veszteség számszerűsített nagyságának, és a veszteség bekövetkezés valószínűségének szorzatával határozzuk meg. A veszteség ilyen számszerűsített kifejezése lehet például a befektetett vagy hitelezett összeg vagy a kifizetendő kártérítés nagysága. A veszteség bekövetkezésének valószínűségét — KOLMOGOROV axiómarendszerét felhasználva — a $[0;1]$ intervallumon belüli számmal jellemezhetjük.

	Gyakori	Valószínű	Eseti	Ritka	Valószínűtlen
Katasztrófikus	NM	NM	M	M	K
Kritikus	NM	M	M	K	A
Csekély	M	K	K	A	A
Elhanyagolható	K	A	A	A	A

Nagyon Magas;

Magas;

Közepes;

Alacsony.

1. Táblázat Kockázatbecslési Mátrix

Számos, üzemeltetési, környezetvédelmi, katonai és politikai döntéshozatalban az ilyen típusú kockázatbecslés nem alkalmazható, szakmai és főleg erkölcsi okok miatt. Az úgynevezett lágy kockázatbecslő eljárások valamilyen kvalitatív eljárást alkalmaznak. Az egyik ilyen módszer a fuzzy szabálybázison alapuló kockázatbecslés.

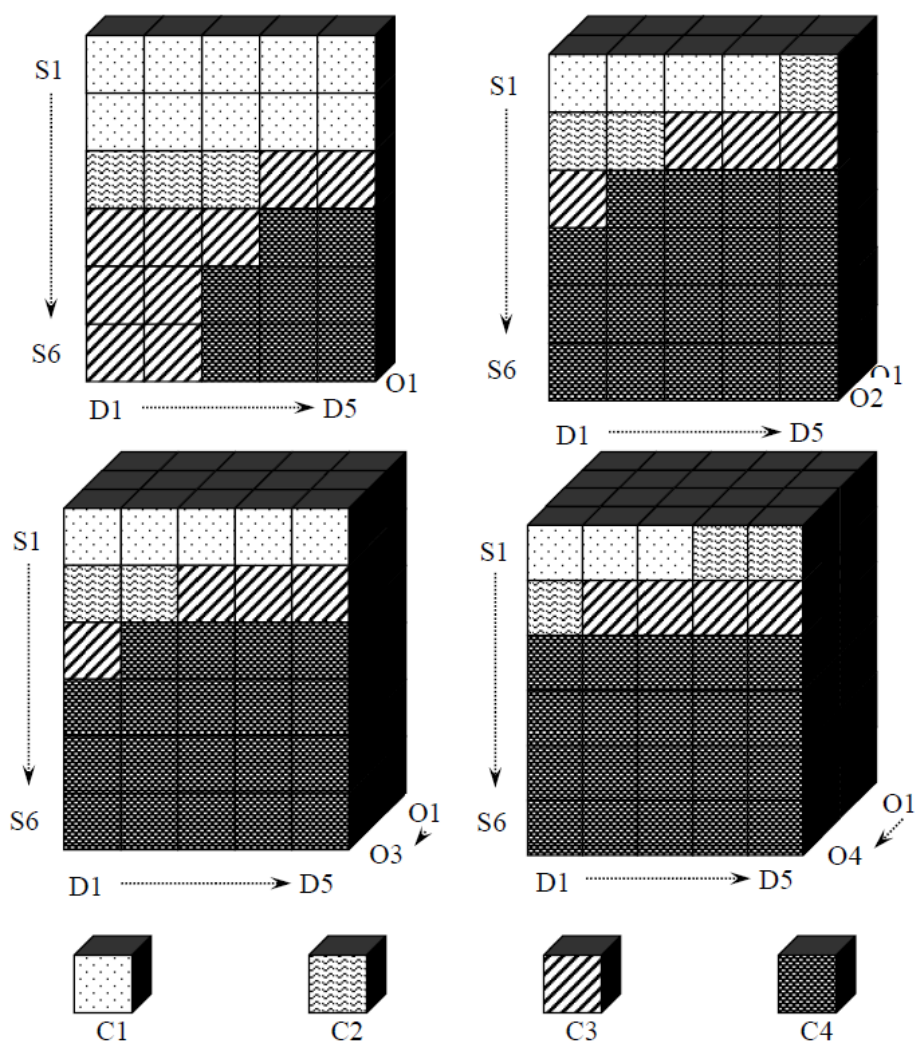
Kockázat súlyosság és valószínűség függvényében meghatározó szabálybázist a

Kockázatbecslési Mátrix (Risk Assessment Matrix) meghatározásával írjuk le. Az 1. Táblázat egy Kockázatbecslési Mátrixot mutat, amely 20 *ÉS* kapcsolatot tartalmazó logikai kifejezést szemléltet. Ezek a kifejezések alkotják esetünkben a kockázatbecslési eljárás szabálybázisát.

A Szerző ez irányú eredményei részletesebben az [5]; a [7]; a [10] és a [11] irodalmakból ismerhető meg.

4. FUZZY FMEA

A technikai eszközök, rendszerek meghibásodásának kockázata alapvetően a bekövetkezés gyakoriságától (valószínűségétől), a következmény súlyosságától, és a hiba vagy az azt kiváltó ok felderíthetőségétől (detektálhatóságától) függ. Egy integrált technikai rendszer megbízhatóságának növelése — akár tervezés vagy az üzembenntartása során — a lehetséges hibák kockázati szintjének elemzésével együtt lehetséges. A hibamód- és hatáselemzés (FMEA – Failure Mode and Effect Analysis) célja egy technikai rendszer vagy folyamat hibalehetőségeinek, az azokat előidéző okok felismerése, valamint kockázati szint szerinti rangsorolása. Az eljárás leírására és alkalmazására különböző szabványokat dolgoztak ki. Ilyen például az IEC Standard Publication 812 [1].



3. ábra FMEA szabálybázis

Az elemzés során egy szakértő csoport meghatározza a vizsgált rendszerben fellépő összes lehetséges hibát és azok kiváltó okait. Az így meghatározott okok kockázati mértékét azok bekövetkezési gyakorisága, súlyossága és észlelhetősége függvényében határozzák meg, általában a fenti három tényező szorzataként. Ha a tényezők meghatározásához nem rendelkezünk megfelelő statisztikai adathalmazzal, a szakértők véleményére épülő becslött értékeket kell alkalmaznunk. A szakértői vélemények — az eltérően értelmezett nyelvi kategóriák, fogalmak következtében — bizonyos fokú bizonytalanságot tartalmaznak.

A következőkben egy Magyarországra is települt multinacionális vállalatnál elvégzett fuzzy logikai hibamód és hatás elemzés egy elemén keresztül — egy adott hiba kockázati szintjének meghatározását — mutatjuk meg. Mivel az elvégzett vizsgálat részleteinek közléséhez a megrendelő nem járult hozzá, a vizsgálatot a konkrét szakmai (nem az FMEA módszertanához kapcsolódó) részletek mellőzésével tesszük meg.

Mivel a kockázati szint három jellemző függvénye, így a szabálybázist szemléltetni egy — a RUBIK kockához hasonlító — úgynevezett háromdimenziós mátrixszal lehetséges. Ezt mutatja a 3. ábra.

A Szerző fuzzy szabálybázis alapú FMEA kidolgozásával kapcsolatos eredményeit a [8]; [11]; és [12] publikációiban tette közzé.

5. FUZZY DÖNTÉSI MODELL

Az üzemeltetés irányítása során gyakran előfordulhat, hogy döntéshozatalhoz nem rendelkezünk megfelelő — például valamilyen hatósági vagy törvényi előírásban szereplő — határadattal. Ilyenkor úgynevezett szakértői riportok készítése és azok kiértékelése szükséges. Ilyen esettel találkozott a Szerző, amikor a Mi-8 *Hip* helikopter féklevégő-rendszerének diagnosztikára épülő irányítási rendszerét dolgozta ki [10]. Fontos megjegyezni, hogy még a legkisebb, de már kellő ismerettel rendelkező szakember is jelentős mérvű tapasztalattal rendelkezik, de ennek korrekt számszerűsítése igen nehéz feladatot jelent. A szakértők kikérdezésével kapjuk meg a fuzzy-alapú döntéshozatali eljárás kiinduló adatait. Mivel ezek a szakértői vélemények egyéni tapasztalatok kiértékeléséből származnak, jelentős szubjektivitással bírnak. Ezért nem lehet ezeket „teljesen objektív” adatokként kezelni — de fuzzy tagsági értékeknek tekinthetők.

A helikopterek megengedhető fékhatás-csökkenésének, illetve fékaszimmetriájának, valamint az ellenőrzések közötti naptári és repült idő meghatározására végzett szakértői felmérés eredményeit szemlélteti a 2. Táblázat.

A kérdésekre a négy — a Magyar Honvédségben akkor harcrendben lévő — helikoptertípus földi és légi üzemeltetői válaszoltak, azért, mert mind a négy típus féklevégő-rendszerének felépítése lényegében megegyezik, eltérések csak a működési paramétereik között találhatóak. Ezért a más típuson szerzett üzemeltetési tapasztalatok a vizsgált Mi-8 helikopter esetén is felhasználhatók.

A választ adók helikoptervezetők és műszakiak csoportra oszthatók. Ez utóbbiak közé kerültek a — hajózó állományba tartozó — fedélzeti technikusokat is. A fedélzeti technikusok a helikoptert nem vezetik, így a fékrendszert sem használják közvetlenül, hanem — mint ahogy a földi üzemeltetők is — a műszaki üzemeltetését végzik.

Érdekes itt megjegyezni, hogy mind két jellemzőre a helikoptervezetők kisebb megengedhető értékeket adtak meg, így a tagsági függvények is eltérnek egymástól. Ez azzal magyarázható, hogy a helikopter fékezését a pilóták végzik, ami miatt egy más, pontosabb szempontból látják a felvetett problémát is. Viszont az adott válaszok közti korreláció értéke, melyek a 9. Táblázatban találhatóak, a műszakiak esetében nagyobb. Ami a műszaki állomány következetesebb technikai tudását igazolja. Ez pedig a végzett munka, a szakmai irányultság

és az alapvetően több műszaki ismeret következménye. Lényegében a fuzzy logika a fenti szemléletbeli eltérésekből adódó logikai ellentmondások feloldására szolgál.

		műszaki	hel. vez.	összesen
Megengedhető fékhatás-csökkenés [%]	min.	0,0	0,0	0,0
	max.	50,0	50,0	50,0
	átlag	20,5	17,8	18,6
	medián	20,0	17,5	20,0
Megengedhető fékaszimmetria [%]	min.	0,0	0,0	0,0
	max.	35,0	25,0	35,0
	átlag	10,1	7,4	8,3
	medián	5,0	5,0	5,0
Korreláció a megengedett fékhatás és aszimmetria között		0,475	0,164	0,313
Ellenőrzések közti üzemidő [repült óra]	min.	5,0		
	max.	200,0		
	átlag	79,8		
	medián	100,0		
Ellenőrzések közti naptári idő [nap]	min.	3,0		
	max.	365,0		
	átlag	121,7		
	medián	60,0		

2. Táblázat Szakértői felmérés statisztikai eredményei

Az ellenőrzések közti naptári és repült üzemidők vizsgálatánál csak a műszaki állomány válaszai kerültek elemzésre. A technológiákban és kiszolgálási utasításokban meghatározott műszaki kiszolgálási munkákat ők végzik, így csak az ő tapasztalatuk tekinthető mérvadónak.

Ellenőrzések közti üzemidő meghatározása

Első feladat a Szerző által kidolgozott állapotfigyelésre épülő üzemeltetés irányítási rendszerhez az ellenőrzési ciklusidők meghatározása — a szakértői felmérés eredményeinek felhasználásával.

Mivel már egy üzemeltetett, harcrendben lévő típusra kell az ellenőrzési ciklusidőt meghatározni, így azt egy már meglévő és működő ellenőrzési, karbantartási időrendbe kell beilleszteni. Első lépésként fel kell írni az ehhez kapcsolódó döntési (logikai) kifejezést:

$$\begin{aligned}
 & \mathbf{HA} && a_utolsó_kontrol_óta_eltelt_naptári_idő \\
 & \mathbf{VAGY} && a_repült_óra_miatt_szükséges, \\
 & \mathbf{AKKOR} && kontrol_kell_végeajtani.
 \end{aligned} \tag{4}$$

Célszerűnek látszik, hogy a logikai következtetés igazságértéke 0,7 ~ 0,8 közt legyen, ami egyben azt is jelenti, hogy az ellenőrzés elvégzése 0,3 ~ 0,2-es igazságértékkel felesleges. Ekkor nem túl gyakran végzünk ellenőrzéseket, de még nem nagy kockázatot vállalunk, hogy két ellenőrzés között meghibásodás lépjen fel. Ezek alapján — a szakértői vélemények figyelembevételével — az ellenőrzéseket

$$100^{+20-10} \text{ repült óra}$$

üzemidő után, valamint

a téli, illetve nyári átállási munkák során

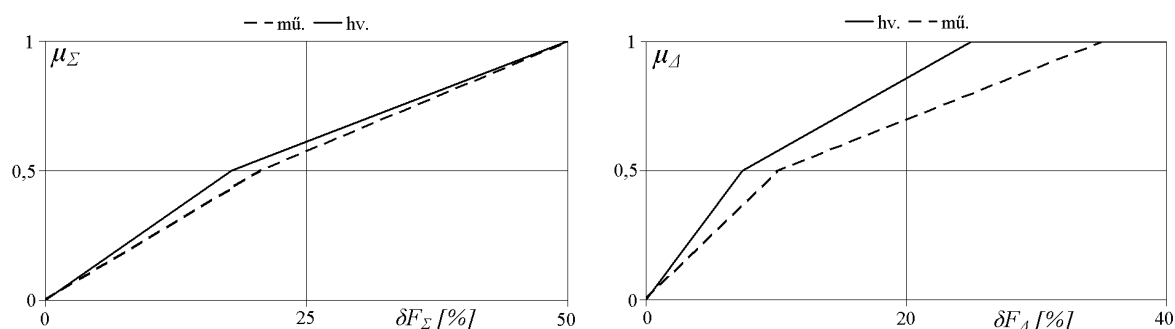
javasolt elvégezni.

Megengedhető paramétereltérések meghatározása

Következő feladat a megengedhető paraméter-eltérések (fékhatás-csökkenés és fék aszimmetria) meghatározása a szakértői felmérés alapján. Ekkor azt a két paraméterértéket kell kiválasztanunk, melyek megfelelő igazságértékkel kielégítik a

$$\begin{aligned} \text{HA} & \quad a_f\acute{e}khat\acute{a}s - cs\acute{o}kken\acute{e}s \\ \text{VAGY} & \quad a_f\acute{e}kaszimmetria_el\acute{e}ri_a_hat\acute{a}r\acute{e}rt\acute{e}ket, \\ \text{AKKOR} & \quad jav\acute{i}t\acute{a}st_kell_v\acute{e}grehajtani. \end{aligned} \quad (5)$$

döntést — logikai kijelentést.



4. ábra Megengedhető paraméter-eltérések tagsági függvényei

A (5) logikai kifejezésben a **VAGY** kapcsolat szerepel, aminek a **MAXIMUM** operátor fuzzy megfelelője. Ezért a kifejezés akkor fogja elérni a meghatározott igazságértéket, ha bármelyik feltétel tagsági értéke eléri azt. Így a határértékek meghatározása a tagsági függvények azon értékeinek keresését jelenti, ahol az eléri a megállapított értéket. Célszerűnek látszik itt is, hogy a (5) logikai következtetés igazságértéke 0,7 ~ 0,8 között legyen. Ez egyben azt is jelenti, hogy a javítás, karbantartás elvégzése 0,3 ~ 0,2 igazságértékkel feleslegesnek tűnik. A 3. Táblázat szemlélteti a két értékhez tartozó, mind a helikoptervezetők, mind a műszakiak válaszeit, tagsági függvényei alapján meghatározott megengedhető paraméter-eltérések értékeit.

	$\delta F_{\Sigma h} [\%]$		$\delta F_{\Delta h} [\%]$	
	$\mu(\Sigma) = 0,7$	$\mu(\Sigma) = 0,8$	$\mu(\Delta) = 0,7$	$\mu(\Delta) = 0,8$
Helikoptervezetők	30,68	37,10	14,44	17,96
Műszakiak	32,30	38,20	20,06	25,04

3. Táblázat Igazság értékekhez tartozó eltérések

Az így kapott eredmények alapján, a Szerző által korábban kidolgozott matematikai

diagnosztikára épülő üzemeltetés-irányítási eljáráshoz javasolt megengedhető paraméter-eltéréseket a 4. Táblázat tartalmazza. Összehasonlítás céljával a harmadik oszlop a statisztikai elemzésekkel kapott eredményeket szemlélteti.

	Fuzzy eredmény	Statisztikai eredmény
$\delta F_{\Sigma h} [\%]$	20	10
$\delta F_{\Delta h} [\%]$	10	2,5

4. Táblázat Javasolt megengedhető paraméter-eltérések

A fuzzy logika alkalmazásával tett mindkét javaslat eltér a Szerző korábban tett javaslataitól, azoknál enyhébbek. Az [10] irodalomban is bemutatott állapotbecsléssel meghatározott eltérések (0,1 ~ 0,6 %) nagyságrendekkel kisebbek a szakértői válaszok statisztikai kiértékelésével megállapított (2,5 ~ 10 %) határértékeknél.

Az ebben a fejezetben ismertetett eljárás részletesebben tanulmányozható a Szerző [6] és [9] munkáiban.

4. ÖSSZEGZÉS

A cikk a Szerző eddig elért tudományos eredményeit foglalta össze, melyeket a fuzzy halmazelméletre épülő döntés-előkészítő módszerek kidolgozásában ért el. A fentiekben bemutatott módszerek kidolgozásán túl a Szerző PhD. hallgatóival megalapította a folyamat- és rendszermodellezés *Virtual Lab of Process & System Modeling* nevű virtuális laboratóriumát [13]. A laboratórium www.prosysmod.hu weblapjára látogató megismerheti a Laboratóriumot, valamint tagjait érintő híreket, tájékozódhat az aktuális kutatási területekről; a laboratórium tagjairól; az elért eredményekről (publikációkról); az együttműködő személyekről és szervezetekről; a Laboratórium tagjai előtt álló eseményekről.

Portik tanulmányai során a fuzzy matematika újabb alkalmazási lehetőségeit elemzi a műszaki menedzsment döntéshozatali folyamatában [14]. Varga tudományos munkája a különböző fuzzy technikák, eljárások vizsgálatára koncentrál a minőségtervezés, illetve biztosítás különböző területein.

A laboratórium tagjainak jelenleg az egyik közös kutatási területe egy, a fuzzy halmazelméletre épülő beszállító értékelési módszer kidolgozása. Az ezzel kapcsolatos eredmények [15] és [16] irodalmakban olvashatóak.

A Szerző további tudományos kutatómunkája során olyan tanulmányok elkészítését, illetve döntéstámogató eljárások kidolgozását tűzte ki célként, amelyek az emberi gondolkodás során használt nyelvi változók bizonytalanságát, esetleges ellentmondását a fuzzy matematikai eszközökkel oldják fel.

5. FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] IEC (1985), Analysis techniques for system reliability Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA), IEC Publication 812.
- [2] JOHANYÁK Zs. Cs., Kovács Sz.: Fuzzy következtetés sűrű és ritka szabálybázisok esetén, Magyar Tudomány Ünnepe, Bács-Kiskun Megyei Tudományos Fórum, Kecskemét, 2005. november.10, ISSN: 1586-846x, pp. 201-206.
- [3] JOHANYÁK, Zs. Cs., KOVÁCS, Sz., Fuzzy rendszer generálása szabálybázis bővítéssel, AGTEDU 2007, 2007 november 8, Kecskemét, ISSN: 1586-846x, pp. 241-246.

- [4] **KÓCZY, T. L. – TIKK, D.**, Fuzzy rendszerek, Typotext Kiadó, Budapest, 2000., pp. 209.
- [5] **POKORÁDI L.**, Reliability decision based upon fuzzy logic, Bulletin for Applied and Computing Mathematics, BAM-1957/2002 XCIX. p.6–15.
- [6] **POKORÁDI L.**, Fuzzy Logic-Based Maintenance Decision, Bulletins in Aeronautical Sciences, XIV. volume 1. 2002., p. 153–158.
- [7] **POKORÁDI L.**, Fuzzy Logic-Based Risk Assessment, AARMS, Academic and Applied Research in Military Science, Volume 1, Issue 1 (2002) p. 63–73.
- [8] **POKORÁDI L.**, Fuzzy FMEA to Investigate Bearing Manufacturing Process, Bulletin for Applied and Computing Mathematics, BAM-CIX/2006, Nr. 2288, p.117–123.
- [9] **POKORÁDI L.**, Fuzzy Modelling of Experts' Opinion, Proceedings of the Eleventh Symposium of Mathematics and its Applications, Timisoara, Rumania, 2–5 November, 2006., p. 224–229.
- [10] **POKORÁDI L.**, Rendszerek és folyamatok modellezése, Debrecen: Campus Kiadó, 2008. 242 p., ISBN:978-963-9822-06-1
- [11] **POKORÁDI L.**, Application of Fuzzy Set Theory for Risk Assessment, Journal of KONBiN (ISSN 1895-8281), No 2,3 (14,15) 2010, Warsaw, p. 195-204. (DOI: 10.2478/v10040-008-0177-5)
- [12] **POKORÁDI L.**, Bearing Manufacturing Process Fuzzy Failure Modes and Effects Analysis, Scientific Bulletin of the „Polytechnica” University of Timișoara, Romania, Transactions on Mechanics (ISSN 1224-6077), Vol. 55(69), Issue 2, 2010, pp. 30-35.
- [13] **POKORÁDI L.**, Folyamatok és rendszerek modellezése – egy virtuális laboratórium, Műszaki Tudományos Füzetek, Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka XVII., Erdélyi Múzeum-Egyesület kiadványa, Kolozsvár, 2012. március 22–23. (ISSN 2067–6808) p. 283–286.
- [14] **PORTIK T.**, Matematikai modellezési lehetőségek az üzemeltetés-menedzsmentben, irodalom áttekintő tanulmány, Debreceni Műszaki Közlemények, 2010/1 pp. 63–68
- [15] **PORTIK T., VARGA T., POKORÁDI L.**, Development of Supplier-rating based on Fuzzy Set Theory, Proc. of the 10th International Conference Modern Technologies in Manufacturing MTeM 2011, (ISBN 978-606-8372-02-0), p. 279- 282.
- [16] **PORTIK T., VARGA T.**, 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
- [17] **RETTÉR GY.**, Fuzzy, neurális genetikus, kaotikus rendszerek, Akadémiai Kiadó, Budapest, 2006., pp. 432.
- [18] **VARGA T.**, A fuzzy logika alkalmazási lehetőségei a minőségtervezésben, Debreceni Műszaki Közlemények, 2010/1 pp. 43–51.
- [19] **ZADEH, L.**, Fuzzy Sets, Information and Control, 8 (1965), p. 338–353.