XIV. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2009. március 26-27.

FUZZY MODELLEK AZ ÜZEMELTETÉSI DÖNTÉSHOZATALBAN

Prof. dr. Pokorádi László

Abstract

The fuzzy set-theory is a very new mathematical tool to model inaccuracy of human thinking. Using fuzzy tools, the expert knowledge can be investigated and decision problems can be modeled and solved. The paper shows a methodology of expert knowledge-based aircraft maintenance management decision making using fuzzy tools.

Keywords: modelling, fuzzy set theory, maintenance, decision-making

Összefoglalás

A fuzzy halmazelmélet egy olyan új matematikai eszköz, mellyel le tudjuk írni az emberi gondolkodás pontatlanságát. Fuzzy eszközök alkalmazásával a döntéshozatali problémákat modellezni és megoldani tudjuk. A tanulmány a fuzzy halmazelmélet alkalmazási lehetőségét mutatja be egy repülőgép-üzemeltetési döntéshozatali példán keresztül.

Kulcsszavak: modellezés, fuzzy halmazelmélet, karbantartás, döntés

1. Fuzzy halmazelméletéről – röviden

Napjaink korszerű technikai berendezései és döntéshozatali módszerei mind szélesebb körben alkalmaznak valamilyen fuzzy eszközt, szabályzó vagy szakértői rendszert. A fuzzy halmazelmélet 1965-ben született meg, *Lofti Zadeh* Fuzzy Sets című cikkében [5]. A fuzzy logika egy olyan új matematikai eszköz, mellyel a valós világ bizonytalanságait tudjuk modellezni.

Egyes magyar szakirodalmak minősítő logikának is nevezik a matematika ezen ágát. 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 olyan módszer, mellyel az analóg folyamatokat digitális eszközökkel (például személyi számítógépekkel) lehet modellezni. Más — humán jellegű — tudományos fogalmazásban a fuzzy elmélet az intuíciónak tekint a központi magyarázó paradigmának.

A fuzzy logika úgynevezett sokértékű logika, mely egy következtetés eredményének megengedi a klasszikus logikában felvehető igaz {1} és hamis {0} közti — azaz a [0;1] zárt intervallumban defi-

niált — bármely valós értéket is.

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

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

$$3 \leq B \leq 4 \quad (1)$$

feltételt kell (kéne) kielégíteni. 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. értéket veheti fel.

Például, esetünkben ezt a pontatlanságot megadhatjuk az 1. ábra jobb oldali függvényével:

1. ábra. Boole és fuzzy halmazok összehasonlítása

2. Fuzzy döntési modell

Az üzemeltetés irányítása során gyakran előfordulhat, hogy döntéshozatalhoz nem rendelkezünk megfelelő — például valamilyen hatósági vagy törvényi előírásban szereplő — adattal. Ekkor szakértői riportok készítése és azok kiértékelése szükséges. 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.

Ilyen esettel találkozott a Szerző, amikor a Mi-8 *Hip* helikopter féklevegő-rendszerének diagnosztikára épülő irányítási rendszerét dolgozta ki. Feladat a megengedhető paraméter-eltérések (fékhatás-csökkenés és fék aszimmetria) meghatározása volt szakértői felmérés alapján.

A megengedhető értékek meghatározására végzett szakértői felmérés eredményeit szemlélteti az 1. táblázat.

1. táblázat. Szakértői felmérés statisztikai eredményei

		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

A helyes döntéshez azt a két paraméterértéket kell kiválasztanunk, melyek megfelelő igazságértékkel kielégítik a

HA *a fékhatás-csökkenés*

VAGY *a fékaszimmetria*

Eléri a határértéket

AKKOR *karbantartást kell végrehajtani*

döntést — azaz logikai kijelentést.

A fékhatás-csökkenés meg nem engedhetőségének illetve, a megengedhető fékaszimmetria tagsági függvényeit a helikoptervezetők és a műszakiak válaszának értékelése alapján a 2. ábra szemlélteti

2. ábra. Megengedhető paraméter-eltérések tagsági függvényei

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 a műszakiak esetében nagyobb. Ami a mű-

szaki állomány következetesebb technikai tudását, nagyobb műszaki affinitását igazolja. Ezek 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. A fenti logikai kifejezésben a **VAGY** kapcsolat szerepel, aminek a **MAXIMUM** operátor a fuzzy logikai megfelelője. A kifejezés akkor fogja elérni a meghatározott igazságértéket, ha valamelyik 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 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.

Az így kapott eredmények a diagnosztikára épülő üzemeltetés-irányítási eljáráshoz javasolt megengedhető paraméter-eltérések:

Fékhátas csökkenés: 20 %

Fék aszimmetria: 10 %

A fuzzy logika alkalmazásával tett mindkét javaslat eltér a Szerző korábbi — más módszerekkel meghatározott — javaslataitól, azoknál enyhébbek. Az állapotbecsléssel meghatározott eltérések (0,1 ~ 0,6 %) nagyságrendekkel kisebbek a szakértői válaszok statisztikai kiértékelésével megállapított (2,5 ~ 10 %) határértékeknél. A Szerző is — üzemeltetési, modellvizsgálati tapasztalatai alapján — ez utóbbiakat tartja megfelelőnek, bár egzakt bizonyítást nem tud adni véleménye igazolására. Pont ezen intuíciók leírására alkalmasak a fuzzy halmazelméletre épülő döntéshozatali modellek.

Irodalom

- [1] Borgulya, I., *Neurális hálók és fuzzy-rendszerek*, Dialóg-Campus Kiadó, Pécs, 1998., pp. 226.
- [2] IEC (1985), *Analysis techniques for system reliability Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA)*, IEC Publication 812.
- [3] Pokorádi, L., *Rendszerek és folyamatok modellezése*, Campus Kiadó, Debrecen, 2008., pp. 242.
- [4] Qimi Jiang – Chun-Hsien Chen, *A multi-dimensional fuzzy decision support strategy*, *Decision Support Systems*, in press, corrected proof, available online 13 November 2003.
- [5] Zadeh, L., *Fuzzy Sets*, *Information and Control*, 8 (1965), p. 338–353.

Prof. dr. Pokorádi László, a műszaki tudomány kandidátusa

Munkahely: Debreceni Egyetem, Agrártudományi Centrum Műszaki Kar

Cím: H-4028 Debrecen, Ótemető u. 2-4

Telefon / Fax: +36-52-416-361/+36-52-418-643

E-mail: pokoradi@mfk.unideb.hu