

GÉP

A GÉPIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET MŰSZAKI FOLYÓIRATA



2009/4–5.

128 oldal
LX. évfolyam

GÉP

A GÉPIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET

műszaki, vállalkozási, befektetési, értékesítési, kutatás-fejlesztési, piaci információs folyóirata

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG

Dr. Döbröczeni Ádám
elnök


Dr. Kálmán András
főszerkesztő
Dr. Péter József
Dr. Szabó Szilárd
főszerkesztő-helyettesek

Dr. Barkóczi István
Bányai Zoltán
Dr. Beke János
Dr. Bercsey Tibor
Dr. Bukoveczky György
Dr. Czitán Gábor
Dr. Danyi József
Dr. Dudás Illés
Dr. Gáti József
Dr. Horváth Sándor
Dr. Illés Béla
Dr. Jármái Károly
Kármán Antal
Dr. Kulcsár Béla
Dr. Orbán Ferenc
Dr. Pálincás István
Dr. Patkó Gyula
Dr. Péter László
Dr. Penninger Antal
Dr. Rittinger János
Dr. Szabó István
Dr. Szántó Jenő
Dr. Tímár Imre
Dr. Tóth László
Dr. Varga Emilné Dr. Szűcs Edit

TUDÁSALAPÚ TÁRSADALOM/GAZDASÁG ÉS AZ INNOVÁCIÓ



Az ezredforduló táján az emberiség új korszakba, az ipari forradalomból a tudásalapú társadalomba illetve gazdaságba lépett. A tudásalapú társadalmat legjobban az úgynevezett tudásháromszöggel jellemezhetjük, amelyben az oktatás a kutatás és az innováció szinergikus egységben kulcsszerepet játszik a munkahelyteremtésben és a gazdasági növekedésben. Magyarországon a társadalmi/gazdasági fejlődésnek – az erőforrások hiánya miatt – egyedül az innováció vezérelt modellje lehet eredményes. Ennek érdekében azonban mindhárom tényezőbe befektetésre van szükség. A Dunaújvárosi Főiskola felismerve a fenti összefüggéseket a jelentőségét az elmúlt évtizedben jelentős erőfeszítéseket tett az oktatási és kutatási tevékenység fejlesztésére, minőségének javítására. Többek között létrehozunk egy úgynevezett Regionális Egyetemi Tudásközpontot, több kutatási célt nagyobb laboratóriumot, és jelentősen bővült a kutatásban résztvevő „minősített” oktatók száma. A kutatásnak újabb lendületet adhat a TIOP és a TÁMOP pályázatok általa következő 2 évben megvalósuló mintegy 4 mdFt-os újabb fejlesztések. Az innovációnak a vállalkozásoknál kell megnyilvánulni, úgy hogy javuljon a versenyképességük, növekedjen a profitjuk. A főiskolán folyó kutatások döntően alkalmazott kutatások, amelyek a vállalkozások innovációs szükségleteire épülnek. Természetesen a kutatási eredmények beépülnek a képzéseink tartalmába, biztosítva ezáltal is „tudományos” naprakészséget, valamint konferenciákon, publikációkban ismerkedhet meg velük a szélesebb szakmai közönség. A gazdaság és a felsőoktatás együttműködése számtalan közvetlen, kölcsönös előnnyel jár. A felsőoktatás számára kiemelendő az oktatási és kutatási infrastruktúra fenntarthatóságát biztosító forrásszerzési lehetőség (innovációs járulék), a gyakorlatorientált lehetőségek biztosítása a hallgatóknak (diplomamunka) és oktatóknak egyaránt, amely a minőség javulásához járul hozzá. A vállalkozások számára pedig az innovációs aktivitás erősítését jelenti azáltal, hogy hozzáfér a „tudásbázishoz” a K+F infrastruktúrához, egyúttal lehetősége nyílik a hallgatók, mint potenciális munkavállalók megismerésére, illetve a képzési tartalom és struktúra igényeik szerinti alakítására. Reméljük, hogy mindezeket a jelen és a közeljövő gyakorlata mindannyiunk előnyére visszaigazolja.


Dr. Bognár László
rektor

A szerkesztésért felelős: dr. Kálmán András. A szerkesztőség címe: 3529 Miskolc, Budai József u. 46.

Telefon/fax: (46) 325-504, 20/9358-812 E-mail: kaestsa@t-online.hu

Kiadja a Gépipari Tudományos Egyesület, 1027 Budapest, Fő u. 68. Levélcím: 1371 Bp. Pf.: 433.

Telefon: 202-0656, fax: 202-0252, e-mail: ficze.gte@mtesz.hu, internet: www.gte.mtesz.hu

A GÉP internetcíme: <http://gep-ujtag.fw.hu>

Kereskedelmi és Hitelbank: 10200830-32310236-00000000

Felelős kiadó: DR. IGAZ JENŐ ügyvezető igazgató.

Gazdász Nyomda Kft. 3534 Miskolc, Szervezet u. 67. Tel.: (46) 379-530 E-mail: gazdasz@chello.hu Felelős vezető: Vesza József

Előfizetésben terjeszti a Magyar Posta Rt. Hírlap Üzletága 1008 Budapest, Orczy tér 1.

Előfizethető valamennyi postán, kézbesítőkénél, e-mailen: hirlapelofizetes@posta.hu, faxon: 303-3440. További információ: 06 80/444-444

Egy szám ára: 900 Ft + áfa. Dupla szám ára: 1800 Ft + áfa.

Előfizetés negyedévre: 2700 Ft + áfa, fél évre: 5400 Ft + áfa, egy évre: 10 800 Ft + áfa.

Külföldön terjeszti a Kultúra Könyv és Hírlap Külkereskedelmi Vállalat,

H-1389 Budapest, Pf. 149. és a Magyar Média, H-1392 Budapest, Pf. 272.

Előfizethető még közvetlenül a szerkesztőségben is.

INDEX: 25 343 ISSN 0016-8572

A megjelent cikkek lektoráltak.

MODELLEK A KARBANTARTÁSBAN

MODELS IN MAINTENANCE

Pokorádi László*

ABSTRACT

The modeling is to recognize and to transform substantive features of investigated real system. Scientific investigation of a technical system requires creating its exact mathematical model. It is true in case of up-to-date study of maintenance and repairing systems or integrated technical systems too. This paper shows basis of mathematical modeling and their possibilities of use in the maintenance. The main ideas of the article and shown case studies can be read articulately in lastly appearance [4] book of the author.

Modellezésen értjük a valóságos rendszer lényegi tulajdonságainak felismerését, és azok valamilyen szempontú és formájú leképezését. Egy adott rendszer korszerű, tudományos igényű vizsgálatának feltétele a rendszermodell megalkotása. Ez igaz egy karbantartandó technikai rendszer, illetve egy karbantartási rendszer korszerű elemzésére is. Jelen cikk a matematikai modelleket és azok a karbantartás területén való alkalmazásának lehetőségeit szándékozik bemutatni. A tanulmány alap gondolatai, a bemutatásra kerülő esettanulmányok a Szerző közelmúltban megjelent [4] könyvében részletesebben is olvashatóak.

1. A MODELLRŐL ÁLTALÁBAN

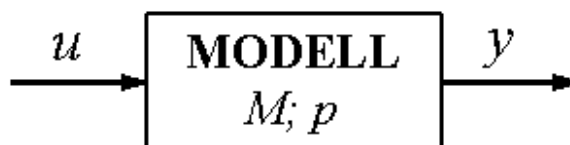
A modell egy valóságos rendszer egyszerűsített, a vizsgálat szempontjából lényegi tulajdonságait kiemelő mása [6]. A modell mindazon másodlagos jellemzőket elhanyagolja, amelyeket a kitűzött vizsgálat szempontjából nem tekintünk meghatározónak. Ezért elég, ha a modell a valódi rendszert csak a meghatározott szempontból vagy szempontokból helyettesíti. Sőt, a vizsgálat szempontjából lényegtelen szempontok figyelembevétele kifejezetten káros. Bonyolítja magát a modellt és így a vizsgálatot, de lényegi információhoz nem jutunk vele.

Például egy ballisztikus rakétát — legegyszerűbben — egy ferdén elhajított kővel tudunk modellezni, ha annak röppályáját, repülésdinamikáját vizsgáljuk, és nem foglalkozunk a hajtóművében lejátszódó hő- és áramlástanai folyamatokkal.

Nincs kikötve, hogy modell csak az lehet, amit kizárólag erre a célra készítünk. Az nem feltétele a modellnek. A fenti példában szereplő követ használhatjuk másra is, nem csak a rakéta modellezésére. Valamilyen tárgy akkor válik modullé, ha a vizsgálatot végző ilyen funkciót ad neki. A modellválasztás mégsem lehet önkényes, hiszen teljesítenie kell mindazokat a követelményeket, amelyek az eredeti rendszerrel, jelenséggel való hasonlóságát biztosítják.

A modellek közül napjaink mérnöki gyakorlatában leggyakrabban alkalmazott a matematikai modell.

A matematikai modell valamilyen vizsgált rendszerben lejátszódó jelenség, folyamat vagy tevékenység — a vizsgálat szempontjából lényeges — tulajdonságai közötti összefüggések matematikai megfogalmazása. A matematikai modell egyrészt (absztrakt, szimbolikus) matematikai objektumokból (például számokból, vektorokból) áll, másrészt az objektumok közötti relációkból. A matematikai modell a matematika szimbólumrendszerén keresztül teremt kapcsolatot a vizsgált rendszer be- és kimenő jellemzői között (1. ábra).



1. ábra Mérnöki probléma matematikai modelljének egyszerűsített sémája [1]

A matematikai modellalkotás lényegében az adott rendszert, illetve a benne lejátszódó folyamatot leíró egyenleteket, a kezdeti- és peremfeltételeket, valamint a kapcsolódó adatrendszer felállítását, illetve a megoldó algoritmust jelenti. Azért kell ide sorolnunk a megoldó algoritmust is, mert az meghatározza a megoldás pontosságát, így a modell alkalmazhatóságát is. A természettudományi, műszaki problémák kezelésénél ezek az összefüggések általában differenciálegyenletek. Amennyiben a vizsgált rendszer vagy folyamat időbeli változásának leírása a térbeli eloszlási probléma megoldásával is kiegészül, akkor természetesen parciális differenciálegyenlet-rendszert kell felírunk és megoldanunk.

Egy mérnöki probléma matematikai modelljének egyszerűsített sémája látható az 1. ábrán. Az ábra alapján a modellalkotási feladat lényegében az alábbi három fő mozzanattól áll:

*egyetemi tanár, Debreceni Egyetem

- a modell M szerkezetének megadása;
- modell p paramétereinek megadása;
- a modell validálása.

2. DETERMINISZTIKUS MODELLEZÉS

A determinisztikus modellekben szereplő jellemzők, valamint maguk a változók egyértelmű függvényekkel térben és időben egyaránt megadhatók. Karbantartási, üzemeltetési problémák megoldásakor determinisztikus modellekkel a (létező vagy tervezés alatt álló) technikai rendszerek vizsgálatát tudjuk elvégezni.

A felállított determinisztikus matematikai modellek jól alkalmazhatók például különleges — adott esetben tiltott — üzemmódok elemzésére is. A következőkben egy ilyen példáról olvashatunk, röviden — a felállított és alkalmazott modell részletesebben a [2] irodalomból ismerhető meg.

Az AI-9V gázturbinás hajtómű feladata a légi jármű fő hajtóművei indító turbináinak sűrített levegővel történő ellátása, vagy a fedélzeti egyenáramú hálózat táplálása, ha a fő generátorok nem működnek. A hajtóműnek az alábbi három üzemmódját különböztetjük meg:

Üresjáratú üzemmód

A hajtómű üzemi fordulatszámokon működik, a levegő a nyomáskiegyenlítő térből a környezetbe kerül, valamint a generátor nincs terhelve. A maximálisan megengedett turbina utáni gázhőmérséklet: 700 °C.

Generátor üzemmód

A hajtómű indítómotor–generátora generátorként legfeljebb 3 kW teljesítménnyel egyenáramot szolgáltat a

hálózatba. A levegő a nyomáskiegyenlítő térből a környezetbe jut. A maximálisan megengedett turbina utáni gázhőmérséklet: 750 °C.

Levegőelvezetés üzemmód.

A hajtómű a nyomáskiegyenlítő téren keresztül sűrített levegőt biztosít a főhajtóművek indításához. Ekkor a generátor nincs terhelve. A maximálisan megengedett turbina utáni gázhőmérséklet: 750 °C.

Fontos üzemeltetési utasítás, hogy nem megengedett egyidejűleg a levegőelvezetés és a generátor üzemmódok alkalmazása.

A hajtómű termikus matematikai modelljének felállításához az alábbi fő fizikai törvényszerűségeket kell felírunk, és azok belső összefüggéseit feltárunk:

- a részegységek közötti anyagáram egyenlőségek;
- kompresszor és turbina közötti energia (teljesítmény) egyenlőség;
- szabályzási törvényszerűség.

Ahhoz, hogy a fent említett tiltott üzemmód modelljét megkapjuk, a levegőelvezetés üzemmódra felírt módosítanunk kell. Matematikailag fel kell írunk, hogy ekkor a turbina nem csak a kompresszort hajtja, hanem a generátort is. A két modell futtatásának eredményeit mutatja az 1. táblázat, összevetve a megengedhető (névleges) értékekkel.

Az 1. táblázat eredményeinek összehasonlításával modellezett nem megengedhető üzemmóddal kapcsolatban az alábbi főbb következtetéseket tudjuk levonni:

- a turbina előtti hőmérséklet 87 °C-al megnőtt;
- a turbina utáni hőmérséklet 71 °C-al megnőtt, sőt 77 °C-al túllépi a megengedhető maximális üzemeltetési értéket.

Paraméter	Módosított		Megengedhető (névleges) értékek
	módosított	„eredeti”	
	modell eredményei		
Kompresszor utáni hőmérséklet	443 K	434 K	
Kompresszor utáni nyomás	307889 Pa	294344 Pa	
Turbina előtti hőmérséklet	1251 K	1164 K	
Turbina előtti nyomás	289425 Pa	276684 Pa	
Turbina utáni hőmérséklet	1050 K (777 °C)	979 K (706 °C)	1023 K (750 °C)
Turbina utáni nyomás	114020 Pa	112877 Pa	
Elvezetett levegő tömegárama	0,403 kg s ⁻¹	0,399 kg s ⁻¹	0,4 kg s ⁻¹

1. táblázat

Ezek következtetések azért fontosak, mert köztudott, hogy a gázturbinás hajtóművek legnagyobb szerkezeti problémája a turbinák hőterhelése. A modellfuttatási eredmények egyértelműen igazolták, hogy az együttes üzemmód alkalmazása esetén a turbina túlzott hőterhelést kapna, ami nem megengedhető. Fontos itt ismételtlen megjegyeznünk, hogy a fenti elemzést a matematikai modellen végeztük el, nem egy valós hajtóművön, így annak nem okoztunk szerkezeti károsodást.

3. SZTOCHASZTIKUS MODELLEZÉS

A sztochasztikus modellek esetén a rendszer ki- és bemenő jellemzői és/vagy változói csak bizonyos valószínűségi összefüggések felhasználásával határozhatók meg. (Lényegében ezeket jelképezik az 1. ábrán az M és p jelölések.)

Egy technikai eszközt, illetve annak rendszereit, berendezéseit üzemeltetésük során sztochasztikus hatások

érik — külső zavarások, illetve úgynevezett belső zajok terhelik. Ezen hatások következtében műszaki állapotuk halmozottan, és véletlenszerűen változik. Általában, használat során üzemi állapotuk romlik, míg javítás, karbantartás során javul [5]. A vizsgált rendszer pillanatnyi műszaki állapotát az úgynevezett belső paraméterek (például rugómerevség, elektromos ellenállás, vagy egy részegység hatásfoka) határozzák meg. Ezért — matematikailag — a műszaki állapotot a belső paraméterek által meghatározott, többdimenziós tér egy pontjával jellemezhetjük [3].

A műszaki diagnosztika feladata a rendszer eme paraméterterében elfoglalt pillanatnyi helyének meghatározása, mozgási sebességének, és irányának prognosztizálása.

A jellemző technikai paraméter pillanatnyi értéke, és változási sebességének ismeretében dönthetünk, hogy a következő ellenőrzésig szükséges-e karbantartást vagy javítást végezni a rendszeren. A paraméter meghibásodáshoz tartozó értékének ismeretében meg kell határozni annak az üzemi működéshez megengedhető értékét, és megengedhető változási sebességét.

Egy, a 2. ábrán szemléltetett η paraméter meghibásodáshoz tartozó η_h értékének és az ellenőrzési közti $\Delta\tau$ idő ismeretében az üzemi működéshez megengedhető η_m értéke és $\dot{\eta}_m$ sebessége meghatározásához az alábbi egyszerűsítő feltételezéseket tesszük:

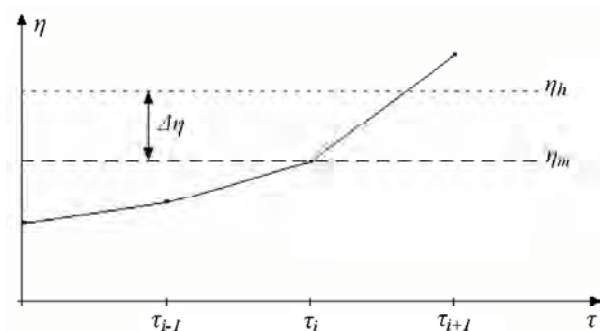
- az η paraméter változása a $\Delta\eta$ hosszú [$\eta_m; \eta_h$] intervallumban lineáris;
- a paraméter változásának $\dot{\eta}$ sebessége egy, a vizsgált rendszer üzemidejétől független $f(\dot{\eta})$ valószínűségi sűrűséggel jellemezhető.

A feltételezésekből esetleg származó pontatlanságokat az $\dot{\eta}$ változási sebesség véletlen voltát az $f(\dot{\eta})$ valószínűségi sűrűséggel bíró valószínűségi változóként történő kezelésével egyensúlyozzuk ki.

Ha az i -edik ellenőrzésnél η eléri az η_m megengedhető értéket és a paraméter ezt követően

$$\dot{\eta} > \frac{\Delta\eta}{\Delta\tau}$$

sebességgel változik, a jellemző a következő ($i+1$ -edik) ellenőrzés előtt eléri az η_h meghibásodási értéket.



2. ábra Megengedhető paraméterértékek meghatározása [3]

Így az üzemi működéshez megengedhető η paraméterváltozási sebesség értéke:

$$\dot{\eta}_m = \frac{\Delta\eta}{\Delta\tau} \quad (1)$$

A meghibásodási valószínűség pedig:

$$P_h(\Delta\tau, \Delta\eta) = P(\dot{\eta} > \dot{\eta}_h) = 1 - P(\dot{\eta} \leq \dot{\eta}_h) = 1 - \int_{-\infty}^{\dot{\eta}_h} f(\dot{\eta}) d\dot{\eta} \quad (2)$$

A Q kockázati — megengedhető meghibásodási — valószínűség ismeretében, azt a (2) egyenletbe behelyettesítve kapjuk:

$$Q = P_h(\Delta\tau, \Delta\eta) = 1 - \int_{-\infty}^{\dot{\eta}_m} f(\dot{\eta}) d\dot{\eta} \quad (\text{VII. 6. 3})$$

Ha statisztikai illeszkedésvizsgálattal nem tudjuk meghatározni az η paraméter változási sebességének $f(\dot{\eta})$ sűrűségfüggvényét, akkor valamely általánosan alkalmazott eloszlástípust célszerű feltételeznünk.

Egyenletes eloszlás esetén:

$$\Delta\eta = (1 - Q)\Delta\tau\dot{\eta} \quad (\text{VII. 6. 7})$$

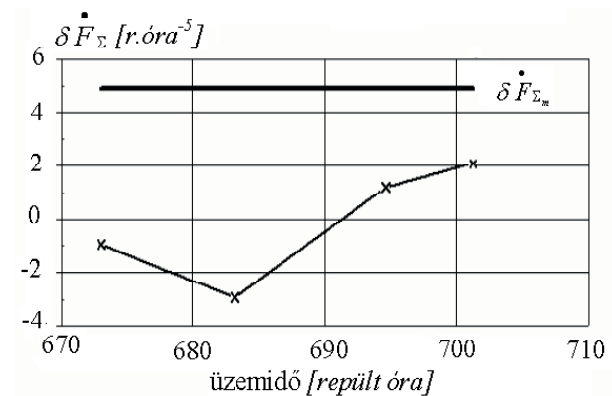
Exponenciális eloszlás esetén:

$$\Delta\eta = -\frac{\ln(1 - Q)}{\lambda} \Delta\tau \quad (\text{VII. X. 10.})$$

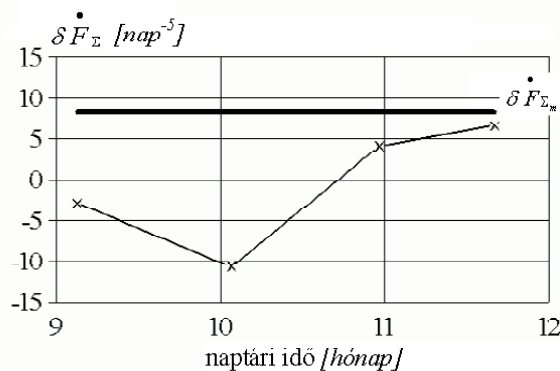
Normális (GAUSS) eloszlás esetén:

Normális (GAUSS) változási sebesség eloszlás esetén algebrailag könnyen levezethető megoldást nem találunk. Ezért a statisztikailag meghatározott, vagy felvett várható érték, és szórás adatok alapján, azokat standard normál eloszlásban kifejezve, meghatározhatjuk meg a megengedhető paraméterváltozási sebesség és a $\Delta\eta$ tartomány nagyságát.

A [2] és [4] irodalmakban részletesebben tanulmányozható a Mi-8 Hip típusú helikopter féklevelő rendszerének állapotfigyelésre épülő irányítórendszere, illetve a hozzá kapcsolódó sztochasztikus modell kidolgozása. Példaképpen a 3. ábrán a fékhatás változási sebességét, valamint azok megengedhető értékét szemlélteti repült-, valamint naptári idő függvényében.



3. ábra Fékhatás változási sebességek [2]



3. ábra Fékhatás változási sebességek [2]

4. FUZZY MODELLEK

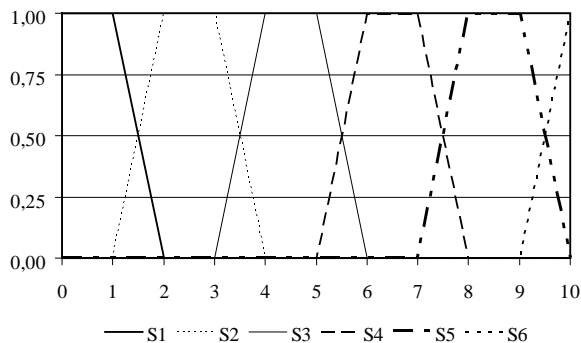
Napjaink korszerű technikai berendezései és döntéshozatali módszerei mind szélesebb körben alkalmaznak valamilyen fuzzy eszközt, fuzzy szabályzó vagy szakértői rendszert. A fuzzy halmazelmélet 1965-ben született meg, LOFTI ZADEH „Fuzzy Sets” című cikkében [7]. A fuzzy logika egy olyan új matematikai eszköz, mellyel a valós világ bizonytalanságait tudjuk modellezni.

A technikai eszközök, rendszerek meghibásodásának kockázata alapvetően a bekövetkezés gyakoriságától (va-

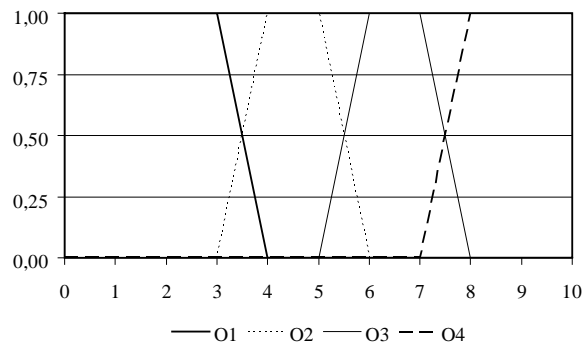
lósínúségétől), a következmény súlyosságától, és a hiba vagy az azt kiváltó ok felderíthetőségétől (detektálhatóságától) függ. Egy integrált technikai rendszer megbízhatóságának növelése – akár tervezés vagy az üzembentartása során – a lehetséges hibák kockázati szintjének elemzésével együtt lehetséges. 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 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 [4]. A szakértői vélemények – az eltérően értelmezett nyelvi kategóriák, fogalmak következtében – bizonyos fokú bizonytalanságot tartalmaznak.

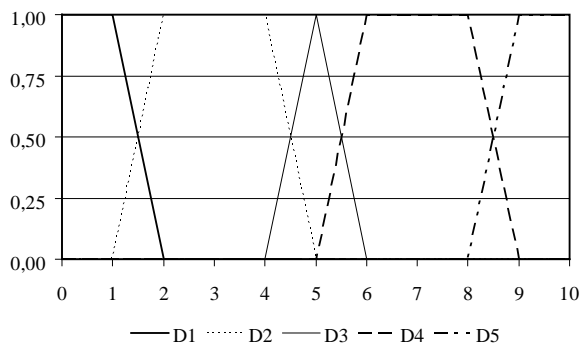
A következőkben egy Magyarországra is települt multinacionális vállalatnál elvégzett fuzzy logikai hibamód és hatás elemzés egy elemén keresztül – egy adott hiba kockázati szintjének meghatározását – mutatjuk meg.



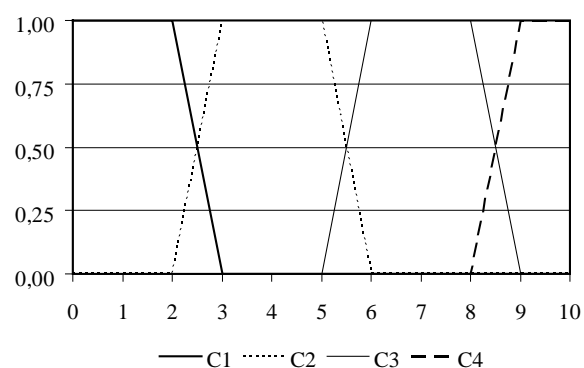
a – következmény kategóriák tagsági függvényei



b – észlelhetőségi kategóriák tagsági függvényei



c – gyakorisági kategóriák tagsági függvényei



d – kockázati kategóriák tagsági függvényei

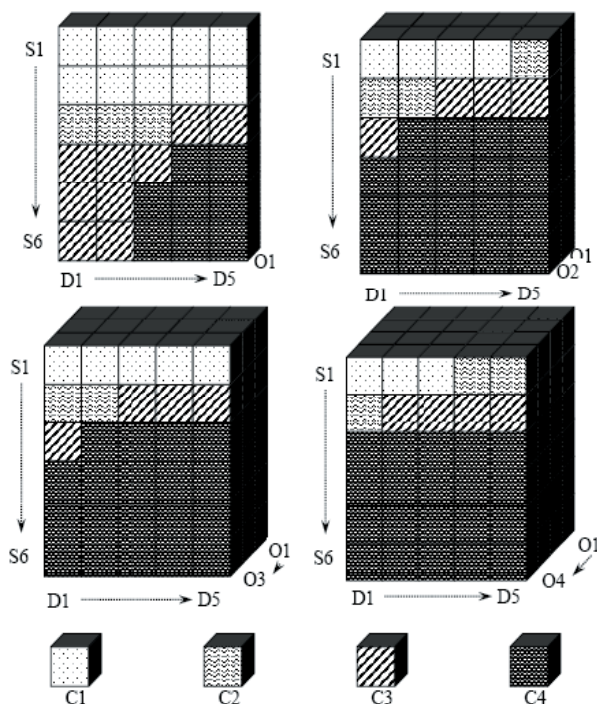
4. ábra Fuzzy FMEA kategóriái és azok tagsági függvényei [4]

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.

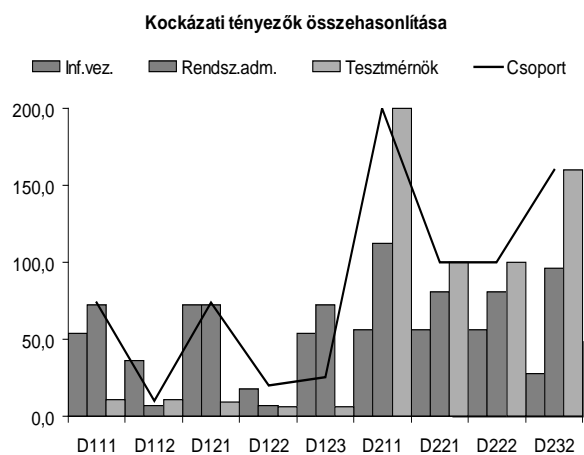
Mivel a kockázati szint három jellemző függvénye, így a kockázatbecslési szabálybázist szemléltetni egy – a Rubik kockához hasonlító – úgynevezett háromdimenziós mátrixszal lehetséges. Ezt szemlélteti az 5. ábra.

Kód	Inf. vez.	R.admin.	Tesztmk.	Csoport
D111	54,0	72,0	10,5	73,5
D121	72,0	72,0	9,0	73,5

2. Táblázat Fuzzy FMEA kockázati eredményei (részlet) [4]



5. ábra Kockázatbecslési szabálybázis



6. ábra Fuzzy FMEA kockázati eredményei

A 6. ábra szemlélteti a fuzzy halmazelméletre épülő hibamód és hatás elemzés eredményeit a teljes csoport, illetve a résztvevő szakemberek külön-külön megadott véleményei alapján. Két érdekes dolgot lehet megfigyelni az eredmények elemzése során: A vizsgált folyamatban látványosan elkülönülnek azok a problémák, melyek az informatikai szervezetnek, illetve a vállalat tesztmérnökségének okoz gondot. A 2. táblázatban a 6. ábra eredményei közül kettőt kiemelve láthatjuk, hogy bizonyos kérdésekben a csoportos értékelés során a szakemberek véleménye nem közeledett egymáshoz. Az eltérő véleményekkel „egymást gerjesztve”, közösen az adott két hibamódot még kockázatosabbnak értékelték, mint csak külön-külön. Pont ezen szubjektív, csak úgynevezett nyelvi változók segítségével leírható tudás modellezését segíti a fuzzy halmazelméleti módszerek alkalmazása a különféle karbantartási menedzsment problémák megoldását.

ÖSSZEFOGLALÁS

A tanulmány röviden bemutatta a matematikai modelleket, valamint azok alkalmazási lehetőségeit a korszerű karbantartási, karbantartásmenedzsment feladatok megoldásában. A Szerző témakörrel kapcsolatos tudományos tevékenységének főbb részfeladatait az alábbiakban fogalmazza meg:

- a matematikai modellezés módszertanának fejlesztése;
- az eddigi modellelemzési módszerei alkalmazási területeinek bővítése (pl.: alacsony hőmérsékletű geotermikus rezervoárok modellelemzésére);
- a modellek parametrikus bizonytalanság valószínűségi elemzési módszerének kidolgozása, ha a gerjesztések (bemenő adatok) nem függetlenek egymástól;
- parametrikus bizonytalanság fuzzy logikára épülő elemzési módszereinek további vizsgálata;
- a modellek ismereti bizonytalanságának fuzzy halmazelméletre épülő elemzése.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] M. CSIZMADIA, B. – NÁNDORI, E., Modellalkotás, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2003., pp. 579.
- [2] POKORÁDI, L. – SZABOLCSI R., Mathematical Models Applied to Investigate Aircraft Systems, monográfia, Monographical Booklets in Applied and Computer Mathematics, MB-12, PAMM, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 1999., pp. 146.
- [3] POKORÁDI, L., Karbantartás elmélet, DE MFK, Debrecen, 2002., http://www.mfk.unideb.hu/userdir/pokoradi/karb_elm.pdf, pp. 101.
- [4] POKORÁDI, L., Rendszerek és folyamatok modellezése, Campus Kiadó, Debrecen, 2008., pp. 242.
- [5] ROHÁCS J. – SIMON I., Repülőgépek és helikopterek üzemeltetési zsebkönyve, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1989.
- [6] SZABÓ, I., Gépészeti rendszertechnika, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1986., pp. 541.
- [7] ZADEH, L., Fuzzy Sets, Information and Control, 8 (1965), p. 338–353.