

A FUZZY LOGIKA ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI A MINŐSÉGTERVEZÉSBEN[⊗]

POSSIBILITIES OF USE OF FUZZY LOGIC IN THE QUALITY PLANING

VARGA Tamás

Beszállítói Minőségbiztosítási Mérnök
National Instruments Kft
4031 Debrecen, Határ út 1/A
tamas3.varga@gmail.com

Kivonat: A minőségtervezés egy nagyon összetett, sok elemből álló rendszer. Ha modellezni szeretnénk ezt a rendszert, azt úgy tehetjük meg legegyszerűbben, hogy a rendszer egyes elemeit is modellezzük. A minőségtervezés az autóiparban talán a legkiforrottabb, ami APQP néven ismert. Az APQP kézikönyv nagyon jól összefoglalja magát a folyamatot és mintegy útikalauzként szolgál, ezért ebből a kézikönyvből fogjuk összegyűjteni a fuzzy logika felhasználásával modellezhető elemeket. A cikk célja megvizsgálni azon kérdést, hogy a minőségtervezés mely elemeit lehet modellezni fuzzy logikával kihasználva ez egyes „minőségtervezési elemek” és a fuzzy logika közötti párhuzamot.

Kulcsszavak: minőségtervezés, APQP, fuzzy logika, FMEA

Abstract: The quality planning is a really complex system, which contains a lot of elements. When we would like to modeling this system, the easiest way is to modeling the certain parts. The quality planning maybe is the most elaborated in automotive industry, it is known as APQP. The process is epitomized well in the APQP reference manual, which is a very good guideline that is why we will collect the elements of the system from this manual, what we can model with fuzzy logic. The aim of this paper is to examine, what elements of the quality planning can be modeling by fuzzy logic follow up the similarities between fuzzy logic and quality planning.

Keywords: quality planning, APQP, fuzzy logic, FMEA

1. BEVEZETŐ

Egy új, stratégiai fontosságú termék bevezetése előtt mindenképpen érdemes nagy hangsúlyt fektetni a minőségtervezésre legyen szó az ipar bármely területéről. A minőségtervezés egyik főcélja, meghallani a „vevő hangját” és az igényeinek megfelelő terméket gyártani, azt amire szüksége van. A másik nagyon fontos cél már a tervezés során kiszűrni, megelőzni a termék élete során esetlegesen fellépő problémákat, jelentős időt, energiát és költséget megspórolva ezzel. A minőségtervezés az autóiparban a legkiforrottabb, APQP néven ismert. Az APQP folyamat alapjait az APQP kézikönyv [1] írja le. Célunk a minőségtervezés vizsgálata és modellezése, ezért kutatásunkat a legjobban kidolgozott módszer, az APQP tanulmányozásával célszerű kezdeni.

A minőségtervezés sajátossága, hogy emberek (szakértők, szerelők, vevők) véleményeit, tapasztalatait, igényeit kell matematikai, statisztikai valamint minőségbiztosítási eszközökkel (FMEA, Isikawa diagram) vizsgálni, hogy egy új termék gyártásának kezdetétől a lehető legjobb gyártási folyamatot válasszuk ki a szériagyártás megkezdése előtt, illetve kiküszöböljük a későbbiekben tapasztalható problémákat. Jól látszik tehát, hogy fontos a minőségtervezés tudományos vizsgálatához a pontatlan emberi vélemény matematikailag felhasználható, kezelhető értékekké konvertálása, ebben segítséget a fuzzy logika nyújt nekünk, hiszen ez az egyetlen módszer, amely az emberi, szakértői tudást ugyanabban a keretben képes vizsgálni, mint a szenzorok méréseit és a matematikai modelleket.

[⊗] Szaklektorált cikk. Leadva: 2010. március 04., Elfogadva: 2010. április 19.

Reviewed paper. Submitted: 04. 03. 2010., Accepted: 19. 04. 2010.

Lektorálta: Prof. Dr. Pokorádi László / Reviewed by Prof. Dr. László POKORÁDI

A fuzzy logika a többértékű matematikai szemantikák egyike. Nagyon sokan vizsgálták már tudományos munkásságuk során, mára már hatalmas irodalma lett, de az alap gondolatot Lotfi A. Zadeh fektette le 1965-ben [8] munkájában. A köz- és a szakmai nyelv fogalmainak igazságtartományának elmosódott határait vizsgálta matematikai szempontból. Ő adta ennek a logikai területnek a „fuzzy” elnevezést. Modellezése során minden egyes logikai kijelentéshez valamilyen módon egy $[0;1]$ zárt intervallumba eső értéket rendelt. Eredetileg csak a fuzzy halmazok, illetve ezek karakterisztikus függvényének, a fuzzy függvényeknek a fogalmát definiálta.

Retter [7] könyvében nagyon jól elmagyarázza a fuzzy sikerének zálogát, azt az előnyt amelyet mi is szeretnénk az alábbi oldalakon kihasználni.

Pokorádi [6] könyvében a rendszerek matematikai modellezésének lehetőségeit vizsgálja, és az egyik lehetőségnek a fuzzy modellezést említi. Az ezzel foglalkozó fejezetben kitér arra, hogyan használhatjuk FMEA hibák és hatás elemzés során. Ez nekünk nagyon fontos, ugyanis majd látni fogjuk az APQP folyamat vizsgálata során, hogy nagyon nagy szerepe van a különböző, ciklikusan újra és újra kivitelezett és folyamatosan fejlesztett FMEA-knak. Ezért a fuzzy módszer felépítésének megismerése során Pokorádi [5] és [6] munkáit vesszük alapul.

Ahogy fentebb már utaltunk rá, az APQP vizsgálat során az APQP kézikönyvet vesszük majd alapul, amely az alapvető szisztémát tartalmazza, ajánlásokat tesz, de a felhasználónak lehetősége van a saját szájízére szabni a folyamatot. A könyv a minőség előre megtervezésére és a vevői igények meghatározására fókuszál. Öt fő fejezetet tartalmaz melyek a projekt megtervezését, a termék tervezését és fejlesztését, a folyamat tervezését és fejlesztését, a termék és folyamat jóváhagyási szakaszát, valamint az új folyamatnak vagy az új termék gyártásának elindítását illetve visszajelzések értékelésének és javító intézkedések bevezetésének fázisait írja le.

A cikk megírásának célja a felvázolni a gépkocsi iparban alkalmazott APQP minőségtervezési módszert, és megvizsgálni, hogy mely területein alkalmazhatóak a fuzzy halmazelméletre épülő döntéstámogató matematikai modellek.

A tanulmány az alábbi fejezetekből áll: A cikk második fejezetében elhelyezzük az APQP-t a szabványok kuszá dzsungelében, megnézzük miért is volt szükség ennek a világszinten elfogadott keretprogramnak a kidolgozására, és a harmadik fejezetben megvizsgáljuk, mit tartalmaz, hogyan is épül fel. A negyedik fejezetben megnézzük, hogyan jött létre a fuzzy logika, mi volt a fő mozgatórugója, ami egyben sikerének záloga is, valamint megismerkedünk a fuzzy rendszer felépítésével. Az ötödik fejezetben átgondoljuk, hogyan fejleszthetjük tovább a minőségtervezést a fuzzy logika segítségével, valamint megnézzük a lehetőségét annak, hogyan tudjuk matematikailag modellezni az APQP egyes kulcsfontosságú elemeit, hogy további tudományos vizsgálódásaink tárgyává válhasson a minőségtervezés. A hatodik fejezetben összefoglaljuk a tanulmányban megismerteket és megnézzük, milyen további lehetőségeket rejt a két terület összekapcsolása a szerző számára.

2. AZ APQP ELHELYEZÉSE TÉRBEN ÉS IDŐBEN

Az APQP az Advanced Product Quality Planning elnevezés rövidítését fedi, amelyet magyarul Emelt Szintű Termék Minőség Tervezés vagy Korszerű Termékminőség Tervezésként lehet fordítani. Ez egy projekt menedzsment eszköz, amely gyakorlatilag egy strukturált módszer arra, hogy meghatározzuk és végrehajtsuk azokat a tevékenységeket, melyek biztosítják, hogy az előállított termék megfeleljen a vevői igényeknek. A vevő és a beszállító kommunikációjának a keretek közé foglalása, amelybe a folyamat minden résztvevőjét bevonják, és ami biztosítja, hogy minden szükséges lépést időben végrehajtanak.

Az APQP folyamatot az 1980-as évek végén fejlesztette ki egy, a „Big Three” néven ismert amerikai autógyártó óriások (Ford, General Motors és az akkori Chrysler) minőségügyi szakértőit tömörítő csoport. Ez a csoport öt évet töltött az akkori autógyártás, fejlesztés helyzetének, részleteinek vizsgálatával Amerikában, Európában és főleg Japánban. Abban az időben a japán autógyárak egyre nagyobb elismerésre tettek szert az amerikai piacokon.

A folyamat kialakítása több lépcsőben történt. Először kialakult a tervezés a minőségért (Planning for Quality). Ez a megközelítés elsősorban az úgynevezett minőségtechnikákra koncentrált, amelyek alkalmasak a folyamatok minőségének és hatékonyságának növelésére.

A következő szint az emelt szintű minőségtervezés volt (AQP - Advanced Quality Planning). A minőségtervezési folyamat projekt-tervezés szerű megközelítését hozta előtérbe.

Innen jutottak el az emelt szintű termék minőség tervezéshez (APQP - Advanced Product Quality Planning). A QS 9000 követelmény kézikönyve kapta ezt a címet, kifejezve a projekt orientált megközelítést, annak általánosan alkalmazható jellegét az értékesítésre szánt termékek gyártásának előkészítésében.

Az autógyártók az első szintű (közvetlen) beszállítóitól mind a mai napig megkövetelik az APQP folyamatok és technikák használatát, valamint ISO/TS 16949 tanúsítvány szerinti auditálásukat és jóváhagyásukat, hogy élvezhessék a benne rejlő előnyöket, amilyen például az erőforrások irányítása a vevői elégedettség eléréseért, a szükséges változások és változtatások korai felismerése és azonosítása, vagy a folyamat kései szakaszában végrehajtandó változások megelőzése.

Nézzük meg, mi indokolta a minőségtervezés kidolgozását.

Egy átlagos gépkocsi több tízezer alkatrészből áll. Az autógyárak eleinte majdnem az összes alkatrészt saját maguk állították elő és építették be az autókba. Az ipari fejlődés során a tömegtermelés beindulása magával hozta a szabványosítást, egységesítést, ez által lehetővé vált, hogy az egyes alkatrészeket már a beszállítók állítsák elő az autógyárak helyett. A gyártás és a szállítási háttér fejlődésével, szinte minden nagy autógyár köré kiépült az alkatrész szállítói háttér.

Az autógyárak fokozatosan áttáltak az összeszerelésre, hiszen a megfelelő beszállítói háttér kialakulásával nekik már csak az autók tervezésére összeszerelésére kellett koncentrálniuk.

Az így létrejött struktúra veszélyeket is hozott magával. Részben azért mert a növekvő beszállítói háttér (néhány autógyár esetében eléri akár a tízezret is) egyre nehezebben volt kezelhető. A másik fő probléma, hogy ezek után az alkatrészek minősége a beszállítótól függött, ezért náluk dőlt el az autók minősége.

Ez természetesen nagyon nagy érvágás volt az autógyártók számára, egy olyan probléma, amelyet mindenképpen kezelni kellett. Az első lépés az igen nagy dolgozói létszámot igénylő idegenáru ellenőrzés volt, amellyel ellenőrizni tudta a beérkező alkatrészek minőségét. További lépésként megpróbálták áttérni olyan szállítói háttérre, ahol néhány nagy szállító komplett részegységeket (motor, futómű, fékrendszer, kormánymű) állított elő. Ez nem jelentette a beszállítói létszám csökkenését, pusztán az autógyáraknak kellett kevesebb beszállítóval dolgoznia, a nagy beszállítók pedig kiadták a részegységekhez szükséges alkatrészek gyártásának feladatát alvállalkozók számára, így nekik kellett az al-beszállítók által előállított minőséget ellenőrizni, ezáltal többlépcsős beszállítói rendszert alakítottak ki.

A másik fontos lépés volt a minőségbiztosítási, minőségirányítási rendszerek kialakítása és azok megkövetelése a szállítóktól. Ez több előnnyel is járt. Javult és egyenletessé vált a beszállított alkatrészek minősége. Az egyenletesen megbízható minőség szükségtelessé tette az autógyáraknál működtetett nagyszámú idegenáru átvételi rendszereket. Kialakulhatott a just in time gyártási rendszer.

Az autógyárak kezdetben önállóan dolgozták ki saját minőségbiztosítási követelményeiket (például a Chrysler a Supplier Quality Assurance Manual-t, a General Motors a NAO Targets for Excellence-t vagy a Ford a Q-101 Quality System Standard-ot). Mivel a szállítók általában nem csak egy autógyárnak szállítanak, ezért több autógyári vevő esetén a szállítóknak minden egyes autógyár minőségügyi specifikációjának meg kellett felelniük. Ráadásul az autógyárak ezt a minőségügyi rendszer megfelelőséget és alkalmazást önállóan ellenőrizték, így a szállítók szinte minden héten számíthattak a különféle vevői auditálásokra. Felmerült az igény az autóiipari vevői minőségügyi követelményrendszerek egységesítésére. Ezért a három nagy amerikai autógyár (Chrysler, Ford, GM) elkészítette közös beszállítói követelményrendszerét, a **QS 9000**-t. Ekkor abban is megállapodtak, hogy az önálló ellenőrzéseik helyett elfogadják egy független harmadik fél auditálását is. (Ennek ellenére a Ford például mind a mai napig elvégzi saját FORD Q1 auditját a harmadik fél általi tanúsítás mellett.)

A beszállítókra vonatkozó követelményrendszerek kidolgozását több nagy autóiipari bázissal rendelkező európai ország is kidolgozta. Ez alapján jött létre Németországban a VDA követelményrendszer, Franciaországban az EAQF (Evaluation Aptitude Qualité Fournisseur) és Olaszországban az AVSQ (Valutazione Sistemi Qualità). Ezek a követelményrendszerek felépítésükben, előírásaikban hasonlóak, és szinte mindegyik az ISO 9001-es szabvány sorozatot veszi alapul és egészíti ki autóiipari követelményekkel. Az ipar világméretű globalizációja világszinten

hasonló állapotot eredményezett, mint amit néhány sorral fentebbi is láthattunk az Egyesült Államokon belül. A különböző országok, kontinensek között is kialakultak beszállító–autógyár kapcsolatok amely szükségessé tette a követelményrendszerek világ szintű egységesítését.

Ezért az autógyárak, a nemzetközi szabványosítási szervezettel (ISO) közösen, a meglévő követelményrendszereik hasonlóságai alapján kidolgozták az **ISO/TS 16949. szabványt**, melynek első verzióját 1999 márciusában, majd a felülvizsgált változatot 2002 márciusában adták ki. A szabvány kiadásának egyik fő célja, hogy felváltsa az régióspecifikus autóiipari követelményrendszereket. Eleinte ez nagyon nehezen ment, hiszen minden gyártó ragaszkodott a saját rendszeréhez, de az autóiiparban lezajló egyesülések, szövetkezések (például a Chrysler és a Daimler) felgyorsította az elfogadás folyamatát.

Jelenleg a VDA és az ISO/TS 16949 tanúsítványok az elfogadottak, a QS 9000 tanúsítványt 2005 óta nem használják.

A különböző követelményrendszerek nagyon hasonlóak, alapként az ISO 9001 szabványt alkalmazzák és a pontjait kiegészítik az autóiipari elvárásokkal. A szabvány használatának egyszerűsítése végett az előírásokon túlmenően kiegészítő kézikönyvek állnak rendelkezésre minden autóiipari követelményrendszerrel. Ilyen például a QS 9000 szabvány kiegészítő kézikönyvét képező APQP Advanced Product Quality Planning and Control Plan, Korszerű Termékminőség Tervezés és Ellenőrzési terv is.

Az ISO/TS 16949 szabvány felépítését tekintve nagyon hasonló a már említett struktúrához, az ISO 9001-re építve annak szabványpontjait autóiipari vonatkozásokkal egészíti ki. A különbség abban áll, hogy nem rendelkezik kiegészítő kézikönyvekkel, hanem a VDA-ban és QS 9000-ben meglévő kézikönyvekre hivatkozik mint alkalmazási előírásokra.

A korábbi autóiipari követelményrendszereket egységesíti, meghagyva az autógyáraknak a lehetőséget arra, hogy az általuk kidolgozott minőségi követelményeket alkalmazzák (úgy mint minőségtervezés, FMEA, SPC). Tehát a korábbi autóiipari követelményrendszereknél többnyire csak az alapkövetelményeket leíró kézikönyvek (pl.: QS 9000: Quality System Requirements, Minőségügyi rendszer követelményei) szűntek meg, a kiegészítő kézikönyvek továbbra is alkalmazásban maradnak.

3. AZ APQP FELÉPÍTÉSE RÖVIDEN

Az APQP útmutatóként használható a fejlesztési/tervezési fázisban, továbbá egy egységesített módja az elért eredmények megosztására a beszállítók és az autógyárak között.

A kézikönyv három fő szakaszt határoz meg:

- fejlesztés;
- „iparosítás”;
- szériagyártás indítása.

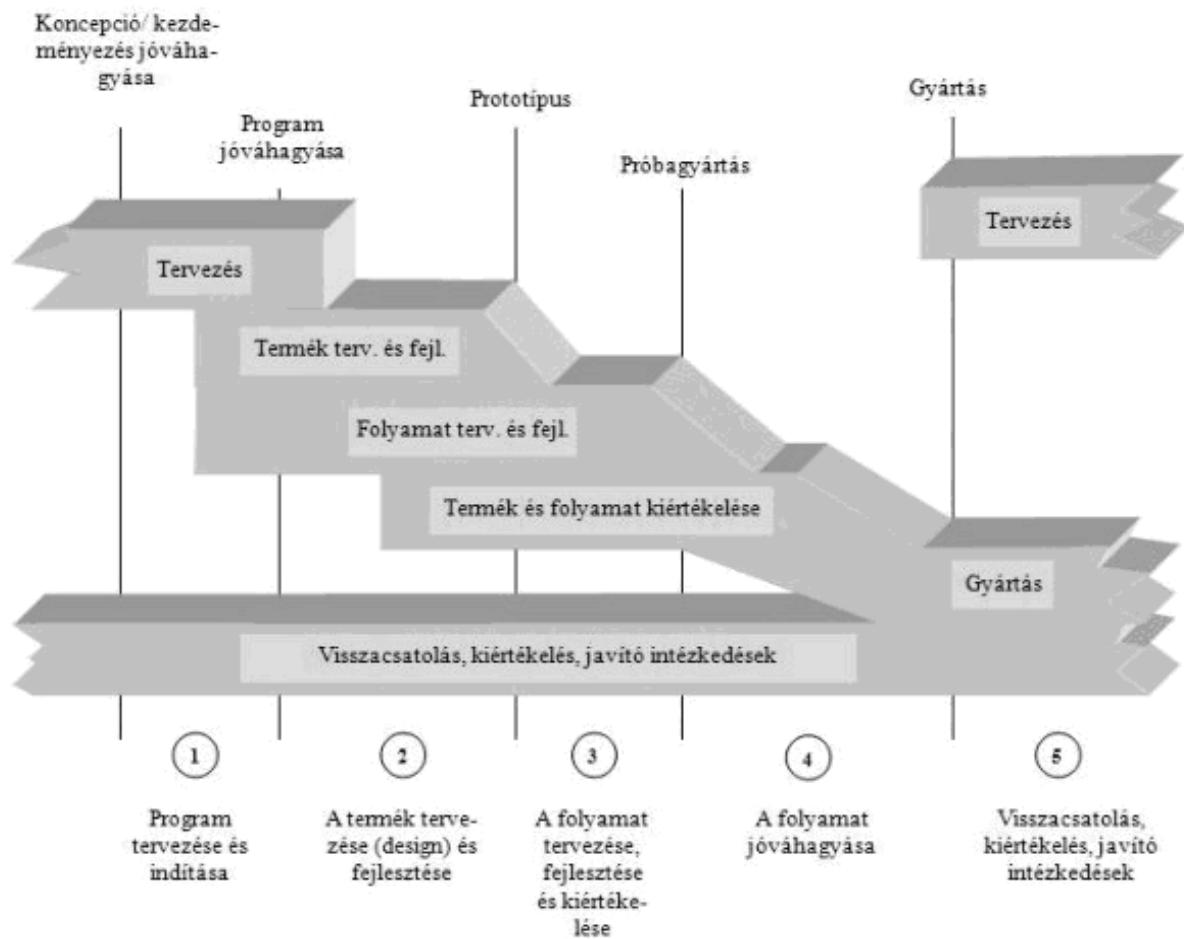
Ezek a fejezetek 23 fő témakört érintenek. Ezen a 23 témakörön kell „végigmenni” a szériagyártás megkezdése előtt. Olyan területeket fednek le ezek témakörök, mint a „tartósság”, tesztelés tervezése, specifikációk, minőségi ellenőrzési követelmények, a folyamat kapacitásának, a termék csomagolásának meghatározása, késztermék tesztelése, vagy akár az operátorok képzésének terve.

Az APQP központi kérdései a minőség tervezés, a vásárlói elégedettség mérése vagy a vevői igények felmérése, mérnöki „jellemzőkké” alakítása.

A kézikönyv öt fejezetből áll, a program tervezése, meghatározása; termék tervezése, fejlesztése; a gyártási folyamat tervezése, fejlesztése; a termék és a gyártási folyamat jóváhagyása; valamint a szériagyártás indítása, visszajelzések értékelése, javító intézkedések bevezetése.

Fő tevékenységei a tervezés, terméktervezés és fejlesztés, folyamattervezés és fejlesztés, termék és folyamat jóváhagyása és a gyártás.

Központi elemei a vevői igények megismerése, proaktív visszajelzések és javító intézkedések, tervezés a folyamat képességein belül, hiba módok elemzése és enyhítése, felülvizsgálat és Jóváhagyás, tervek átnézése, speciális illetve kritikus tényezők kontrollálása.



1. ábra A minőségtervezés folyamata ([1] alapján)

4. A FUZZY LOGIKA

A fuzzy logika a többértékű matematikai szemantikák egyike, nagyon sokan vizsgálták már tudományos munkásságuk során, mára már hatalmas irodalma lett, de az alap gondolatot Lotfi A. Zadeh fektette le 1965-ben [8] munkájában. A köznyelv fogalmainak igazságtartományának elmosódott határait vizsgálta matematikai szempontból. Ő adta ennek a logikai területnek a „fuzzy” elnevezést. Modellezése során minden egyes logikai kijelentéshez valamilyen módon egy $[0;1]$ zárt intervallumba eső értéket rendelt. Eredetileg csak a fuzzy halmazok, illetve ezek karakterisztikus függvényének, a fuzzy függvényeknek a fogalmát definiálta.

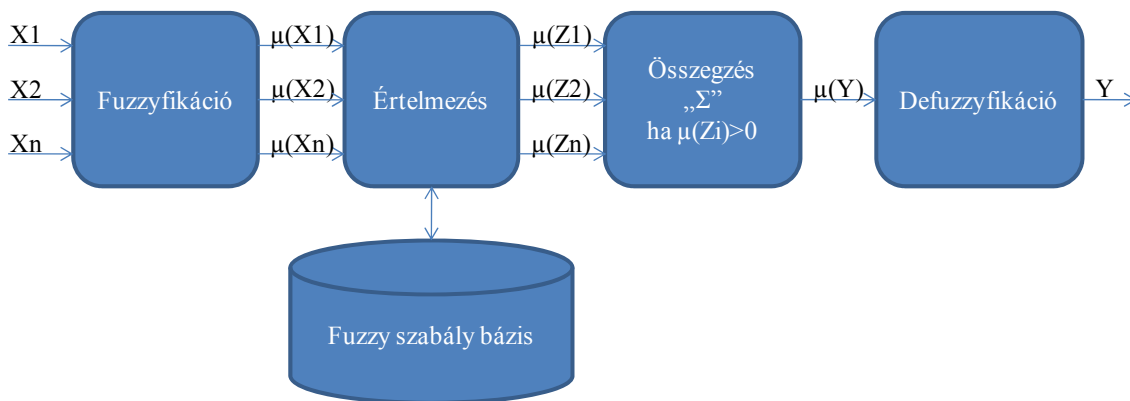
Retter [7] munkájában nagyon jól elmagyarázza a fuzzy sikerének zálogát, azt az előnyt amelyet mi is szeretnénk az alábbi oldalakon kihasználni.

Pokorádi [6] könyvében a rendszerek matematikai modellezésének lehetőségeit vizsgálja, az egyik lehetőség a fuzzy modellezés. Az ezzel foglalkozó fejezetben kitér arra, hogyan használhatjuk FMEA hibaok és hatás elemzés során. Ez nekünk nagyon fontos, ugyan is majd látni fogjuk az APQP folyamat vizsgálata során, hogy nagyon nagy szerepe van a különböző, ciklikusan újra és újra kivitelezett és folyamatosan fejlesztett FMEA-knak. Szintén Pokorádi ismerteti a fuzzy halmazelmélet alkalmazási lehetőségeit a repülőgépek üzemeltetési menedzsmentjében [5] tanulmányában. A való világ és azt vizsgáló agyunk rendkívül pontatlan, határozatlan és ebből adódóan nagyon bonyolult. Ennek kezelésére két „konceptió” alakult ki.

Az elsőt már az ősember alkotta, megalkotta a köznyelvet, amely roppant bonyolult tényeket közöl általánosan elfogadott megállapodások szerint nagyon egyszerűen. „Szép időről”, „sikeres sporteseményről”, „közepes sebességről” beszélünk életlen, bizonytalan elmosódó jelleggel. A

köznelv határozatlan volta szükségszerű, különben a beszédünk során folyamatosan egzakt definíciók tömegét kellene lefektetnünk, ezáltal a verbális kommunikációnk ma ismert formája elképzelhetetlen, kezelhetetlen lenne.

A másik megoldást a matematikusok alkalmazták. Ez is egyszerűsítés elvonatkoztatás, idealizálás által, hogy a bonyolult világot numerikusan leírhatóvá tegye. Ezáltal eltért a paraszti észünktől, és itt jön a képbe a fuzzy logika, mely visszatér a paraszti észhez matematikailag egzaktan leírhatóvá téve a szakértők, gépkezelők — esetünkben a vevők — nyelvét. Ez adja a dolog egyszerűségét, kezelhetőségét mely felismerés Zadeh és mások érdeme egy olyan korban, amikor minden mi nem pontos és precíz az elvetendő volt. A fuzzy az egyetlen módszer, amely az emberi tudást, szakértelmet matematikai tudássá képes átalakítani. Nézzük meg az alábbi ábrát, mely nagyon jól leírja a rendszer működését.



2. ábra A fuzzy rendszerben lejátszódó folyamat

Fuzzyfikáció

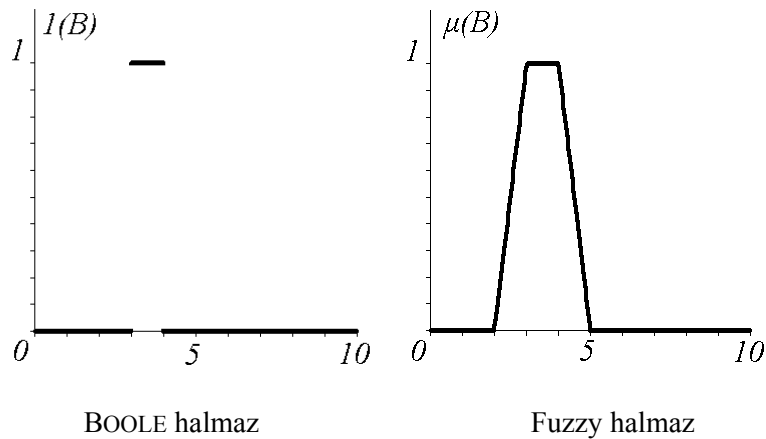
Ahogy láthatjuk az első lépés melyet fuzzyfikációnak nevezünk nem más, mint a rendszer konkrét bemenő értékekkel való feltöltése, amely során a modellezni kívánt rendszerjellemező értékeihez egy-egy fuzzy tagsági értéket rendelünk. Ekkor például az (1) egyenlethez, illetve a 3. ábrához hasonló meghatározásokat alkalmazunk például a bemeneti adatok pontatlanságainak, bizonytalanságainak jellemzésére.

A fuzzyfikáció érdekében első lépésként meg kell határozni a modellezés során alkalmazandó kategóriákat és a hozzájuk kapcsolódó tagsági függvényeket. Ehhez először vizsgáljuk meg mik a főbb befolyásoló tényezők. Például, általános kockázatbecslés esetén a kockázati szintet egyrészt az esemény bekövetkezésének gyakorisága (valószínűsége), másrészt a felléphető veszteség mértéke határozza meg. Ezzel ellentétben, például a hibamód- és hatáselemzés (FMEA) esetén a befolyásoló tényezők a bekövetkezési gyakorisága, a következményük mértéke és a hiba okok felderíthetőségének szintje. Fontos nagyon figyelni a megfelelő számú kategória kiválasztására, ugyanis a kategóriák számának növelésével pontosabb képet kapunk a vizsgált rendszerről, de a vizsgálatot lényegesen bonyolultabbá teszi és a szakértők között is megnőhet a félreértések lehetősége.

Most nézzük meg a tagsági függvények meghatározását.

A meghatározott kategóriákhoz tartozó fuzzy tagsági függvények definiálására több úton is történhet. A $\mu(x;A)$ tagsági függvény az x jellemző adott A halmazhoz való tartozásának mértékét adja meg. Fontos kérdés az úgynevezett éles skála meghatározása melyet 0 – 10, 1 – 10, 0 – 100, 1 – 100 skálák közül célszerű választani, hogy a vizsgálandó dolgokat egyszerű legyen összehasonlítani.

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



3. ábra BOOLE és fuzzy halmazok összehasonlítása (1) egyenlet alapján (forrás: [6])

Értelmezés

Az értelmezési szakaszban a meghatározott kategóriák alapján logikai szabályokat kell alkotnunk, azaz meghatározzuk a fuzzy modellünkre vonatkozó szabálybázist.

A korábban meghatározott kategóriák alapján a kockázatbecslés logikai szabályait, azaz a szabálybázisát kell meghatároznunk. Két befolyásoló tényező esetén egyszerűen ezt egy döntési mátrixszal tudjuk szemléltetni (1. Táblázat).

	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 (forrás:[6])

Összegzés

Az összegzés lépésében az értelmezés során kapott nullától eltérő eredményeket összefűzzük a szabályozott folyamat jellemzőinek figyelembevételével valamely fuzzy művelet segítségével. A fuzzy műveleteket a 2. Táblázat ismerteti.

Boole-algebrai művelet	Fuzzy művelet	
Metszet	Minimum	$\mu(A \cap B) = \text{MIN}(\mu(A), \mu(B))$
Unió	Maximum	$\mu(A \cup B) = \text{MAX}(\mu(A), \mu(B))$
Negáció	Negáció	$\mu(\bar{A}) = 1 - \mu(A)$

2. Táblázat Fuzzy és Boole-algebrai műveletek összehasonlítása (forrás:[6])

Eredményül egy fuzzy halmazt kapunk, ez lesz az elsődleges konklúzió, ezért van szükségünk az utolsó lépésre, a defuzzyfikációra.

Defuzzyfikáció

Az utolsó lépés során kiválasztjuk azt az értéket, mely a kapott fuzzy konklúzió alapján, a vizsgált rendszertől függően a leginkább jellemző. Az alkalmazás típusától függően a fuzzy halmaz értelme eltérő lehet, ezért a megfelelő eredmény eléréséhez különböző defuzzyfikációs módszerek közül célszerű választani, például súlypont módszer (COG), geometriai középpont módszer (COA), maximumok súlyozott átlaga.

5. FUZZY A MINŐSÉGTERVEZÉSBEN

A fuzzy logika az, ami modellezhetővé teszi a minőségtervezés különböző kulcsfontosságú részeit, hogy tudományos vizsgálódás tárgyává avantsálja azt. Most menjünk végig az APQP kézikönyvön, nézzük meg milyen kapcsolódási pontokat találunk az egyes részek és a fuzzy gondolatkör között.

Az első fejezet rögtön azzal a nagyon fontos kérdéskörrel foglalkozik amit az amerikai irodalom úgy hív, „A vevő hangja”. Ezt sokszor, az ipar számos területén alkalmazzák, közzismertebb elnevezése QFD (Quality Function Deployment) ami nem más, mint a vevői igények mérnöki jellemzőkké alakítása. Ez egy nagyon hasznos analitikai eszköz a tervezési és fejlesztési fázisban. A mai globalizált világban egy vállalat sikeréhez elengedhetetlen, hogy több ország piacán legyen jelen termékeivel. Ha különböző nemzetek polgárainak igényeit kell felmérnünk, fontos figyelembe venni a lingvisztikai eltéréseket, pontatlanságokat, illetve számolni kell azzal, hogy egy adott kifejezés nem feltétlenül jelenti teljes mértékben ugyanazt a különböző népcsoportoknál. A fuzzy logika segít kezelhetővé tenni ezt a problémát.

A QFD és a fuzzy logika összekapcsolására mutatnak kiváló példát Kahraman és szerzőtársai a [4] közleményében, ahol gyakorlati alkalmazásként egy török műanyag nyílászárókat gyártó cég vevőinek igényeit mérik fel QFD-vel és alakítják át mérnöki jellemzőkké fuzzy logika segítségével.

A QFD-nek három fajtáját különböztethetjük meg attól függően, mi szolgáltatja az alapadatokat. Alapját képezheti piackutatás, amely során kérdőívek, vásárlói interjúk, új termékekre vonatkozó minőségi és megbízhatósági tanulmányok, versenytársak termékeinek tanulmányai adják a feldolgozandó adatokat.

A második esetben historikus adatokat dolgozunk fel, amely során „legjobb gyakorlatokat” (az angol szakirodalomban elterjedt Best Practices), garancia riportokat, problémamegoldási riportokat, vevői visszaküldéseket, vevői reklamációk kezelésének részét képező belső vizsgálatok eredményeit vesszük alapul.

A harmadik típusnál a szakértői csoport tapasztalata adja az alapokat. Ekkor törvényi előírások, szigorítások, kereskedői vélemények, a termékeket gyártó operátorok véleményei, belső értékelések, „szakértői legjobb gyakorlatok” (az angol szakirodalomban elterjedt Best Practices) dolgoznak fel.

A második fejezet a tervezési hiba ok és hatáselemzést (DFMEA) említi, mint eszközt, amely segít megérteni a tervezési problémákat amikkel szembe kell nézniük a tervezőknek. Az FMEA szintén remekül modellezhető fuzzy logikával, sőt! A klasszikus FMEA a hibaok előfordulási gyakoriságát, következményének súlyát és az észlelés hatékonyságát veszi figyelembe. Az egész FMEA folyamat alapja, egy felállított szakértői csoport véleményének összegzése a várható hibák és hatásukkal kapcsolatban. Mivel itt is emberek véleményét kell összegezni (hasonlóan a QFD-hez), ezért itt is fennállnak a már említett nyelvi, fogalmi eltérések, ezért az FMEA tovább fejleszthető, ha fuzzy logikával kombináljuk.

A harmadik fejezetben a szerelés típusú folyamatokban alkalmazott — az FMEA másik fő típusával — a folyamat (process) FMEA-val találkozunk. Természetesen itt is tovább lehet fejleszteni az FMEA-t fuzzy logikával a fentiek alapján.

Az FMEA nem csak tervező és fejlesztő, hanem ellenőrző módszer is, így az implementálási szakaszban, illetve a már bevezetett folyamat során felmerülő hibák szisztematikus elemzése alapján a termék illetve folyamat minősége tovább javítható.

Láthatjuk tehát, hogy az FMEA kivitelezése többféle módon, illetve céllal történhet, és a fuzzy

logika segítségével tovább fejleszthető. Ha átnézzük az APQP kézikönyvet, érezhetjük, hogy a fuzzy FMEA fedi le a minőségtervezés legnagyobb részét.

Van még egy terület, ahol nagyon jó szolgálatot tehet nekünk a fuzzy logika, ez pedig a kísérlettervezés (DoE – Design of Experiments). Ez egy szabványos módszer, ahol a folyamatra ható bemeneteket meghatározott határok között változtatjuk annak érdekében, hogy megismerjük a folyamat kimenetelére gyakorolt hatásukat. Az ipari gyakorlatban a minőségügyi rendszerek működtetése során jelentős szerepet játszik.

Johanyák bemutatja [3] közleményében, hogyan lehet a kísérleti eredmények egy a hagyományostól eltérő feldolgozási lehetőségét alkalmazni egy adaptív neuro-fuzzy rendszerrel modellezve a folyamatot. A legfőbb előnye a fuzzy logika alkalmazásának a kísérlettervezésben, hogy nincs szükségünk a vizsgált folyamat matematikai modelljének ismeretére, különböző tanuló algoritmusok segítségével egyszerűen létrehozhatjuk a folyamat fuzzy modelljét. A bemutatott rendszer nagy előnye, hogy egy rövid tanítási időszak után előállított fuzzy struktúra az emberek által is jól értelmezhető.

6. ÖSSZEZÉS

Jelen „state of the art” jellegű cikkben megnéztük a minőségtervezés szakirodalmi háttérének alapját képező APQP felépítését, elhelyeztük térben és időben a különböző nemzeti, nemzetközi és egységesített szabványok mára kialakult kusza dzsungelében. Megismerkedtünk a fuzzy logika sikerének titkával amely gyakorlati lényegét is összefoglalja, majd az APQP kézikönyv alapján végignéztük, milyen területeken alkalmazhatnánk építő jelleggel a fuzzy logikát, s számos területet találtunk.

Jelen sorok írójának jövőbeli kutatási célul azt tűzte ki, hogy matematikailag modellezze a minőségtervezést, így különböző matematikai szoftverekkel szimulációkat tud végezni, amely eredményeit felhasználva matematikai algoritmusokat, vagy akár egy egyszerű szoftvert dolgozhat ki, létrehozva egy olyan programot, amely csökkenti a minőségtervezéshez szükséges időt és emberi oldalról igényelt energia befektetést úgy, hogy mindeközben a felhasználótól nem igényel komoly matematikai ismereteket.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Chrysler Corporation, Ford Motor Company, and General Motors Corporation, Advanced Product Quality Planning (APQP) and Control Plan, Reference Manual, 2008. pp.107
- [2] **GARCIA, P.,A.,A., SCHIRRU, R., FRUTUOSO E MELO, P.,F.,** A fuzzy data environment analysis approach for FMEA, Progress in Nuclear Energy, 2005 vol. 46 No. 3-4, pp. 359-373.
- [3] **JOHANYÁK, ZS. CS., KOVÁCS SZ.,** Neuro-fuzzy módszerek alkalmazása a kísérletmódszertanban, A GAMF közleményei, Kecskemét, XX. Évfolyam 2005, pp. 37-48.
- [4] **KAHRAMAN, C., ERTAJ, T., BÜYÜKÖZKAN, G.,** A fuzzy optimization model for QFD planning process using analytic network approach, European Journal of Operational Research 171, 2006, 390 – 411.
- [5] **POKORÁD, L.,** Fuzzy logika alkalmazása a repülőtechnika üzemeltetésében. REPÜLÉSTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK XII (29) pp. 349-356. (2000).
- [6] **POKORÁD, L.,** Rendszerek és folyamatok modellezése, Campus Kiadó Debrecen, 2008, pp 242
- [7] **RETTÉR GY.,** Fuzzy, neurális genetikus, kaotikus rendszerek, Akadémiai Kiadó, Budapest, 2006.
- [8] **ZADEH, L. A.** Fuzzy Sets, Information and Control, 8 (1965), pp. 338-353.