

Pokorádi László

## BIZONYTALANSÁG A KOCKÁZATBECSLÉSBEN

A műszaki menedzsment döntései különböző — pozitív vagy negatív előjelű — eredményeket eredményezhetnek. A döntéshozóknak mind morális, mind szakmai szempontokat figyelembe kell venniük, ez velük szemben alapvető követelmény. Az egyik ilyen morális kérdés egy meghatározott problémával kapcsolatos döntés során, majd a végrehajtásakor fellépő kockázat és bizonytalanság meghatározása, kezelése és lehetséges csökkentése.

A tanulmány célja a hazai és nemzetközi szakirodalmak feldolgozása, összegzése és szakmai értékelési alapján a kockázatkezelés során felléphető bizonytalanság területeinek bemutatása a műszaki menedzsment tevékenysége során.

### 1. BEVEZETÉS

A kockázatelemzés mindig része a döntéshozatalnak. Mint kockázatelemzőknek, fontos azt tudnunk, hogy mely eszközök alkalmazhatók az adott döntéselemzés során és az alternatív megközelítéseknek melyek a metodológiai és gyakorlati erősségei, illetve korlátjai.

Kockázatelemzés során számos, különböző típusú modell alkalmazhatunk. Ezek lehetnek egyaránt úgynevezett mennyiség- és eseményorientált modellek.

A kockázat és a bizonytalanság becslésére objektív és szubjektív módszerek állnak rendelkezésünkre. Az első esetben szükség van megbízható adatforrásra vagy kellő méretű (statisztikai) adathalmazra, időre, technikai hátérre, amelynek feldolgozását matematikai eszköztárak biztosítják. Szubjektív döntés esetében a döntéshozó alapvetően tudására, az intuícióira, tapasztalatára, egyéni preferenciákra támaszkodik. Ezért olyan módszertani eljárások kidolgozása szükséges, amelyek alkalmazásával a döntéshozó megismeri a lehetséges kockázatokat és bizonytalanságokat, valamint képes azok kezelésére, elkerülésére, csökkentésére. A döntéshozó személynek szüksége van egy olyan objektív ítéletalkotásra, amely során a fellépő kockázatokat a lehetőség szerint legpontosabban fel tudja mérni és ezek hatásait el tudja kerülni, vagy minimális szintre képes csökkenteni.

Az objektivista szemlélet legjelentősebb követő eszméje volt a MISES és REICHENBACH által képviselt „relatív gyakoriság” nézete [3]. Eszerint egy adott esemény valószínűsége valamely kísérletben, az esemény hasonló kísérletek végtelen láncolatában történő bekövetkezésének relatív előfordulása. Bizonyos értelemben a relatív gyakoriság gondolata kapcsolódik JACOB BERNOULLI úgynevezett „nagy számok törvényéhez”.

Ha az elegendő adat alkalmassá válik, a valószínűségi hozzárendelések közti egyensúly megvalósulhat, de nem feltétlenül, mivel a mindig szubjektív elemek beépülnek a becslési folyamatba. Éles különbséget nem lehet tenni az objektív, reális kockázat és az érzéklet kockázat között.

AVEN véleménye szerint [1] [2], a valós helyzetet, rendszert leíró adathalmazok értékei bizonytalanságának meghatározásához valószínűségi modelleket vezethetünk be, és Bayes-i eljárásokat alkalmazhatunk, mely valószínűségi eloszlásokat konzisztens módon bevonják a megfigyelt adatok számításába. Ezen nézettel vitatkozva, jelen sorok írója azt vallja, hogy a kockázat becslése során a szakértők (vagy a laikusok), mint a nem kívánt esemény bekövetkezési valószínűségével, mint a következményével kapcsolatos véleményének modellezéséhez, a fellépő bizonytalanságok becsléséhez, kezeléséhez a fuzzy halmazok elméletének alkalmazása is megfelelő módszer lehet.

A tanulmány az alábbi fejezetekből áll: A Bevezető után a 2. fejezet a kockázat értelmezéseit és a kockázatelemzés módszereit ismerheti meg az Olvasó. A 3. fejezetben bizonytalanság értelmezései olvashatók. A 4. fejezet a nem-valószínűségi kockázatbecslési elveket szemlélteti. Az 5. fejezet

kockázatbecslés során fellépő bizonytalanságokat, azok lehetséges kezelési eljárásait mutatja be, 6. fejezetben a tanulmány összegzése olvasható.

## 2. A KOCKÁZAT ÉRTELMEZÉSE ÉS ELEMZÉSE

A kockázat tudományos vizsgálata XX. században kezdődött el, bár a klasszikus szerencsejátékokkal kapcsolatban már a XVII. században is voltak matematikai alapú kockázati megfontolások, amelyek később a valószínűség számítás kialakulásához vezettek. A kockázat különböző meghatározásaiban közös vonás, hogy mindegyik a kockázatot elsősorban a bizonytalansággal kapcsolja össze. Például WILLET meghatározása: „*a kockázat egy nemkívánatos esemény bekövetkezésének objektív bizonytalansága*” [16].

A kockázatelemzés célja a döntéstámogatás biztosítása — egy adott döntéshozatali környezetben — a kockázat elemzésével, leírásával és kommunikálásával valósulhat meg. Ezek a feladatok meghatározzák a kockázatelemzés területét vagy diszciplináját: elvek, módszerek és modellek kidolgozása ezen célok érdekében [2].

A kockázat elemzésekor fontos szempont, hogy elvileg valós, számított és becsült jellemzőket kell figyelembe vennünk. A háromféle információ típust — MIKULA szerint — csak külön-külön szabad kezelni. Például valós adatokat nem szabad a számítottakkal összevetni [12].

Kockázatelemzés során számos, különböző típusú modell alkalmazhatunk. Ezek lehetnek egyaránt úgynevezett mennyiség- és eseményorientált modellek.

Az úgynevezett mennyiségorientált modellek célja az  $X = (X_1; X_2; \dots X_3)$  jellemzők halmazával és egy  $C = f(X)$  függvénnyel meghatározni egy megfigyelhető  $C$  jellemző értékét. A kapcsolatot leíró  $f$  függvényt az általánosan elfogadott lényegi modellek alapján állítjuk fel, természettudományi, mérnöki, tapasztalati tudás és más, a vizsgát rendszerrel, folyamattal kapcsolatos intuitív hipotézisek alapján.

Amíg a mennyiségorientált modellek a függvényösszefüggéseket írják le a rendszertényezők  $X$  halmaza és a vizsgált rendszer egy  $C$  jellemző értéke között, az eseményorientált vagy logikai modellek azokat a feltételeket írják le, melyek következtében az adott esemény bekövetkezhet. Ezek a modellek a körülmények és logikai fogalmak kompozíciója, és általában bináris eredménytérrel bírnak, mint például „0-1”, „hibás–nem hibás”. A logikai modellek magukba foglalhatnak fizikai modelleket, más logikai modelleket vagy segédmodelleket is. A kockázati modellekben a logikai modelleket írják le, hogy egy kezdeti esemény az alacsonyabb rendszerszintnél hogyan képes kialakítani egy emberi életet, egészséget, környezeti, gazdasági vagy valamilyen más értékeket fenyegető, azaz egy kockázati, eseményt. Ezért ezek a modellek gyakran állnak kapcsolatban a rendszerbe beépített speciális korlátokkal. A logikai modellek három alappéldája létezik a kockázat és megbízhatóság elemzése területén.

Az

$$F = 'X_1 - X_2 < 0' \quad (1)$$

egyenlet azt írja le, hogy egy  $F$  meghibásodás a terhelés–teljesítőképesség arányában következik be. Azaz  $F$  akkor következik be, amikor az  $X_2$  terhelés nagyobb értéket vesz fel, mint az  $X_1$  teljesítőképesség.

Az

$$F = A \cup B \quad (2)$$

egyenlet egy kételemű soros (1.b ábra) rendszer meghibásodásának  $F$  feltételeit írja le, azaz azt, amikor az egyik ( $A$  vagy  $B$ ) meghibásodása mindkettő leállását okozza.

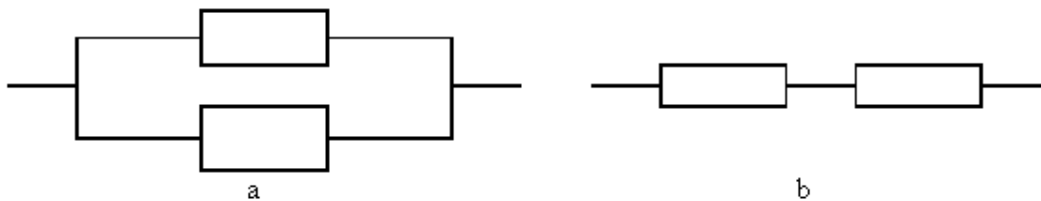
Hasonló módon a (3) egyenlet kételemű párhuzamos rendszer (1.a ábra) meghibásodását szemlélteti, amikor a rendszer leállását mindkét elem meghibásodása okozza.

$$F = A \cap B \quad (3)$$

Egy összetett rendszer meghibásodását pedig az alábbi egyenlet írja le:

$$F = [f_1(\mathbf{X}) < 0 \cup f_2(\mathbf{X}) < 0] \cap f_3(\mathbf{X}) < 0 \quad , \quad (4)$$

ahol az  $f_i$  függvényeket a rendszer korlátai és fizikai törvények alapján írhatók fel.



1. ábra Párhuzamos (a) és soros (b) kapcsolású rendszerek

A kockázatelemzők és a statisztikusok előszeretettel alkalmaznak úgynevezett valószínűségi modelleket a megfigyelhető értékekkel kapcsolatos kockázatok, bizonytalanságok becslésére.

Az  $A$ -hoz (egy  $A$  eseményhez) kapcsolódó valószínűségek megadásához az összes ismert tény alapján egy közvetlen felsorolást lehet használni. Mivelhogy ez az ismeret gyakorta komplex, sokdimenziós, és sokszor a háttér információkban sok elhanyagolható irrelevancia található, az ilyen megközelítést gyakran felváltják a „valószínűségi modellek” alkalmazásával, ami egy mód a háttér információk csökkentésére, hogy azok kezelhetők legyenek.

Vegyük azt, hogy az  $A$  esemény azt jelenti, a rendszer nem funkcionál a  $t$  működési idő után. Feltételezzük, hogy rendelkezünk az adott rendszer egy megfelelő (statisztikai) sokaságával és egy, ezen sokasághoz kapcsolódó  $F(t)$  függvénnyel azt jellemezhetjük, hogy ezek a rendszerek nem működnek  $t$  működési idő után. Mint az  $F(t)$  modellje, az általános üzemeltetési tapasztalat alapján feltételezhetjük és bevezethetjük, hogy az exponenciális eloszlású, azaz:

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t} \quad , \quad (5)$$

és az idő- vagy teljesítményegység alatti meghibásodások számával kapcsolatos bizonytalanságunkat  $\lambda$  paraméterrel, a meghibásodási rátával, becsüljük. Ezt az egyszerű modellt úgynevezett Bayes-i eljárással kell megoldanunk. Először a  $\lambda$  bizonytalansági eloszlásának meghatározásával, majd — amikor az adat alkalmassá válik a későbbi eloszlás meghatározására és a jellemző működési idő előrejelzésére —, a

$$P(T \leq t) = \int_{-\infty}^t 1 - e^{-\lambda t} dH(\lambda) \quad (6)$$

egyenlet alkalmazásával, ahol  $H(\lambda)$  a  $\lambda$  előzetes vagy későbbi eloszlása.

Ez egy általános mód a működési idő ingadozásának exponenciális eloszlására való hivatkozásra, mint véletlen bizonytalanság, így  $H$  egy — az ismeretek hiányából adódó — bizonytalanságot jelent.

Összességében a kockázatelemzés lényegében megfelelő elméletek, módszerek és modellek bevezetése a kockázat becslése és leírása érdekében, valamint ezek alkalmazása a kockázat becslése, kommunikálása és kezelése céljából.

De mit értünk a „megfelelőn”? Ez egyértelműen nem megmondható, de a következő követelmény-felsorolás — többek között — lényegében választ ad erre a kérdésre:

- (1) az elemző csoport alaposan ismerje a vizsgált rendszer vagy folyamat működését, a döntéshozatali eljárást és a környezetet;
- (2) az alkalmazott modellek kellően pontosan reprezentálják a vizsgálat tárgyát, melyek pontosságát fel kell becsülni;
- (3) az összes megfigyelt mennyiség, alkalmazott fogalom pontosan definiált legyen;
- (4) a kockázat, és a hozzá kapcsolódó bizonytalanság jelentései teljesen megértettek és következetesen kezeltek legyenek;
- (5) a becsléshez felhasznált háttér információk egységesen dokumentáltak legyenek.

A természet- és társadalomtudományi paradigmák egy platformot biztosítanak a kockázatelemzési modelleknek. Az ilyen modellek „jóságát”, mint a világ (a modellezett rendszer vagy folyamat) ábrázolását szükséges leírni. Az elemző nem használhat olyan modellt, mely nem bír megfelelő pontossággal. Egyensúlyt kell teremteni, egyszerűsíteniünk kell a modellt, úgy, hogy végül egy olyan eszközt kapjunk, melyet a kulcsfontosságú tényezők szemléltetésére tudunk alkalmazni, de ennek eredményei kevésbé lesznek pontosak. Jónak az a legegyszerűbb modell tekinthető, mely a modellezés céljából, az elemzés szempontjából elegendő pontosságú információt ad a modellezett rendszerről vagy folyamatról. Így a modell jóságát mindig az elemzés céljának függvényében kell vizsgálnunk.

Amikor egy ember–gép rendszer kockázatát elemezzük, az emberi és szervezeti tényezőket is számításba kell vennünk. Az emberi és szervezeti tényezőket tükröző társadalomtudományi elvek a kockázati modellek egy másik platformját alkotják, melyek esetén elvileg nincsenek különbségek a természettudományi paradigmákhoz képest.

Nagyon nehéz általánosan részletes leírást adni, hogy mi a megfelelő modell, milyen pontossággal kell bírni a modellnek, hogy elfogadható legyen.

### 3. A BIZONYTALANSÁG ÉRTELMEZÉSE

KNIGHT a múlt század húszas éveiben már megkülönbözteti a kockázatot és a bizonytalanságot. Úgy vélte, hogy kockázatos az, ami ellen valamilyen módon lehet védekezni, mert ismerteknek tételezhető fel a lehetséges kimenetek és azok valószínűségi eloszlása. A bizonytalanság ellen – véleménye szerint – viszont nem lehet védekezni, mert a kimenetek valószínűségi eloszlása nem ismert.

A bizonytalanság fenti, „knighti” fogalmát strukturális bizonytalanságnak is szokás nevezni, ami azt jelenti, hogy a döntéshozó nem tudja meghatározni vagy felbecsülni a lehetséges kimeneteket vagy alternatívákat. A bizonytalanság gyengébb formája az úgynevezett parametrikus bizonytalanság, ami akkor áll fenn, ha a döntéshozó képes meghatározni minden lehetséges kimenetet, de azt nem tudja, hogy ezek közül melyik fog bekövetkezni. Ilyen típusú bizonytalansággal találkozhatunk a mérnöki gyakorlatban például a gyártási tűrések, paraméter-eltérések és hatásaik elemzésekor [16].

KNIGHT a kockázat és bizonytalanság tekintetében tett megkülönböztetése, bár sokan vitatták és vitatják, mindenképpen nagy jelentőségű, ahol a különbség a valószínűségi kimenetekhez rendelkezésére áll fenn. Ezzel kapcsolatban KEYNES az alábbiakat írta:

*„A 'bizonytalan' ismeretével kapcsolatban megjegyezhető, hogy nem tennék különbséget a bizonyosan ismert s a csupán valószínű között. A rulett játék eredménye ebben az értelemben nincs kitéve bizonytalanságnak. A kifejezést abban az értelemben használom, hogy az európai háború kilátása bizonytalan, avagy a réz ára és a kamatláb húsz év múlva milyen lesz. Ilyen esetekben nincs tudományos alap bármilyen valószínűség számításához. Egyszerűen nem tudjuk.” [3]*

KEYNES véleménye szerint, az ismeret hiányának vagy részleges birtoklásának döntő szerepe van a kockázat, illetve a bizonytalanság definiálásában.

MACGILL és SIU szerint az alábbi megállapítások tehető a kockázat természetével kapcsolatban, amik — véleményük szerint — nem eléggé ágyazódtak még bele a jelenlegi kockázati paradigmákba [10]:

- (1) az emberek tudása az, ami meghatározza a kockázati kérdések érzékelését, definiálását és becslését;
- (2) a kockázati kérdések fizikai és szociális értékek és tulajdonságok kombinációja;
- (3) a kockázati kérdések bizonytalansági és felelőségi problémákat vonnak maguk után;
- (4) a kockázati kérdések valójában dinamikusak, jellegük időben, valamint a földrajzi és kulturális térben változnak;
- (5) a kockázatkezelési intézkedések hatékonysága a felhasznált (természet- és társadalomtudományi) ismeretek színvonalán és belső összhangjukon alapszik.

## 4. NEMVALÓSZÍNŰSÉGI KOCKÁZATBECSLÉS

A nemvalószínűségi kockázatról akkor beszélünk, ha egy olyan eseménnyel, jelenséggel kapcsolatban áll fenn bizonytalanság, amelynek nem értelmezhető a valószínűsége. A bizonytalanság „nem értelmezhetősége” nem azt jelenti, hogy számunkra (tudásunk vagy értesültségünk hiányossága okán) nem ismeretes a kérdéses valószínűség, hanem azt, hogy annak feltételezése, hogy az eseménynek van valószínűsége, önellentmondásra vezet.

A nemvalószínűségi kockázatelemzés abból indul ki, hogy egy esemény akkor is lehet kockázatos, ha nincsen valószínűsége.

A nemvalószínűségi kockázatot felmutató jelenségekre a magyar szakirodalomban eddig Bukovics elemezte [5] [6]. A valószínűségi szemlélet korlátaival kapcsolatos megnyilatkozások már a múlt század közepétől kezdve fellelhetők.

A legklasszikusabb nemvalószínűségi kockázatelemzési módszer a hibamód- és hatáselemzés. A hibamód- és hatáselemzés célja egy technikai rendszer vagy folyamat hibalehetőségeinek és az azokat előidéző okok felismerése valamint kockázati szint szerinti rangsorolása. Az elemzés során egy szakértő csoport meghatározza az összes lehetséges hibát és azok kiváltó okait és kockázati szintjét.

Egy integrált technikai rendszer megbízhatóságának növelése — akár tervezés vagy az üzemben tartása 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 és az azokat előidéző okok felismerése valamint kockázati szint szerinti rangsorolása. Az eljárás leírására és alkalmazása különböző szabványokat dolgoztak ki. Ilyen például az IEC Standard Publication 812 [9].

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 becsült értékeket kell alkalmaznunk. A szakértői vélemények — az eltérően értelmezett nyelvi kategóriák, fogalmak következtében — bizonyos fokú bizonytalanságot tartalmaznak.

## 5. A BIZONYTALANSÁG ELEMZÉSE A KOCKÁZATBECSLÉSSEN

A kockázatelemzés mindig része a döntéshozatalnak. Mint kockázatelemzőknek, fontos azt tudnunk, hogy mely eszközök alkalmazhatók az adott döntéshozatal során és az alternatív megközelítéseknek melyek a metodológiai és gyakorlati erősségei, illetve korlátjai.

A kockázat egyik eleme a valószínűség, mely objektív vagy szubjektív meghatározottságát a döntéshozó tudása (vagy annak hiánya) egyértelműen befolyásolja.

Az objektivisták szemlélet legjelentősebb követő eszméje volt a MISES és REICHENBACH által képviselt „relatív gyakoriság” nézete. Eszerint egy adott esemény valószínűsége valamely kísérletben, az esemény hasonló kísérletek végtelen láncolatában történő bekövetkezésének relatív előfordulása. Bizonyos értelemben a relatív gyakoriság gondolata kapcsolódik JACOB BERNOULLI úgynevezett „nagy számok törvényéhez”. Ez azt jelenti, hogy ha egy esemény  $k$  alkalommal megtörténik  $n$  azonos és független kísérlet során, akkor — ha a kísérletek számát önkényesen nagynak választjuk —, a

$$P = \frac{k}{n} \quad (7)$$

arány elvileg egészen közel lehet ama esemény „objektív” valószínűségéhez.

Ha az elegendő adat alkalmassá válik, a valószínűségi hozzárendelések közti egyensúly megvalósulhat, de nem feltétlenül, mivel a mindig szubjektív elemek beépülnek a becslési folyamatba. Éles különbséget nem lehet tenni az objektív, reális kockázat és az érzéklet kockázat között.

Bayes-i környezetben megtalálhatóak a kockázatelemzés főbb elvei, melyeket a 2. ábra szemléltet. Az alapelvek:

- (1) helyezzük a középpontba a világ (a vizsgált rendszer vagy folyamat) mennyiségileg kifejezhető állapotait, például a fizikai valóság és a természet mennyiségei az elemzés időpontjában legyenek megfigyelhetők;
- (2) a megfigyelhető értékek legyenek előrejelezhetők;
- (3) annak a bizonytalanságát, hogy mely érték megfigyelhető a valószínűségek átlagával fogják kifejezni (ez a bizonytalanság a tudás hiányának eredménye).

A 2. ábra az alábbi módon értelmezhető: Egy kockázatelemző (vagy egy elemző csoport) végzi a kockázatelemzést. A középpontban a világ van, és parciálisan néhány jövőben megfigyelhető  $C_i$ ;  $X = (X_1; X_2; \dots X_3)$  érték írja le a világot, rendszert vagy folyamatot. Az elemző a kérdéskörrel szerzett tudása alapján egy (vagy több) modellt állít fel, mely leírja a kapcsolatot a  $C$  átfogó rendszerteljesítmény mérték és  $X$  mennyiség között, mely a részletesebb szintű értékek vektora. Az elemző becsli az  $X$  vektor bizonytalanságát, melyet egyszerűsíteni kell a becslés során. Ilyen egyszerűsítés például az  $X_i$  jellemzők közötti függetlenség feltételezése. Valószínűségi számításokat vagy a fuzzy halmazok elméletét alkalmazva, az  $X$  bizonytalanságának becslése az  $f$  modellel együtt, adja az elemzés eredményét, például a  $C$  valószínűségi eloszlását és előrejelzését.

AVEN véleménye szerint, az  $X$  vektor értékei bizonytalanságának meghatározásához valószínűségi modelleket vezethetünk be, és Bayes-i eljárásokat alkalmazhatunk, mely valószínűségi eloszlásokat konzisztens módon bevonják a megfigyelt adatok számításába. Ezen nézettel vitatkozva, jelen sorok írója azt vallja, hogy a kockázat becslése során a szakértők (vagy a laikusok), mint a nem kívánt esemény bekövetkezési valószínűségével, mint a következményével kapcsolatos véleményének modellezéséhez, a fellépő bizonytalanságok becsléséhez, kezeléséhez a fuzzy halmazok elméletének alkalmazása is megfelelő módszer lehet. Ezt jelzi a 2. ábrán a fuzzy logikával kapcsolatos kiegészítések a [2] irodalomból átvett logikai diagramban.

A fuzzy logika egy olyan matematikai eszköz, amellyel a valós világ bizonytalanságait, pontatlanságait tudjuk modellezni.

Napjaink korszerű technikai berendezései és döntéshozatali módszerei mind szélesebb körben alkalmaznak valamilyen fuzzy eszközt, fuzzy szabályzó vagy szakértői rendszert. A fuzzy logika 1965-ben született meg, Lofti Zadeh munkássága eredményeként.

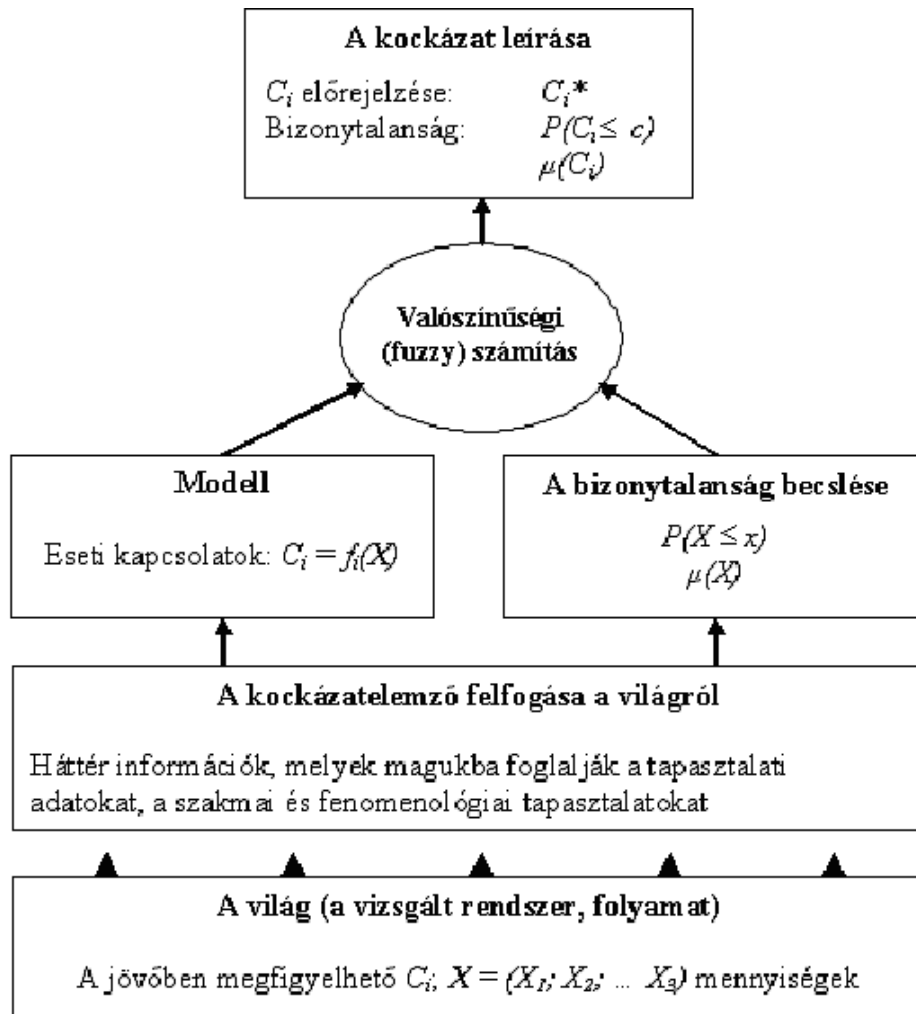
A klasszikus logika főbb elveit először Arisztotelész fejtette ki, és legfontosabb eljárásait is ő határozta meg. Az arisztotelészi logikát talán legjobban a „kizárt közép törvényével” tudjuk jellemezni, ami szerint minden logikai következtetés csak igaz {1} vagy hamis {0} eredményű lehet.

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.

Kiegészítve AVEN megfogalmazását, a kockázatelemzés tudományos alapjai az alábbiakkal összegezhetők:

- (1) a rendszer teljesítményéről, és a hozzá kapcsolódó megfigyelhető értékekről való ismeretek leírhatók, modellek, megfigyelt adatok és a szakértői (adott esetekben laikus) vélemények

- alapján;
- (2) A folyamatos bizonytalanságbecslés a valószínűségi szabályok vagy a fuzzy halmazok elméletének alkalmazásával.



2. ábra Előrejelző megközelítésű kockázatelemzés főbb elemei

## 6. ÖSSZEFOGLALÁS

A tanulmány a kockázat és a bizonytalanság szakmai értelmezéseit, elemzési módszereit mutatta be, összegezve és értékelve a témakörrel foglalkozó hazai és külföldi szakirodalmakat. Külön fejezet mutatta be a kockázatkezelés során fellépő bizonytalansághoz kapcsolódó elemzési, döntéshozatali problémákat, Végezetül röviden ismertettük a műszaki vezetők, menedzserek döntéseihez kapcsolódó kockázatkezelési kérdésköröket.

### FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Aven T., Körte J. On the use of risk and decision analysis to support decision-making, Reliability Engineering and System Safety 79 (2003) p. 289–299.
- [2] Aven, T., Risk analysis and science, International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering, Vol. 11, No. 1 (2004) p. 1–15.
- [3] Bélyácz I., A kockázat változó szerepe az értékszámításban, akadémiai székfoglaló előadás anyaga, <http://www.mta.hu/fileadmin/szekfoglalok/000873.pdf>.

- [4] Blockley, D., Risk based structural safety methods in context, *Structural Safety*, 21 (1999) p. 335–348.
- [5] Bukovics, I., Károlyi, L., Logical risk analysis as a theoretical aid to disaster management, *AARMS, Academic and Applied Research in Military Science*, Vol. 5, No. 1 (2006) 75–82.
- [6] Bukovics, I., Logikai, “nemvalószínűségi” kockázatelemzés, *Hadtudomány*, [http://www.zmne.hu/kulso/mhht/hadtudomany/2006/3/Bukovics\\_Istvan\\_Kockazatelemzes.pdf](http://www.zmne.hu/kulso/mhht/hadtudomany/2006/3/Bukovics_Istvan_Kockazatelemzes.pdf)
- [7] Cseh, G., Rendszerbiztonság és a kockázat kezelése, *Kard és toll* 2002/1, p. 142–151.
- [8] Ferson S., Tucker W. T., Sensitivity analysis using probability bounding, *Reliability Engineering and System Safety* 91 (2006) 1435–1442.
- [9] IEC (1985), Analysis techniques for system reliability Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA), IEC Publication 812.
- [10] Macgill S.M., Siu Y.L., A new paradigm for risk analysis, *Futures* 37 (2005) p. 1105–1131.
- [11] Matos M.A., Decision under risk as a multicriteria problem, *European Journal of Operational Research* (in press — [www.elsevier.com/locate/ejor](http://www.elsevier.com/locate/ejor)).
- [12] Mikula, L., Kockázatkezelés irányítása a MH hadfelszerelési eszközeinek és anyagainak beszerzésében. II. rész., *Katonai Logisztika Anyagi-Technikai Biztosítás* 10. évfolyam 2002.4. p. 125–164.
- [13] Miller, K.D., Waller H.G., Scenarios, Real Options and Integrated Risk Management, *Long Range Planning* 36 (2003), p. 93–107.
- [14] Oussalah, M., Newby, M., Analysis of serial–parallel systems in the framework of fuzzy/possibility approach. Part I. Appraisal: case of independent components, *Reliability Engineering and System Safety* 79. (2003) p. 353–368.
- [15] Pokorádi L., Linearized model-based investigation of manufacturing anomalies, *Проблемы машиностроения и автоматизации*, № 3, (2002), Москва, p. 44–49.
- [16] Pokorádi L., Madarász L., A repülőműszaki menedzsment és a kockázatkezelés, *Repüléstudományi Közlemények*, Szolnok ZMNE RTI, Szolnok, 1999/1, p. 95–104.
- [17] Pokorádi, L., Fuzzy Logic-Based Risk Assessment, *AARMS, Academic and Applied Research in Military Science*, Volume 1, Issue 1 (2002) p. 63–73.
- [18] Rebiasz, B., Fuzziness and randomness in investment project risk appraisal, *Computers & Operations Research* 34. (2007) p. 199–210.
- [19] Schutzbach, Mné., Kockázatelemzési módszerek áttekintése, *Kard és toll* 2003/1, p. 195–202.