

CSORDÁS ENDRE

Fogalmi és értelmezési zavarok a kockázati mátrixok és kockázati térképek körül

A gazdasági élet számos területén egyre gyakrabban találkozhatunk – a pénzüzetek gyakorlatában legtöbbször a működési kockázatkezelésben, projektmenedzsmentben, illetve a biztosítások kapcsán – kockázati mátrixokkal és kockázati térképekkel. A gyakorlat, illetve a szakirodalom is sokszor szinonimaként kezeli a kettőt. Tévesen, mert bár mindegyiket a kockázatok gyors és szemléletes megjelenítésére, rangsorolására, illetve kategorizálására használják, és a kockázatok besorolásának ismérvei is hasonlóak, a két fogalom korántsem ugyanazt takarja. Ez már önmagában is problémák forrása, emellett több fogalmi és értelmezési zavar kapcsolódik mindkettőhöz. Vezetői döntéseket is támogató eszközökről lévén szó, az ilyen félreértelmességek súlyos következményekkel járhatnak. Jelen cikk ezeket a fogalmi és értelmezési zavarokat kívánja tisztázni. Ennek érdekében az érintett fogalmak meghatározása mellett röviden bemutatja a szóban forgó eszközök eredetét, fejlődését, azok hiányosságait, majd feltárja a kapcsolódó értelmezési zavarokat. Végül kitér a fenti eszközök továbbfejlesztésére tett kísérletekre, és említést tesz a szerző ilyen irányú, jelenleg zajló kutatásáról.¹

1. BEVEZETÉS

Napjainkban a gazdasági élet számos területén találkozhatunk kockázati mátrixokkal és kockázati térképekkel, európai uniós feljegyzésektől kezdve önkormányzatok kockázatkezelési szabályzatán keresztül egészen nemzetközi cégek éves jelentéséig és projektmenedzsmenttel kapcsolatos módszertani leírásukig, de társadalmi-politikai szervezetek döntéseiben is fontos szerepet játszanak.² A World Economic Forum *Global Risk 2012* című jelentésének ötvennégy oldala például harmincnégy kockázati térképet tartalmaz a tárgyalt kockázatok szemléltetésére.³ A pénzüzeteknél leggyakrabban a működési kockázatok, valamint különféle projektek menedzselésekor, illetve biztosítások kapcsán a kockázati események elemzésekor kerülnek elő.

1 Ezúton szeretnék köszönetet mondani *Armai Zsolt*nak, aki egy működési kockázatkezelési kurzuson a számomra első kockázati térképet elem tárta, megfogalmazott kritikám értő hallgatósága volt, majd biztatott a téma mélyebb tanulmányozására.

2 Vö. Európai Unió Tanácsának Főtitkársága [2009], Bács-Kiskun Megyei Közgyűlés Hivatala [2008], ioMosaic Corporation [2009], World Economic Forum [2012], és még lehetne sorolni.

3 Vö. World Economic Forum [2012]. A jelentés teljes terjedelme (címodallal, tartalomjegyzékkel és köszönetnyilvánításokkal) hatvannégy oldal.

Sajnos azonban nagyon sokszor azok is szinonimaként kezelik a két fogalmat, akik használják ezeket az eszközöket, illetve mások egészen más fogalmakat értenek alattuk, vagy nem is tudják, hogy az általuk régóta használt eszközöket egyesek így nevezik. Ez a fogalomzavar már önmagában is problémák forrása. Ezenkívül számos egyéb fogalmi és értelmezési zavar is kapcsolódik mindkét eszközhöz. Mindezeknek egyik oka, hogy általában nem ismert még az eredetük sem: a témával foglalkozó nemzetközi szakirodalomban is csak elvétve található erre utalás.⁴ Emiatt sokakban alakulhatott ki az az érzés, hogy ezek a kockázatkezelési kellékek „mindig is léteztek”. Márpedig készítőik célja a kockázatok gyors és szemléletes megjelenítése, rangsorolása, illetve kategorizálása, a döntéshozók figyelmét pedig a kockázatok így kapott értékelése is irányítja – tehát egyáltalán nem mindegy, tudjuk-e, miről is beszélünk, mi az az eszköz, amit használunk, illetve mire használható valójában, és mik a korlátai.

A következőkben tehát először azt tisztázom, hogy mit is takarnak a szóban forgó eszközök, világosan szétválasztva a két fogalmat. A téma nélküli a kiterjedt magyar szakirodalmat, így a felhasználandó kifejezések tekinthetők a nemzetközi szóhasználat honosításának. A kép teljessé tétele érdekében a kockázati mátrixot, illetve a kockázati térképet elhelyezem a kockázatkezelés folyamatában is. Ezt követi eredetük és fejlődésük áttekintése. Jelen tanulmány megkerülhetetlen része a Cox [2008] által feltárt korlátok bemutatása, amelynek a kritikája egyúttal megalapozza a fogalmi és értelmezési zavarok részletesebb bemutatását is. Ezt egészíti ki néhány egyéb veszély ismertetése, ami a szóban forgó eszközök használatához kapcsolódik. A tanulmányt a továbbfejlesztési kísérletekre – köztük a jelen cikk szerzőjének saját ilyen irányú kutatására – történő rövid utalás, illetve összefoglalás zárja.

2. FOGALMI TISZTÁZÁS

2.1. A kockázati mátrix és a kockázati térkép fogalma⁵

Jelen cikk terminológiájában a **kockázati mátrix** egy *táblázat*, amelynek a sorai, illetve oszlopai „valószínűség” (máskor „bekövetkezési esély”, „gyakorosság”) és „súlyosság” (avagy „hatás”, „következmény”, „veszteség”) osztályközöket, illetve kategóriákat jelölnek, rendre növekvő sorrendben. A táblázat cellái az adott valószínűség – súlyosság („gyakorosság – hatás” stb.) pároshoz rendelnek rangsor (vagy éppen „prioritás”, „sürgősség”, „összkockázat”, „tolerancia” stb.) értéket. Ezt gyakran színkódolással is jelölik, jellemzően zöldtől pirosig a magasabbnak értékelt kockázat felé haladva. Felosztása általában 3×3 és 7×7 között változik.

4 Pl. CARBONE & TIPPETT [2004]

5 E tanulmány szerint a kockázati mátrix, illetve a kockázati térkép által takart fogalmakra számos további, egyikre vagy mindkettőre használt kifejezést találhatunk: valószínűség-hatás tábla, kockázatosztályozási vagy kockázati rangsor grafikon stb. A választás a leginkább letisztultnak mondható nemzetközi szakirodalom alapján történt.

A következő példa „az egyes katasztrófavédelmi osztályok meghatározására” szolgáló kockázati mátrixot mutatja be, ahogyan az a vonatkozó kormányrendeletben szerepel.⁶

1. táblázat

Katasztrófavédelmi osztályok meghatározására szolgáló kockázati mátrix a 234/2011. kormányrendeletben

Hatás	Bekövetkezési gyakoriság			
	Ritka	Nem gyakori	Gyakori	Nagyon gyakori
Nagyon súlyos	II. osztály	II. osztály	I. osztály	I. osztály
Súlyos	III. osztály	II. osztály	II. osztály	I. osztály
Nem súlyos	III. osztály	III. osztály	II. osztály	II. osztály
Alacsony mértékű	III. osztály	III. osztály	III. osztály	III. osztály

Forrás: A Magyar Köztársaság Kormánya [2011], 32886. o.

A rendelet az egyes hatás-, illetve gyakoriságkategóriákhoz leíró jellegű magyarázatot is fűz, illetve az egyes katasztrófavédelmi osztályokhoz meghatározza a szükséges védelmi szintet.

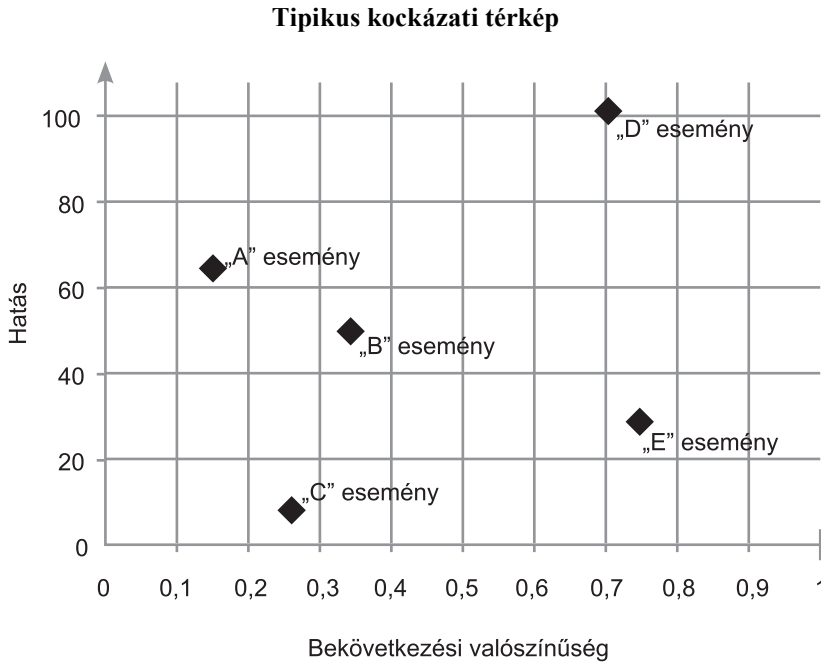
A gyakorlatban számos hasonló táblázattal találkozhatunk, amelyek a feltárt kockázatokot a fent említett, különféle sor-, illetve oszlopelnevezések mellett a megfelelő cellába történő besorolás alapján értékelik. Például, ha egy kockázatot az 1. táblázat szerint „súlyosnak” és „nem gyakorinak” minősítünk, akkor az a II. osztályba fog tartozni.

A **kockázati térkép** egy ábra, amely két tengely által meghatározott síkon ábrázolja a kockázati tényezőket. A két tengely itt is a „valószínűség” („bekövetkezési esély”, „gyakoriság”) és a „súlyosság” („hatás”, „következmény”, „veszteség”). Legtöbbször mind a két tengely nemnegatív értéktartományt vesz fel. Fontos leszögezni, hogy a kockázati térkép nem függvényt ábrázol, azaz nem az egyik tengelyen felvett érték függvényében ábrázolja a másik tengelyen felvett értéket. Az egyes kockázati elemek pontszerű helyét a tengelyeken hozzájuk rendelt értékek határozzák meg.

A kockázati térkép alkalmazásának jellegét a tengelyek skálázása, az elhelyezett elemek ábrázolási módja, valamint a tengelyek által meghatározott sík értelmezése határozza meg. A gyakorlatban e jellemzők különbségei a kockázati térképek többféle típusát eredményezik. Az 1. ábra egy tipikus kockázati térképre ad példát.

⁶ A *Magyar Közlönyben* lévő „szinkódolás” nélkül; az ott ugyanis szürkeárnyalatosan jelenik meg, aminek következtében – az eredeti szándékkal feltehetően ellentétben – éppen a legmagasabb és a legalacsonyabb osztály kapott azonos szint. Ez egyúttal jó példa az ábrázolás hibáiból fakadó veszélyekre is.

1. ábra



Forrás: saját szerkesztés

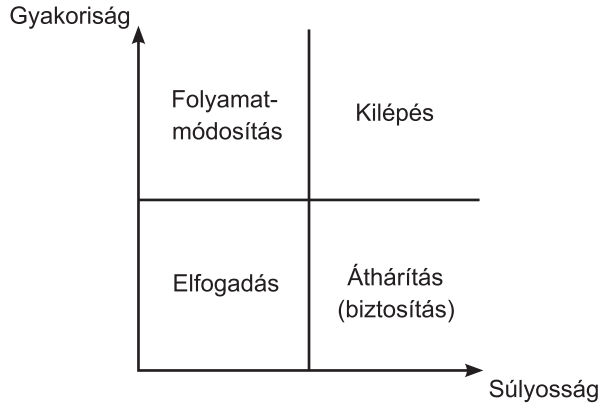
A példadiagram esetében a síkján elhelyezett kockázati események bekövetkezési valószínűségét a vízszintes tengely mutatja nullától egyig folytonosan, a bekövetkezésük esetén várható hatást pedig a függőleges tengely nullától végtelenig szintén folytonosan. A valószínűség („esély”) helyett máskor gyakoriságot használnak végtelen skálán. Az egyes események kockázatát általában a két tengelyen felvett értékük szorzata alapján számítják. Képletszerűen:

$$\text{Kockázat} = (\text{Bekövetkezés valószínűsége}) \times (\text{Bekövetkezés hatása}) \quad (1)$$

A szorzat tényezőit az adott típusú kockázati térkép tengelyei szerint kell értelemszerűen megváltoztatni. A tengelyeken sokszor leíró értékeket is szerepeltetnek a numerikus skála megfelelő értékeinél jelölve. A kockázat nagyságát háttérszínezés vagy az elhelyezett elemek mérete is szemléltetheti. A diagram síkját pedig gyakran felosztják a tengelyekkel párhuzamos egyenesekkel, és az így kapott területeket különféle szempontok szerint osztályozzák. Az pedig már szinte csak ízlés kérdése, hogy melyik tengely van vízszintes, és melyik függőlegesen. Ezek nemcsak a szemléltetés módjában eredményeznek különbségeket, hanem adott esetben egymástól egészen eltérő értelmezést hordoznak. Ezekre a variációkra láthatunk most néhány példát:

2. ábra

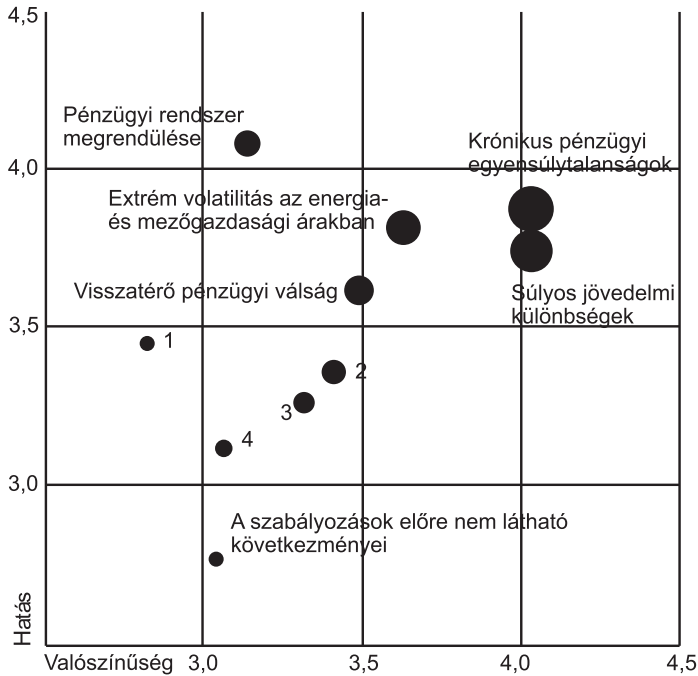
Tipikus sematikus ábra az egyes kockázatok kapcsán követendő magatartásra



Forrás: saját szerkesztés

3. ábra

Az elkövetkező tíz év globális gazdasági kockázatai a Global Risk 2012 című jelentésben

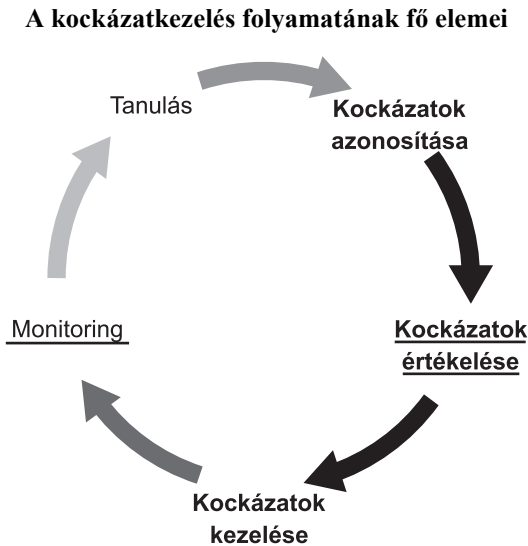


Forrás: World Economic Forum [2012], a címkék saját fordításával

2.2. A kockázati mátrixnak és a kockázati térképnek a kockázatkezelésben elfoglalt helye

A kockázatkezelés célja végső soron a kockázatok kontroll alatt tartása. A kockázatkezelés folyamatának többféle modellje fellelhető a szakirodalomban, illetve a gyakorlatban; abban azonban a legtöbb megegyezik, hogy az első lépés bennük a kockázatok azonosítása, amit azok értékelése, majd kezelésük követ, a kört pedig szerencsés esetben az intézkedések nyomon követése (monitoring), illetve egy tanulási ciklus zárja. A kockázatkezelési folyamat gerincét tehát a 4. ábrán látható elemek alkotják⁷:

4. ábra



Forrás: saját szerkesztés

Az ábrán a nyilak elhalványulása nem véletlen: ez jelzi, hogy a monitoring és az annak eredményeit felhasználó tanulási folyamat, így a kör teljessé tétele a gyakorlatban sajnos nem minden esetben képezi a kockázatkezelés részét. A kockázati mátrixot, illetve a kockázati térképet a kockázatok értékelésénél és a monitoringban szokták felhasználni (ezeket jelzi az aláhúzás). Így tehát elkészítésüknek előfeltétele a kockázatok azonosítása. A kockázatok elemzése, értékelése alapján lehet megtervezni az azok mérsékléséhez szükséges lépéseket, illetve előkészíteni az ehhez szükséges döntéseket. Ebben segítséget nyújthat a *gondosan összeállított* kockázati mátrix, illetve kockázati térkép.

A kockázati mátrix, illetve a kockázati térkép a monitoring eszköztárának is bevett eleme: a kockázatsökkentő intézkedések eredményességének felmérésére a ténylegesen megfigyelt kockázati eseményeket bennük elhelyezve használják fel azokat, illetve időről időre újra elkészítve, a kockázati profil alakulását szokták a segítségükkel nyomon követni.

⁷ Az ábra hangsúlyozottan csak a folyamat gerincét mutatja, nyilván az egyes elemekhez további alárendelt folyamatok tartozhatnak.

3. A KOCKÁZATI MÁTRIX ÉS A KOCKÁZATI TÉRKÉP EREDETE ÉS FEJLŐDÉSE

Tekintettel arra, hogy sokszor a szakirodalomban sincsen megkülönböztetve a kockázati térkép a kockázati mátrixtól, ezért a történetüket együttesen célszerű áttekinteni. Így fény derülhet az összefonódás okára is. Jelen fejezet ezzel együtt nem kívánja bemutatni a téma teljes szakirodalmát, ehelyett olyan jellegű áttekintést kíván adni, amely az eredeti célhoz, azaz a két eszköz körüli fogalmi és értelmezési zavarok tisztázásához szükséges.⁸

A kockázati mátrixszal elsőként talán az 1949-es MIL-P-1629: *Procedures for performing a failure mode, effects and criticality analysis* című amerikai egyesült államokbeli katonai szabványban találkozhatunk, „kritikussági mátrix” néven.⁹ A szabványnak a MIL-STD-1629A-es változata ma is hatályos. A dokumentum a rendszerekben, illetve felszerelésekben potenciálisan keletkező meghibásodások hatásainak általános elemzési módját írja le. A kritikussági elemzés célja a „101-es feladatban azonosított összes lehetséges meghibásodás rangsorolása a súlyossági osztály és a rendelkezésre álló legjobb adatokon alapuló bekövetkezési valószínűség együttes hatása alapján”.¹⁰ A definícióban szereplő 101-es feladat a meghibásodási módoknak és hatásaiknak az elemzése. A meghatározásból sok minden kiolvasható: a kritikussági elemzés 1) csak korábban már beazonosított kockázatokra vonatkozik, 2) egyedi eseményeket vizsgál, 3) célja rangsor felállítása, 4) a vizsgált események közötti rangsort súlyosságuk és a bekövetkezésükhöz rendelt valószínűség együttesen határozza meg. Súlyosság alatt a szabvány az adott esemény bekövetkezése esetén elképzelhető legrosszabb következmény súlyosságát érti. A dokumentum meghatároz a meghibásodási okokra vonatkozó, úgynevezett kritikussági értéket is, amely a kudarc feltételes valószínűsége mellett az érintett berendezéstől várt üzemidőt is figyelembe veszi.

A szabvány az 5. ábrát az egyes meghibásodási módok beazonosítására, összehasonlítására és rangsorolására szolgáló, a jelentésekben a kritikussági elemzés kötelező elemeként előírt eszközként definiálja.

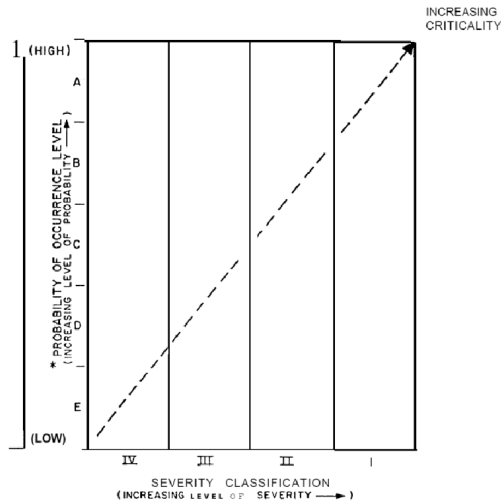
8 Ezzel együtt a cikk említ néhány további forrást, amely a témában elmélyülni kívánó olvasó számára jó kiindulópontként szolgálhat.

9 Ez irányú kutatásom során ennél korábbi forrást vagy forrásra történő hivatkozást nem találtam, viszont van olyan forrás (CARBONE & TIPPETT [2004]), amely megerősíti, hogy ez az első kockázati mátrix.

10 „The purpose of the criticality analysis (CA) is to rank each potential failure mode identified in the FMEA Task 101, according to the combined influence of severity classification and its probability of occurrence based upon the best available data.” (United States Department of Defense [1980], p. 102-L, saját fordítás)

5. ábra

**„Kritikussági mátrix”
a MIL-STD-1629 USA katonai szabványban**



Forrás: United States Department of Defense [1980]

A valójában táblázatként funkcionáló, némiképp hiányos cellakeretezésű¹¹ „kritikussági mátrix” osztályközöket használ a valószínűsége, és ordinális skálát a súlyosságra. A valószínűség (p) osztályközei: A: $0,2 < p$; B: $0,1 < p \leq 0,2$; C: $0,01 < p < 0,1$; D: $0,001 < p \leq 0,01$; E: $p \leq 0,001$.¹² A súlyossági kategóriák: IV. alacsony, III. mérsékelt, II. kritikus, I. katasztrofális.¹³ A kritikusság növekedését a legkisebb valószínűséget és legkisebb súlyosságot képviselő cellától kezdve a legnagyobb valószínűséget és legnagyobb súlyosságot reprezentálóig átlós irányban futó nyíl jelöli. Ennél jobban a leírás nem részletezi, hogy a mátrix alapján a különböző cellákba kerülő események közötti rangsor hogyan dönthető el.

Az 1960–70-es években több iparág is átvette a szabvány címének rövidítéséből nevesített FMECA- vagy FMEA-eljárást. Később a kockázati mátrix is visszatér, és először inkább csak a fogalmi zavarokból fakadóan, de megjelenik a kockázati térkép is különféle elnevezésekkel és formában. Az 1990-es évek elején már bevett eszköznnek számít a kockázatkezelésben (Wideman [1992]). A „kockázatok ismérv-értékeinek ábrája” Wideman interpretációjában az események bekövetkezési valószínűsége és következményük súlyossága közötti összefüggés bemutatására szolgál (l. 6. ábra).

11 A közölt kép a láthatólag írógéppel szerkesztett, eredeti példány másolata. Az ábraszzerű megjelenítés máris magában rejtje a fogalmi zavarok egyikét, amelyről még az 5.1. fejezetben szó lesz.

12 A forrásban az intervallumhatárok eredetileg mindkét oldalról nyíltak, aminek következtében viszont a $[0,1]$ intervallum nem lenne teljesen lefedve.

13 A súlyossági kategóriák eredeti angol megnevezése rendre: minor, marginal, critical, catastrophic.

Kockázatok ismerv-értékeinek sematikus ábrája

Magas Valószínűség	?	Magas kockázat
	Alacsony kockázat	?
Alacsony	Következmény súlyossága	

Forrás: Wideman [1992], p. D-4, a címkék saját fordításával

Ahogy a sematikus ábra is mutatja, a diagram területét a tengelyekkel párhuzamos vonalakkal osztották fel a kockázat mértékére vonatkozó megállapítás érdekében. Ebben a felfogásban erősen érződik a kockázati mátrix logikája.¹⁴

A kockázati térkép a huszadik század végére válik el határozottabban a kockázati mátrixtól a szakirodalomban. Ehhez az is szükséges volt, hogy kidolgozásra kerüljön az úgynevezett kockázati mátrix megközelítés („risk matrix approach”, „RMA”), amit az amerikai Air Force Electronic Systems Center foglalt egységes keretbe (Garvey & Lansdowne [1998]) Ez a kockázati mátrixot egyértelműen táblázatként kezeli. A rá épülő módszer olyan „strukturált megközelítés, amellyel meghatározható, mely kockázatok a leginkább kritikusak egy program szempontjából, és lehetőség nyílik egy adott kockázat vagy kockázatsorozat lehetséges hatásának a felmérésére a program teljes időtartamán át”.¹⁵ A kockázatot ebben a megközelítésben az jelenti, ha fennáll a lehetősége a programban (projektben) meghatározott valamely követelmény nem teljesülésének. A kockázatok meghatározása követelmény – kapcsolódó technológia (folyamat) páronként történik. Ezt követi az így meghatározott kockázati tényezők lehetséges hatásainak a felmérése, majd bekövetkezésük esélyeinek megállapítása, ami általában a programban részt vevő szakértők véleményén alapul. A módszer szerint erre épülve készíthető el a kockázatok enyhítésére vonatkozó akcióterv. A hatás ordinális skálája és a valószínűség osztályközei előre definiáltak, ahogy az ezek lehetséges párosításaira vonatkozó kockázati kategóriák (pl. alacsony, közepes, magas) is. Maga a kockázati mátrix mindezeket tartalmazza a soraiban, oszlopaiban és celláiban. A kockázatok rangsorolása azonban nem e kockázati kategóriák, hanem a Borda-módszer¹⁶ alapján történik:

$$b_i = \sum_k (N - r_{ik}) \quad (2)$$

¹⁴ Az ezzel kapcsolatos fogalmi zavarokról az 5.1. fejezetben lesz szó.

¹⁵ GARVEY & LANSDOWNE [1998], saját fordítás.

¹⁶ BORDA [1781] alapján.

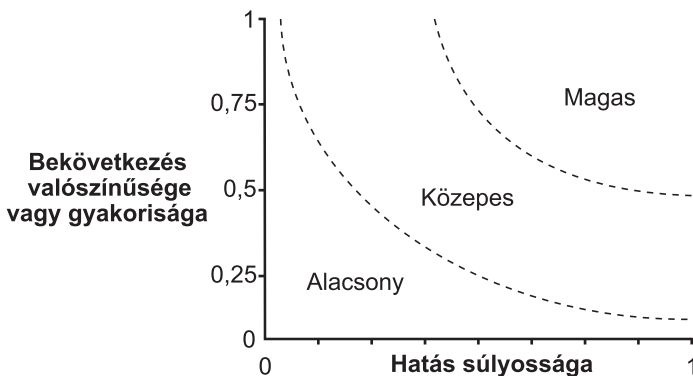
Az egyenletben b_i az i -edik kockázat Borda-indexének értéke, N az összes felmért kockázat száma, r_{ik} az i -edik kockázat k -adik kritérium szerinti rangsora, ahol $k = 1$ vonatkozik a hatásra, $k = 2$ a valószínűsége. A módszer része a kockázateszközök intézkedések kudarcára vonatkozó valószínűség felső határának meghatározása, ami az egyes intézkedések kudarcának a valószínűségei alapján történik, ezeket egymástól függetlennek tekintve.¹⁷ A kockázatok rangsorát és az intézkedések kudarcának valószínűségét a módszer szerint rendszeresen újra ki kell számítani. Láthatjuk tehát, hogy ez az eljárás a kockázati mátrixot egy kidolgozott folyamat eszközeként kezeli, de nem azonosítja magával a módszerrel.

A kockázati mátrixra épülő első, kereskedelmi forgalomba került számítógépes alkalmazást a MITRE vállalat készítette 1998-ban e megközelítés alapján. A program a leírt módszerhez biztosít számítástechnikai támogatást. Lehetőséget nyújt az egyes események rögzítésére, és a megadott paraméterek alapján automatikusan elvégzi a rangsorolást, valamint megjeleníti az eredményeket és előkészíti a dokumentálást (Engert & Lansdowne [1999]).

A kockázati térkép nem sokkal ezután megjelent abban a formában, amivel alapvetően ma is a legtöbbször találkozhatunk. Pritchard [2001] felhívja a figyelmet arra, hogy a kockázati események rangsorolását nem feltétlenül csak az (1) egyenlet alapján lehet elvégezni. A két tényező eltérő súlyozású szorzatával a kockázati térkép területe különféle görbék mentén felosztható. A 7. ábrát Pritchard egyértelműen kvalitatív eszközként mutatja be. A függőleges tengely egyedi események bekövetkezési valószínűségét vagy események gyakoriságát is jelölheti. Pritchard elismeri, hogy az eszköz egyszerűen használható, de felhívja a figyelmet a szakértői becslések szubjektivitásának problémájára. Javaslatára szerint a hatás súlyosságát több tényező (extra költség, időbeli késés stb.) alapján kell osztályozni, és a legsúlyosabbnak ítéltet tekinteni az adott esemény bekövetkezése esetén elszenvedett hatás súlyosságának.

7. ábra

Kockázatosztályozási ábra



Forrás: Pritchard [2001], a címkék saját fordításával

¹⁷ $P = 1 - \prod_j [1 - v(y_j)]$, ahol P a kockázateszközök intézkedések kudarcának valószínűsége, $v(y_j)$ pedig az adott intézkedés kudarcának valószínűsége (GARVEY & LANSDOWNE [1998])

Az említett FMECA-eljárás és ezzel együtt a kockázati mátrix, illetve a kockázati térkép népszerűsége az elmúlt évtizedekben egyre nőtt. Erről ad jó összefoglalást *Carbone & Tippett* [2004]. Ezzel együtt a kockázati mátrix, illetve a kockázati térkép hiányosságai is előtérbe kerültek, és – főként, de nem csak gyakorlati szakemberek – igyekeztek megoldást találni ezek kiküszöbölésére.¹⁸

4. A KOCKÁZATI MÁTRIX ÉS A KOCKÁZATI TÉRKÉP KORLÁTAI

Az említett problémákat tudományos felfogással elemző írásra mégis 2008-ig kellett várni. Cox [2008] a kockázati mátrixok hiányosságait elemzi. Cikkében mindemellett olyan szempontokat is vizsgál, amelyek a tengelyekkel párhuzamos egyenesekkel felosztott területű kockázati térképpel is (amilyet például a 6. ábrán is láthatunk), vagy valójában csak azzal kapcsolatosak.¹⁹ Ezzel együtt a cikk fontos módszertani és alkalmazásbeli problémákat vet fel és elemez alaposan. Cox a sorokban valószínűséget, esélyt vagy gyakoriságot 0–1-ig osztályközösen, az oszlopaiban pedig súlyosságot, hatást vagy következményt szintén 0–1-ig osztályközösen jelölő, a kockázat értékét az (1) egyenlet szerint számító mátrixot (térképet) vizsgálja.²⁰ Cikkében négy hiányosságot, illetve korlátot állapít meg: a) gyenge felbontás, b) hibák, c) nem optimális forrásallokáció a kockázatcsökkentő intézkedésekhez, d) nem egyértelmű (szubjektivitáson alapuló) bemenő adatok és eredmények:

a) Gyenge felbontás

Bármilyen felosztás esetén előállhat, hogy eltérő kockázatú események egyazon cellába kerülnek, így azonos besorolás alá esnek. (A gyakorlatban ráadásul általában legfeljebb 5×5 -ös felosztást használnak.)

b) Hibák

Bármilyen számosságú sorú, illetve oszlopú mátrix (illetve felosztású térkép) esetén található olyan szomszédos cellapár, amelyek közül az egyik ugyan nagyobb kockázati értéket képvisel, mégis elhelyezhető bennük olyan eseménypár, amelyek közül a nagyobb kockázatú kerül a kisebb értékű cellába. Ezt Cox az azonos kockázatú görbék cellákhoz viszonyított helyzetével bizonyítja: bármely szomszédos²¹ cellapárhoz húzható ugyanis két olyan azonos kockázatú görbe, amelyek mindegyike átmegy mindkét cellán; így viszont a kisebb kockázati értéket képviselő cella is tartalmazhat nagyobb kockázatú pontot.

c) Nem optimális forrásallokáció a kockázatcsökkentési intézkedésekhez

A kockázati mátrixból (illetve a térképből) nem olvasható ki az, hogy az adott kockázat csökkentése mekkora költségekkel járna, és nem számol a rendelkezésre álló költség-

18 Vö. CLEMENS [1995], WARD [1999], PRINCE [2005], MCLWAIN [2006].

19 Zárójelben jelzem, ha az adott kijelentés a kockázati mátrix mellett a kockázati térképre is értelmezhető. Ekor a kockázati mátrix celláinak a kockázati térképnek a tengelyeivel párhuzamos egyenesek mentén történő felosztása révén nyert területek felelnek meg, illetve Cox „pontjai” táblázat esetén értelemszerűen valójában egyedeket (kockázati eseményeket) jelölnek. A kapcsolódó fogalmi zavarról részletesebben az 5.1. fejezetben lesz szó.

20 Cox cikkének terminológiája a kockázati kategóriák szerinti színezést követi, ahol a legkisebb kockázatot zöld, a legmagasabbat piros szín jelöli. Mivel esetünkben ez nem releváns, az erre vonatkozó részeket jelen dolgozat terminológiájára „fordítva” olvashatjuk.

21 Értsd: az oldalukkal érintkező.

kerettel sem. Ezért (valamint az első két hiányosságból is következően) önmagában a gyakoriságból és súlyosságból számolt kockázati besorolás nem biztosít hatékony támogatást a kockázatsökkentő intézkedésekkel kapcsolatos forrásallokációs döntésekhez.

d) Nem egyértelmű (szubjektivitáson alapuló) bemenő adatok és eredmények

A cikk szerint a kockázati mátrix (illetve térkép) módszeréből fakadóan a tényszerű adatok és a besorolást végző egyén szubjektív véleményének, kockázati attitűdjének egyfajta keverékét reprezentálja. Így nincs mód egy adott vizsgálati tárgyról objektív véleményt kapni ezzel az eszközzel.

Véleményem szerint az a) és a b) pontok valódi hiányosságok, amelyek viszont a kapcsolódó fogalmi, illetve értelmezési zavarok tisztázásával feloldhatóak. Erről az 5.1. fejezetben lesz részletesebben szó. A c) pontban tett megállapítással teljesen egyetértek, a d) pontban felvetett problémáról viszont úgy gondolom, nem az eszközhöz kötődik, hanem egy külön terület általános problematikája, nevezetesen a szakértői vélemények számszerűsítéséé.

Cox cikkében fentiekén kívül felvetődik az a probléma is, amely az ismétlődő események súlyosságának nem egyenletes eloszlásából adódik. Ilyen esetben ugyanis szerinte nem egyértelmű, hogy mi tekintendő a mátrixban (térképen) jelölt esemény súlyosságának.

Fenti hiányosságok és korlátok minél kisebb érvényesülése érdekében Cox felállít egy minimumkövetelmény-rendszert, amelynek minden kockázati mátrixnak (illetve térképnek) meg kell felelnie, ha az (1) egyenlet szerinti kvantitatív kockázatot tekintjük a kategorizálás alapjának. A cikk részletezi az ezeknek megfelelő mátrix (illetve térkép) megszerkesztésének a módját. Itt most álljanak csak a követelmények:

A) Minimum konzisztencia

Egynél több kockázati kategória esetén a legmagasabb kategóriában lévő pontoknak nagyobb kvantitatív kockázatot kell képviselnie a legalacsonyabb kategóriába eső pontoknál.

B) Konzisztens átmenetek

A kockázati mátrixban (azaz valójában térképen) húzott bármely olyan növekvő görbének, amely alacsonyabbik végén a legalacsonyabb, magasabbik végén a legmagasabb kockázati kategóriát mutató cellán fekszik, át kell mennie legalább egy köztes kockázati kategóriájú cellán.

C) Konzisztens kategorizálás

1) Egy cella (terület) csak akkor jelölhető a legmagasabb kockázati kategóriájúnak, ha tartalmaz legalább olyan magas értékű pontokat, mint más, azonos kategóriájú cella, és nem tartalmaz olyan alacsony értékűeket, mint bármely legalacsonyabb kategóriájú cella. 2) Egy cella csak akkor jelölhető a legalacsonyabb kockázati kategóriájúnak, ha tartalmaz legalább olyan alacsony értékű pontokat, mint más, azonos kategóriájú cella, és nem tartalmaz olyan magas értékűeket, mint bármely legmagasabb kategóriájú cella. 3) Köztes kategóriát egy cella csak akkor kaphat, ha a) egy legmagasabb és egy legalacsonyabb kategóriájú cella között fekszik, vagy b) tartalmaz olyan pontokat is, amelyek magasabb kockázatúak egyes, valamely legmagasabb kategóriájú cellában fekvő pontoknál, és olyanokat is, amelyek alacsonyabb kockázatúak egyes, valamely legalacsonyabb kategóriájú cellában fekvő pontoknál.

Cox a cikkben arra a végkövetkeztetésre jut, hogy a kockázati mátrix nem mindig biztosítja a véletlenszerűnél jobb döntés feltételeit, és különösen félrevezető lehet olyan események összehasonlításakor, amelyeknél a komponensek (a tengelyeken mért változók) negatív korrelációjúak. E vélemény megítéléséhez tekintsük át a következő fejezetet is!

5. A KOCKÁZATI MÁTRIX ÉS A KOCKÁZATI TÉRKÉP HASZNÁLATÁVAL KAPCSOLATOS FOGALMI ÉS ÉRTELMEZÉSI ZAVAROK, VALAMINT EGYÉB VESZÉLYEK

Az ebben a fejezetben bemutatásra kerülő csapdák egy része a kockázati mátrixot, illetve a kockázati térképet körülölelő fogalmi, valamint értelmezési zavarból fakad; másik részük viszont ezeken kívül is fennáll. Ezekbe nem értem bele a szakértői vélemények nem megfelelő számszerűsítése miatti téves adatbevitelt²², a folytonos értékek diszkrét skálán történő elhelyezését vagy az ábrázolás hibáit, mert ezek bármilyen eszközzel téves következtetést eredményeznének. Ugyancsak nem elemzem most a bizonytalanság, kockázat, valószínűség, esély fogalomkör körüli régi értelmezési vitát²³, hanem szigorúan a szóban forgó eszközök maradnak a középpontban.

5.1. Fogalmi és értelmezési zavarok

A fogalmi és értelmezési zavarok kialakulásában vélhetően az is szerepet játszik, hogy viszonylag nyilvánvalónak tűnő eszközökről van szó, így könnyen gondolhatjuk, hogy különbözőbb aggályok nélkül használhatók.

A legsúlyosabb probléma talán az, hogy összekeverik a kockázati térképet a kockázati mátrixszal. Az erről szóló fejezetben a kettő közti különbséget tisztáztam. Ennek alapján nem tekinthető kockázati térképnek az olyan ábra, amelyben legalább az egyik, folytonos tengely nem alkalmas a megjelenítendő kockázat pontos pozíciójának meghatározására, vagy az „ábra” felosztásával kapott részterületeken belüli pozíciók között nincs különbség. Ilyenkor ugyanis valójában kockázati mátrixról van szó, tehát nincs szerepe annak (hacsak nem a megtévesztés), hogy az ábrázolás során egy cellán belül hova helyezünk el egy elemet. Az is belátható, hogy egy táblázatba nincs értelme azonos értékű vagy egyéb görbék rajzolásának. Ha az első kockázati mátrixra gondolunk (l. 5. ábra), amely első ránézésre inkább ábrászerű, semmint táblázat, joggal érezhetjük, hogy az eszközpáros ilyen értelemben nem tudhat magáénak szerencsés kezdetet.

A fogalmi zavarok másik része az egyes tengelyekhez, illetve a kockázati mátrix soraihoz, oszlopaihoz kapcsolódik. Általában a súlyosság (veszteség, hatás) fogalma a letisztultabb. Rendkívül gyakori viszont, hogy a valószínűség (esély) tengelyen vagy a sorok jelölésében gyakorisági kategória is megjelenik a skálán; vagy éppen fordítva, a gyakorisági kategóriákkal történő jelöléshez adott leírás valószínűségek mentén ad – így a későbbi értelmezésben nyilván félrevezető – útmutatást az egyes elemek elhelyezésére.²⁴ További fogal-

22 Vö. Cox [2008] az előző fejezetben.

23 Erről lásd pl. a *Hitelintézet* 2011. 10. évfolyam 4. számát.

24 Vö. A Magyar Köztársaság Kormánya [2011] 32286. o.

mi zavar, amikor egyedi bekövetkezés-valószínűséget rendelnek események *csoportjához*, pedig ilyenkor a gyakoriság lenne az ésszerű (pl. autópáások évenkénti száma).

Az egyik igen súlyos értelmezési zavar a kockázati mátrix celláihoz rendelt értékekkel kapcsolatos. Még a kockázati mátrixok (térképek) csapdáiról szóló Cox [2008] cikkben szereplő anomáliák egy részének elemzése²⁵ is okafogyottá válik, ha tisztában vagyunk a következővel: a sorai vagy oszlopai közül legalább az egyikben osztályközöket jelölő **kockázati mátrix celláihoz nem rendelhető az (1) egyenlet szerinti konstans kockázattertek**, a konstans nullát tartalmazó sor vagy oszlop értékeit kivéve. Ennek oka egész egyszerűen az, hogy az osztályköz intervallum, így szorzata is intervallum lesz. Ebből az is következik, hogy a cellákhoz rendelhető kockázatintervallumokra nem lehet olyan kijelentést tenni, hogy egyik kisebb vagy nagyobb egy másiknál, legfeljebb azt, hogy az egyik felülről vagy alulról közelíti a másikat, esetleg, hogy az egyik minimuma, maximuma, valahányad kvartilise vagy egyéb függvénye kisebb vagy nagyobb a másik megfelelő értékénél. Ráadásul – az egy sort vagy egy oszlopot tartalmazó mátrixot, illetve a csak az egyik dimenzióban osztályközös, de ott a 0-t nem tartalmazó mátrixot kivéve – a cellánként meghatározott (1) egyenlet szerinti kockázatintervallumok sosem diszjunktok.²⁶ Így **a cellákhoz rendelt konstans érték nem is igazán alkalmas az (1) egyenlet szerinti intervallum funkcionálja szerinti rangsorolásra**, amit a gyakorlat sokszor sajnos nem vesz tudomásul. A cellákhoz rendelt értékek, címkék, színezés, stb. tehát legfeljebb bizonyos szempont szerinti besorolást követhet, például az adott esemény bekövetkezése kapcsán alkalmazandó stratégiát, az életbe léptetendő intézkedési tervet vagy az érintett szervezeti folyamatokat.

Fenti a gondolatmenethez kíván szemléltetést nyújtani a 2. táblázat. A belső cellákban az egymást jól láthatóan átfedő kockázatintervallumok, alattuk pedig a félreértelmezésre okot adó függvényértékek szerepelnek (példánkban a valószínűség-, illetve hatásintervallumok középértékeinek szorzata).

2. táblázat

Példa osztályközös kockázati mátrix esetében az (1) egyenlet szerinti értékekre a tényezők intervallumaival, illetve azok középértékeivel számolva

		Valószínűség				
		[0; 0,2) 0,1	[0,2; 0,4) 0,3	[0,4; 0,6) 0,5	[0,6; 0,8) 0,7	[0,8; 1] 0,9
Hatás	[0; 1) 0,5	[0; 0,2) 0,05	[0; 0,4) 0,15	[0; 0,6) 0,25	[0; 0,8) 0,35	[0; 1] 0,45
	[1; 2) 1,5	[0; 0,4) 0,15	[0,2; 0,8) 0,45	[0,4; 1,2) 0,75	[0,6; 1,6) 1,05	[0,8; 2] 1,35
	[2; 3) 2,5	[0; 0,6) 0,25	[0,4; 1,2) 0,75	[0,8; 1,8) 1,25	[1,2; 2,4) 1,75	[1,6; 3] 2,25
	[3; 4] 3,5	[0; 0,8) 0,35	[0,6; 1,6) 1,05	[1,2; 2,4] 1,75	[1,8; 3,2] 2,45	[2,4; 4] 3,15

Forrás: saját szerkesztés

25 Vö. az erről szóló részben a következőkkel: a) gyenge felbontás, b) hibák.

26 Ennek a bizonyítását az olvasó könnyen elvégezheti.

Ez az értelmezési zavar megfeleltethető a legalább egy folytonos tengellyel rendelkező kockázati térkép esetének is (a fenti gondolatmenetben a mátrix osztályközös dimenzióját a térkép folytonos tengelyével helyettesítve), amikor a térkép síkjának a tengelyekkel párhuzamos felosztása által kapott területekhez az (1) egyenlet szerinti kockázati értéket akarják rendelni – tévesen, hiszen azt csak adott pontra lehet kiszámítani. A szóban forgó felosztással nyert területekhez helyesen ez esetben is legfeljebb az említett szempontokhoz hasonló besorolás vagy az egyenlet szerinti kockázatintervallum függvényértékei rendelhetőek.

Az értelmezési zavarok közé sorolom a kockázati térkép tengelyeinek és síkjának, illetve a mátrix sorainak, oszlopainak és celláinak a jelentésével kapcsolatos félreértéseket. A valószínűségnek címkézett tengely, illetve sorok vagy oszlopok értelmezésük szerint általában annak az esélyét mutatják, hogy az adott kockázati esemény az előrejelzés időszakában bekövetkezik. Ez a meghatározás viszont nincs tekintettel arra, hogy az adott esemény hány-szor történik meg az előrejelzés időszakában. Ez ugyan megismételhetetlen eseményeknél (pl. egy egyedi objektum megsemmisülése) nem probléma, viszont minden más esetben kérdésessé teszi, hogy mit is jelent a másik tengelyen felvett érték, illetve hogyan értelmezhető az (1) egyenlet szerinti kockázat. Ha feltesszük ugyanis, hogy az adott esemény többször is előfordulhat, akkor abban az esetben, ha a súlyosság (vesztés) alatt az első bekövetkezésre vagy egy bekövetkezésre jutó (átlagos) súlyosságot (veszteséget) értjük, akkor az (1) egyenlet szerint számolt érték is csak az első bekövetkezésre vagy rendre az egy bekövetkezésre jutó kockázatot mutatja. Ezzel az adott (megismételhető) esemény összes kockázatát az ábra vagy a táblázat a hozzá fűzött, ilyen irányú elvárásokkal szemben nem mutatja, és ez téves értékeléshez, azaz a kockázati térkép síkjával, illetve a kockázati mátrix celláival kapcsolatos értelmezési zavarhoz vezet. A teljes kockázat kiszámításához szükség lenne a teljes súlyosság – akár a gyakoriságon és az átlagos súlyosságon keresztül történő – ismeretére is. Amennyiben viszont ezt ismerjük, úgy célszerűbbnek tűnik a valószínűség (esély) helyett eleve a gyakoriságot feltüntetni. Kijelenthető tehát, hogy a valószínűség (esély) használata a vizsgált időszakban legfeljebb egyszer bekövetkező eseményeknél indokolt, egyébként a gyakoriság a célszerű.

5.2. Egyéb veszélyek

A kockázati mátrixot és a kockázati térképet elsősorban az egyes kockázati események rangsorolására, illetve a kezelésük kapcsán követendő stratégia meghatározására használják. Ahogy láthattuk, a rangsorolási szándék, illetve az ezt kiszorgálni kívánó felosztás már önmagában is veszélyeket rejt magában. Ezenkívül egy rangsor felállításával a döntéshozók hajlamosak lehetnek kizárólag vagy legalábbis először a legmagasabb értékű területre összpontosítani, így kevésbé hatékony kockázatkezelési döntések születhetnek, mivel a magasabb kockázat kezelése korántsem feltétlenül sürgősebb vagy hasznosabb.

A kockázati térkép követendő stratégia szerinti felosztása (pl. 2. ábra) elvileg ugyan minden ábrázolt kockázatra kínálhat választ, azonban az éles határvonalak azt a veszélyt rejtik, hogy a mérési vagy becslési hibák téves magatartás kiválasztásához vezetnek, hiszen egy pont helyzetének csekély módosulása is azt eredményezheti, hogy egy másik területre esik. Illetve felmerül a kérdés, hogy egyáltalán lehetséges-e éles határvonalat húzni pusztán a két tengely értékétől függően a követendő magatartás között.

A kockázati mátrix (térkép) fentiek miatt nem ösztönzi vagy szolgálja ki kellőképpen az összképet tekintő szemlélet sem. Az egy cellában vagy területen lévő kockázatok ugyanis akkor sem feltétlenül kapnak kellő figyelmet, ha összességében nagyobb kockázatot jelentenek, mint a náluk magasabb rangsort kapó egyes kockázatok.

6. A TOVÁBBFEJLESZÉSRE TETT KÍSÉRLETEK

A fenti korlátok és veszélyek egy részét felismerve, néhányan kísérletet tettek a kockázati mátrix, illetve a kockázati térkép továbbfejlesztésére. Ezen kutatások sem minden esetben mentesek a jelen cikkben felvázolt fogalmi és értelmezési zavaroktól, mindemellett érdekes és a jövőben talán elterjedő felvetéseket tartalmaznak.²⁷

Markowski feldolgozóipari folyamatokat vizsgálva, arra a következtetésre jut, hogy nem minden esetben lehetséges mennyiségi eszközöket használni a kockázatok felmérésére. A kvalitatív eszközök, mint a hagyományos kockázati mátrix viszont nem alkalmasak a többszörös biztonsági szinttel bíró ipari feldolgozó rendszerek kockázatainak felmérésére, és ezért túl- vagy alulértékeli azt. Ennek a problémának a megoldására többrétegű kockázati mátrixot fejlesztett ki. A többrétegű kockázati mátrix az adott feldolgozási folyamat védelmi szintjeinek megfelelő számú réteget tartalmaz. Mindegyik réteg saját besorolást tartalmaz, amelyek a gyakorisági- és következménykategóriák függvényében határozzák meg az események kockázati szintjét (*Markowski & Mujumdar [2004]*).

A kockázati mátrixok szerkesztésekor jelentkező szubjektivitás problémájából kiindulva, *Markowski* és *Mannan* fuzzy logikán alapuló eszközt²⁸ fejlesztett ki (*Markowski & Mannan [2008]*) Cikkükben a kockázati mátrixok cellái az adott súlyosságú és gyakoriságú események toleranciaszintjét mutatják, az elfogadhatótól az azonnali cselekvést kívánóig. A toleranciaszintek meghatározása a „HA a gyakoriság »gy«, ÉS a súlyosság »s«, AKKOR »k« a kockázat” szabály alapján történik, tehát a központi kérdés nem az (1) egyenlet szerinti kockázati érték. Aszerint, hogy milyen értéket kapnak az egyes cellák, alacsonyabb vagy magasabb költséget előrejelző mátrixot kapunk (ezáltal rendre magasabb vagy alacsonyabb biztonsági szintet). A bemenő adatokat a kiválasztott fuzzy szabályok szerint kell feldolgozni, ami után defuzzifikálással megkaphatóak az így ismét konstans eredmények illetve a magasabb vagy alacsonyabb költségvetés melletti fuzzy kockázati térképek.

A kockázati mátrix, illetve a naiv kockázati térkép esetében a logaritmusos skála használata önmagában nem tekinthető továbbfejlesztésnek, hiszen az eredeti kockázati mátrix is kvázi logaritmusos skálát használ.²⁹ *Levine* viszont kifejezetten a mindkét tengelyén logaritmusos naiv kockázati térképhez fejlesztett ki újfajta kockázatkategorizálási módszert. *Levine [2011]* cikkében, *Cox [2008]* gondolatmenetéből kiindulva, arra a következtetésre jut, hogy az ismertetett hiányosságok egy része kiküszöbölhető a logaritmusos skálákra

27 A kockázati mátrix, illetve a kockázati térkép egyéb irányú továbbfejlesztésének is fellelhető szakirodalma, mivel azonban nem a hiányosságok és a veszélyek felszámolására irányulnak, ezért itt most nem említem azokat.

28 A cikk kezdetben a kockázati mátrix („risk matrix”) kifejezést használja, de végül is eljut a kockázati térképhez közelebb álló eredményig („risk surface”).

29 Vö. United States Department of Defense [1980].

történő áttéréssel. Ezenkívül megkérdőjelezi a kockázati besorolás színekkel történő kódolását (a kockázati mátrix azonos kockázatú celláinak, illetve a naiv térkép azonos kockázatu területrészeinek azonos háttérszínnel történő jelölését), mert szerinte az használójától egyfajta ráérzést kíván, így könnyen félreértésekhez vezethet. Ehelyett a latin abc betűivel való kódolást javasolja, ahol a betűk abc-sorrendjük szerint jelölik a kockázati mátrix celláinak (illetve a naiv térkép területrészeinek) kockázati rangsorát.

7. ÖSSZEFOGLALÁS

A kockázati mátrix és a kockázati térkép egy töről fakadó, mégis alapjaiban eltérő kockázatkezelési segédeszköz. Előbbi táblázatnak, utóbbi ábrának tekinthető, ebből következően felhasználásuk és értelmezésük is eltérő. Az ehhez kapcsolódó félreértések és a további értelmezési zavarok tisztázása rendkívül fontos, ha ezeket az eszközöket hatékonyan kívánjuk felhasználni. Ezenkívül célszerű tisztában lenni ezen eszközök hiányosságaival is, amelyek a Cox [2008] által ismertetett korlátokon, valamint a szakértői becslésekhez és a kockázati rangsoroláshoz kapcsolódó, általános problematikán túl az alábbiakban foglalhatóak össze:

- a) Csak pontbecslést adnak egy adott elem kockázati térben elfoglalt helyzetére. Semmi sem utal arra, mekkora esélyt (valószínűséget) rendelünk ahhoz, hogy vizsgálatunk tárgya más pozíciót vesz fel.
- b) Külön ábrát vagy táblázatot igényelnek az olyan események, amelyek a vizsgált időszakban legfeljebb egyszer történhetnek meg, és azok, amelyekre ez nem igaz.
- c) A hagyományos felosztások az éles határok miatt téves kockázatkezelési döntésekhez vezethetnek. (Erre részben megoldást kínál a fuzzy logika alkalmazása.)
- d) Nem helyeznek kellő hangsúlyt a kockázati profil összességére, inkább csak az egyedi eseményekre vagy eseménycsoportokra koncentrálnak.

A megismert korlátokat és veszélyeket szem előtt tartva, helyüket a kockázatkezelés folyamatában ismerve, valamint nem önmagukban használva őket, a kockázati mátrix, illetve térkép hasznos eszköz lehet a kockázatértékelés, a kockázatkezelési monitoring és a menedzsmentinformáció kelléktárában.

A fent felsorolt hiányosságok kiküszöbölését célul kitűzve, jelen cikk szerzője a kockázati térkép olyan irányú továbbfejlesztésén dolgozik, amely lehetővé teszi a térképen szereplő elemek helyzetéhez rendelt valószínűség-eloszlások megjelenítését, és ezen keresztül kockázatiprofil-szintű információk ábrázolását. A kutatás első eredményeit nemsokára megismerheti az olvasóközönség is.

IRODALOMJEGYZÉK

- A Magyar Köztársaság Kormánya [2011]: A Kormány 234/2011. (XI.10.) Korm. rendelete a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról szóló 2011. évi CXXVIII. törvény végrehajtásáról. *Magyar Közlöny* 131. sz. 32252–32297. o.
- Bács–Kiskun Megyei Közgyűlés Hivatala [2008]: Bács–Kiskun Megyei Közgyűlés Hivatala Szervezeti és működési szabályzat – Kockázatkezelési Szabályzat. Letöltés dátuma: 2012. április 13., forrás: www.bacsiskun.hu/megyeionkormanyzat/eloterjesztesek/20080229/kockazatszab2008.doc
- BORDA, J.-C. [1781]: Mémoire sur les élections au Scrutin. In: A. d. sciences, Mémoires de l'Académie Royale des Sciences, 657–665. o., Imprimerie Royale, Párizs.
- CARBONE, T. A.–TIPPETT, D. D. [2004]: Project Risk Management Using the Project Risk FMEA. *Engineering Management Journal* 16., (4), 28–35. o.
- CLEMENS, P. L. [1995]: Preferences in interpreting the risk assessment matrix. *Professional Safety*, június, 37–39. o.
- COX, L. A. [2008]: What's wrong with Risk Matrices? *Risk Analysis* 28., (2), 498–512. o.
- ENGERT, P. A.–LANSLOWNE, Z. F. [1999]: Risk Matrix User's Guide. Bedford, MITRE Corporation.
- Európai Unió Tanácsának Főtitkársága [2009]: 15394/09-es feljegyzés: Tervezet – A Tanács következtetései az EU-n belüli katasztrófavédelem előzési közösségi keretéről – A következtetések elfogadása. Brüsszel
- GARVEY, P. R., & LANSLOWNE, Z. F. [1998]: Risk Matrix: An Approach for Identifying, Assessing, and Ranking Program Risks. *Air Force Journal & Logistics* 22. (1), 18–21. o.
- ioMosaic Corporation [2009]: Designing an Effective Risk Matrix. Letöltés dátuma: 2012. április 13., forrás: <http://www.iosmosiac.com/docs/whitepapers/risk-ranking.pdf>
- LEVINE, E. [2011]: Improving risk matrices: the advantages of logarithmically scaled axes. *Journal of Risk Research*, november. DOI:10.1080/13669877.2011.634514
- MARKOWSKI, A. S.–MANNAN, M. S. [2008]: Fuzzy risk matrix. *Journal of Hazardous Materials* 159. (1), 152–157. o.
- MARKOWSKI, A. S.–MUJUMDAR, A. S. [2004]: Drying Risk Assessment Strategies. *Drying Technology* 22., (1&2), 395–412. o.
- McILWAIN, J. C. [2006]: A review: a decade of clinical risk management and risk tools. *Clinician in Management* 14., (4), 189–199. o.
- PRINCE, M. [2005]: Developing and using risk matrices. In: Constituents of Modern System-safety Thinking: Proceedings of the Thirteenth Safety-critical Systems Symposium, Southampton, UK, 2005. február 8–10., Springer-Verlag, London, 129–145. o.
- PRITCHARD, C. L. [2001]: *Risk management: concepts and guidance*. Arlington, ESI International
- United States Department of Defense [1980]: Military standards – Procedures for performing a failure mode, effects and criticality analysis MIL–STD–1629A. Washington, DC, United States Department Of Defense.
- WARD, S. [1999]: Assessing and managing important risks. *International Journal of Project Management* 17. (6), 331–336. o.
- WIDEMAN, R. M. [1992]: Project and Program Risk Management – A Guide to Managing Project Risks and Opportunities. Project Management Institute, Pennsylvania.
- World Economic Forum [2012]: Global Risk 2012 – Seventh Edition, forrás: http://www3.weforum.org/docs/WEF_GlobalRisks_Report_2012.pdf