

*KÁSA Richárd – RÉTHI Gábor*

# FUZZY LOGIKÁN ALAPULÓ MODELLEZÉSI MÓDSZEREK GAZDÁLKODÁSTUDOMÁNYI ALKALMAZÁSÁNAK EPISZTEMOLÓGIAI MEGKÖZELÍTÉSE

A klasszikus rendszermodellezési technikák gyakori feltétele a mennyiségi ismérvek alkalmazása. Ám a társadalomtudományok területéről sok esetben nem állnak a kutató rendelkezésére ennyire objektív, mennyiségi ismérvek. Az ilyen esetekben bevett szokás a minőségi ismérvek „transzformálása” mennyiségivé, ám ez nem minden esetben biztosítja az elvárható objektivitást és szisztematikus precizitást, pontosságot és szignifikanciát. Széles körben elfogadott tény, hogy a társadalomtudományok rendszerinformációi szubjektívek, hiszen minden tapasztalatunk elkerülhetetlenül szubjektív. Márpedig ha rendszerinformációink szubjektívek, az alkalmazott módszerek pedig objektivitást igényelnek, akkor kénytelenek vagyunk a szubjektív információkat precízzé kényszeríteni – vagy olyan módszertant választani, amely kezelni tudja a szubjektív értékítéleten alapuló rendszerinformációkat.

A cikk témája azoknak a lágy számításokon alapuló szakértői rendszereknek a bemutatása, vizsgálata és tudományelméleti elhelyezése, melyek képesek a kvalitatív rendszerinformációk feldolgozására a statisztikai inferencia során. E módszerek a műszaki és természettudományi területeken már évtizedek óta használatosak, ám a társadalomtudományokba (különösen a gazdálkodás- és szervezéstudományokba<sup>1</sup>) csak elszigetelten sikerült beszivárogniuk. A cikk egyik célja e módszerek alkalmazhatóságának vizsgálatát a gazdálkodás- és szervezéstudományokban a terület modellalkotási kívánalmainak és korlátozó feltételeinek figyelembevételével. A cikkben a szerzők megkísérik áthidalni a precíz kvantitatív módszerek statikussága és a robusztusságot igénylő, ám sok esetben nehezen verifikálható, plasztikusabb kvalitatív eljárások közötti ontológiai, módszertani szakadékot a pozitivistá paradigmá elvárásainak megfelelően.

Bemutatják a fuzzy logikai rendszereket, melyek alkalmasak lehetnek a szakadék áthidalására, valamint ezek konkrét alkalmazási területeit is, amelyekkel lehetővé válhat az „életlen”, szubjektív, gyakran pontatlan és zajos kvalitatív megfigyelések objektív, szilárd matematikai törvények alapján történő kezelése.

*Kulcsszavak:* kutatómódszertan, tudományelmélet, kvalitatív, fuzzy logika, episztemológia

Mielőtt a fuzzy<sup>2</sup> logika célterületeinek interpretációjába fognánk, célszerű abból a kérdésből kiindulni, hogy információelméleti szempontból milyen lényeges különbségek vannak a természettudományok és a társadalomtudományok között, mely területeket jellemzik bizonytalan, életlen adatok (peremfeltételek) és célfüggvények? Erre a kérdésre Mukaidono (2001) azt válaszolja, hogy a társadalomtudományok az elmosódott halmazok logikájának és a bizonytalanságnak erejében próbálnak meg ösvényeket vágni. Azonban a természettudományok célja az objektumok vizsgálata.

Mukaidono (2001) szerint elkerülhetetlenül figyelembe kell venni a fuzzy logika alkalmazásának lehetőségeit a társadalomtudományokban is, ugyanis azok vizsgálódási területei mégiscsak az emberek és a szervezetek, illetve ezek viselkedése, mely bizonytalanságából fakadóan a hagyományostól eltérő szemléletet igényel, alapvető következtetési eszköze az indukció, azaz a következetes empirizmus (Rappai, 2010).

Ennek megértéséhez cikkünkben a tudományos paradigmák közötti vélt vagy valós ellentétek megismerésétől a modellalkotási folyamatok kihívásain át a

fuzzy logika gazdálkodástudományi alkalmazhatóságának lehetőségéig fogunk eljutni.

### Tudományos paradigmák

Már a tudományos vizsgálódások megkezdése előtt a kutatónak tisztában kell lennie azzal, hogy a vizsgálat alá vont jelenségek természetéről milyen hite, ismerete van, és azoknak milyen kapcsolatuk van egymással (Orlikowski – Baroudi, 1991). A legtöbb társadalomtudományi kutatás lényege, hogy leírjon és/vagy magyarázzon valamilyen társadalmi, gazdasági jelenséget. Az elméletek kialakításakor hét funkciót érdemes figyelembe venni: előrejelzés (predikció), értelmezés, explicit feltevések kialakítása, megértés, értelemadás, érzékennyé tevés és kritika (lásd 1. táblázat). Az első kettő a pozitívizmus területe alá esik, míg a többi öt a humán elméletek kialakításának eredménye, úgy mint, a történelmi, jogi, irodalmi és filozófiai kutatásokban (Buchanan, 1998). Az elméletek és kutatások többsége logikai pozitívizmuson alapszik (Blaikie, 1991; Bryman, 2003; 2015). A pozitívizmusra gyakran, mint a kísérleti, hipotézistesztelés előtt álló paradigmák ki-egyenlítőjére, igazolójára tekintenek a kutatók. A paradigma egy világnézet, a világról alkotott feltételezések közötti kapcsolatok összessége, melyet a világot megismerni vágyó, kutató tudósok közössége alakít (Deshpande, 1983), szabályok, cselekvési minták és eszközök együttese (Nagy, 1998).

1. táblázat

#### Az elméletek hét funkciója

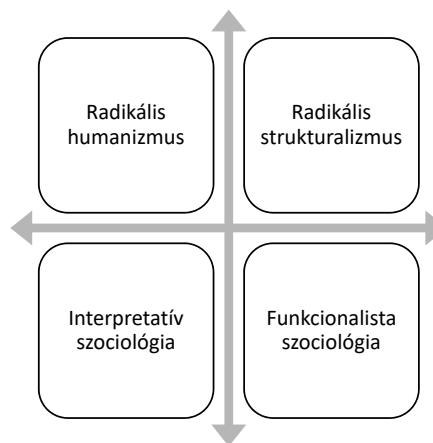
Paradigma		
Pozitívizmus	Predikció	Előzetes hipotézis felállítása a független változók közötti kapcsolatok erősségéről és irányáról vagy kísérleti beavatkozások eredményeiről
	Értelemadás	Egy jelenség okára való rámutatás
Humán elméletek	Explicit feltevések kialakítása	A korábban magától értetődő dolgok fejlesztése, illetve közvetlen megfogalmazása
	Megértés	Az események jelentésének és jelentőségének megragadása és feltárása
	Értelemadás	Az események olyan értelmezésének alkotása, mely megismerésüket ösztönzi
	Érzékennyé tevés	Analitikus leírásokon keresztül rávilágít a jelenségek árnyalataira, nyitottabbá, fogékonyabbá tesz
	Kritika	A létező és potenciális tényállapotok előnyeinek és hátrányainak értékelése, elemzése

Forrás: Buchanan (1998)

Burrell és Morgan (1979) négyparadigmás társadalomelméleti modelljük megalkotásakor az ontológia, ismeretelmélet, emberi természet és metodológia négyesére támaszkodtak. Szerintük a kutatásokat e négy alapvető feltevés mentén lehet vizsgálni. Ez a szervezeti elemzési modell két merőleges dimenzió mentén osztályozza a társadalomtudományi elméleteket: szabályozás-változás és szubjektivitás-objektivitás. Ezek mentén négy, meglehetősen különböző paradigmaklaszterre osztja ezeket. Ez a szemléletmód a gazdálkodástudományi vizsgálatokra is adaptálható, amit igazol, hogy később e terület művelői is átvesszék Burrell és Morgan modelljét és gazdálkodástudományi problémák megértésére használják a négy megközelítést (Whittington – Holland, 1985; Smith, 1987; Gelei, 2006). E modell alkalmazását az 1. ábra mutatja.

1. ábra

**Burrell és Morgan (1979) által azonosított szociológiai/szervezetelméleti paradigmák**  
**x-tengely: Szubjektív valóság („cselekvés”)**  
**vs. Objektív valóság („struktúra”)**  
**y-tengely: Változtatásszociológia**  
**vs. A rend szociológiája**



Radikális humanizmus (változás-szubjektív): anti-szervezetelméleti megközelítés. Abból indul ki, hogy a társadalmi esélyek és ideológiák a nagy társadalmi intézmények által vezéreltek, így gyakran az embert magát túlságosan perifériára szorítja, elnyomja és nem „engedi szóhoz jutni”, ami széles körben a közösségek elidegenedését és megbontását eredményezi. Az intervenciók, beavatkozások célja a konkrét egyének és csoportok segítése, a kölcsönös segítségnyújtás és a tudatosság növelését szolgáló hálózatok megteremtése, ami esetleges társadalmi és gazdasági strukturális változásokhoz vezet.

Funkcionalista (rend-objektív): A társadalom a polgári értékek által egyesített lakosság összessége, ami

a társadalmi rend megteremtését eredményezi, ami mindenki számára előnyt jelent. Egyes egyének és néhány meghatározható csoport azonban szerencsétlenül járhat vagy rosszul adaptálható mintákat követ. A beavatkozás célja, hogy segítsen nekik alkalmazkodni a meglévő struktúrához, és kisebb intézményi módosítások is történhetnek, amennyiben indokolt.

Radikális strukturalizmus (változás-objektív): radikális szervezetelmélet. Az alapvető mögöttes ellentmondások és törvényszerűségek teszik a teljes életet igazságtalanná és tarthatatlanná. A stresszel terhelt egyének és csoportok is a strukturális problémák elnézését segíthetik, de tartós változás csak teljes társadalmi átalakulással érhető el. Az intervenciókat politikai, regionális, közösségi és személyes szinten is integrálni kell.

Interpretatív szociológia (rend-szubjektív): A társadalmi helyzetek megítélése, jelentése nagyrészt értelmezés kérdése. Bárki érezheti magát csapdában a saját helyzetében, de más megvilágításba helyezve a dolgokat, új lehetőségeket nyithat meg és jobb helyzetekhez vezethet. Az intézkedések fókuszában az áll, hogy segítsék az embereket az események átalakításában és saját viselkedésük szabályozásában.

Burrell és Morgan (1979) azt állítják, hogy minden társadalomtudománnyal foglalkozó szakembert el lehet helyezni e keretben – így érvényes ez a gazdálkodástudományokkal foglalkozókra is –, és a négy paradigma egymást kizáró, hiszen azok a társadalmi valóság alternatív nézetei. A szintézis nem lehetséges, mivel ezek legalább egy szembenálló metaelméleti feltételrendszeren alapulnak. Az alapvető feltevések négy dimenzióját a kutatási tevékenységek következetességének vizsgálatára lehet használni: azaz az ismeretelmélet, az emberi természet elmélete és a módszertan megfelele-e a társadalmi világ alapvető ontológiai feltételezéseinek, konzisztensek-e azzal. A paradigma mérhetetlenségének kérdésében a vitaindítók Burrell és Morgan diszkrét paradigmái voltak (Hassard, 1991; Parker – McHugh, 1991; Willmott – Jackson – Carter, 1993; Weaver – Gioia, 1994; DeCock – Rickards – Weaver – Gioia, 1995). E vita során nem sikerült megoldani a paradigmák mérhetetlenségének problémáját, azaz ha a kutatás különböző paradigmákon alapszik, akkor szükségszerűen különböző ontológiai alapokhoz köthető (Davies – Fitchett, 2005). Chua (1986, p. 604.) szerint, „az ontológia kérdését kell először tisztázni és ez szabályozza az ismeretelméleti és módszertani feltevéseket.” Az interpretatív és pozitivisták kutatási módszerek kiegészítik egymást, ezért egyre nagyobb igény mutatkozik ezek kombinált alkalmazására, ugyanis ilyen szemléleti mód alkalmazásával így többet megtudhatunk egy adott jelenségről. A különböző kutatási módok lehetővé teszik, hogy megértsük a különböző jelenségeket, különböző okokból (Deetz, 1996). A kiválasztott módszer attól függ, hogy

mit is akarunk csinálni, nem pedig egy adott paradigma melletti kötelezettségvállalást jelent. Inkább a jelenség természetére kell koncentrálni, és az alapján kialakítani az esetleges kombinált kutatási módszert, minthogy először konkrét kutatási módszerekre fókuszálunk és „azokhoz igazítanánk” a vizsgálandó jelenség természetét, annak kereteibe erőszakolnánk bele (Falconer – Mackay, 1999a, 1999b).

A probléma részben abból adódik, hogy a kutatók egy része félreértelmezi egyes kulcsdefiníciók jelentését. Például Kaplan és Duchon (1988) a kvalitatívát és az interpretatívát szinonimaként használja. Jick (1979) széles körben hivatkozott cikke alapján szokás hivatkozni a több módszert alkalmazó kutatások különböző variációinak előnyeire, holott Jick valójában annak korlátozott alkalmazhatóságáról ír.

### Kvalitatív vagy kvantitatív? – „Paradigmák háborúja”

A válasz a fenti kérdésre, illetve az ebből fakadó ismeretelméleti megközelítésekre, úgy fogalmazható meg, hogy egyes szakemberek meg vannak győződve arról, hogy a különböző adattípusok alkalmazása hasznos lehet egymással, illetve más módszerekkel kombinálva, hiszen így a valóság komplexitása jobban megfogható. A táborok közötti növekvő megosztottság az objektivitásnak és szubjektivitásnak a kutatásban betöltött szerepéről alkotott különböző perspektívákból fakad. Bradley és Shaefer azzal érvelnek, hogy „a mérés lehetővé teszi számunkra, hogy túllépjünk a szubjektivitáson” (Bradley – Shaefer, 1998, p. 108.) oly módon, ahogy a határozatlan idejű, nyitott adatok és elemzések nem képesek. Mások kijelentették, hogy a minőségi módszerek hűebbek a gazdálkodástudomány jelenségeinek vizsgálatában, mint a mennyiségi, mivel lehetővé teszik az adatok szabadabb értelmezését (Gergen – Gergen, 2000). Maxwell és Loomis (2003) szerint a paradigmák háborújának „ez a két, alapvetően különböző módon való gondolkodás a magyarázata”. A mennyiségi és minőségi jelzők ezeket a perspektívákat írják le, ezzel is rögzítve a kutatási paradigmákat. Ezekben a kvalitatív vagy kvantitatív elvekben való meggyőződésüket képviselik a kutatói közösségek, folyóiratok és egyéb szervezetek, így „intézményesítve”, még inkább hangsúlyozva a két paradigma közötti szakadékot (Green – Preston, 2005).<sup>1</sup>

Ennek egyik oka lehet, hogy a kutatók és gyakorlati szakemberek is már régen érzik a kétféle – kvantitatív és kvalitatív – szemléletmód valamilyen integrálhatóságának, azok együttes használhatóságának igényét (Bernard, 2012; Bryman, 2003, 2015).

Guba és Lincoln (1994) a tudományos paradigmákat 4 főkategóriába sorolta a tudományos kutatások tengerében:

- a) pozitívizmus,
- b) kritikai elmélet,
- c) konstruktívizmus,
- d) realizmus.

E paradigmákat három elemre bonthatjuk (Perry – Alizadeh – Riege, 1997), melyek:

- a) ontológia: a „valóság”, amit kutatunk,
- b) episztemológia: kapcsolat e valóság és a kutató között,
- c) metodológia: a technika, amit e valóság vizsgálatahoz használunk.

A 2. táblázat Gupta és Lincoln (1994), illetve Perry (1997) csoportosítását metszi össze. A pozitívizmus azt feltételezi, hogy a tudomány kvantitatívan mér független tényeket, változókat, az egyetlen megismerhető valóságról (Guba – Lincoln, 1994; Tsoukas, 1989). Másképpen fogalmazva, az adat és annak elemzése „értékmentes” és az adat nem változik a tudományos vizsgálat folyamán, mivel felülvizsgáltak, ellenőrzöttek. A kutató egy „egyirányú tükrön” keresztül vizsgálja a világot (Guba – Lincoln, 1994).

son, 1993). Vagyis a pozitivisták elkülönítik magukat a vizsgált világtól, míg a további három kategória esetében a kutató a vizsgált világ részeként tevékenykedik, ugyanis feltételezése szerint így jobban megismerhető ez a világ. A hetvenes évektől kezdődően a pozitívizmus – mint a tudományfilozófia episztemológiai-metodikai megalapozása – népszerűsége esökkenni kezdett, köszönhetően a benne megfogalmazott szélsőséges objektivitás és elfogulatlan tudományos elemzések iránti irracionális elvárásnak (Nagy, 1998; Caldwell, 1982). Nem látták ugyanis, hogy a gazdálkodástudományban születő legfontosabb döntéseket – ti. a tudományos kutatások irányának megválasztását – olyan személyek hozzák, akiknek egyrészt tudatában kell lenniük személyes korlátjaiknak, tévedhetőségüknek, bármennyire is igyekeznek racionálisak maradni (Nagy, 1998), másrészt pedig maguk is a vizsgált rendszer elemei közé tartoznak (Rappai, 2010).

#### A pozitívista paradigma

A tudományos gyakorlat elfogadott mintái (törvények, elméletek, alkalmazások, kutatási eszközök, modellek), sajátos összefüggő gyakorlatai közül a társada-

2. táblázat

A tudományos paradigmák 4 kategóriája és elemeik

Elem	Pozitívizmus	Kritikai elmélet	Konstruktívizmus	Realizmus
Ontológia	A valóság megismerhető	„Virtuális” valóság, amit a szociális, gazdasági, kulturális és egyéb értékek formálnak az idő során	Lokális és specifikus, „konstruált” valóságok összessége	A valóság csak tökéletlenül és valószínűsíthetően ismerhető meg.
Episztemológia	Tárgyilagos: következtetései, eredményei igazak	Szubjektív: érték-mediatív következtetések, eredmények	Szubjektív: kreált következtetések, eredmények	Korlátozott tárgyilagosság: a következtetések, eredmények valószínűleg igazak
Metodológia	Kísérletek / felmérések: hipotézisek igazolása, főleg kvantitatív módszerekkel	Dialogikus / dialektikus: a kutató egy „átalakító elme”, aki megváltoztatja a szociális világot, melyben a résztvevők élnek	Hermeneutikus / dialektikus: a kutató résztvevője a világnak, melyet vizsgál.	Esettanulmányok / irányított interjúk: részben kvalitatív, részben kvantitatív módszerek alkalmazásával

Forrás: saját szerkesztés Gupta és Lincoln (1994) és Perry (1997) alapján

Azonban a pozitívista megközelítés nem megfelelő, ha olyan gazdálkodástudományi jelenségeket szeretnénk vizsgálni, melyek magukban foglalják magát az embert és az életükhöz kapcsolódó tapasztalataikat, a vállalatokhoz fűződő kapcsolataikat, ha a válaszadókat független, nem-reflektív tárgyként szeretnénk vizsgálni, melyek nem képesek választ adni problémás szituációkban, és független módon cselekedni (Rob-

lomtudományi kutatásokban a pozitívista paradigma játszik kiemelt szerepet. Ezt indokolja egyrészt a téma sajátossága, másrészt pedig jelzi az e területen fellelhető pozitívista megközelítésű szakirodalom túlsúlya az interpretatívval szemben. A pozitívista megközelítés függetleníthető bármely etikai megfontolástól, normatív ítélettől (Friedman, 1953): Keynes szerint azzal foglalkozik, ami van, nem pedig azzal, aminek

lennie kell. Ez a megközelítés az általánosítások olyan rendszerét tartalmazza, mely lehetővé teszi, hogy helyesen írjuk le a környezeti változások hatásait, olyan teljesítménnyel, mely kizárólag az előrejelzés (megfigyelés) pontosságán, hatókörén és tényekkel való összhangján múlik – olyan objektív rendszert létrehozva, mint ahogy azok a természettudományban fordulnak elő (Friedman, 1953). A pozitivisták szerint az az elmélet, ami nem képes számokban leírni a valóságot, helytelen és gyenge lábakon áll (McCloskey, 1986). A pozitivisták számára a tudomány célja a tudományos törvényszerűségek feltárása, melyek révén magyarázható, egyszersmind előrejelezhető lesz a vizsgálat tárgyát képező jelenség (Alvesson, 2000). A kutatás célja a kutató személye, a választott kutatási módszer és a befolyásoló tényezők hatásainak kiszűrésével az objektív igazság feltárása (McCloskey, 1986). Ennélfogva a kutatás elemzési kerete előre meghatározott és univerzális, az elemzési modell kategóriaalapú (vagy a problémagranuláció révén azzá tehető), az elemzési folyamat konvergens, logikailag jól követhető, objektív. Friedman szerint (1953) a pozitivisták tudomány éppen olyan objektív (vagy azzá tehető), mint bármely természettudomány. Mindazonáltal az a tény, hogy a gazdálkodástudomány – hasonlóan a társadalomtudomány többi ágához – az emberek (szervezetek) közötti kapcsolatokkal foglalkozik, valamint a kutató maga is része a kutatás tárgyának – sokkal közvetlenebb módon, mint a természettudományokban – jelentősen megnehezíti az objektivitás elérését. Ezek szerint két lehetőség adódik a kutató számára. Az egyik, hogy „lazít” a pozitívizmus támasztotta objektivitási követelményeken. Ekkor indokolt lehet gondos mérlegelés alá vetni, hogy mekkora az a legnagyobb megengedhető szubjektivitás, mely még mindig képes garantálni a gazdálkodástudományi pozitivisták szemléletmód objektivitását.

A másik út, mely nyitva áll a kutató előtt, hogy olyanná teszi a kutatásai során alkalmazott módszertant, mely lehetőséget nyújt az „életlen”, szubjektív, gyakran pontatlan és zajos adatok objektív, szilárd matematikai törvények alapján történő kezelésére.

A két út közül márpedig választania kell a kutatónak, hiszen Friedman máig érvényes tézise alapján (1953) minden gazdasági következtetés szükségszerűen – akár nyíltan, akár burkoltan – pozitivisták predikción nyugszik, megmondva azt, hogy mi a következménye annak, ha inkább *ezt* tesszük, mint *azt*: adott cselekvéssorozat várható következményeiről informál, nem pedig normatív ítéleteket állapít meg. Korábban Keynes (1891) is kifejtette ez irányú tézisé, mely szerint a közgazdaság-tudomány pozitív tudomány, mert tényeket kutat és igazságot tár fel, nem pedig szabályokat ír elő az élet számára; e törvények ténybeli teo-

rémák, nem pedig gyakorlati receptek, nem mesterség, nem művészet vagy etikai vizsgálat, hanem tudomány (Nagy, 1998). Ezt a felfogást képviseli (ti. a közgazdaságtan hivatalos metodológiája a logikai pozitívizmus) G. Becker, K. Cohen, R. Cyert, D. N. McCloskey, G. Stiegler és mások (Nagy, 1998).

A pozitívizmus kritikája (Bernstein, 1978; Lindblom, 1990; Toulmin, 1990; Buchanan, 1992; 1994) abban áll elsősorban, hogy azt feltételezi, nincs lényeges különbség a természeti és társadalmi jelenségek között, míg a humán megközelítések alapvető, kritikus különbséget látnak köztük (Polkinghome, 1983). Bár rengeteg módon különbséget lehet tenni, mégis az egyik legkiugróbb különbség azon a tényen alapszik, hogy az emberek képesek az alapján dönteni, választani, hogy milyen állapotot kívánnak elérni. Tehát a teljes objektivitás nem mutatkozik meg döntéseinkben, hiszen az egyén szükségszerűen szubjektív értékítéletet fog megfogalmazni. Az objektív szemléletmód valójában nem is érhető el, hiszen a világ jelenségeinek felfogása, értelmezése soha sem lesz független előfeltevéseinktől.

Jelen tanulmányban a második úttal foglalkozunk: bemutatjuk egy modellezési módszertan gazdálkodástudományi alkalmazásának lehetőségét, mely a pozitívizmus logikai alapjain képes az elvárt objektivitás mellett (annak feladása nélkül) olyan szubjektív és életlen tényezőket is bevonni a kutatás tárgyába, melyeket a klasszikus módszerek vagy precíz kényszerítének (nagyfokú torzítás mellett), vagy „lazítanak” a pozitivisták objektívizmuson.

### **Paradigmák keveredése**

Jóllehet, a kvalitatív és kvantitatív párbeszéd kihívásai a mai napig megfigyelhetők, azonban enyhülés látszik a két paradigma kapcsolatában (Fielding – Schreier, 2001; Mahoney – Goertz, 2006). Annak ellenére, hogy a kvantitatív szemlélet, és ezen keresztül a kvantitatív kutatómódszertan dominanciája, elnehezülése mellett érvelünk, azt is fontosnak tartjuk megemlíteni, hogy a '90-es évektől egyre inkább érzékelhető a kvalitatív hozzáállás terebélyesedése is (Radácsi, 2003; Gelei, 2006).

Bryman (2006) is arról ír, hogy egy olyan időszakot követően, melyben a kvantitatív és kvalitatív kutatásokat összeegyeztethetetlennek ítélték, egyre inkább olyan kort élünk, melyben a „paradigmák háborúja” mérséklődik és e két szemléletmódot is mindinkább kompatibilisnek fogadják el. Sőt, egyre több kutatást ilyen „kevert” módszerrel hajtanak végre. Fontos szempont e kutatómódszertanok alkalmazásánál és azok eredményeivel kapcsolatban az is, hogy hogyan lehet használni őket a gyakorlatban és milyen előnyökkel jár alkalmazásuk. Bryman így fogalmazta meg kutatása-

inak célját a több kutatási stratégiát alkalmazó kutató-sokkal kapcsolatban: (1) megpróbált átfogó képet adni a kvantitatív és kvalitatív kutatások integrálhatóságának szakirodalmáról, (2) jó gyakorlatok bemutatása a kvantitatív és kvalitatív kutatások integrációi közül, (3) azon területek meghatározása, melyeken a kvantitatív és kvalitatív kutatási módszerek kevert használata egyértelműen nem előnyös, (4) megvizsgálni olyan területeket, ahol egyszerre használja mind a kvantitatív, mind a kvalitatív kutatási módszereket, milyen összekötő kapcsokat tud felfedezni, (5) néhány diszkurzív gyakorlat bemutatása, ahol integrálni tudták a két megközelítést. Megállapította, hogy az alkalmazott módszerek közül a keresztmetszeti tervezés messze a leggyakoribb. Így azt láthatjuk, hogy a szemléletmódok keveredése nem bővítette, hanem szűkítette az alkalmazott módszerek tárházát.<sup>3</sup> Ez lényegében azt jelenti, hogy a mennyiségi adatokat kérdőíves felmérésekből, a minőségi adatokat interjúkból nyerik általában az ilyen kutatást folytató tudósok. May (2011) szintén hasonló következtetésekre jut.

A paradigmák közti viszony megértése fontos előfeltétele a modellalkotási és módszertani problémák tisztázásának.

### Modellalkotási elvárások és módszertani problémák

A hetvenes évekre az elméleti pluralizmus és a szabályorientált metodológiai életképtelenségének beismerésével (Feyerabend, 1981) és a hagyományos episztemikus ideákból kiábrándulva (Preston, 1997) származtatható a módszertani (episztemológiai) anarchizmus. Eszerint a tudományt nem viszi előre a rögzített eljárási szabályokhoz való szűklátókörű ragaszkodás, mivel bármely előzetesen elfogadott szabállyal szemben adódhatnak olyan helyzetek, amikor a probléma megoldása kizárólag a szabály figyelmen kívül hagyásával, vagy éppen annak ellenkezőjébe fordításával vihető csak sikerre (Golden, 2009). Sőt, számos tudományos eredmény éppen a metodológia félretételével született meg (Nagy, 1998). Nemcsak a pozitívizmus (logikai empiricizmus), de a kritikai racionalizmus is akadályozhatja a tudomány fejlődését (Popper, 1989; McGuire, 2001) és a bennük közös racionalizmus csak egyike a valóság hagyományos megközelítési módjainak, így e metodológiák pluralitása hasznos és szükséges is (Nagy, 1998).

Lakatos szerint (Miklós, 1997) abból kell kiindulni, hogy egyes kutatási hagyományok nyomán azonos kérdésekre válaszoló elméletek sorozata jön létre, a metodológia pedig azt vizsgálja, hogy miként változik meg az adott kutatási hagyomány (progresszív vagy degeneratív irányba) elméletileg és empirikusan

(Nagy, 1998). Lakatos kijelentése (mindig van olyan szabály, amely érvényes lehet) és Feyerabend állítása (nincs olyan szabály, amely mindig érvényes volna) tulajdonképpen összeegyeztethető, mely alapján Golden (2009) összegzése: mindig illeszthető racionális narratíva az adott problémahelyzetre.

A társadalomtudományok mint pozitivisták tudományok, a társadalmi/gazdasági jelenségekre vonatkozó, feltételesen elfogadott általánosításokat tartalmaznak, melyek segítségével a feltételrendszerben bekövetkező változások hatásai előrejelezhetők. Az általánosítás kiterjesztését, az approximációk pontosságát, megbízhatósági szintjeiket és a predekciók pontosítását nemcsak a kutató képességeinek mindenkorai korlátai, de olyan körülmények is gátolják, melyek különösen erőteljesen jelentkeznek a társadalomtudományokban, és ezen belül specifikusan a gazdálkodástudományok területén – habár ez nem kizárólagos sajátosságuk (Friedman, 1953). Ám a gazdálkodástudományokban szükségszerűen inkább nem kontrollált tapasztalatokra, mint kontrollált kísérletekre és szimulációkra kell (lehet) támaszkodni,<sup>4</sup> így rendkívül nehéz a hipotézisek korrekt igazolására nyilvánvaló és egyértelmű bizonyítékkal szolgálni. Egy hipotézis helyességét csupán következtetései, predekciói valószínűségén keresztül tesztelhetjük, és mivel nemcsak nem kontrollált tapasztalatokra (megfigyelésekre) támaszkodunk, ez igencsak megnehezíti a hipotézisek tesztelését, igazolását, zavarokat idézve elő a módszertani elvek körül. A társadalomtudósok tehát minden más terület művelőjénél jobban tisztában kell lenniük módszertani elveivel, sokkal szigorúbban kötnödniük kell azok korlátozó feltételrendszeréhez – nem megengedve közülük egy vagy több elvetését, lazítását – és alkalmazkodnia kell a levonható következtetések kevésbé tág köréhez.

A fentiek figyelembevételével alapvető fontosságú a modellalkotási folyamat során a korlátozó feltételek pontos és alapos ismerete, nélkülözhetetlen azok tesztelésére vonatkozó módszerek széles körű ismerete, ismerni kell a társadalomtudományi modellek támasztotta kívánalmak és követelmények rendszerét függetlenül attól, hogy a kiválasztott módszer kvalitatív vagy kvantitatív jellegű.

A modellekkel szembeni legalapvetőbb kívánalmak a társadalomtudományokban is a *pontosság*, a *bizonyosság* és a *szigorúság*. E következtetesség visszavezethető a matematika tudományfilozófiai történetének arra a XIX. századi időszakára, melyet „A szigorúság forradalmának” nevezünk.<sup>5</sup> Innen datálódik a matematika szóhasználatában és módszereiben a rá jellemző nagyon precíz és egzakt formalizáltság, melyet átvett a társadalomtudományi klasszikus (kemény) modellezés is. Ezzel megkezdődött a modellezés aritmetizálása és formalizálása. Az aritmetizálás során az analízis

és a valós számok elméletének bizonytalan fogalmait megpróbálták visszavezetni a természetes számok biztosnak tekinthető elméletére. A formalizálás a szigorú bizonyításelemzés módszerét jelentette.

A kívánalmak második csoportját Lotfi Zadeh fogalmazta meg összeférhetlenségi elvében.<sup>6</sup> Az első paradoxonja arra vonatkozik, hogy egy modell (rendszer) bonyolultságának növekedésével egyre csökken a képességünk arra, hogy működéséről precíz és szignifikáns kijelentéseket tegyünk. Sőt, egy határ után eljutunk oda, hogy a *precizitás* (aritmetikai formalizmus) és a *szignifikancia* (statisztikai érvényesség<sup>7</sup>) a rendszer egymást kölcsönösen kizáró ismerveivé válnak.

Ilyen problémát jelent a stabilitás-plaszticitás dilemma is: hogyan lehet olyan modellt létrehozni, mely elég *plasztikus* ahhoz, hogy képes legyen – valamilyest – alkalmazkodni a gyorsan változó környezetéhez, ugyanakkor elég *stabil* is marad, hogy a korábban megszerzett tudást (összefüggéseket) megőrizze. Hasonló ellentmondás adódik az interpretálhatóság – precizitás, illetve az interpretálhatóság szignifikánság párok esetében is.

### **Szubjektív rendszerinformációk**

Gyakori feltétele a klasszikus rendszermodellezési technikáknak a mennyiségi ismérvek alkalmazása. Ám a társadalomtudományok területéről gyakran nem állnak a kutató rendelkezésére ennyire objektív, mennyiségi ismérvek. Az ilyen esetekben bevett szokás a minőségi ismérvek „transzformálása” mennyiségivé, de vajon ez mennyire biztosítja az objektivitást? Mennyire célravezető az efféle transzformálás? Széles körben elfogadott tény, hogy a társadalomtudomány – különösen jelen munka tárgyát képező közgazdaságtan – rendszerinformációi szubjektívek, hiszen minden tapasztalatunk elkerülhetetlenül szubjektív. Ez alól nincs kivétel (Babbie, 2001).<sup>8</sup> Márpedig ha rendszerinformációink szubjektívek, az alkalmazott módszerek pedig objektivitást igényelnek – csakúgy, mint a pozitívizmus iránt érzett leküzdhetetlennek tűnő vágy – akkor kénytelenek vagyunk a szubjektív információkat precízzé kényszeríteni – vagy olyan módszertant választani, amely kezelni tudja a szubjektív értékítéleten alapuló rendszerinformációkat.

Hasonló problémákat vet fel a linearitás, a homoszke-daszticitás és a függetlenség kérdése.

### **A szakértői rendszerek tervezési nehézségei**

A szakértői rendszerek olyan tudásalapú rendszerek, melyek szakértői tudást tartalmaznak (Kasabov, 1998). Ezek a rendszerek képesek a meglévő tudás strukturált reprezentálására, működésük során meglévő adatbázisok befogadására, új ismeretek megtanulására és tárolására, képesek logikus következtetéseket tenni, dön-

téseket hozni és javaslatokat tenni, felhasználóbarát módon kommunikálni a felhasználóval, megmagyarázni viselkedésüket és döntéseiket. Az ilyen rendszerek nagy sikerrel használatosak az emberi tevékenység szinte minden területén: mérnöki, orvosi, termelési, fizikai, vegyészeti és agrártudományi területeken, oktatásban, üzleti döntésekben és tervezésben. Az ilyen rendszerek komplex és bonyolult feladatok ellátására képesek, gyorsan felépíthetők, olcsón működtethetők, széles területen használhatók, könnyen fejleszthetők (Kasabov, 1998).

Ám ezeknek a rendszereknek is megvannak a hátrányai, melyeket a klasszikus modellezés nem tud megoldani. Kasabov (1998) négy ilyen problémát nevesít:

- szakértői tudás megszerzésének nehézsége,
- hogyan szűrhető ki a szakértői tudás egy óriási adathalmazból,
- hogyan lehet reprezentálni hiányos, sérült, kétértelmű, egymásnak ellentmondó tudást,
- hogyan valósítható meg velük a közelítő következtetés?

A klasszikus rendszerek (az automatikus, következtetésalapú szakértői rendszer és a klasszikus zárthurkú irányítás), melyek e problémákra nem tudnak hatékony megoldásokat nyújtani, tervezési stratégiájuk Kóczy és Tikk (2001) szerint az alábbi két lényeges feltételezésen alapszik:

- Az irányított rendszer ismert. A rendszert valamely modellje segítségével reprezentáljuk (identifikáljuk), amelynek létrehozásához szükség van a rendszerről rendelkezésre álló összes lényeges információra. Ekkor a rendszer kimeneti válassza a modell alapján tetszőleges bemenet esetén kiszámolható. Az identifikációs fázis a rendszer későbbi helyes működése szempontjából alapvető fontosságú.
- Az irányítás függvénye tömör matematikai formulák formájában adott, melyek tartalmazzák a rendszer változó paramétereit. (Ezt az információt nevezzük a rendszer teljesítményindexének.)

Ha ezek a feltételek teljesülnek, akkor az adott szakértői rendszer modellje a klasszikus irányításelmélet módszereivel megoldható és meghatározható a működését irányító optimális rendszer, illetve kiszámíthatók ez utóbbi paramétere (Kóczy – Tikk, 2001). Ekkor a kialakított rendszermodellel végezzük az optimalizálást, azaz a rendszer outputja és a célfüggvény által generált elméleti optimum közötti eltérés minimalizálását.

Ha viszont a modellezett rendszer túl bonyolult, erősen nemlineáris, vagy modellje eleve ismeretlen, az

irányításmélet klasszikus módszerei és matematikai háttere nem használható, az irányítás alkalmazásának feltételei megvalósíthatatlanná válnak. Az ilyen esetekben, amikor a rendszer nemlineáris, jellege nem stacionárius, vagy a működését leíró adatok hiányosak, akkor modellje általában nem alkotható meg pontosan. Ekkor a rendszeridentifikáció rendelkezésre álló algoritmusai (statisztikai módszereken, tapasztalati megfigyeléseken és többváltozós függvényoptimalizáción alapuló módszerek) nem vagy csak erős megszorításokkal alkalmazhatók.

Az ilyen összetett modellek esetén az is előfordulhat, hogy a létrehozott modell túl specifikus, túlságosan pontos, a modellt leíró egyenletek bonyolultsága és a bennük szereplő paraméterek száma kezelhetetlenül nagyvá válik. Ezt nevezzük a túlmodellezés hibájának (Schweppe, 1973). Ezzel együtt megfigyelhető a szakértői rendszerek matematizálódása, erre mutatott rá Zadeh már 1972-ben: bonyolult rendszereknél egyre nehezebb optimalizálási stratégiát találni, mely szerint működtetni lehet az irányítást.

## Fuzzy rendszerek

### Gazdálkodástudományi rendszermodellezés

Valamennyi hatékony gazdálkodástudományi alkalmazásnak (de tágabban társadalomtudományinak is), modellnek, eljárásnak, elméletnek képesnek kell lennie a rendelkezésre álló információk teljes hasznosítására – tekintet nélkül annak típusára. Az információk a legtöbb esetben – legyen az mintavétel, szimuláció vagy szakértői vélemény – korántsem teljesegek, gyakran zajosak, hiányosak, sok a torzító tényező. A legtöbb esetben ennek elkerülhetetlen tényezői Babbie (2001) és Szintay (2003) szerint az alábbiak lehetnek:

1. *pontatlan megfigyelés*: pontatlanul, felületesen figyeljük meg a kutatás tárgyát képező jelenséget elvonatkoztatva attól a ténytől, hogy a tudományos megfigyelés tudatos és tervezett tevékenység,
2. *túláltalánosítás*: néhány korai tapasztalat alapján messzemenő következtetéseket vagyunk hajlamosak levonni vagy analógiákat képezni,
3. *szelektív észlelés*: gyakran vonunk le érvényesnek vélt következtetéseket nem reprezentatív vagy reprezentatívnak vélt megfigyelésekből,
4. *az érzékelés torzítása*: ami abból fakad, hogy egy jelenség megfigyelése során az egyéni befogadóképesség is korlátozza a felfogott jellemvonások érzékelését.
5. *halo-effektus*: rendszerek vagy jelenségek észlelésekor bekövetkezhető olyan hiba, mely abból fakad, hogy egy adott jellemző érzékeléséből egy

másik jellemvonás, tulajdonság szükségszerű meglétére következtetünk,

6. *hozzáköltések*: a meggyőződésének ellentmondó tényeket hozzáköltésekkel érvénytelenítik (ex post facto hipotéziskészítés),
7. *illogikus okoskodások*: a meggyőződésének ellentmondó tényeket kivételeknek tekinti, amelyek csak erősítik a szabályt (szerencsejátékos tévedése),
8. *elfogultság a megértésben*: bizonyos eseményekről és körülményekről kialakított felfogásunk gyakran különös lélektani jelentőséggel bír, ha szorosan elkötelezzük magunkat a tudomány általunk megvizsgált más normái mellett, az véd a túlzott elfogultság ellen,
9. *a megismerés idő előtti lezárása*: a túláltalánosítás, a szelektív megfigyelés, a kitalált információ (hozzáköltés) és az illogikus gondolkodás mind a vizsgálat idő előtti lezárását „sürgeti”. Mindezen hibák ahhoz vezetnek, hogy vizsgálódásainkat túl hamar abbahagyjuk, és tévedéseinket tényként kezeljük: a vizsgálat tárgyát megismerhetetlennek minősítjük és misztifikáljuk.

A társadalomtudományi információk forrásai a legtöbb esetben szubjektívek, emberektől származnak, melyek nagyfokú torzításokat, egyéni meggyőződéseket tartalmazhatnak. Előfordulhat az is, hogy rendelkezésre állnak objektíven mérhető adatok is (valamely mennyiségi változók, melyek szerepelnek a könyvekben vagy műszeresen mérhető). A két információ-típus együttes felhasználásának kulcsa az, hogyan alakítsuk át az emberi tudást (szubjektív információinkat) az objektív mérési módszerek megformulálásához és a matematikai modellek nyújtotta keretekhez hasonlóvá, lehetővé téve ezzel az objektív mérést és következtést. Ez nem jelent más feladatot, mint azt, hogy hogyan tudjuk az emberi tudást matematikai formulákba transzformálni.

E feladat megoldására alkalmas módszer a fuzzy logika – lehetővé téve a kétféle információ-típus együttes hasznosítását.

A fentiek alapján egy társadalomtudományi modell célja általánosan egy rendszer működésének leírása. Ezekben a rendszerekben a paramétereket és a változókat operátorok kötik össze. Az alkalmazott operátorok szerint a modellek két alaptípusa különíthető el (Retter, 2007):

- az első típus algebrai operátorokat alkalmaz, az ilyen modelleket matematikai modelleknek nevezzük, ahol a változók és a paraméterek numerikus értékek,
- a második típusú modellek logikai operátorokat alkalmaznak, ezeket logikai modelleknek lehet nevezni.



A fuzzy rendszerek mindkét modelltípus esetén alkalmazhatók, lehetővé téve a szakértői tudás vagy a priori információk felhasználását. Ez egyrészt azt jelenti, hogy a rendszer képes olyan erőteljes koncepciók kapcsolatokkal operálni, melyek oly hatékonyá teszik az emberi látásmódot, másrészt pedig lehetőség nyílik egyúttal a változók és paraméterek numerikus reprezentálására – lehetővé téve a matematikai manipulációk hatékony mechanizmusát.

**A fuzzy modellezés és folyamata**

A klasszikus logika csak olyan kevésbé összetett nyelvi kifejezésekben megnyilvánuló állításokat tesz tárgyivá, melyeknek csupán két kimenetele létezik: igaz vagy hamis értéket vehet fel, nulla vagy egy kimenetele lehet, vagy beletartozik egy halmazba a vizsgált jelenség, vagy nem. Így a klasszikus logika kétértékű logika, az események által felvehető értékek száma kételemű halmazból származtatható. Ezzel szemben a fuzzy logika a deviáns logikai rendszerek többértékű leágazása, az igaz/hamis értékpár oldásának egyik sikeres kísérlete (Szabó, 2001). A klasszikus logikában az éles halmazok karakterisztikus függvényei csak két értéket vehetnek fel attól függően, hogy az elem tagja-e a halmaznak vagy sem: a kijelentéseket igazra vagy hamisra kell formálni, redukálni kell őket (különben kezelhetetlenek), mely nyilvánvalóan hatalmas adatvesztéssel jár. A fuzzy halmazok lényege ezzel szemben az, hogy elemeik hozzátartozósága egy halmazhoz változó mértékű, ezt a mértéket pedig egy folytonosan változó tagsági függvénnyel (tehát nem diszkrét karakterisztikus függvénnyel) lehet leírni a nem tagság ( $\notin$ ) és a teljes tagság ( $\in$ ) között. Ilyen formán a hagyományos  $\mu_A(x)$  karakterisztikus függvény értékészletét kiterjesztjük valamennyi 0 és 1 közötti valós számra – beleértve a határokat is.

fuzzy inferencia gép (mely a közelítő következtetéseket végzi el), a fuzzyfikáló és a defuzzyfikáló interface.<sup>9</sup>

A fuzzy rendszerek bemenetei és kimenetei numerikus változók is lehetnek. Ebben az esetben a bemeneteket a rendszer fuzzyfikáló algoritmus a tagsági függvények alapján fuzzyvá teszi, a kimeneteket pedig egy defuzzyfikáló interfész teszi ismét numerikus adattá, ha erre egyáltalán szükség van. Ugyanis a rendszer egy lényeges kimenete a logikai HA-AKKOR szabályokat tartalmazó adatbázis, ami lingvisztikai megfogalmazásokban adja meg a modell összefüggéseit.

A fuzzy rendszerek három területen lépik túl a klasszikus módszereket. Képesek a HA-AKKOR szabályok használatára (bemenetként feldolgozni és/vagy ilyen kimeneteket generálni), így közvetlenül fel tudják használni a szakértői tudást. Képesek univerzális approximálásra, azaz bármilyen valós folytonos függvényt tetszőleges pontossággal képes közelíteni. A harmadik kitüntetett tulajdonsága a bizonytalan adatok felhasználásának és modellbe illesztésének képessége.

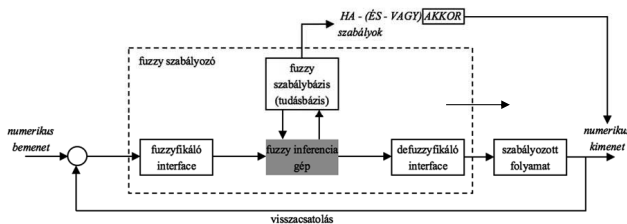
A fuzzy logikára épülő modellek épülhetnek mért adatokra csakúgy, mint szakértői tudásra. A modellezés hatékonysága és megbízhatósága ennek megfelelően több teljesítményindikátorral minősíthető. Ezek a Feasibility Index (FI), Accuracy Index (AI), Efficiency Index (EI) és Transparency Index (TI)<sup>10</sup>.

Az FI mutató annak mértékét közelíti, hogy a vizsgált változók mennyire alkalmasak fuzzy modell építésére. Az AI mutató a modell és a (megfigyelési) adatok közötti átlagos abszolút hibát méri. Az EI hatékonyságmutató a modell által alkotott összes logikai szabály számát mutatja meg. A modell annál hatékonyabb, minél kevesebb szabállyal tudja leírni a vizsgált jelenséget, ugyanis ez az érték arányos az elvégzett műveletek (iterációk) számával. A TI indikátor mértékéből arra lehet következtetni, hogy a fuzzy modell fehér dobozként viselkedik-e, azaz összetevői belülről vizsgálhatók-e, vagy fekete dobozként kell kezelni és csak bemenet-kimenet párok értékelhetők-e. Ez arra a feltételezésre épül, hogy könnyebb egy modell belső struktúráját elemezni akkor, ha kevesebb inputból és outputból áll és egyszerűbb almodell-struktúrával rendelkezik.

A fuzzy logikán alapuló lágy számítások<sup>11</sup> a rendkívül hatékonyak és rugalmasnak bizonyuló mindennapi emberi gondolkodást algoritmizálják. A fuzzy logikával lehetségessé válik az, ami a logikai hagyományokban mindeddig nem volt lehetséges: kalkulákat építeni olyan homályos meghatározásokra, mint a „kicsivel több”, a „legkevésbé forró”, az „aligha fog esni”, vagy éppen a „közepesnél kicsit változókonnyabb”. Ez nem jelent mást, mint a mindennapi emberi gondolkodás matematizálását és annak szinergiáját a klasszikus matematikával. Ily módon megvalósítható

2. ábra

**A fuzzy szabályozás felépítése**



Forrás: Retter (2006)

Egy fuzzy rendszer általában négy komponensből áll (2. ábra). Ezek a fuzzy szabálybázis (ez tartalmazza a rendszer által kialakított nyelvi változók felhasználásával készített logikai HA-AKKOR szabályokat), a

a köznapi nyelv és az analitikus gondolkodás hatékony egyesítése.

Zimmerman (1991) alapvetően két nagy területre osztja a fuzzy elméletek fejlődését. Az elsőbe azokat az elméleteket sorolta, amelyek érettebb szakaszba értek, és szofisztikáltabb koncepcióként jelennek meg, ide tartozik a klasszikus matematika olyan területei is, mint az algebra és a gráfelmélet is. A második területként mint a modellalkotás eszköze azonosítja, mely képes a valós világ bizonytalanságainak kezelésére.

Zimmerman (1991) a fuzzy elméletek alkalmazhatóságának négy kategóriáját jelölte meg. Elsőként a matematikai alkalmazhatóság adódik, mely a hagyományos matematika területeit öleli fel. Véleménye szerint a legfontosabb és legszéleskörűbb alkalmazhatósága kétségkívül a fuzzy logika. Másodsorban a klaszterezési módszerek algoritmusaként használhatók a fuzzy elméletek. Harmadik kategóriaként a standard kauzális modelleket azonosítja a fuzzy elméletek alkalmazhatóságaként. A negyedik kategória a valós problémák feltárásával kapcsolatos alkalmazást jelenti, melyek közül az egyik legfontosabb a fuzzy szakértői rendszerek. De a pszichológia és irányítástechnológia is idetartozó alkalmazási terület (Kochen, 1975).

Ez a negyedik alkalmazási kategória szélesebb körű társadalomtudományi alkalmazhatóságot jelent. Ezek a területek többnyire látszólag izoláltan jelennek meg a matematika területeitől, de a fuzzy elméletek lassan helyet követelnek nekik a valós problémák kontextusában. A társadalomtudományok és fuzzy elméletek között elvéve, rendszertelenül, lassan fejlődött a dinamika, párbeszéd.

A fuzzy halmazok elméletét számos társadalomtudományi területen alkalmazták már, úgy, mint termelés, menedzsment vagy éppen oktatás. Kutatásaik során Feng (1990) az egyetemi oktatásminőséggel kapcsolatosan, míg Biswas (1995) a hallgatói értékelésekkel összefüggésben, Turksen és Wilson (1994) a fogyasztók vásárlási választásainak modellezésére használta a fuzzy megközelítést.

### Fuzzy szakértői rendszerek

A fuzzy rendszereket olyan leképzésként definiálhatjuk, amely  $m$ -dimenziós fuzzy halmazokat  $n$ -dimenziós fuzzy halmazokba képez le. A leképzés a fuzzy technikák felhasználásával nagy szabadságot nyújt: mind a nyelvi változók granulálása, mind a műveletek, következtetési módok megváltoztatása lehetséges a rendszer kialakítása során.

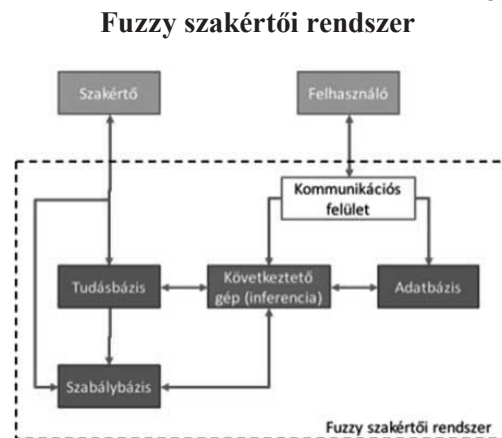
Munakata (1994) és Kosko (1992) a fuzzy szakértői rendszerek alábbi karakterisztikáit nevesítik:

- mind precíz, mind pedig bizonytalan, pontatlanul definiált adatokat tud kezelni,
- sikerrel alkalmazható matematikailag nehezen leírható problémák megoldásánál,

- közelítő, nem precíz következtető eljárást alkalmaznak,
- példákban tanul a rendszer: ezek alapján becsli a bemenet-kimenet párok közötti leképzést, a példa lehet szimbolikus megfogalmazású, akár numerikus adatok közötti összefüggés: fuzzy szabályként megfogalmazott asszociációk,
- a rendszer tárolja az asszociációkat leíró vagy egyéb megfontolások alapján képzett fuzzy szabályokat. Ezek tárolása numerikus formában történik lingvisztikai változók esetében is (vektorok, mátrixok, függvények).

A fuzzy rendszer azonban jellemzően kapcsolatban van környezetével: általában része egy nagyobb rendszernek és egy külső eljárástól kapja az információkat, majd egy külső eljárás dolgozza fel a rendszer kimenő adatait. Ezzel az eljárással való kapcsolata többféle lehet, esetleg bővíthet a felhasználóval való interaktív kapcsolattal is (Hellendoorn, 1997). Ezt szemlélteti a 3. ábra.

3. ábra.



Forrás: saját szerkesztés Kóczy és Tikk (2001) alapján

A szakértői rendszer lényegét a tudásbázis (hosszú távú memória), az adatbázis (rövid távú memória) és az inferencia gép alkotja. A tudásbázis tartalmazza a problémakörrel vagy szakterülettel kapcsolatos általános információkat. Fuzzy szakértői rendszerek esetén ezt az információt fuzzy produkciós szabályokban tárolják, melyek többnyire HA–AKKOR alakban teremtenek kapcsolatot a premisszák és következmények között. A szabályok általános alakja „HA  $A$  AKKOR  $B$ ”, ahol  $A$  és  $B$  a bemeneti és kimeneti univerzumok fuzzy halmazai. Az adatbázis célja a szakértői rendszer bizonyos feladataival kapcsolatos adatok tárolása, melyet például a rendszer a felhasználóval való kommunikáció során szerez meg. A következtető gép a rendelkezésre

álló adatok és a fuzzy produkciós szabályok felhasználásával fuzzy következtetéseket hoz. A produkciós szabályok kiértékelése kétféleképpen lehet: egyrésztől lehet adatvezérelt, amikor a megadott adatok és a produkciós szabályok feltételrészeinek illesztésével a rendszer az összes lehetséges következtetést előállítja, másrészt lehet célvezérelt, amikor a cél és a produkciós szabályok következményrészeinek illesztésével keres olyan tényeket (megfigyeléseket), melyek az adott állapotban fennállnak. Az adatvezérelt módszer előrehaladó, a célvezérelt pedig hátrafelé haladó következtetéseket végez. Időigény szempontjából az utóbbi módszer előnyösebb, mivel csak a célhoz vezető szabályokat értékeli ki (Kóczy – Tikk, 2001).

3. táblázat

Fuzzy rendszerek gazdasági alkalmazásai

Felhasználási terület	Szerző
mintázat felismerés	Bazdek – Pal (1992)
indexszámítás	Soyer et al. (2007) Hung et al. (2010) Lazim – Osman (2009) Chen – Chen (2007)
többszempélyű döntés	Erensal – Albayrak (2006) Tapia – Murtagh (1991) Carlsson (1982) Turksen – Wilson (1994) Willson, I.A. (1994) Atanassov (2002)
csoportos döntés	Chen (2002) Karsak – Tolga (2001) Chen (2000) Fan et al. (2004) Hwang et al. (1992) Li – Yang (2004) Wang – Parkan (2005) Bellman – Zadeh (1970) Ingollikar (2005)
on-line DM, rendszerfelügyelet	Chester et al. (2009)
termelés-tervezés	Koltay – Tatay (2009)
fuzzy programozás, szállítási feladatok	Zimmerman (1978) Zimmerman et al. (1978) Narasimhan (1980) Hannan (1982)
határhatékonyság-elemzés	Ege (2009) Guo – Tanaka (2001)
projektrangsorolás	Ramadan (2004) Avineri et al. (2000) Teng – Tzeng (1998)
innovációs teljesítmény mérése, előrejelzése	Kása (2015)

Forrás: saját szerkesztés

A következtető egység a szabályok alkalmazási sorrendjére vagy szabályok kiválasztására metasabályokat is felhasználhat, melyek leállási feltételeket, szabályok közötti precedenciákat, vagy a felhasználóval történő kommunikációt határozzák meg. A metasabálybázis alapvető célja, hogy a felesleges szabályok alkalmazását elkerülve egyszerűsítse a rendszer működését. A kommunikációs/magyarító felület a felhasználó és a rendszer kapcsolatát szolgálja, például a konklúzióhoz vezető következtetési szabályok sorozatának megadásával segítheti a felhasználót a szakértői rendszer működésének megértésében.

A rendszer alkalmazási területei

A fuzzy rendszerek gazdasági alkalmazási területei jelentősen szűkebbek, mint a neurális hálók alkalmazása. A felhasználás legfontosabb területei a döntéstámogatás, illetve a projektértékelés területén az opciók rangsorolása és komplex értékelése. Érdekes megfigyelni, hogy a felhasználási terület releváns publikációi leginkább a kilencvenes és kétezres évek elejéből származik, ám Bellman és Zadeh már 1970-ben is publikáltak az e területben rejlő lehetőségeket. A szállítási feladatok fuzzy programozását a hetvenes évek végén és a nyolcvanas évek elején fejlesztette ki Zimmerman, ám azóta mérvadó publikáció nem született a témában.

Napjainkban a legnépszerűbb felhasználási területek az indexszámítás (például szervezeti kultúra és innovációs menedzsment mutatók) és a hatékonyságszámítás. A gazdasági felhasználás területeinek releváns szerzőit mutatja a 3. táblázat.

Esetbemutató: Innovációs teljesítmény mérése fuzzy rendszerrel

A következő fejezetben példa jelleggel bemutatunk<sup>12</sup> egy működő és letesztelt fuzzy modellt és annak előállítási folyamatát.<sup>13</sup> A modell a vállalati innovációs teljesítményt határozza meg egyes bemeneti adatok „életlen” megfogalmazása után. A fuzzy modell építésének lépései:

1. Az input-output (I/O) párok mérése, mely az algoritmus tanítását fogja végezni. Ehhez 55+8 változó mérés<sup>14</sup> volt szükséges (Likert-skálán történt), melyekből 17+2 faktor állt elő. Ezek a következők (zárójelben a mért változók száma):  
Input oldalon: adaptáció (3), motiváció (4), stratégia (7), kultúra (5), technológiai modernitás (3), stakeholderekkel való együttműködés (4), szekunder információforrások (3) külső együttműködések (3), objektív eredmények (4), szubjektív eredmények (2), immateriális erőforrások (3), materiális erőforrások (2), belső információs inf-

rastruktúra (3), külső információs infrastruktúra (3), szakértők kora (1), push technológiák (3), pull technológiák (2). Ezen változók felhasználásával meg tudjuk ítélni, hogy a vizsgált bemenethez milyen kimenetek (innovációs teljesítmények) tartoznak, így rögzítjük a teljes minta I/O összefüggéseit.

Output oldalon: belső toló innovációk (4), piaci húzó innovációk (4).

- Követve a 2. ábra blokkdiagramját az I/O adatok fuzzyfikálását végzi el az algoritmus, mely leegyszerűsítve a fuzzy tagsági függvények definiálását jelenti minden változóra.
- Ezt követően a fuzzy inferencia gépben az I/O párok véletlenszerűen 3 részre tagozódnak: tanító minta, holdout minta és ellenőrző minta, melyekből az algoritmus logikai szabályokat állít elő a 2. lépésben kialakított tagsági függvények alapján az 1. lépésben definiált I/O párokra. Ezeket folyamatosan teszteli az ellenőrző mintán, és ez mindaddig folytatódik a teljes minta sokszori, de eltérő véletlenszerű felosztásával, amíg a szabályok tovább már érdemben nem javíthatók. Ekkor elkészül a szabályadatbázis (tudásbázis).
- A szabálybázis fontos összetevője az AKKOR eredmények, melyek a defuzzyfikált outputok (ha erre szükség van), melyek egyértelműen minősítik az adott vizsgálati egyedet.

A végleges modell kialakítása során tehát képesek leszünk egy eddig ismeretlen egyed bemeneti adatainak nyelvi változókkal történő minősítése után ítéletet alkotni az outputjára vonatkozóan. Az itt bemutatott modell esetében tehát a szignifikáns faktorokra vonatkozó kvalitatív ismereteinkből meg tudjuk mondani egy mintán kívüli vállalat innovációs teljesítményének alakulását.

A modell teljesítménye (tanulás és becslés) az alábbiak szerint alakul. A varianciaanalízis táblából (4. táblázat) látszik, hogy a tanulás erősen hatékony volt, a modell által felállított szabályrendszer az input-output varianciájának több, mint 95%-át magyarázza<sup>15</sup>.

A becslés teljesítményét a fenti teljesítményadatok (és az itt nem közölt részletes becslési teljesítményelemzések) figyelembevételével kiválóan lehet tekinteni. Ezek után tekintsük át a modell által generált szabályokat. Az utolsó oszlop jelzi a modell megbízhatósági valószínűségét.

5. táblázat

**A legnagyobb magyarázóerővel rendelkező almodell szabályrendszere**

HA	ÉS	ÉS	ÉS	AKKOR	Megbízhatósági szint (valószínűség)
Kultúra	Technológiakorszakosság	Stakeholder együttműködés	Belső információs infrastruktúra	Innovációs potenciál	
ALA- CSONY	ALA- CSONY	ALA- CSONY	ALA- CSONY	ALA- CSONY	1,000
ALA- CSONY	MAGAS	ALA- CSONY	ALA- CSONY	ALA- CSONY	1,000
ALA- CSONY	ALA- CSONY	ALA- CSONY	MAGAS	MAGAS	1,000
ALA- CSONY	MAGAS	ALA- CSONY	MAGAS	ALA- CSONY	1,000
ALA- CSONY	ALA- CSONY	MAGAS	ALA- CSONY	MAGAS	1,000
ALA- CSONY	MAGAS	MAGAS	ALA- CSONY	MAGAS	1,000
ALA- CSONY	ALA- CSONY	MAGAS	MAGAS	ALA- CSONY	1,000
ALA- CSONY	MAGAS	MAGAS	MAGAS	MAGAS	1,000
MAGAS	ALA- CSONY	ALA- CSONY	ALA- CSONY	MAGAS	1,000
MAGAS	MAGAS	ALA- CSONY	ALA- CSONY	ALA- CSONY	0,780
MAGAS	ALA- CSONY	ALA- CSONY	MAGAS	ALA- CSONY	0,990
MAGAS	MAGAS	ALA- CSONY	MAGAS	MAGAS	1,000
MAGAS	ALA- CSONY	MAGAS	ALA- CSONY	ALA- CSONY	1,000
MAGAS	MAGAS	MAGAS	ALA- CSONY	MAGAS	1,000
MAGAS	ALA- CSONY	MAGAS	MAGAS	MAGAS	1,000
MAGAS	MAGAS	MAGAS	MAGAS	MAGAS	1,000

4. táblázat

**Varianciaanalízis**

Variancia eredete	Négyzet-összegek	df	Átlagos négyzetösszegek	F	Kifejezett kovariancia	Hibaösszeg	R <sup>2</sup>
Modell	121,065	70	1,729	8,802	0,011	-0,0002	95,952
Hiba	5,108	26	0,196				
Összesen	126,186	96					

Ha tehát egy tetszőleges (nem mintabeli) feldolgozóipari nagyvállalatra tekintünk, és kvalitatív információkat gyűjtünk a fenti témakörökről, akkor például (véletlenszerű kiemelés alapján az 5. táblázatból) a következő kijelentéssel élhetünk:

HA a vállalat szervezeti kultúrája alapvetően nyitott és támogató ÉS a vállalat technológiai viszonylag korszerűtlenek ÉS a stakeholder együttműködések széles körűek és élénkek, AKKOR a vállalat innovációs potenciálja alacsony.

### Fuzzy rendszerek korlátai

A fuzzy rendszerek kilencvenes évekbeli robbanásszerű elterjedésének egyik fő oka az a meggyőződés volt, hogy ez a módszer bármely irányítási feladatra megoldást nyújt, és a klasszikus irányítási rendszereket hamarosan felváltja a fuzzy megközelítés. Ez az elképzelés – ma úgy tűnik – nem bizonyult helytállóknak a rendszer korlátai miatt. A legjelentősebb korlátja a fuzzy rendszereknek, hogy nem létezik egy általános és szisztematikus módszer a szakértői tudás vagy tapasztalatok hatékony transzformálására a fuzzy inferencia rendszer szabálybázisába. Másik nagy hátrány, hogy nem létezik olyan algoritmus, mely megadná a szabályok optimális számát. Nem lehetséges az irányított rendszer stabilitásának a mérése, mivel a matematikai modell nem ismert. Nagy problémája továbbá a rendszernek, hogy előállhat az, hogy a kialakított szabályok az emberi értelem számára nem koherensek. Előfordulhatnak eltérések a szabályok között – akár ellent is mondhatnak egymásnak. A modell iterációi gyakran hosszan zajlanak, sok időt igényel a számítás a fuzzyfikáció, de különösen a defuzzyfikáció összetett operátorai miatt.

E komplikációk kiiktatása érdekében a legújabb kutatások arra irányulnak, hogy megpróbálják automatizálni a fuzzy modellezési folyamatot. Ennek a feladatnak két komponense van (Sun – Jang, 1991):

- pontosan azonosítani kell a rendszer strukturális összetevőit, így találni egy olyan módszert, melylyel meghatározható a szabályok optimális száma,
- találni kell egy olyan módszert, mellyel szisztematikus hangolhatók lesznek a tagsági függvények.

Ennek a két irányvonalnak a kutatása és a megoldások keresése a matematika és a számítógépek fejlődésével a fuzzy rendszerek és a neurális rendszerek egyesítéséhez vezetett.

### Jegyzetek

<sup>1</sup> Röviden: gazdálkodástudományok

<sup>2</sup> A fuzzy szót jelen cikkben (a szakirodalomban megszokottakkal összhangban) esetenként „magyarított” formában használjuk: életlen, homályos elmosódott.

<sup>3</sup> Ennek tudatában kissé megtévesztő e kutatási módszerek angol elnevezésében szereplő „multi-” és „mixed” előtagok.

<sup>4</sup> Bár a gazdálkodástudományokban a kísérletezés szerepe egyre nő (Dankó, 2004; Scapens, 1994; Williamson, 1996), kontroláltságuk kérdéses lehet (Heckman – Smith, 1995; Kieser, 1995): nem csupán a kísérleti alanyok észlelési torzulásaival kell számolni, hanem a kutatókéval is. A kísérletezés mellett egyre inkább előtérbe kerül a szimuláció.

<sup>5</sup> Az elnevezés a magyar matematika- és tudományfilozófustól, Lakatos Imrétől származik (pozitív heurisztika, naiv falszifikacionizmus kritikája) <sup>6</sup> Ezekre utal Retter Gyula is könyvében (2006).

<sup>7</sup> A szignifikanciát jelen tanulmányban statisztikai értelemben használjuk, annak kifejezésére, hogy egy modell paramétereinek illeszkedése mennyire köszönhető a véletlen szerepének, avagy a vizsgált szisztematikus jelenségnek (Hunyadi et al., 1996).

<sup>8</sup> Ezek alapján kétségbe vonható az is, hogy lehet a tudós olyan objektív, ahogyan azt a pozitívista eszmény feltételezi.

<sup>9</sup> Mivel a fuzzy rendszerekben a bemeneteket és a kimeneteket egyaránt numerikus adatként tárolják, így a bemeneteket fuzzyvá kell alakítani (fuzzyfikálni kell), a kimeneteket pedig fuzzyból numerikussá kell alakítani (defuzzyfikálni kell).

<sup>10</sup> Jelen tanulmányban a folyóirat fókusza miatt eltekintünk az indikátorok levezetésétől, azok a statisztikai szakirodalomban részletesen kifejtettek (Gegov, 2010).

<sup>11</sup> A „lágy számítás” az angol „soft computing” megfelelője, mely mesterséges intelligencián alapuló módszereket csoportosít: fuzzy logika, neurális hálózatok és genetikai algoritmusok.

<sup>12</sup> A bemutatott modell részletes kidolgozása megtalálható: Kása (2015).

<sup>13</sup> Terjedelmi korlátok miatt nem tudunk teljes részleteiben működő fuzzy rendszert közölni, ám a 3. táblázat alapján a vizsgált forrásokból az Olvasó részletesen tájékozódhat.

<sup>14</sup> A mintát hazai feldolgozóipari nagyvállalatok alkotják,  $n = 97$ . Lekérdezés éve: 2010.

<sup>15</sup> A modell részletes teszteredményeit jelen tanulmányban nem közöljük. Közreadva: Kása (2015).

### Felhasznált irodalom

- Atanassov, K. – Pasi, G. – Yager, R. (2002): Intuitionistic Fuzzy Interpretations of Multi-Person Multi-Criteria Decision Making. Proceedings of the First International IEEE Symposium Intelligent Systems, p. 115-119.
- Avineri, E. – Prashker, J. – Ceder, A. (2000): Transportation projects selection process using Fuzzy sets theory. Fuzzy Sets and Systems, 116(1), p. 35-47.
- Babbie, E. (2001): A társadalomtudományi kutatás gyakorlata. Budapest: Balassi Kiadó
- Bazdek, J. C. – Pal, S. K. (1992): Fuzzy models for pattern recognition: Methods that search for patterns in data. New York: IEEE Press
- Bellmann, R. E. – Zadeh, L. A. (1970): Decision-making in a fuzzy environment. Management Science, 16, p. 141-164.
- Bernard, H. R. (2012): Social Research Methods: Qualitative and Quantitative Approaches. Thousand Oaks, California: Sage Publications
- Bernstein, R. (1978): The Restructuring of Social and Political Theory. Philadelphia: University of Pennsylvania Press
- Biswas, R. (1995): An Application of Fuzzy Sets in Students' Evaluation. Fuzzy Sets and Systems, 74. kötet, p. 187-194.

- Blaikie, N. W.* (1991): A critique of the use of triangulation in social research. *Quality and Quantity*, 25(2), p. 115-136.
- Bradley, W. – Shaefer, K.* (1998): Limitations of Measurement in the Social Sciences. in: *The Uses and Misuses of Data and Models: The Mathematization of the Human Sciences*. California: Sage Publications, p. 107-135.
- Bryman, A.* (2003): *Quantity and Quality in Social Research*. New York: Routledge
- Bryman, A.* (2015): *Social Research Methods*. Oxford: Oxford University Press
- Bryman, A.* (2006): Integrating quantitative and qualitative research: how is it done? *Qualitative Research*, 6(1), p. 97-113.
- Buchanan, D.* (1992): An uneasy alliance: combining quantitative and qualitative research methods. *Health Education Quarterly*, 19, p. 117-135.
- Buchanan, D.* (1994): Reflections on the relationship between theory and practice. *Health Education Research*, 9, p. 273-283.
- Buchanan, D.* (1998): Beyond positivism: humanistic perspectives on theory and research in health education. *Health Education Research*, 13(3), p. 439-450.
- Burrell, G. – Morgan, G.* (1979): *Sociological Paradigms and Organisational Analysis*. London: Heinemann
- Carlsson, C.* (1982): Tackling an MCDM-problem with the help of some results from fuzzy set theory. *European Journal of Operational Research*, 10, p. 270-281.
- Chen, C. T.* (2000): Extensions of the TOPSIS for Group Decision-Making under Fuzzy Environment. *Fuzzy Sets and Systems*, 114, p. 1-9.
- Chen, J. K. – Chen, I. S.* (2007): Constructing Taiwanese small-enterprise innovative capital indices by using Fuzzy AHP. *The Business Review Cambridge*, 8(2), p. 159-164.
- Chester, D. C. F. – dos Santos, R. C. – Soares, M. A. M.* (2009): An application of fuzzy sets in Orkut Usability. *Global Business and Technology Association*, p. 418-425.
- Chua, W.* (1986): Radical developments in accounting thought. *The Accounting Review*, 61. kötet, p. 601-632.
- Davies, A. – Fitchett, J.* (2005): Beyond incommensurability? Empirical expansion on diversity in research. *European Journal of Marketing*, 39(3/4), p. 272-293.
- DeCock, C. – Rickards, T. – Weaver, G. – Gioia, D.* (1995): A rejoinder to and reply from Weaver and Gioia: Of Giddens, Paradigms, and Philosophical Garb. *Organization Studies*, 16(4), p. 699-704.
- Deetz, S.* (1996): Describing Differences in Approaches to Organization Science: Rethinking Burrell and Morgan and Their Legacy. *Organization Science*, 7(2), p. 191-207.
- Deshpande, R.* (1983): Paradigms lost: on theory and method in research in marketing. *Journal of Marketing*, 47. kötet, p. 101-110.
- Ege, I.* (2009): Fuzzy data enveloping analysis and performance of banks: An application to Turkish commercial banks. *Global Business and Technology Association*, p. 376-383.
- Erensal, Y.C. – Albayrak, Y. E.* (2006): Leveraging technological knowledge transfer by using fuzzy linear programming technique for multiattribute group decision making with fuzzy decision variables. *Proceedings of 5th International Symposium on Intelligent Manufacturing Systems*, p. 803-815.
- Falconer, D. – Mackay, D.* (1999a): The Key to the Mixed Method Dilemma. 10th Australasian Conference on Information Systems, p. 286-297.
- Falconer, D. – Mackay, D.* (1999b): Ontological Problems of Pluralist Research Methodologies. Letöltés dátuma: 2010. július 10, forrás: CiteSeerX Scientific Literature Digital Library and Search Engine: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.122.9979&rep=rep1&type=pdf>
- Fan, Z. P. – Hu, G. F. – Xiao, S. H.* (2004): A Method for Multiple Attribute Decision-Making with the Fuzzy Preference Relation on Alternatives. *Computers and Industrial Engineering*, 46, p. 321-327.
- Feng, C.* (1990): Quantitative Evaluation of University Teaching Quality – An Application of Fuzzy Sets and Approximate Reasoning. *Fuzzy Sets and System*, 37. kötet, p. 1-11.
- Feyerabend, P.* (1981): *Problems of empiricism. Philosophical papers (Vol. 2)*. New York: Cambridge University Press
- Fielding, N. – Schreier, M.* (2001): Introduction: On the Compatibility between Qualitative and Quantitative Research Methods. Letöltés dátuma: 2017. 01 17, forrás: Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research: <http://www.qualitative-research.net/index.php/fqs/article/view/965/2106>
- Gegov, A.* (2010): *Fuzzy Networks for Complex Systems: A Modular Rule Base Approach*. Berlin: Springer
- Gelei, A.* (2006): A szervezet interpretatív megközelítése. *Vezetéstudomány*, XXXVIII, (Különszám), p. 79-97.
- Gergen, M. – Gergen, K.* (2000): Qualitative Inquiry: Tensions and Transformations. in: N. Denzin – Y. Lincoln (eds.): *Handbook of Qualitative Research*. Thousand Oaks: Sage, p. 1025-1046.

- Golden, D. L. (2009): Bölcsészeti, tudomány, pragmatizmus. Eötvös Loránd Tudományegyetem Bölcsészettudományi Kar
- Green, A. – Preston, J. (2005): Editorial: Speaking in Tongues—Diversity in Mixed Methods Research. *International Journal of Social Research Methodology*, 8(3), p. 167-171.
- Guba, E. – Lincoln, Y. (1994): Competing paradigms in qualitative research. in: N. Denzin – Y. Lincoln (eds.): *Handbook of Qualitative Research*. Newbury Park, CA: Sage Publications, p. 105-117.
- Guo, P. – Tanaka, H. (2001): Fuzzy DEA: A perceptual evaluation method. *Fuzzy and Systems*, 119, p. 149-160.
- Hannan, E. L. (1982): Contrasting fuzzy goal programming and fuzzy multicriteria programming. *Journal of Decision Science*, 13, p. 337-339.
- Hassard, J. (1991): Multiple paradigms and organizational analysis: a case study. *Organization Studies*, 12(2), p. 275-299.
- Hung, S. L. – Jan, J. C. (1999): Machine learning in engineering analysis and design: An integrated fuzzy neural network learning model. *Computer-Aided Civil & Infrastructure Engineering*, 14(3), p. 207-219.
- Hunyadi, L. – Mundruczó, Gy. – Vita, L. (1996): *Statistika*. Budapest, Aula
- Hwang, C. L. – Chen, S. J. – Hwang, F. P. (1992): *Fuzzy Attribute Decision Making: Methods and Applications*. Berlin: Springer-Verlag
- Ingolikar, R. A. – Lanjewar, U. A. – Khot, P. G. (2005): Fuzzy logic for group decision making in management. *Proceedings of International Conference on Cognitive Systems*.
- Jick, T. (1979): Triangulating on mixing qualitative and quantitative methods: triangulation in action. *Administrative Science Quarterly*, 24. kötet, p. 602-611.
- Kaplan, B. – Duchon, D. (1988): Combining qualitative and quantitative methods in information systems research: a case study. *MIS Quarterly*, 12(4), p. 571-586.
- Karsak, E. E. – Tolga, E. (2001): Fuzzy multi-criteria decision-making procedure for evaluating advanced manufacturing system investments. *International Journal of Production Economics*, 69(1), p. 49-64.
- Kása, R. (2015): Approximating innovation potential with neurofuzzy robust model. *Investigaciones Europeas de Dirección Y Economía de La Empresa*, 21(1), p. 35-46.
- Kasabov, N. K. (1998): *Foundations of Neural Networks, Fuzzy Systems and Knowledge Engineering*. Massachusetts: A Bradford Book, MIT Press
- Kochen, M. (1975): Application of Fuzzy Sets in Psychology. in: L. Zadeh – K. Fu – K. Tanaka – M. Shimura (eds.): *Fuzzy Sets and Their Applications to Cognitive and Decision Processes*. New York: Academic Press, p. 395-408.
- Kóczy, L. T. – Tikk, D. (2001): *Fuzzy rendszerek*. Budapest: TypoTeX
- Koltai T. – Tatay V. (2009): Application of Fuzzy Parameters in Production Planning Models. *Proceedings of microCAD International Scientific Conference*, Miskolc, p. 141-146.
- Lazim, M. A. – Osman, M.T.A. (2009): Measuring teachers' beliefs about mathematics: A fuzzy set approach. *International Journal of Social Sciences*, 4(1), p. 39-43.
- Li, D. F. – Yang, J. B. (2004): Fuzzy Linear Programming Technique for Multiattribute Group Decision Making in Fuzzy Environments. *Information Sciences*, 158, p. 263-275.
- Lindblom, C. (1990): *Inquiry and Change: The Troubled Attempt to Understand and Shape Society*. New Haven: Yale University Press
- Mahoney, J. – Goertz, G. (2006): A Tale of Two Cultures: Contrasting Quantitative and Qualitative Research. *Political Analysis*, 14, p. 227-249.
- Maxwell, J. – Loomis, D. (2003): Mixed methods design: An alternative approach. in: A. Tashakkori – C. Teddlie (eds.): *Handbook of mixed methods in social and behavioral research*. Thousand Oaks: Sage, p. 241-272.
- May, T. (2011): *Social Research: Issues, methods and process*. New York: Open University Press
- McGuire, W. J. (2001): Hogyan vált az empirikus szembesítés az érvényesség kritériumává? A perspektivizmus viszonya a logikai empiricizmus-hoz: kiterjesztés és új irányok; Kutatási programok stratégiai tervezése. in: *Makacs nézetek és a meggyőzés dinamikája*. Budapest: Osiris Kiadó, p. 428-465.
- Miklós, T. (1997): *Lakatos Imre tudományfilozófiai írásai*. Budapest: Atlantisz
- Mukaidono, M. (2001): *Fuzzy Logic for Beginners*. Singapore: World Scientific Publishing
- Nagy, A. (1998): *A közgazdaságtan tudományelméleti alapjai*. Miskolc: Miskolci Egyetemi Kiadó
- Narasimhan, R. (1980): Goal programming in a fuzzy environment. *Journal of Decision Science*, 11, p. 325-336.
- Orlikowski, W. – Baroudi, J. (1991): Studying Information Technology in Organizations: Research Approaches and Assumptions. *Information Systems Research*, 2(1), p. 1-28.
- Parker, M. – McHugh, G. (1991): Five texts in search of an author: a response to John Hassard's „Multiple paradigms and organizational analysis”. *Organization Studies*, 12(3), p. 451-456.

- Perry, C. – Alizadeh, Y. – Riege, A.* (1997): Qualitative methods in entrepreneurship research. Coffs Harbour, Southern Cross University
- Polkinghorne, D.* (1983): Methodology for the Human Sciences: Systems of Inquiry. Albany: State University of New York Press
- Popper, K.* (1989): A historicizmus nyomorúsága. Budapest: Akadémiai Kiadó
- Preston, J.* (1997): Feyerabend: Philosophy, Science and Society. Cambridge: Polity Press
- Radácsi, L.* (2003): "One best way" A menedzsmenttudományos kutatásokban. Gondolatok a kvalitatív módszertan hazai helyzete ürügyén. Vezetéstudomány, 34(10), p. 4-12.
- Ramadan, M. Z.* (2004): A fuzzy model for R&D project selection with multi-criteria decision making. Proceedings of the 2nd IIEC.
- Rappai, G.* (2010): A statisztikai modellezés filozófiája. Statisztikai Szemle, 88(2), p. 121-140
- Retter, G.* (2007): Kombinált fuzzy, neurális, genetikus rendszerek. Budapest: Invest-Marketing Bt.
- Schweppe, F. C.* (1973): Uncertain Dynamic Systems. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall
- Smith, D.* (1987): The Limits of Positivism in Social Work Research. The British Journal of Social Work, 17(4), p. 401-416.
- Soyer, A. – Kabak, Ö. – Asan, U.* (2007): A fuzzy approach to value and culture assessment and an application. International Journal of Approximate Reasoning, 44, p. 182-196.
- Szabó, M.* (2001): Trivium. Miskolc: Bíbor Kiadó
- Szintay, I.* (2003): Vezetéstudomány. Miskolc: Bíbor Kiadó
- Tapia, C. G. – Murtagh, B. A.* (1991): Interactive fuzzy programming with preference criteria in multiobjective decision-making. Computers and Operations Research, 18(3), p. 307-316.
- Teng, J. Y. – Tzeng, G. H.* (1998): Transportation investment project selection using fuzzy multiobjective programming. Fuzzy Sets and Systems, 96(3), p. 259-280.
- Toulmin, S.* (1990): Cosmopolis: The Hidden Agenda of Modernity. New York: The Free Press
- Turksen, I. – Wilson, I.* (1994): A Fuzzy Set Preference Model for Consumer Choice. Fuzzy Sets and Systems, 68. kötet, p. 253–353.
- Turksen, I. B. – Willson, I. A.* (1994): A fuzzy set preference model for consumer choice. Fuzzy Sets and Systems, 68, p. 253-353.
- Wang, Y. M. – Parkan, C.* (2005): Multiple Attribute Decision Making Based on Fuzzy Preference Information on Alternatives: Ranking and Weighting. Fuzzy Sets and Systems, 153, p. 331-346.
- Weaver, G. R. – Gioia, D. A.* (1994): Paradigms lost: incommensurability vs structurationist inquiry. Organization Studies, 15(4), p. 565–589.
- Whittington, C. – Holland, R.* (1985): A framework for theory in social work. Issues in Social Work Education, 5(1), p. 25-50.
- Willmott, H. – Jackson, N. – Carter, P.* (1993): Breaking the paradigm mentality; comment; reply. Organization Studies, 14(5), p. 681-730.
- Zadeh, L. A.* (1972): A rationale for fuzzy control. Journal of Dynamical Systems, Measurement and Control, 94, p. 3-4.
- Zimmerman, H. J.* (1991): Fuzzy Sets Theory and Its Applications. Boston: Kluwer Academic Publishers
- Zimmermann, H. J.* (1978): Fuzzy programming and linear programming with several objective functions. Fuzzy Sets and Systems, 1, p. 45-55.
- Zimmermann, H. J. – Wiedey, G.* (1978): Media selection and fuzzy linear programming. Journal of the Operational Research Society, 29, p. 1071-1084.



## E SZÁMUNK SZERZŐI

**Dr. Horváth Dóra**, egyetemi docens, Budapesti Corvinus Egyetem; **Dr. Mitev Ariel**, egyetemi docens, Budapesti Corvinus Egyetem; **Dr. Cosován Attila**, egyetemi docens, Budapesti Corvinus Egyetem; **Bogáromi Eszter**, PhD-hallgató, Budapesti Corvinus Egyetem; **Dr. Malota Erzsébet**, egyetemi docens, Budapesti Corvinus Egyetem; **Oborni Katalin**, PhD-hallgató, Budapesti Corvinus Egyetem; **Kassai Szilvia**, PhD-hallgató, Eötvös Loránd Tudományegyetem; **Dr. Pintér Judit Nóra**, egyetemi adjunktus, Szegedi Tudományegyetem; **Dr. Rácz József**, egyetemi tanár, Eötvös Loránd Tudományegyetem; **Dr. Vicsek Lilla**, egyetemi docens, Budapesti Corvinus Egyetem; **Dr. Gál Tímea**, egyetemi adjunktus, Debreceni Egyetem; **Dr. Soós Mihály**, egyetemi adjunktus, Debreceni Egyetem; **Dr. Szakály Zoltán**, egyetemi tanár, Debreceni Egyetem; **Géring Zsuzsanna**, tudományos munkatárs, Budapesti Gazdasági Egyetem; **Dr. Király Gábor**, egyetemi docens, Budapesti Corvinus Egyetem; **Dr. Kása Richárd**, tudományos főmunkatárs, Budapesti Gazdasági Egyetem; **Dr. Réthi Gábor**, egyetemi tanársegéd, Miskolci Egyetem