

# FOGALMAK, MÓDSZEREK

## FUZZY KÖVETKEZTETÉSI RENDSZER SIKERES TELEMARKETING KAMPÁNY ELŐREJELZÉSÉRE<sup>1</sup>

FORGÁCS ANETT – LUKÁCS JUDIT – HORVÁTH RICHÁRD  
*Óbudai Egyetem*

A klasszikus kétértékű logika alapján állításaink igazak vagy hamisak lehetnek, de a valóságban, például gazdasági és társadalomtudományi területeken sok esemény nem írható le pontosan ezen koncepcióval. A probléma egyik lehetséges megoldása a lágyszámítási módszerek, különösen a fuzzy logika alkalmazása lehet. Ebben a cikkben bemutatjuk a fuzzy következtető rendszerek gazdasági alkalmazhatóságát egy részletes példán keresztül. A vizsgálat során egy piaci kampány célcsoportjának kiválasztását céloztuk meg korábbi adatok alapján. Egy több bemenettel és egy kimenettel rendelkező döntési modellt alkottunk, amelyben minőségi és mennyiségi változókat egyaránt figyelembe vettünk. Az eredmények és a kiértékelés részletes elemzése alátámasztja, hogy a fuzzy módszer hatékonyan alkalmazható fogyasztói döntések modellezésére, különféle tényezők figyelembevételével.

*Kulcsszavak:* fuzzy következtetés; lágyszámítási módszerek; gazdasági előrejelzések; döntéselmélet; kockázatelemzés; viselkedési közgazdaságtan

## 1 Bevezetés

Az emberi döntéshozatal megértésére irányuló klasszikus közgazdasági döntéselméleti megközelítés elsősorban a kvantitatív szempontok elemzésére összpontosít, mely alapvetően a piacon lévő termékek és szolgáltatások megszámlálhatóságára épül. Ebben a keretben a kereslet és kínálat törvényszerűségeinek tanulmányozása kiemelt jelentőséget kap. Smith, A. [1776] és Taylor, D. W. [1970] munkája ezen az alapon nyugszik, amikor a hasznosság maximalizálására mint a döntéshozatal központi céljára fókuszálnak. Az általuk leírt modellek az áruk piaci interakcióiban megnyilvánuló termelői és fogyasztói magatartást, motivációkat és célokat helyezik előtérbe. A hasznosság, vagyis az utilitás elve kiemelkedő szerepet játszik ezen megközelítésekben, az emberi igények kielégítésének képességeként definiálva. E szerint az egyén elsődleges célja saját hasznának maximalizálása. Smith értelmezésében a döntéshozó számos alternatíva közül választhat, amik más-más következményekkel és

<sup>1</sup>Beérkezett 2024. május 21. DOI: <https://doi.org/10.15170/SZIGMA.55.1251>. E-mail: [foragacs.anett@phd.uni-obuda.hu](mailto:foragacs.anett@phd.uni-obuda.hu). A tanulmány az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-22-3 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának támogatásával készült.

valószínűségekkel bírnak. E döntések meghozatalában kulcsfontosságúak az információk az alternatívákról és azok potenciális következményeiről, így a döntéshozatali folyamat érzékenyen reagál az információk minőségére és mennyiségére.

A döntéshozatali folyamat komplexitását azonban tovább bonyolítja a korlátozott racionalitás elmélete (Simon [1972]), amely az emberi információfeldolgozási képességek korlátaira hívja fel a figyelmet. Az elmélet szerint a döntéshozók gyakran heurisztikákhoz folyamodnak, hogy az alternatívák közötti választást egyszerűsítsék. A pszichológiai perspektívák ezen kívül a szubjektív döntéshozatali szempontokat is fontosnak tartják, amint azt Renn [1992] és a kulturális és társadalmi hatásokat vizsgáló Douglas – Wildavsky [1983] kutatásai is alátámasztják. Az intuitív döntéshozatal és a múltbeli tapasztalatok szerepét is elismerve, Velencei és szerzőtársai [2019] kiemelik, hogy a torzítások minimalizálása kulcsfontosságú a döntéshozatali folyamat sikeréhez. E kontextusban Szemere és szerzőtársai [2021] vizsgálata a kockázatok hierarchiáját tárgyalja, hangsúlyozva a befektetési döntések kritikus elemeit. A kockázatelemzés, különösen a bankszektorban, elengedhetetlen a szervezeti döntéshozatalban, ahogy azt a PRISM módszertan (Bognár – Benedek [2021]) is kiemeli, ahol a hibrid megközelítés révén a kockázatkezelést és a megfelelőségi menedzsmentet integrálva hatékonyabb döntéshozatali modell jön létre.

Az eddigi átfogó kutatások során kiderült, hogy a klasszikus matematikai és statisztikai módszerek alkalmazása során számos problémát jelent az algoritmikus nehézségek, az információhiány és a döntéshozatali folyamatokra jellemző bizonytalanságok kezelése. A biológiai inspirációjú számítástechnikai módszerek ezen problémák kezelésére kínálnak alternatív megoldásokat, melyek különféle tudományágakban – többek között a mérnöki tudományokban, a rendszerirányításban és a közgazdaságtanban – alkalmazhatók a döntéstámogatási és modellezési folyamatok javítására. Ezen módszerek közül kiemelkedik a fuzzy következtetés, a mesterséges neurális hálózatok és az evolúciós algoritmusok használata.

A mesterséges neurális hálózatok funkcionális alapjait az emberi agy ingerületvezetési folyamatai szolgáltatják. Ezek a rendszerek a Hebb-féle tanulás elvére épülnek, amely az idegsejtek közötti kapcsolatok erősödését írja le válaszként az ismételt stimulációra (Hebb, [1949]). Ez a tanulási folyamat alapvető jelentőséggel bír az olyan mesterségesintelligencia-rendszerek fejlesztésében, amelyek az emberi tanulási folyamatokat próbálják modellezni és reprodukálni.

Az evolúciós algoritmusok, mint a sztochasztikus optimalizálási technikák, a biológiai evolúció és a genetikai öröklődés elvein alapulnak. Ezek az algoritmusok a kvázioptimális megoldások keresését teszik lehetővé a genetikai variációk és a természetes kiválasztódás szimulációjával (Fogel és mtsi., [1966]). Az evolúciós algoritmusok alkalmazása kiterjedt a közgazdaságtani modellezésre is, ahol a komplex optimalizálási problémák megoldására használják őket.

A fuzzy következtetési rendszerek alapját a kétértékű logika bővítése

képezi, amely az emberi gondolkodás és döntéshozatali folyamatok modellezésére irányul. A klasszikus logikai rendszer kibővítése részgazságok integrálásával történik, mely módszer az emberi döntéshozatali mechanizmusok pontosabb leképezését teszi lehetővé (Zadeh és mtsi. [2021]). Ebben a kontextusban a fuzzy következtetési rendszerek képesek kezelni a bizonytalanságokat és a pontatlan információkat, amelyek gyakran jelen vannak az emberi döntéshozatali folyamatokban. A fuzzy következtető rendszerek alkalmazása a döntéstámogatási folyamatokban különösen ígéretesnek tűnik. Ezek a rendszerek képesek modellezni és elemezni a gazdasági viselkedést és döntéshozatali folyamatokat, ami lehetővé teszi a döntéshozók számára, hogy jobban megértsék és kezeljék a kockázatokat és bizonytalanságokat. A gazdasági viselkedés és döntéshozatal modellezésével kapcsolatban már számos koncepció került bemutatásra, melyek jelentős előrelépést jelentenek ezen a területen, és a fuzzy következtető rendszerek ebben a kontextusban kulcsfontosságú eszközökké váltak.

Az úgynevezett lágyszámítási eljárások, különösen a fuzzy következtető rendszerek, alapvető eszközökké váltak a gazdasági döntések és a kockázatelemzés területén. Ponsard [1980] munkájától kezdődően a tudományos közösség egyre inkább felismerte ezen technikák potenciálját a gazdasági modellezésben. Ponsard [1985] további kutatásai a fogyasztói és termelői mérlegek összeegyeztethetőségének feltételeit tárgyalták a fuzzy függvények és ponthalmazok segítségével, megvilágítva a fuzzy logika alkalmazhatóságát a gazdasági egyensúly vizsgálatában. 1988-ban pedig egy átfogó tanulmányban bontotta ki a fuzzy logika előnyeit a klasszikus kétértékű logika kereteihez képest, különös tekintettel a gyengébb racionalitás és a döntéshozatali következmények árnyaltabb leírásának lehetőségére (Ponsard [1988]). E kutatások fuzzy-alapú modelljei – többek között egy gazdasági döntés, gazdasági számítások és gazdasági egyensúly modellek – jelentős előrelépést jelentettek a területen.

Dompere [1993] a fuzzy következtetést alkalmazva bemutatott egy módszert, amely lehetővé teszi a szociális és projektköltségek pontosabb meghatározását, aminek köszönhetően javulhat például az adóallokáció vagy a projektköltségek hatékonyabb elosztása. Későbbi munkájában Dompere [1995] egy átfogó keretrendszerrel dolgozott ki a társadalmi költségszámításra, amely a fuzzy logikát használva precízebb költség-haszon elemzést tesz lehetővé. Továbbfejlesztve ezt a megközelítést később azt is demonstrálta, hogy a haszonintenzitások elosztási súlyai szintén meghatározhatók fuzzy módszerekkel, ezzel is hozzájárulva a gazdasági modellezés finomításához (Dompere [1997]). Egy időben a megközelítő árak elméletét is kifejlesztette (Dompere [1997a]), ahol a fogyasztói jövedelmeket és a termelői oldal jellemzőit állandónak tekintve, egy számítási példán keresztül szemléltette a fuzzy logika alkalmazásának előnyeit.

Escada és munkatársai [1997] egy fuzzy-neurális hibrid technikával operáló kereslet-előrejelző rendszert fejlesztettek, amelyet hagyományos módszerekkel szemben teszteltek, így bizonyítva a fuzzy logika előnyeit a kereslet-előrejelzés területén. Lin [2005] pedig a kereslet és a hozzá kapcsolódó optimális nyereség fuzzy logikával történő vizsgálatát mutatta be, tovább erősítve e technológia

alkalmazhatóságát a gazdasági döntéshozatalban.

Aliev [2009] kutatása azt sugallja, hogy a dinamikus gazdasági rendszerek természetes módon fejlődnek alapvetően fuzzy jellegűvé, a bizonytalan kezdeti feltételek és a változó paraméterek miatt. Ebben az összefüggésben, amikor a gazdasági rendszereket mint valós, több szereplőből álló hálózatokat kezeljük, ahol az információ gyakran nem teljes vagy pontatlan, Aliev a fuzzy logikát és fuzzy differenciálegyenleteket használja fel a résztvevők, vagyis az „ágensek” magatartásának megjelenítésére és előrejelzésére. Az ágensalapú modellek, amelyeket a fuzzy logika és a Bayes-Shortliffe módszerekkel ötvözve hoztak létre, lehetővé teszik a gazdasági szereplők motivációs változóinak integrálását a modellekbe, így növelve a döntéshozatali folyamatok relevanciáját és pontosságát.

A reálopció-elemzés területe, amely a beruházási döntések rugalmas kezelésére és a bizonytalanságokkal teli környezetben való értékelésre összpontosít, egyre nagyobb figyelmet kap a tudományos kutatás és a gyakorlati alkalmazások terén. Ennek hátterében a módszertan komplex matematikai struktúrája áll, amely kihívást jelent a szakemberek számára. E probléma kezelésére Collan és munkatársai [2009] egy innovatív lágyszámítási megközelítést alkalmaztak, amely a fuzzy halmazokon alapuló reálopció-elemzést vezetett be, és azt ipari kontextusban is tesztelték. Ez a megközelítés lehetővé teszi a reálopciók értékelését olyan módon, hogy az jobban tükrözze a valóság bizonytalanságait és komplexitását. Ehhez kapcsolódóan Shin – Wang [2010] áttekintést nyújtott a fuzzy következtetés alapvető mechanizmusairól és annak gazdasági alkalmazásairól, mind mikro-, mind makroökonómiai szinten. Ezen áttekintés rávilágított a fuzzy logika széles körű alkalmazhatóságára, és bemutatta, hogy ez a módszertan hogyan segíthet a gazdasági döntéshozatali folyamatok pontosabbá és relevánsabbá tételében a bizonytalan környezetekben. Az eredmények hozzájárulnak ahhoz a megértéshez, hogy a fuzzy logika miként biztosíthatja a döntéshozatali modellek nagyobb rugalmasságát és adaptív képességét változó gazdasági körülmények között.

A kutatási és fejlesztési (K+F) projektek értékelése és prioritizálása a beruházási döntéshozatal kulcsfontosságú területét képezi, amely különös kihívásokkal jár a jövőbeli jövedelmezőségi előrejelzések pontatlansága és a rendelkezésre álló információk hiányossága miatt. Carlsson és munkatársai [2005] által kidolgozott modell, amely a K+F projektek opciós értékelésére szolgál, innovatív módszertant kínál a multinacionális vállalatok számára az ideális projektportfólió kialakításának kihívásaihoz, különösen a globális piaci bevezetés magas költségeivel szemben. Ez a modell, amely a jövőbeli pénzáramokat és várható költségeket trapéz alakú fuzzy számokkal becsüli, lehetővé teszi a vállalatok számára, hogy értékeljék a hosszú távú és bizonytalan projekteket a rövid távú, de biztosabb piaci lehetőségekkel szemben. Carlsson és munkatársai [2007] tovább mélyítették ezt a kutatást, hangsúlyozva, hogy az opciós érvelés integrálása a K+F projektértékelésbe nem csak a vezetői döntéshozatali rugalmasság monetáris értékét veszi figyelembe, hanem új perspektívákat is nyit a projektportfóliók optimális összeállításához, különös tekintettel a hosszú távú projektek és a piaci bevezetés el-

halasztásának opciós értékére. Ebben az összefüggésben Hassanzadeh és társai [2011] szintén úttörő munkát végeztek a fuzzy logika K+F projektek értékelési folyamatába való integrálásával, amely lehetővé teszi a döntéshozók számára, hogy hatékonyabban kezeljék a projektekkel kapcsolatos bizonytalanságokat. Az általuk kifejlesztett K+F portfólióválasztási modell a fuzzy halmazelméletre alapozva kínál megoldást a projektek értékelésének és összehasonlításának optimalizálására, bemutatva a módszertan alkalmazhatóságát és előnyeit egy konkrét példán keresztül. Ezt követően Collan és Luuka [2013] a fuzzy TOPSIS módszer továbbfejlesztett változatait alkalmazták a K+F projektek jövedelmezőségi rangsorolására, ahol négy különféle fuzzy hasonlósági mértéket használtak az értékelési kritériumok súlyozására. Az általuk kifejlesztett módszertanok alkalmazása egy numerikus példán keresztül került bemutatásra, amely szemléletesen illusztrálja a fuzzy logika által nyújtott részletes és árnyalt értékelési lehetőségeket a K+F projektek kontextusában.

Egy másik lényeges gazdasági-kutatási területet képviselnek a nagyipari vagy gigaberuházások, mivel ezek hosszú életciklusú kockázatos vállalkozások, amelyek gyakran uralják piacaikat. A rendelkezésre álló adatok nem sztochasztikusak, normatívak és gyakran pontatlanok. Carlsson és munkatársai [2003] kutatása a fuzzy reálopció-s modellek használatával új perspektívát nyit a befektetési döntések elemzésében, különösen a nagymértékű bizonytalanságok esetében, ahol a hagyományos modellek nem nyújtanak megfelelő megoldást. A kutatócsoport rámutatott, hogy ezek a modellek segítenek a befektetőknek a jövőbeli pénzbevételekkel kapcsolatos bizonytalanságok jobb megértésében és kezelésében, különösen a nagybefektetések területén, ahol a piaci dinamikák jelentősen eltérnek az effektív piacok idealizált modelljeitől. Luuka – Collan [2015] egy új biztosítási árazási módszert mutatott be az ilyen nagy volumenű projektek biztosítására és a projektbiztosítási szerződés kifizetési eloszlásának létrehozásán alapuló intuitív négylépcsős eljárást hoztak létre. A biztosítási árazás numerikus illusztrációját is bemutatták, valamint fuzzy kifizetési módszert hoztak létre jövedelmezőség elemzési eszközeként. Egy további munkájukban (Collan és szerzőtársai [2017]) a kockázatkerülés hatását elemezték a nagyberuházások szempontjából releváns, lehetséges környezetben. A fuzzy következtetési rendszer alkalmazása a beruházási döntéstámogatásban és a reálopciók elemzésében viszonylag új megközelítés. A reálopció-elemzés a beruházási projekteket és eszközöket lehetőségként vizsgálja, és opcióként elemzi azok beszerzését, a projekt indítását vagy a projekteken belüli változtatásokat. A reálopciók értékelése ezeket a lehetőségeket vizsgálja. Kozlova és szerzőtársai [2018] kutatásukban pedig egy fuzzy kifizetési eljárást javasoltak a beruházási és reálopció-s elemzés gazdagítására. Ezen felül egy fuzzy következtetési rendszert mutattak be a beruházási döntéshozatal támogatására, melyet egy energiatermelési beruházás esettanulmányával szemléltettek.

Ferrer-Comalat és munkatársai [2020] innovatív javaslatot tettek a fuzzy logika gazdasági modellekbe történő integrálására, amely az elemzés során egy nemzeti jövedelem meghatározására szolgáló egyszerűsített modellen keresztül került bemutatásra. A modell alapfeltevése az volt, hogy a gazdasági

egyensúlyt a fogyasztás és a beruházás összetevői határozzák meg. A fuzzy logikának a modellbe való beépítésével céljuk egy olyan eszköz kifejlesztése volt, amely képes objektívebb információkat szolgáltatni, mint a hagyományos módszerek. Ez a megközelítés szinkronban van Ghosh és munkatársai [2020] kutatásával, amely a fuzzy logika alkalmazhatóságát vizsgálta a társadalomtudományi fogalmak, mint például az iskolázottsági szint és annak gazdasági növekedésre gyakorolt hatásának modellezésében. Az általuk bemutatott iskolázottsági index értékelés rámutatott arra, hogy az index értéke hogyan változik a gazdasági helyzet függvényében, ami a fuzzy logika modellezési pontosságát és adaptivitását hangsúlyozza.

Stokalska és munkatársai [2021] kutatása egy további lépést jelent a fuzzy logika alkalmazásának területén, ahol az első, teljesen valószínűségi alapon működő módszert mutatták be beruházási projektek reálopciók értékelésére. Ez a módszer, amely a fuzzy kifizetési eljárás egy új változatát használja, lehetővé teszi a döntéshozók számára, hogy pontosabban értékeljék és kezeljék a beruházási projektekkel kapcsolatos kockázatokat és bizonytalanságokat, amint azt a módszer alkalmazásának példái is alátámasztják.

Az áttekintett kutatások, amelyek a gazdasági döntéshozatal és döntéstámogatás széles körű aspektusait érintik, alátámasztják, hogy a lágyszámítási technikák, különösen a fuzzy logika és következtetés, jelentős előnyöket kínálhatnak ezen területeken. Ezek a módszerek különösen hasznosak lehetnek a társadalomtudományokban, ahol a döntéshozatali folyamatok gyakran bonyolultak és többdimenziósak.

Ebben a cikkben bemutatunk egy több bemenetű, egy kimenetű (MISO) fuzzy rendszert, amelyet döntéstámogató eszközként használhatunk. A modellünk minőségi és mennyiségi bemeneti változókat integrál, lehetővé téve egy piaci kampány sikerességének előrejelzését. Ezáltal a rendszer hozzájárulhat a célcsoportok pontosabb meghatározásához és a marketingstratégiák hatékonyabb tervezéséhez.

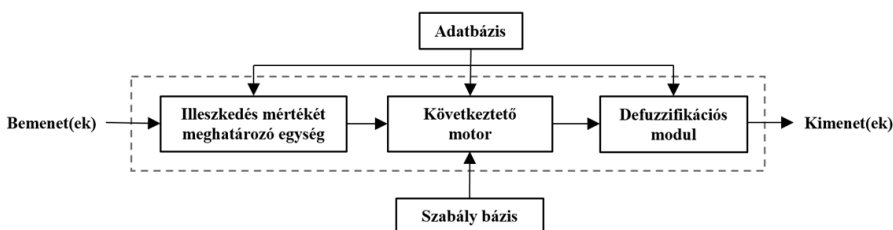
A kutatás során a fuzzy logika és következtetés elméleti kereteire és gyakorlati alkalmazásaira koncentrálnak, amelyeket egy konkrét esettanulmányon keresztül illusztrálnak. Ez a megközelítés lehetővé teszi számunkra, hogy bemutassuk, miként lehet a fuzzy logikát hatékonyan alkalmazni a valós döntéshozatali és előrejelzési problémák megoldásában, így hozzájárulva a döntéshozatali folyamatok pontosításához és optimalizálásához a gazdasági és társadalomtudományi környezetben.

## 2 Módszertani háttér

1965-ben Zadeh [1996] bevezette a fuzzy halmazok koncepcióját, vagyis a fuzzy logikát. Az alapvető cél az volt, hogy a klasszikus módszerekkel nehezen kezelhető vagy megoldhatatlannak tűnő matematikai problémák megoldására alkalmas új eljárást sikerüljön megalkotni. Az újítás a halmazok matematikai definíciójának egyszerű módosítása és kiterjesztése volt. Ennek eredményeként elmosódtak az éles határok, bevezetésre kerültek az átmenetek, a részigaz-

ságok, valamint meghatározásra került a tagsági függvény, és a megfelelés mértéke. A koncepciót továbbfejlesztették, így számos területen alkalmazhatóvá vált, például a döntéshozatali problémákban (Bellman – Zadeh [1970], Zimmermann – Zysno [1980]), a modellezés és irányítás területén (Mamdani [1974], Mamdani – Assilian [1975], Sugeno – Yasukawa [1993]), a rendszerek gyakorlati elemzésénél (Zadeh [1973], Ruspini és szerzőtársai [2020]) stb.

A fuzzy következtetési rendszer szabályalapú, felépítése az 1. ábrán látható, amely négy alapvető elemből áll.



1. ábra. A fuzzy következtetési rendszer felépítése (Mallick és szerzőtársai [2009] alapján)

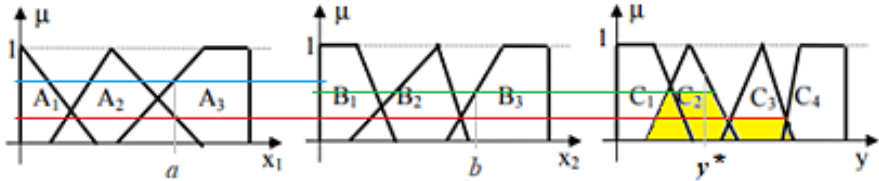
Az illeszkedés mértékét meghatározó egység a tagsági függvények meghatározására szolgál. Van lehetőség nyelvi jellegű változók alkalmazására és intervallumok kezelésére egzakt értékek helyett.

A szabálybázis a megadott problémához kapcsolódó, rendelkezésre álló szakértői ismeretanyagot, korábban megszerzett tudást tárolja. A fuzzy szabályok  $HA \dots$  (feltétel(ek))  $\dots AKKOR \dots$  (következmény(ek))  $\dots$  formában állnak össze, és összekötik a bemeneti és a kimeneti változókat.

A következtető motorban a szabályok aktiválásra kerülnek. Ezek erősségét a tüzelési szint adja meg, ez az adott tagsági függvény megfelelésének mértékével egyenlő. Az egyidejűleg aktivált fuzzy halmazok kimeneti fuzzy halmazzá alakulnak.

Végül a defuzzifikációs modul ezen kimeneti fuzzy halmaz konkrét, crisp értékre való visszaalakítását valósítja meg.

A fuzzy következtetésnek több típusa is létezik: például a Mamdani (Mamdani [1974], Mamdani – Assilian [1975]), a Sugeno (Sugeno – Yasukawa [1993]), a Tsukamoto (Tsukamoto [1979]) és a Larsen-féle (Larsen [1980]) módszerek. Továbbá felmerülhet a rendszer komplexitásának csökkentésére irányuló igény is. Megjelentek a lefedő szabálybázis kiváltására alkalmas interpolatív megközelítések is (Kóczy – Hirota [1997], Tikk – Baranyi [2000], Yang és szerzőtársai [2017] stb.). Az egyik leggyakrabban használt következtetési rendszer a Mamdani-típusú, amely a korábbi információkon alapuló szakértői tudást írja le. Magát a következtetést egy példa segítségével mutatjuk be. Vegyünk egy egyszerű rendszert, mely két bemeneti ( $x_1, x_2$ ) és egy kimeneti ( $y$ ) változóval rendelkezik. A be- és kimeneti változók partícióját a 2. ábra szemlélteti.



2. ábra. A Mamdani-típusú következtetési rendszer

Ebben az esetben, amikor  $x_1 = a$  és  $x_2 = b$  értéket vesz fel, két szabály aktiválódik:

$$R_1 : HA \ x_1 = A_2 \ \acute{E}S \ x_2 = B_3 \ \text{AKKOR} \ y = C_3, \quad (1)$$

$$R_2 : HA \ x_1 = A_3 \ \acute{E}S \ x_2 = B_3 \ \text{AKKOR} \ y = C_2, \quad (2)$$

Az  $R_1$  szabály ((1) egyenlet) esetében az  $a$   $A_2$ -ben való megfelelési mértékét piros vonallal, a  $b$   $B_3$ -beli tüzelési szintjét zöld vonallal jelöljük. A feltételek között  $\acute{E}S$  kapcsolat van, ennek eredményeképpen a szabály erőssége a tagsági értékek minimuma. Tehát a szabály aktivációs szintje  $C_3$ -ban piros színű.

Emellett, egyidejűleg az  $R_2$  szabály ((2) egyenlet) is aktiválódik. A tagsági értékeket kék (az  $A_3$  esetében) és zöld (a  $B_3$  esetében) vonalakkal ábrázoljuk. Elmondható, hogy az  $\acute{E}S$  kapcsolat az  $R_2$  szabály aktivációs szintjeként azok minimumát (a zöld szintet) eredményezi. Ez lesz a  $C_2$  megfelelési értéke. Az aktivált szabályokra adott válasz az eredmények uniója (a 2. ábrán a sárga terület).

Végül az így kapott fuzzy halmazt át kell alakítani egy kézzelfoghatóbb, könnyebben értelmezhető, számszerű, crisp értékűvé. A defuzzifikációs modul ezt matematikai átalakítással hajtja végre. Így kapjuk meg a fuzzy modell kimenetét ( $y^*$  a 2. ábrán). Számos defuzzifikációs módszer létezik, nincs általánosan bevált koncepció az optimális eljárásra vonatkozóan, ez ugyanis minden esetben magától a problémától függ.

A fuzzy következtetési rendszerek alkalmazása praktikus választás lehet, ha a vizsgált probléma körül bizonytalanság, információhiány, túl sok zavaró tényező vagy nehezen leírható összefüggések találhatóak (Ruspini és szerzőtársai [2020]).

### 3 Esettanulmány bemutatása

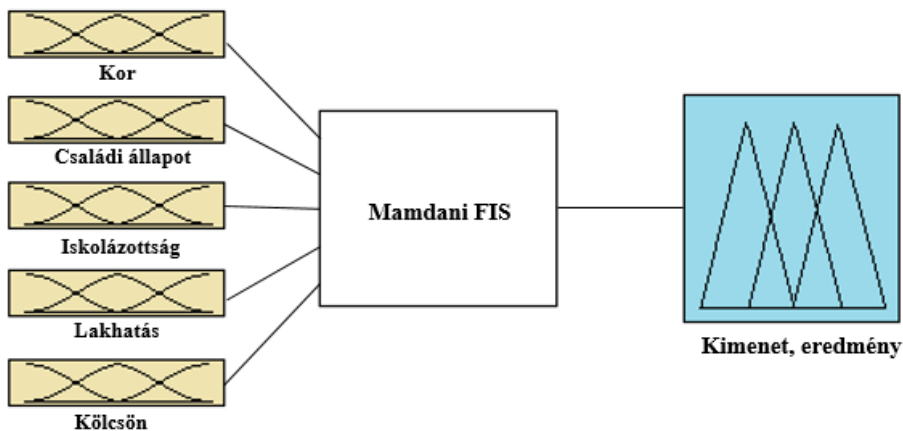
A bemutatásra kerülő esettanulmány során egy klasszikus banki marketing célú adatbázist vizsgáltunk, mely egy pénzüintézet korábbi telemarketing kampányainak (egy portugál lakossági bank, 2008 és 2013 között gyűjtött adatai) árazására vonatkozó adatokat tartalmazza. Az adatbázis segítségével (melyből valós adatokat használtunk) Moro és szerzőtársai [2014] azt vizsgálták, hogy milyen adatbányászati módszerekkel (logisztikus regresszió, döntési



fa (DT), neurális hálózat (NN), tartóvektor-gép (SVM)) lehet mérni egy jövőbeli sikeres telemarketing kampány előrejelzését. A cikk további részében a fuzzy következtető rendszert kívánjuk előrejelzésre és döntéselőkészítésre használni. E cél érdekében elemeztük a bank egy telemarketingkampányának eredményeit, kiszűrtük azokat az eseteket, amikor a kampány sikeres vagy sikertelen volt. Ezt követően mintákat azonosítottunk, ezek alapján a jövőbeli stratégiákra lehet következtetni, a hatékonyság növelése érdekében. A vállalkozói rétegre fókuszáltunk, elsősorban a vállalati szektorral és a banki termékekkel kapcsolatos előrejelzéseket vizsgáltuk.

### 3.1 A fuzzy következtetési rendszer struktúrája

A rendelkezésre álló adatok alapján egy MISO rendszer kerül bemutatásra. Az első lépés a változók definiálása volt. Szignifikanciavizsgálatot végeztünk el a megfelelő független bemeneti paraméterek kiválasztásához. Megállapítottuk, hogy szignifikáns hatása az alábbi paramétereknek volt: életkor, családi állapot, iskolázottság, lakhatás, kölcsön. A rendszer kimeneteként pedig a kampány sikerességét választottuk. A fő cél, hogy a jövőben hasonló termék értékesítése esetén kiválasztandó célcsoportot tudjuk meghatározni. Ennek megvalósítására egy Mamdani-típusú fuzzy következtetési rendszert hoztunk létre, mely megfelelően képes leírni a szakértői jellegű tudást tartalmazó adatbázisokat. A rendszer felépítése a 3. ábrán látható.



3. ábra. A FIS struktúra

A független változók lehetnek minőségi vagy mennyiségi változók. A rendszer pontossága és rugalmassága növelhető a mennyiségi paraméterek használatával. Ebben az esetben a lakhatás és a kölcsön minőségi változóként került a modellbe. A bemeneti paraméterek partícióinak leírására különböző típusú tagsági függvényeket használtunk: trapéz alakú (3), háromszög alakú (4) és az úgynevezett fuzzy singleton (5) függvényeket.

$$\mu_{trapezoid} = \begin{cases} 0, & \text{ha } x < a_1 \\ \frac{x - a_1}{b_1 - a_1}, & \text{ha } a_1 \leq x < b_1 \\ 1, & \text{ha } b_1 \leq x \leq c_1 \\ \frac{d_1 - x}{c_1 - d_1}, & \text{ha } c_1 < x \leq d_1 \\ 0, & \text{ha } d_1 < x \end{cases} \quad (3)$$

$$\mu_{triangle} = \begin{cases} 0, & \text{ha } x < a_2 \\ \frac{x - a_2}{b_2 - a_2}, & \text{ha } a_2 \leq x < b_2 \\ \frac{c_2 - x}{c_2 - b_2}, & \text{ha } b_2 \leq x \leq c_2 \\ 0, & \text{ha } c_2 < x \end{cases} \quad (4)$$

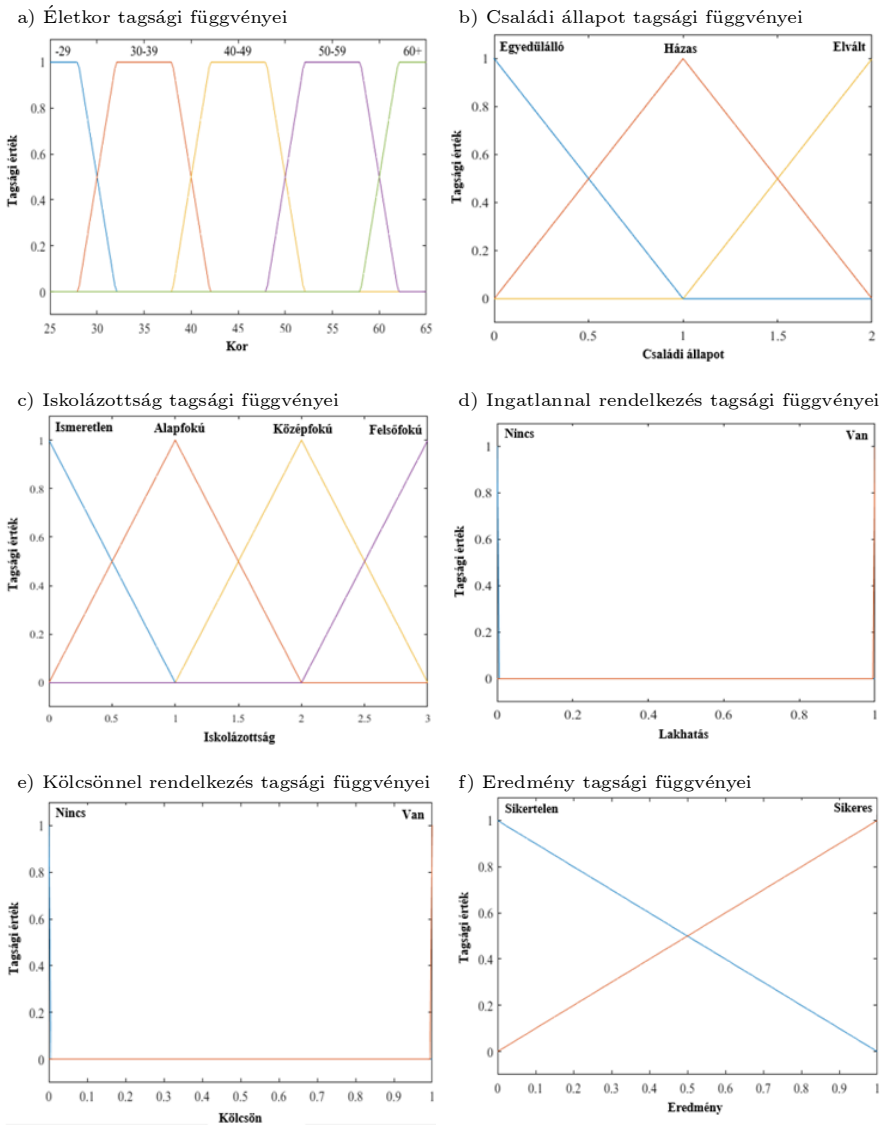
$$\mu_{sglt} = \begin{cases} 1, & \text{ha } x = a_3 \\ 0, & \text{ha } x \neq a_3 \end{cases} \quad (5)$$

ahol  $a_i, b_i, c_i, d_i$  a tagsági függvények paraméterei, amelyek a rendszer hangolására használhatók.

A független változók felosztása a 4. ábrán látható módon történt. Az életkor esetében a 25..65 éves intervallumot vizsgáltuk. Öt különböző szintet határoztunk meg (tízes bontás, lásd a 4a. ábrát), amelyeket trapéz alakú tagsági függvények segítségével jellemeztünk. A családi állapot tekintetében a különböző szintek szigorúan meghatározottak. Vannak azonban átmeneti állapotok; az egyedülálló (0) és a házas (1), a házas és az elvált (2) között. Ennek eredményeképpen a szinteket háromszög alakú tagsági függvényekkel írtuk le (lásd a 4b. ábrát). Ugyanezt a koncepciót alkalmaztuk az iskolai végzettség esetében is; a szinteket az ismeretlentől (0) az alapfokú (1) és középfokú (2) végzettségen keresztül az egyetemi végzettségig (felsőfokú, 3) határoztuk meg. A háromszög alakú tagsági függvényeket a 4c. ábra mutatja. Mivel a lakhatás és a kölcsön vonatkozásában az átmeneteket nehezebb meghatározni, így ezeket minőségi változókként kezeltük. Jellemzésükhöz a fuzzy singleton függvényt használtuk (lásd a 4d. és 4e. ábrát), amely hasonlít egy éles halmazra jellemző karakterisztikus függvényhez. Ezekben az esetekben két szintet határoztunk meg: nem (0) és igen (1).

Végül a 4f. ábra az egyetlen kimeneti változó felosztását mutatja. A kampány kimenetelét a 0..1 intervallum írja le, ahol a 0 a sikertelenséget, az 1 a sikert jelenti. A szinteket háromszög alakú tagsági függvények szemléltetik. A 4f. ábra alapján elmondható, hogy a kudarc mértékének csökkenésével a siker fokozódik, és ennek fordítottja is igaz.

A független bemeneti és a kimeneti változók közötti kapcsolatot a szabálybázis határozza meg. Ebben az esetben 34 kombinációt használtunk a szakértői tudás rendszerbe történő beépítésre. Ezeket a beállítási pontokat az 1. táblázat tartalmazza.

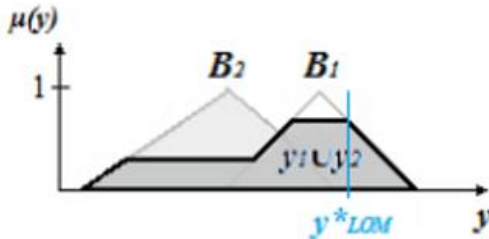


4. ábra. A bemeneti és a kimeneti változók felosztása

Sorszám	Kor	Családi állapot	B e m e n e t e k			Kimenet Eredmény
			Iskolázottság	Lakhatás	Kölcsön	
1	26	Egyedülálló	Középfokú	Van	Nincs	Sikertelen
2	29	Egyedülálló	Felsőfokú	Van	Nincs	Sikertelen
3	31	Egyedülálló	Középfokú	Van	Nincs	Sikertelen
4	32	Házias	Középfokú	Nincs	Nincs	Sikertelen
5	32	Házias	Ismeretlen	Van	Nincs	Sikertelen
6	33	Házias	Középfokú	Van	Nincs	Sikertelen
7	34	Házias	Felsőfokú	Van	Nincs	Sikertelen
8	35	Házias	Középfokú	Nincs	Nincs	Sikertelen
9	36	Elvált	Felsőfokú	Nincs	Nincs	Sikeres
10	36	Egyedülálló	Középfokú	Van	Nincs	Sikertelen
11	36	Házias	Középfokú	Nincs	Nincs	Sikertelen
12	36	Egyedülálló	Középfokú	Nincs	Nincs	Sikertelen
13	38	Házias	Felsőfokú	Van	Nincs	Sikertelen
14	38	Elvált	Középfokú	Van	Nincs	Sikertelen
15	38	Házias	Felsőfokú	Nincs	Van	Sikertelen
16	39	Házias	Középfokú	Van	Nincs	Sikertelen
17	41	Házias	Felsőfokú	Van	Nincs	Sikertelen
18	42	Házias	Középfokú	Van	Nincs	Sikertelen
19	44	Házias	Felsőfokú	Nincs	Nincs	Sikeres
20	44	Egyedülálló	Ismeretlen	Nincs	Nincs	Sikertelen
21	44	Házias	Középfokú	Van	Van	Sikertelen
22	44	Házias	Felsőfokú	Van	Nincs	Sikertelen
23	45	Házias	Középfokú	Nincs	Van	Sikertelen
24	45	Elvált	Felsőfokú	Van	Van	Sikertelen
25	46	Házias	Középfokú	Nincs	Nincs	Sikertelen
26	47	Házias	Ismeretlen	Van	Nincs	Sikertelen
27	49	Házias	Felsőfokú	Van	Nincs	Sikertelen
28	50	Házias	Alapfokú	Nincs	Nincs	Sikertelen
29	51	Elvált	Felsőfokú	Nincs	Nincs	Sikeres
30	52	Egyedülálló	Felsőfokú	Van	Nincs	Sikeres
31	56	Elvált	Alapfokú	Nincs	Nincs	Sikertelen
32	58	Egyedülálló	Alapfokú	Van	Van	Sikertelen
33	59	Egyedülálló	Alapfokú	Van	Nincs	Sikertelen
34	63	Házias	Középfokú	Nincs	Nincs	Sikeres

1. táblázat. A szabálybázis

A Mamdani-típusú következtetési rendszert Largest of Maxima (LOM) defuzzifikációs technikával hoztuk létre. A LOM eljárás leképezése az 5. ábrán látható.

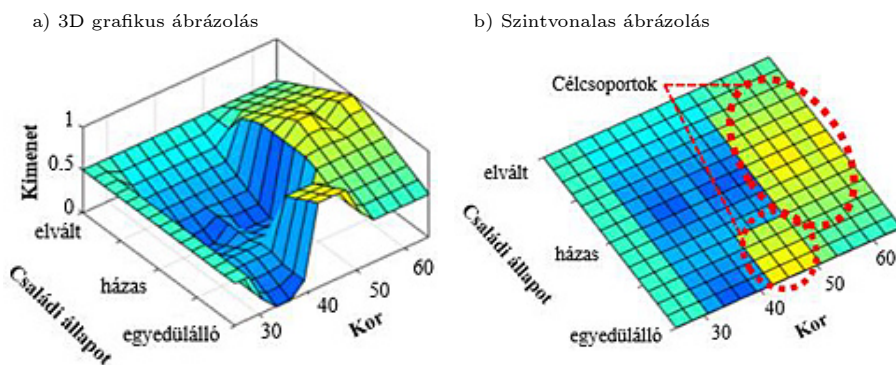


5. ábra. LOM defuzzifikációs technika ([34] alapján)

## 3.2 Eredmények

A kiértékelési eljárás fő célja a jövőbeli kampányok azon lehetséges célcsoportjainak kiválasztása volt, ahol pozitív eredmény várható. Megállapítottuk, hogy a kölcsön, a lakhatás vagy ezek együttes megléte jelentősen befolyásolja a kampány kimenetelét. Ennek megfelelően ezek hiányának vizsgálatára helyeztük a hangsúlyt. Az eredmények szemléltetésére a kampány sikerességét (kimenetel) grafikusan ábrázoltuk háromdimenziós térben két-két bemenet függvényében (a további változókat állandó értéken tartottuk a szemléltetés érdekében).

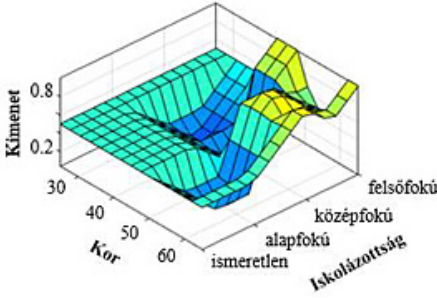
A 6. ábra a sikeresség várható mértékét szemlélteti az életkor és a családi állapot függvényében, a középfokú végzettséggel rendelkező résztvevők esetében. Az ígéretes eredményeket sárga színnel, a várhatóan sikertelen csoportot pedig sötétkékekkel jelöljük. Arra a következtetésre jutottunk, hogy a családi állapotnak és az életkornak is jelentős hatása van a sikerességre. A 6. ábrán két fő célcsoportot találunk. Az egyedülállókra összpontosítva, a 40..50 éveseknél lehet sikert elérni. Továbbá, egy másik lehetséges célcsoportot találunk az 50 év feletti, házas résztvevők esetében. Megjegyzendő, hogy ezen paramétereket együttesen kell figyelembe venni.



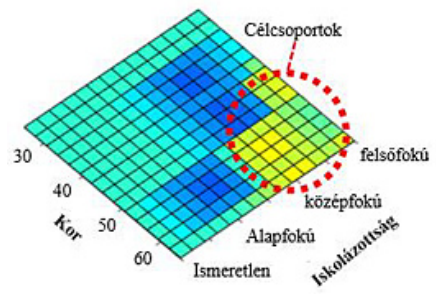
6. ábra. Az eredmény az életkor és a házasság függvényében ábrázolva (középfokú végzettség esetén)

Az életkor és az iskolai végzettség sikerességre gyakorolt hatását (7. ábra) a házas résztvevők esetében vizsgáltuk. Ez esetben célszerű a 40...50 éves, egyetemi végzettséggel rendelkező csoportra összpontosítani. Továbbá a 7. ábrának megfelelően az 50 év felettek esetében a középfokú végzettségük adják a legjobb eredményt.

a) 3D grafikus ábrázolás



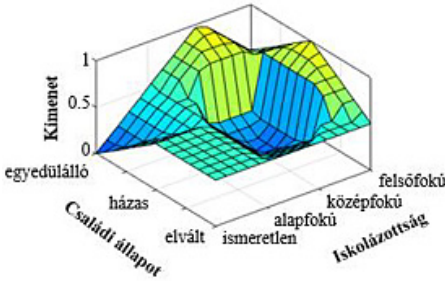
b) Szintvonalas ábrázolás



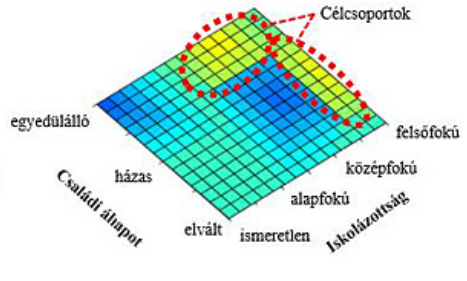
7. ábra. Az eredmény az életkor és az iskolázottság függvényében ábrázolva (házas résztvevők esetében)

A 8. ábrán a 45 évesek kategóriáját elemezzük, akik nem rendelkeznek lakással és hitelük sincs. Itt kedvező eredmény érhető el a középfokú végzettségű egyedülálló, valamint a felsőfokú végzettségű házasok esetén.

a) 3D grafikus ábrázolás



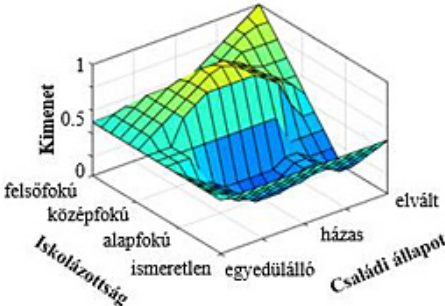
b) Szintvonalas ábrázolás



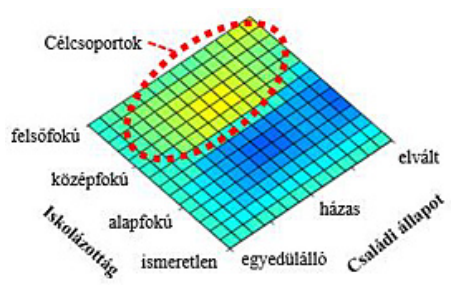
8. ábra. Az eredmény a családi állapot és az iskolázottság függvényében ábrázolva (45 éves résztvevők esetében)

Végül az 55 éves korcsoportot is vizsgálat alá vontuk. A 9. ábra a családi állapot és az iskolai végzettség függvényében ábrázolja a kapott eredményeket. Megállapítható, hogy a kampányt a középfokú iskolai végzettséggel rendelkező házas emberekre javasolt összpontosítani. További ígéretes célcsoport alakulhat ki a felsőfokú végzettségű elvált résztvevők köréből.

a) 3D grafikus ábrázolás



b) Szintvonalas ábrázolás



9. ábra. Az eredmény a családi állapot és az iskolázottság függvényében ábrázolva (55 éves résztvevők esetében)

Összességében megállapítható, hogy a lakhatás vagy a kölcsön, illetve mindkettő rontja a kampány sikerét. A fent bemutatott fuzzy következtetési rendszer segítségével azonban ígéretes célcsoportok választhatók ki.

### 3.3 A modell validálása

A felhasznált adatbázisból további olyan vizsgálati pontokat választottunk ki, melyeket a modellépítésénél nem vettünk figyelembe. Ezeket a kombinációkat a modell tesztelésére használtuk, és nem alkalmaztuk a rendszer betanítására. A validáló pontokat a 2. táblázat mutatja be. A 0,7 feletti előrejelzett értékek esetén sikeresnek tekintettük a kimenetet. Ezzel szemben a 0,3 érték alatti eredményeket sikertelennek értékeltük.

Sorszám	Kor	Családi állapot	B e m e n e t e k			K i m e n e t	
			Iskolázottság	Lakhatás	Kölcsön	Eredmény	Jóssolt
1	31	Házás	Középfokú	Van	Van	Sikertelen	0.125
2	36	Egyedülálló	Felsőfokú	Nincs	Van	Sikeres	1
3	38	Egyedülálló	Középfokú	Nincs	Nincs	Sikertelen	0
4	44	Házás	Középfokú	Van	Nincs	Sikertelen	0
5	49	Egyedülálló	Középfokú	Nincs	Nincs	Sikeres	0.875
6	54	Elvált	Ismeretlen	Van	Nincs	Sikertelen	0
7	59	Házás	Középfokú	Nincs	Nincs	Sikeres	0.875
8	65	Házás	Felsőfokú	Nincs	Nincs	Sikeres	1

2. táblázat. Megerősítő pontok

Megállapítható, hogy a modell a validáló pontok esetében is jól leírja a vizsgált csoport várható döntését. Ezen túlmenően a 2. táblázat azt mutatja, hogy a rendszer megfelelően alkalmazható a kampány sikerességének becslésére azokban a kombinációkban is, amelyeket a modell építése során nem használtunk. Ebből adódóan a fent bemutatott fuzzy következtetési rendszer jól írja le a vizsgált adatbázist, a figyelembe vett paraméterek teljes terjedelmén alkalmas a jövőbeli célcsoportok meghatározására.

## 4 Konklúzió

Ebben a tanulmányban a klasszikus logika használatának néhány koncepcionális korlátját mutattuk be gazdasági szempontból. A problémafelvetést követően kronológiai sorrendben számos szakirodalmat és azok eredményeit ismertettük a lágyszámítási módszerek által nyújtott értékes lehetőségekről. Külön kiemeltük a fuzzy logika nyújtotta lehetőségeket, amely ígéretes technikának bizonyult a döntéshozatal támogatására.

Emellett a módszertan alkalmazhatóságát egy részletesen bemutatott valós adatbázison alapuló esettanulmánnyal igazoltuk. Egy klasszikus banki adatbázist elemeztünk, melyet Mamdani-típusú fuzzy következtetési rendszer létrehozására használtunk. A cél a fuzzy logika használhatóságának bemutatása, valamint a döntéstámogatásban, előrejelzésben betöltött szerepének feltárása volt.

Az eredmények alapján az alábbi következtetések vonhatók le:

- Megállapítható, hogy a létrehozott fuzzy következtetési rendszer alkalmazható a minták detektálására. Az eredmények alkalmasak célcsoportok feltárására, amelyekkel a jövőben hasonló kampányok során sikereket lehet elérni.
- A létrehozott fuzzy modell megfelelően leírja a vizsgált paramétertartományt. A fuzzy következtetési rendszer tanítási folyamata során felhasznált kombinációk mellett további validáló pontokat választottunk ki a modell pontosságának egész intervallumra történő alátámasztására (melyeket nem használtunk fel a tanítási folyamatban).
- Megállapítható, hogy a bemutatott fuzzy következtető rendszer pontosan leírja a rendelkezésre álló adathalmazt (a tanítási és a tesztelési pontok esetében egyaránt). Ennek eredményeképpen – a vizsgálatban vont adatbázis alapján – a fuzzy módszer felhasználható ilyen területen is, a jövőbeli stratégiák támogatására, kampánykonceptiók kijelölésére.

Végső következtetésként megállapítható, hogy a fuzzy rendszerek sikeresen alkalmazhatók a döntéstámogatásban és további gazdasági kérdések, problémák vizsgálatában.

## Irodalom

1. Aliev, R. [2009]: Decision analysis in fuzzy economics. *The Caucasus & Globalization*, 3(1), 51–68.
2. Bellman, R. E. – Zadeh, L. A. [1970]: Decision-making in a fuzzy environment. *Management Science*, 17(4), B141–164. <https://doi.org/10.1287/mnsc.17.4.B141>
3. Bognár, F. – Benedek, P. [2021]: A Novel Risk Assessment Methodology: A Case Study of the PRISM Methodology in a Compliance Management Sensitive Sector. *Acta Polytechnica Hungarica*, 18(7), 89–108. <https://doi.org/10.12700/APH.18.7.2021.7.5>
4. Carlsson, C., & Fullér, R. [2003]: A fuzzy approach to real option valuation. *Fuzzy Sets and Systems*, 139(2), 297–312.
5. Carlsson, C. – Fullér, R. – Majlender, P. [2005]: A fuzzy real options model for R&D project evaluation. In *Proceedings of the Eleventh IFSA World Congress*, Beijing, China, 1650–1654.
6. Carlsson, C., Fuller, R., Heikkilä, M., & Majlender, P. [2007]: A fuzzy approach to R&D project portfolio selection. *International Journal of Approximate Reasoning*, 44(2), 93–105.
7. Collan, M. – Fedrizzi, M. – Luukka, P. [2017]: Possibilistic risk aversion in group decisions: Theory with application in the insurance of giga-investments valued through the fuzzy pay-off method. *Soft Computing*, 21(15), 4375–4386. <https://doi.org/10.1007/s00500-016-2069-2>
8. Collan, M. – Fullér, R. – Mezei, J. [2009]: A fuzzy pay-off method for real option valuation. In *2009 International Conference on Business Intelligence and Financial Engineering*, 165–169. <https://doi.org/10.1109/BIFE.2009.47>



9. Collan, M. – Luukka, P. [2013]: Evaluating R&D projects as investments by using an overall ranking from four new fuzzy similarity measure-based TOPSIS variants. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 22(3), 505–515. <https://doi.org/10.1109/TFUZZ.2013.2260758>
10. Dompere, K. K. [1993]: The theory of fuzzy decisions, cost distribution principle in social choice and optimal tax distribution. *Fuzzy Sets and Systems*, 53(3), 253–273. [https://doi.org/10.1016/0165-0114\(93\)90398-2](https://doi.org/10.1016/0165-0114(93)90398-2)
11. Dompere, K. K. [1995]: The theory of social costs and costing for cost-benefit analysis in a fuzzy-decision space. *Fuzzy Sets and Systems*, 76(1), 1–24. [https://doi.org/10.1016/0165-0114\(94\)00382-H](https://doi.org/10.1016/0165-0114(94)00382-H)
12. Dompere, K. K. [1997]: Cost-benefit analysis, benefit accounting and fuzzy decisions (I) Theory. *Fuzzy Sets and Systems*, 92(3), 275–287. [https://doi.org/10.1016/S0165-0114\(96\)00180-7](https://doi.org/10.1016/S0165-0114(96)00180-7)
13. Dompere, K. K. [1997a]: The theory of approximate prices: Analytical foundations of experimental cost-benefit analysis in a fuzzy-decision space. *Fuzzy Sets and Systems*, 87(1), 1–26. [https://doi.org/10.1016/S0165-0114\(96\)00019-X](https://doi.org/10.1016/S0165-0114(96)00019-X)
14. Douglas, M. – Wildavsky, A. [1983]: Introduction: Can We Know The Risks We Face? In Douglas, M. – Wildavsky, A. (eds): *Risk and Culture*, University of California Press, 1–15. <https://doi.org/10.1525/9780520907393-002>
15. Escoda, I. – Ortega, A. – Sanz, A. – Herms, A. [1997]: Demand forecast by neuro-fuzzy techniques. In *Proceedings of 6th International Fuzzy Systems Conference*, Vol. 3, 1381–1386. <https://doi.org/10.1109/FUZZY.1997.619745>
16. Ferrer-Comalat, J. C. – Corominas-Coll, D. – Linares-Mustarós, S. [2020]: Fuzzy logic in economic models. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 38(5), 5333–5342. <https://doi.org/10.3233/JIFS-179627>
17. Fogel, L. J. – Owens, A. J. – Walsh, M. J. [1966]: *Artificial Intelligence through Simulated Evolution*. New York: Wiley Publishing.
18. Ghosh, I. – Ghosh, T. K. – Chatterjee, T. [2020]: A Fuzzy Logic-Based Mathematical Method for Measuring Educational Attainment.
19. Hassanzadeh, F. – Collan, M. – Modarres, M. [2011]: A practical approach to R&D portfolio selection using the fuzzy pay-off method. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 20(4), 615–622. <https://doi.org/10.1109/TFUZZ.2011.2180380>
20. Hebb, D. O. [1949]: *The organisation of behaviour: a neuropsychological theory*. New York: Science Editions. <https://doi.org/10.2307/1418888>
21. Kóczy, L. T. – Hirota, K. [1997]: Size reduction by interpolation in fuzzy rule bases. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Part B (Cybernetics), 27(1), 14–25. <https://doi.org/10.1109/3477.552182>
22. Kozlova, M. – Collan, M. – Luukka, P. [2018]: New investment decision-making tool that combines a fuzzy inference system with real option analysis. *Fuzzy Economic Review*, 23(1), 63–92. <https://doi.org/10.25102/fer.2018.01.04>
23. Larsen, P. M. [1980]: Industrial applications of fuzzy logic control. *International Journal of Man-Machine Studies*, 12(1), 3–10. [https://doi.org/10.1016/S0020-7373\(80\)80050-2](https://doi.org/10.1016/S0020-7373(80)80050-2)
24. Lin, D. C. [2005]: Optimal profit for fuzzy demand in the fuzzy sense. *Journal of Interdisciplinary Mathematics*, 8(3), 301–326. <https://doi.org/10.1080/09720502.2005.10700410>

25. Luukka, P. – Collan, M. [2015]: New fuzzy insurance pricing method for giga-investment project insurance. *Insurance: Mathematics and Economics*, 65(C), 22–29. <https://doi.org/10.1016/j.insmatheco.2015.08.002>
26. Mallick, Z. – Kaleel, A. H. – Siddiqui, A. N. [2009]: An expert system for predicting the effects of noise pollution on grass trimming task using fuzzy modeling. *International Journal of Applied Environmental Sciences*, 4(4), 389–403.
27. Mamdani, E. H. – Assilian, S. [1975]: An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller. *International Journal of Man-Machine Studies*, 7(1), 1–13. [https://doi.org/10.1016/S0020-7373\(75\)80002-2](https://doi.org/10.1016/S0020-7373(75)80002-2)
28. Mamdani, E. H. [1974]: Application of fuzzy algorithms for control of simple dynamic plant. In *Proceedings of the IEEE*, 121(12), 1585–1588. <https://doi.org/10.1049/piee.1974.0328>
29. Moro, S. – Cortez, P. – Rita, P. [2014]: A data-driven approach to predict the success of bank telemarketing. *Decision Support Systems*, 62, 22–31. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2014.03.001>
30. Ponsard, C. [1980]: *Producer's spatial equilibrium with a fuzzy constraint*. Doctoral dissertation, Institut de mathématiques économiques IME 28 p. <https://hal.science/hal-01542346v1>
31. Ponsard, C. [1985]: *A theory of spatial general equilibrium in a fuzzy economy*. Institut de mathématiques économiques IME, 25 p. <https://hal.science/hal-01542396/document>
32. Ponsard, C. [1988]: Fuzzy mathematical models in economics. *Fuzzy Sets and Systems*, 28(3), 273–283. [https://doi.org/10.1016/0165-0114\(88\)90034-6](https://doi.org/10.1016/0165-0114(88)90034-6)
33. Renn, O. [1992]: Concepts of risk: a classification. In Krinsky, S. – Golding, D. (eds.): *Social theories of risk*. Westport: Praeger, 53–79.
34. Ruspini, E. – Bonissone, P. – Pedrycz, W. (EDS.) [2020]: *Handbook of fuzzy computation*. CRC Press, ISBN 978-0-7503-0427-6.
35. Shin, C. Y. – Wang, P. P. [2010]: Economic applications of fuzzy subset theory and fuzzy logic: a brief survey. *New Mathematics and Natural Computation*, 6(3), 301–320. <https://doi.org/10.1142/S1793005710001773>
36. Simon, H. A. [1972]: Theories of bounded rationality. *Decision and Organization*, 1(1), 161–176.
37. Smith, A. [1776]: *An inquiry into the nature and causes of the wealth of nations*. RH Campbell, AS Skinner and WB Todd (ed.).
38. Stoklasa, J. – Luukka, P. – Collan, M. [2021]: Possibilistic fuzzy pay-off method for real option valuation with application to research and development investment analysis. *Fuzzy Sets and Systems*, 409, 153–169. <https://doi.org/10.1016/j.fss.2020.06.012>
39. Sugeno, M. – Yasukawa, T. [1993]: A fuzzy-logic-based approach to qualitative modeling. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 1(1), 7–31. <https://doi.org/10.1109/TFUZZ.1993.390281>
40. Szemere, T. P. – Garai-Fodor, M. – Csiszárík-Kocsir Á. [2021]: Risk Approach – Risk Hierarchy or Construction Investment Risks in the Light of Interim Empiric Primary Research Conclusions. *Risks*, 9(5), 84. <https://doi.org/10.3390/risks9050084>
41. Taylor, D. W. [1970]: Decision Making and Problem Solving. In Cyert, R. M. – Welsh, L. A. (eds): *Management Decision Making*. New York: Penquin Books.

42. Tikk, D. – Baranyi, P. [2000]: Comprehensive analysis of a new fuzzy rule interpolation method. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 8(3), 281–296. <https://doi.org/10.1109/91.855917>
43. Tsukamoto, Y. [1979]: An approach to fuzzy reasoning method. In Madan M. Gupta, Rammohan K. Ragade, Ronald R. Yager (eds.): *Advances in Fuzzy Set Theory and Applications*. North-Holland, 137–149.
44. Velencei J. – Szeghegyi Á. – Baracska Z. – Bókayné Andrászkó, B. [2019]: Modeling the Intuitive Decision-Maker’s Mindset. *Acta Polytechnica Hungarica*, 16(3), 227–240. <https://doi.org/10.12700/APH.16.3.2019.3.12>
45. Yang, L. – Zuo, Z. – Chao, F. – Qu, Y. – Ramakrishnan, S. [2017]: Fuzzy interpolation systems and applications. In S. Ramakrishnan (ed.): *Modern fuzzy control systems and its applications*, 49–70.
46. Zadeh, L. A. – Klir, G. J. – Yuan, B. [2021]: *Fuzzy sets, fuzzy logic, and fuzzy systems: selected papers by Lotfi A. Zadeh*. World Scientific.
47. Zadeh, L. A. [1973]: Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 1, 28–44. <https://doi.org/10.1109/TSMC.1973.5408575>
48. Zadeh, L. A. [1996]: Fuzzy sets. In Klir, G. J. – Yuan, B. (eds.) *Fuzzy sets, fuzzy logic, and fuzzy systems: selected papers by Lotfi A. Zadeh*, 394–432. <https://doi.org/10.1142/2895>
49. Zimmermann, H. J. – Zysno, P. [1980]: Latent connectives in human decision making. *Fuzzy Sets and Systems*, 4(1), 37–51. [https://doi.org/10.1016/0165-0114\(80\)90062-7](https://doi.org/10.1016/0165-0114(80)90062-7)

#### FUZZY INFERENCE SYSTEM FOR PREDICTING A SUCCESSFUL TELEMARKETING CAMPAIGN

According to classical two-valued logic, our statements can be true or false. However, for example, in economics and social science, many events cannot be accurately described by this concept. One possible solution to this problem could be using soft computing methods, particularly fuzzy logic. This paper demonstrates the economic applicability of fuzzy inference systems through a detailed example. The study was aimed at targeting a marketing campaign based on historical data. A decision model with multiple inputs and one output was created, in which both qualitative and quantitative variables were considered. A detailed analysis of the results and evaluation confirms that the fuzzy method can effectively model consumer decisions, considering various factors.