Kockázati magatartás, játékelmélet és neuro-gazdaságtan – egy interdiszciplináris megközelítés

NAGY BÁLINT ZSOLT[1]

A játék fogalma több szinten és többféle történeti kontextusban jelenik meg a pénzügyekben. A XVIII. században kialakult valószínűségszámítás gyökereiben a szerencsejátékokra vezethető vissza, mint ahogy a XX. században rigurózus, axiomatikus alapokra épített játékelmélet és racionális döntéshozatal igen sokszor operál a játék mint döntési helyzetek összességének eszközével. Jelen tanulmányban rövid betekintést nyújtunk ezen alkalmazásokba, különös tekintettel a még határterületnek számító neuro-gazdaságtan és a játékelmélet közötti összefüggésekre.

Kulcsszavak: kockázattal szembeni magatartás, játékelmélet, viselkedéstani játékelmélet, neuro-gazdaságtan.

JEL kódok: G02, C72, C78.

Kockázati magatartás (attitűd)

A pénzügyek egyik területe, ahol igen markánsan jelentkeznek a különböző köntösbe bújtatott játékok, az a befektetői döntéshozatal és a kockázattal szembeni magatartás problematikája (ennek szisztematikus tárgyalásához lásd Bélyácz 2009). A befektető döntésének keretrendszere a mikroökonómiából ismert hasznosságelemzés, valamint a befektető kockázattal szembeni magatartása (kockázati attitűdje). A neoklasszikus közgazdaságtan egyik fontos eredménye, mely a mai napig is a főáramlatú (*mainstream*) pénzügytan egyik alappillére, a szubjektív várható hasznosság paradigmája (angolul *subjective expected utility*, a továbbiakban SEU): ennek értelmében az egyének mindig az összes döntési (befektetési) alternatíva várható hasznosságát igyekeznek maximalizálni (a szubjektív hasznosság elméletét axiomatikus alapokra helyezte von Neumann–Morgenstern 1947):

[1] PhD, egyetemi docens, Babeş–Bolyai Tudományegyetem, Közgazdaság- és Gazdálkodástudományi Kar, Közgazdaság- és Gazdálkodástudományi Magyar Intézet, e-mail: balint.nagy@econ.ubbcluj.ro.

$$SEU = \sum_i p_i U_i(C) \rightarrow \max$$

ahol p – valószínűség
U – hasznosság
C – pénzösszeg.

A befektetéselméletben gyakran alkalmaznak úgynevezett lottókat, azaz képzeletbeli játékokat vagy befektetési lehetőségeket.[2] Például: „Mennyit fizetnénk a következő lottóért?

Valószínűség (p)	Kifizetés (C)
50%	0
50%	1000

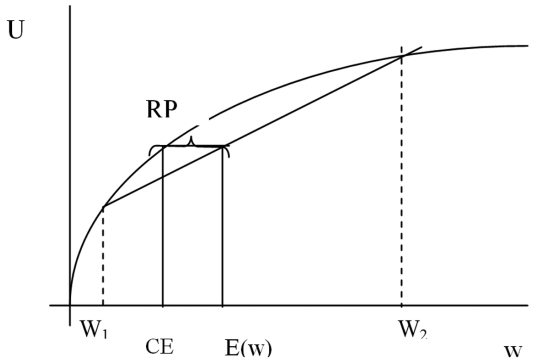
Könnyen látható, hogy e lottó várható kifizetése 500, mégis a legtöbb egyén, ha megkérdezzük, nem fogja ezt a várható nyereményt kifizetni, hiszen egy biztos pénzösszeget (a játékért kifizetett összeg) nagyobbra fog értékelni, mint egy kockázatos összeget (a játék várható kifizetését). Ha például egy bizonyos megkérdezett 400-at válaszolna a kérdésre, akkor azt mondjuk, hogy számára egy biztos 400-as kifizetés ugyanakkora hasznossággal bír, mint a kockázatos 500 értékű kifizetés, vagy másképpen: a biztos 400 a kockázatos 500 biztonságos egyenértékese (*certainty equivalent*, a továbbiakban CE).

A biztonságos egyenértékesek segítségével lehetővé válik az egyén hasznossági függvényének megszerkesztése (az itt követett gondolatmenet mára már standard tankönyvanyag, lásd pl. Bergstrom 2012). Ehhez első lépésben rögzítünk egy lottót, annak két kifizetését, és egyezményesen a minimális kifizetés hasznosságát 0-nak, a maximálisét 1-nek értelmezzük: az előző lottó számait használva: $U(0)=0$, $U(1000)=1$. Az első biztonságos egyenértékes: $CE(500)=400$, azaz $U(400)=U(500)$. A biztonságos egyenértékest felrajzolva tulajdonképpen megkaptuk az egyén hasznossági függvényének egy pontját (lásd 1. ábra). Az ábrán egy olyan lottót ábrázoltunk, amelynek két általános kifizetése van, w_1 és w_2, a várható kifizetést pedig E(w) jelöli.

[2] Ez szervesen kapcsolódik ahhoz is, hogy a közgazdaságtanban igen gyakran alkalmazott valószínűség-számítás gyökerei szintén a szerencsejátékok tanulmányozásáig nyúlnak vissza.

Ezután a lottó két kifizetését rögzítve tartjuk és csak a valószínűségeket változtatjuk, ezáltal újabb és újabb várható kifizetések biztonságos egyenértékesét tudjuk meg és rajzoljuk fel. Végül a biztonságos egyenértékesek összekötésével látható, hogy a *hasznossági függvény tulajdonképpen biztonságos egyenértékesek sorozata*.

Mivel egy racionális egyén mindig egy kisebb, de biztos összeget ítél ugyanakkora hasznosságúnak, mint egy nagyobb, de kockázatos összeget, ezért szükségszerű, hogy a várható kifizetés és annak biztonságos egyenértékese közötti különbség az ilyen egyének esetében mindig pozitív legyen: ezt a különbözetet az egyén kockázati prémiumának nevezzük (*risk premium*, RP) RP = C – CE (C) > 0. Ebből azonnal következik, hogy a kockázatkerülő befektető hasznossági függvénye konkáv.



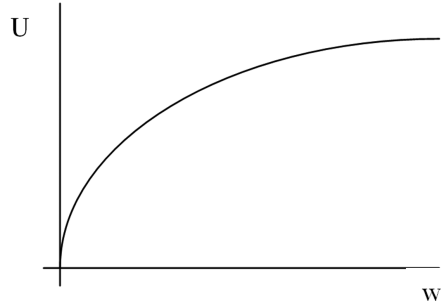
Forrás: saját szerkesztés von Neumann–Morgenstern (1947) alapján.

1. ábra. Szubjektív hasznossági függvény. A vagyon egyes értékeihez (w) szubjektív értéket rendel: U(w)

A kockázati magatartást mindezek tükrében úgy értelmezhetjük, mint a kockázattal szembeni szubjektív viszony, a kockázatmegtérülés átváltás egyéni értelmezését. A kockázati attitűd szempontjából beszélhetünk kockázatkerülő, kockázatsemleges és kockázatkereső befektetőkről.

Kockázatkerülő magatartás: A kockázatkerülő döntéshozó hasznossági függvénye konkáv és növekvő (a csökkenő határhaszon törvényének megfelelően). A racionális befektetők kockázatkerülők, ami nem azt jelenti, hogy egyáltalán nem fektetnek be kockázatos eszközök-

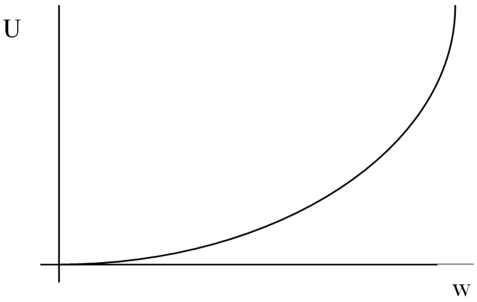
be, hanem azt, hogy mindig csupán egy többletmegtérülés (pozitív kockázati prémium) reményében kockáztatnak.



Forrás: saját szerkesztés von Neumann–Morgenstern (1947) alapján.

2. ábra. Kockázatkerülő befektető hasznossági függvénye

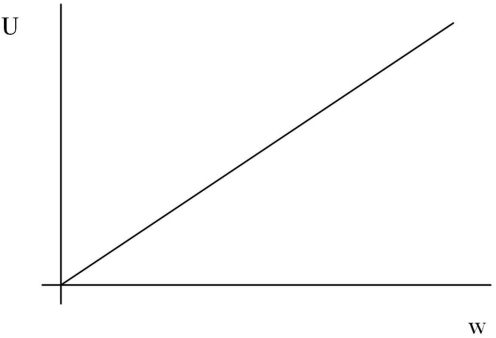
Kockázatkereső magatartás: A kockázatkereső döntéshozó hasznossági függvénye konvex és növekvő (nem érvényesül a csökkenő határhaszon törvénye). A közgazdaságtan a kockázatkeresést irracionális magatartásnak tekinti, hiszen negatív előjelű kockázati prémiumot implikál (még a befektető fizet azért, hogy többletkockázathoz juthasson).



Forrás: saját szerkesztés von Neumann–Morgenstern (1947) alapján.

3. ábra. Kockázatkereső befektető hasznossági függvénye

Kockázatsemleges magatartás: A kockázatsemleges befektető számára minden vagyonnövekmény ugyanakkora hasznosságtöbbletet eredményez, a befektető érzéketlen a kockázatra.



Forrás: saját szerkesztés von Neumann–Morgenstern (1947) alapján.

4. ábra. Kockázatsemleges befektető hasznossági függvénye

A kockázati magatartás és a hasznossági függvény tehát szubjektív jellegűek, egyénről egyénre változnak. Felmerül a kérdés, hogy miként lehetne összehasonlítani eltérő egyének esetén a kockázatkerülés erősségét? Logikusnak tűnik, hogy a nagyobb kockázati tartózkodású egyének nagyobb kockázati prémiumokkal és alacsonyabb biztonsági egyenértékesekkel rendelkeznek, amiből azonnal következik, hogy hasznossági függvényüknek nagyobb a görbülete. Ezért nem meglepő, hogy a kockázatkerülés erősségét mérő úgynevezett Arrow–Pratt-féle abszolút kockázati tartózkodás (*absolute risk aversion,* A*RA)* mutató a görbületet mérő második deriváltra alapoz (Arrow 1965):

$$ARA(w) = -\frac{u''(w)}{u'(w)}$$

Az abszolút kockázatkerülési mutató abszolút értékei nem sokat mondanak, alkalmasak viszont több befektető kockázatkerülési szintjének összehasonlítására, illetve arra is, hogy megvizsgálhassuk, a kockázattal szembeni magatartás hogyan függ az egyén vagyonszintjétől. A következő helyzeteket különböztethetjük meg:

• Konstans abszolút kockázatkerülés (*Constant Absolute Risk Aversion, CARA)*: Az ARA független a vagyonszinttől, ARA'(w)=0. Gazdasági értelmezésben ez azt jelenti, hogy az egyén abszolút összegben mindig

ugyanannyit hajlandó kockázatos eszközökbe fektetni, függetlenül a vagyon szintjétől.

• Csökkenő abszolút kockázatkerülés (*Decreasing Absolute Risk Aversion, DARA)*: ARA'(w)<0, ezt hétköznapi nyelven úgy írhatjuk le, hogy „a gazdagok kevésbé kockázatkerülők, mint a szegények", az ilyen egyének vagyonuk növekedésével hajlandóak abszolút összegben többet fektetni kockázatos eszközökbe.

• Növekvő abszolút kockázatkerülés (I*ncreasing Absolute Risk Aversion, IARA)*: ARA'(w)>0. Az ilyen egyének vagyonuk növekedésével abszolút összegben csak kevesebbet hajlandóak fektetni kockázatos eszközökbe.

Hasonlóképpen használható a relatív kockázatkerülési mutató (*Relative Risk Aversion, RRA)*:

$$RRA(w) = ARA(w) * w$$

Ennek gazdasági értelmezése igen hasonló az abszolút kockázatkerülési mutató értelmezéséhez, csupán a fenti „abszolút összegeket" ki kell cserélnünk „százalékokra": pl. a konstans relatív kockázati tartózkodás (*Constant Relative Risk Aversion, CRRA)* által jellemzett döntéshozó vagyonszintjétől függetlenül mindig ugyanolyan arányban (százalékban) fektet kockázatos eszközökbe.

Az abszolút kockázati tartózkodás segítségével egy új formulát lehet levezetni a kockázati prémiumra:

$$RP = -\frac{1}{2}\frac{u''(w)}{u'(w)}\sigma^2 = -\frac{1}{2}ARA\sigma^2$$

A formula jól mutatja, hogy a kockázati prémium egyrészt a kockázat objektív mértékétől (a kifizetések szórásnégyzete, σ^2), másrészt a szubjektív hasznossági függvénytől, pontosabban annak deriváltjaitól függ.

Kilátáselmélet

A Neumann–Morgenstern racionális döntéshozatalt leíró axiómarendszer kifejlesztése óta eltelt évtizedekben azonban számos paradoxont fedeztek fel: a híres Allais-, illetve Ellsberg-paradoxonok rámutattak arra, hogy a valós döntéshozók nem mindig a szubjektív vár-

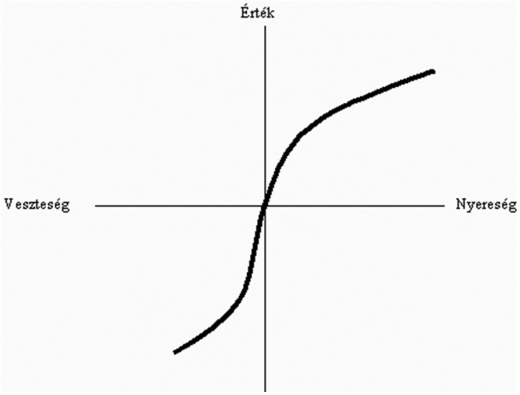
ható hasznosság alapján döntenek (e paradoxonokat áttekinti Thaler 2005). A ’70-es és ’80-as évektől kezdődően a pénzügytanos közgazdászok kezdték elfogadni az egyre gyakrabban kimutatott tőkepiaci anomáliákat, majd kognitív pszichológusok is csatlakoztak a befektetési döntéshozatal kutatásához, és egy új irányzat, a gazdaságpszichológia *(behavioural economics)* kezdett kibontakozni.

Amos Tversky és Daniel Kahneman pszichológusok 1979-ben napvilágot látott alapművükben, a *Kilátáselmélet: döntéshozatal kockázat mellett* című cikkben dokumentálták a várható hasznosság elméletének megsértését, és egy pszichológiai alapokon nyugvó axiomatikus elméletet javasoltak ennek magyarázatára, melyet „kilátáselmélet”-nek *(prospect theory)* kereszteltek el. Jelen cikkben nem célunk részletesen ismertetni a kilátáselmélet legfontosabb megállapításait, csupán egyetlen vonatkozását, az úgynevezett veszteségkerülést ragadjuk ki. Kahneman és Tversky egyik legnagyobb újítása az volt, hogy az előző részben illusztrált lottókhoz hasonló kérdéseket fordítottak meg, és nyereségek helyett veszteségekről kérdezték vizsgálati alanyaikat, pl.:

A variáns		**B variáns**
Valószínűség (p)	Veszteség (C)	Biztos 400 veszteség
50%	0	
50%	1000	

A válaszadások elemzése nyomán azt a meglepő jelenséget konstatálták, hogy az egyének inkább választják a kockázatos, nagyobb veszteséget, mint a kisebb, de biztos veszteséget. Többé tehát nem kockázatkerülő, hanem kockázatkereső magatartást tanúsítanak, elfogadják a kockázatot annak érdekében, hogy a nagyobb rosszként megélt veszteséget elkerülhessék (veszteségkerülés, *loss aversion)*. Ezt az újfajta magatartást, a veszteség és nyereség éles elkülönítését Thaler (1980) a hatások ún. mentális elszámolásának *(mental accounting)* nevezi.

Az a tény, hogy nyereségtartományokban a döntéshozók általában kockázatkerülők, ugyanakkor veszteségtartományban kockázatbaráttá válnak, az úgynevezett értékfüggvénnyel szemléltethető (5. ábra). Fontos megjegyezni, hogy a hasznosság helyébe lépő érték immár nem a vagyon abszolút szintjétől, hanem a vonatkoztatási ponttól (a jelenlegi vagyoni helyzettől) függ.



Forrás: saját szerkesztésű grafikon Kahneman–Tversky (1979) nyomán

5. ábra: A kilátáselméletben használt értékfüggvény

A kilátáselmélet megjelenése óta eltelt évtizedekben a gazdaságpszichológia befektetési döntésekre és piaci árfolyamokra összpontosító fejezetei önálló tudományággá nőtték ki magukat (pénzügyi viselkedéstan, *behavioural finance)*, melynek érettségét a frissen megítélt, 2013-as közgazdasági Nobel-díj is bizonyítja, ennek egyik kitüntetettje, Robert Shiller ugyanis a pénzügyi viselkedéstan egyik fő exponense.

A pénzügyi viselkedéstanban különböző lottószerű játszmák, kérdőíves kutatások és matematikai modellek segítségével mutatnak ki számos úgynevezett heurisztikát, azaz a Neumann–Morgenstern-féle tiszta racionalitástól eltérő magatartást. Az általunk már említett veszteségkerülést tovább finomították, Benartzi és Thaler (1995) rövidlátó veszteségkerülésről *(myopic loss aversion)* beszélnek: ezt illusztrálja az anekdotikus „Samuelson fogadása", amelyben Samuelson a következő játszmát ajánlja fel a vele ebédelő kollégájának:

Valószínűség (p)	Kifizetés (C)
50%	200
50%	-100

A megfelelően kockázatkerülő kolléga elutasítja ezt a játszmát, de rendkívül meglepő módon hozzáteszi, hogy száz ilyen játszma kimene-

telét elfogadná. Samuelson (1963) egy indukciós gondolatmenet segítségével bebizonyítja, hogy ez a magatartás inkonzisztens, hiszen a száz játszma csupán száz darab egyenkénti játszma összege, tehát amennyiben egy játszmát elutasítunk, akkor annak akárhányszorosát is el kellene utasítanunk. Az, hogy a valóságban mégis fennáll ez az inkonzisztencia, azt Benartzi és Thaler (1995) azzal magyarázták, hogy az egyének veszteségkerülése eltompul akkor, amikor több kockázatos szituáció egyszeri kiértékeléséről van szó, és nincs mód a „menet közbeni" kiértékelésre: az egyének rövidlátókká válnak, nem kell többször megélniük a potenciális veszteség fájdalmát. Benartzi és Thaler (1995) ezzel magyarázták többek között azt a historikus részvényprémiumot (kötvények fölötti többlethozamot), amelyet addig csupán a kockázatkerülés segítségével nem lehetett megmagyarázni.

Játékelmélet

Magától értetődőnek tűnik, hogy a játékelmélet, nevéhez hűen, tudományos szemszögből vizsgál olyan döntési szituációkat, amelyeket többszereplős mivoltuknak köszönhetően játékoknak tekinthetünk. Természetesen nem célunk áttekinteni a játékelmélet igen terjedelmes irodalmát, csupán néhány olyan játékot vagy dilemmát ismertetünk, amelyeknek később szerepük lesz a harmadik részben tárgyalt neurogazdaságtanban.

Formálisan a játékelmélet úgy definiálható, mint a racionális döntéshozók közötti konfliktus és együttműködés matematikai modellezése (Myerson 1991). A modern értelemben vett játékelmélet Neumann János munkásságával kezdődött, aki kevert stratégiájú egyensúly létezését bizonyította elsőként kétszemélyes zérusösszegű játszmák esetén. Ezt követően az első részben már említett *Theory of Games and Economic Behavior*, Oskar Morgensternnel együtt írott könyve egyszerre alapmunka a játékelmélet és a szubjektív várható hasznosság terén is (von Neumann–Morgenstern 1947). Az azóta eltelt évtizedekben a játékelmélet igen hosszú utat tett meg, mára már egy általános kifejezéssé vált, amely magatartási és döntési kapcsolatok széles körét fogja át, az emberi döntéshozataltól a számítógépes döntéshozatalig. Széles körben alkalma-

zást talált a közgazdaságtanban, politológiában és pszichológiában, valamint (különösen az evolúciós játékelmélet) a biológiában.

Kétharmados játszma

Ebben a játékban (Ledoux 1981) egyének egy csoportja azt a feladatot kapja, hogy tippelje meg, 0 és 100 közötti számokat kiválasztva, mi lesz a véletlenszerűen kiválasztott számok 2/3-a? Értelemszerűen az a nyertes, aki az átlag 2/3-ához legközelebbi tippet szolgáltatja. A játék egyensúlypontját a dominált stratégiák iterált kiküszöbölésével lehet elérni. A 66,67-nál (100 2/3-a) nagyobb számokat egyértelműen kiküszöbölhetjük, hiszen senki nem választhat 100-nál nagyobb számot. Miután mindezen stratégiákat minden játékos kizárja, a következő lépésben minden 44,44-nél (66,67 2/3-a) nagyobb számot is eliminálhatunk, hiszen senki nem fog az előző lépés gondolatmenetének megfelelően, 66,67-nél nagyobb számot választani. Könnyű kikövetkeztetni, hogy ezt a gondolatmenetet folytatva, a játék Nash-egyensúlya a nulla lesz.

Ennek ellenére a valós kísérletekben általában nem jön létre ez a Nash-egyensúly, hanem lényegesen magasabb átlagok születnek (Nagel 1995), pl. 21,6 volt a nyertes szám egy igen széles körű (19 196 egyén) és viszonylag jelentős nyereményű (5000 dán korona) játszmában, amelyet a dán *Poltiken* című folyóirat rendezett.

Többfajta magyarázat létezik arra, hogy miért nem alakul ki a Nash-egyensúly. Az egyik szerint ez a játék jól illusztrálja a különbséget a tökéletes racionalitás és a többi játékos racionalitásáról vallott nézet között. Másfelől a neuro-gazdaságtan is érdekes eredményeket szolgáltatott erről a játszmáról, amint azt a következő részben részletezni fogjuk.

Ezt a játszmát keynesi szépségversenynek *(Keynesian beauty contest)* is szokták nevezni annak nyomán, hogy Keynes az újságokban megjelentetett szépségversenyeket a tőzsdei befektetésekhez hasonlította.

Ultimátum-játszma

Ebben az igen egyszerű játszmában (Güth et al. 1982) két játékosnak kell eldöntenie, hogyan osszanak meg egy adott pénzösszeget. Az első játékos egy felosztást javasol, melyet a második játékos vagy elfogad,

vagy visszautasít. Fontos, hogy amennyiben a második játékos visszautasítja az ajánlatot, egyikük sem nyer semmit.

Ha p-vel jelöljük az első játékos ajánlatát ($0<p<x$, ahol x a megosztandó összeg) és f(p)-vel a második játékos válaszát (bináris változó, „elfogad" vagy „elutasít"), akkor [*p, f(*p)] egy Nash egyensúlyi pont, amennyiben *f(*p) = „elfogad" és nincs olyan $y>p$, *h*ogy *f(*y) = „elfogad" (vagyis a 2-es játékos elutasítana minden olyan ajánlatot, amelyben az 1-es játékos többet kapna, mint p). Az első játékos ekkor nem akarja növelni részesedését, hiszen ekkor a második elutasítana minden magasabb elosztást. A második játékos pedig nem érdekelt, hogy ezt elutasítsa, mert akkor ő sem nyer semmit. Ezért az első Nash-egyensúly az (x, „elfogad") kombináció.

Egy másik Nash-egyensúlyt kapunk, ha $p = x$ *v*agy *f(*y) = „elutasít" $\forall y>0$ (ez két szélsőséges eset, ha az első vagy a második mindent magának akar). Ekkor egyik játékos sem nyer semmit, de ugyanakkor egyik sem tudna javítani helyzetén azáltal, hogy egyoldalúan változtat stratégiáján. Mindenesetre csupán egyike ezen egyensúlypontoknak elégíti ki a szigorúbb, részjáték-teljes egyensúlyi kritériumot. Amennyiben az 1-es játékos egy igen nagy összeget követel magának, igen keveset osztva meg a 2-essel, akkor a második játékos ezt esetleg elutasíthatja, viszont ezáltal a semmit választja a valami helyett. Egyértelmű, hogy ennél jobb lenne, ha bármekkora összeget elfogadna. Ennek tudatában a Nash-egyensúly ott lesz, ahol az első játékos a lehetséges legkisebb összeget ajánlja fel, a második játékos pedig elfogadja azt.

Ezen játszma esetén is az empirikus vizsgálatok azt mutatják, hogy az esetek többségében nem alakul ki a fentebb leírt Nash-egyensúly. Igen gyakran a játékosok méltányos (50:50) felosztásokat ajánlanak, és a 20%-nál alacsonyabb felosztásokat elutasítják (Henrich et al. 2004).

Mivel elutasításkor a második egyén a semmit választja a valami helyett, kézenfekvő az a következtetés, hogy ilyenkor a racionalitás axiómái sérülnek. Többféle próbálkozás is körvonalazódott az irodalomban ezen ellentmondás feloldására: egyesek szerint az egyének hasznossági függvénye a kifizetéseken kívül más bemeneti változókat is tartalmaz (Bolton 1991). Más magyarázatok a „jó hírnév" beépítését javasolják a

hasznossági függvénybe, vagy valamilyenfajta egyenlőtlenség-elutasítást (preferenciát a méltányosság fele) posztulálnak (Henrich et al. 2004). A következő részben részletesebben tárgyaljuk, hogy a neuro-gazdaságtan milyen magyarázatokkal szolgált erre a jelenségre.

Neuro-gazdaságtan

A neuro-gazdaságtan *(Neuroeconomics) e*gy interdiszciplináris tudományág, amely a neuronális, agyi vizsgálatok eredményeit beépítve igyekszik az emberi döntéshozatalt és a gazdasági modelleket megmagyarázni.[4] Módszertani szempontból a neuro-gazdaságtan az agytudományok, a kísérleti és viselkedéstani gazdaságtan, valamint a kognitív és szociálpszichológia eszközeit kombinálja. Leggyakrabban agyi képalkotási technikákat alkalmaznak emberi kísérleti alanyokon, annak megállapítására, hogy egy bizonyos feladat megoldásakor milyen agyi területek aktivizálódnak. Ilyen technikák a funkcionális mágneses rezonancia (fMRI) vagy a pozitron emissziós tomográfia (PET).

Kockázat és bizonytalanság

Frank Knight (1921) óta a közgazdaságtan a következőképpen tesz különbséget kockázat és bizonytalanság között: míg az előbbi mindig valamilyen mérhető vonással rendelkezik (pl. valószínűség-eloszlás), addig az utóbbi esetében semmilyen többletinformációval nem rendelkezünk a bizonytalanság forrásáról.

Mint általában a neuronális folyamatokban, a kockázat és bizonytalanság feldolgozása tekintetében is több agyi központ és kéreg együttes aktivizálódása történik. Bizonytalanságot feltételező szituációkat modellezve, a frontomedián, a meziál prefrontális és a frontoparietális kéregben regisztrálták az agyi tevékenység erősödését (Paulus et al. 2003). Egy jól ismert tanulmányban (Bechara et al. 1997) prefrontális károsodást szenvedett kísérleti alanyok és „normális" egyének négy paklis kártyajátékokat játszottak: két pakliban több, extrém nyereséggel vagy veszteséggel járó kártyák voltak (negatív várható kifizetéssel), a másik

[4] Center for Neuroeconomics Study at Duke University, http://neuroeconomics.duke.edu/research/research2.html

kettőben pedig kevésbé extrém kifizetésű kártyák (pozitív várható kifizetéssel). Mindkét vizsgált csoport hasonló neurofiziológiai jeleket mutatott (bőr vezetőképessége – izzadás, amit általában a stressz erősödésével lehet párhuzamba vonni) jelentős veszteséget jelentő kártyák kihúzása után, azonban a „prefrontális" egyének gyorsabban visszatértek a széles eloszlású kockázatos paklikhoz.

Általában a prefrontális kéreg (kortex) az okfejtésben és értelmezésben játszik szerepet. Ellenben olyan döntési helyzetekben, amelyek inkább kockázatot, mint bizonytalanságot feltételeztek, az inszuláris kortex mutatott fokozott aktivitást. Például a „dupla vagy semmi" típusú játékokban a jobb oldali inszula aktivizálódott, amikor az egyének elfogadták a kockázatot. Feltételezik, hogy az inszuláris kéreg fő szerepe a kockázatos játék potenciális veszteségének szimulációja (Paulus et al. 2003).

Agyi képalkotásos kutatások kimutatták, hogy a kockázat és bizonytalanság különböző fokai különböző agyi területeket aktiváltak. fMRI használatával Hsu et al. (2005) frontális inszula és amigdala aktivizációt találtak, amikor az alanyok többértelmű, bizonytalan változatokkal szembesültek (szemben a kockázatos döntéshelyzetekkel). Továbbá azt is kimutatták, hogy az orbitofrontális kortex sérülését elszenvedett alanyok semleges magatartást tanúsítottak (a kontrollcsoporttal összehasonlítva) a bizonytalansággal szemben. Mivel az orbitofrontális kortex információt kap a limbikus rendszertől (beleértve az inszulát és amigdalát is), az fMRI és a sérüléses bizonyítékok együtt azt implikálják, hogy az átlagos egyénekben a kétértelmű játszmák gyakran kényelmetlen, félelmi érzetet keltenek, amely átadódik az orbitofrontális kéregnek.

Ezenfelül az is igazolódott, hogy a dopamin neurotranszmitter hormon fontos információkat közvetít a bizonytalanságról a teljes agykéregben. Majmokon végzett kísérletekben is erős korreláció mutatkozott a bizonytalanság és a dopaminerg tevékenység szintje között (Fiorillo et al. 2003).

Veszteségkerülés

Amint arról az első részben említést tettünk, a pénzügyi viselkedéstan (és jelesül a kilátáselmélet) egyik fontos eredménye, hogy veszteségi tartományban a kockázatkerülés helyét átveszi a veszteségkerülés.

Ezenfelül egy bizonyos abszolút értékű veszteség mindig nagyobb hasznosságvesztést jelent, mint egy ugyanakkora értékű nyereség. A neurogazdaságtan egyik fontos eredménye, hogy minden valószínűség szerint az agy szintjén is szétválasztható ez a kétfajta magatartás. Az egyik kulcsfontosságú agyi komponens ebben a vonatkozásban az úgynevezett amigdala, egy apró mirigyszerű lebeny, amely mélyen az agy alsó részében, a temporális lebenyen belül helyezkedik el, és elsődleges szerepe az érzelmek (különösen a félelem) feldolgozásában rejlik (jól illusztrálja az agyi területek multifunkcionalitását, hogy az amigdalának emellett a szaglásban is fontos szerepe van). Kimutatták (De Martino et al. 2010), hogy amigdalasérüléses páciensek csökkentett veszteségkerülést mutattak, annak ellenére, hogy az általános kockázatkerülési szintjeik normálisak voltak. Más tanulmányok azonban ezt nem erősítették meg, további kutatásokra van tehát szükség a kérdés tisztázására. Annak igazolására, hogy a veszteségek valóban erősebb érzelmi reakciót váltanak ki, mint a nyereségek, az ún. neurofiziológiai jeleket (pulzusszám, pupillatágulás, bőr vezetőképessége – izzadás) elemezték, és ezek igazolták a hipotézist (Sokol-Hessner et al. 2009).

Játszmák

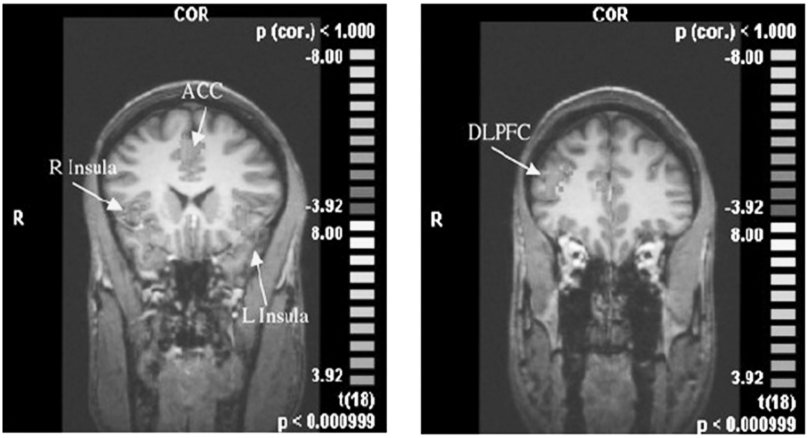
Míg az általános döntéselméletben az egyéni döntéshozatalt izoláltan, a szociális kontextust általában mellőzve elemzik, addig a játékelméletben kifejezetten a szociális interakciókon van a hangsúly. A leginkább elemzett magatartásformák ebben az összefüggésben az együttműködés (kooperáció), egoizmus, altruizmus, büntetés és megtorlás. A rengeteget elemzett fogolydilemmában, amelyet itt terjedelmi okok miatt nem ismertetünk, a játékosok eldönthetik, hogy kooperálnak-e vagy sem a másik játékossal. Annak ellenére, hogy a fogolydilemma Nash-egyensúlya az, hogy mindkét fél nem kooperál (azaz defektál), az empirikus eredmények gyakorta azt mutatják, hogy az egyének a kooperációt választják. Ez azt sugallja, hogy az egyének nem csupán tisztán monetáris nyereményekben gondolkodnak, hanem valószínűleg a szociális együttműködésnek önmagában valamiféle hasznossága van. Ezt látszik alátámasztani néhány olyan agyi képalkotási tanulmány is, amelyben a ventrális sztriátum aktivizálódását figyelték meg, amikor az

egyének kooperálnak, ellentétben azzal a helyzettel, amikor a játékosok számítógép ellen játszottak, ekkor ugyanis nem tapasztaltak ilyen jellegű aktivitást. A ventrális sztriátum része az agy komplex jutalmazó rendszerének, így ez a kutatás azt sugallja, hogy a szociális együttműködés specifikusan aktiválja a jutalmazó rendszert (Rilling et al. 2002). Ezt megerősíti az is, hogy a ventrális sztriátum és a ventrális tegmentális terület hasonló aktiváción megy keresztül akkor is, amikor az egyének kifizetésekben részesülnek és akkor is, amikor pénzt adományoznak például jótékonysági eseményeken.

Nem mellékes szempont a játékokban való együttműködés elemzésekor a bizalom, hiszen az együttműködés valószínűsége egyenesen arányos a bizalom szintjével. A bizalmi kapcsolat egyik közvetítője az oxitocin nevű hormon, amely különösen aktív például az anyai magatartás kialakításánál több állatfaj esetén. Amikor az oxitocinszintet megnövelték egy bizonyos tesztcsoportban, az egymás iránti bizalom is szignifikánsan emelkedett a kontrollcsoporthoz képest, miközben a kockázattal szembeni magatartás nem változott, ami azt mutathatja, hogy az oxitocinnak különös szerepe van a kockázatvállalás szociális vonatkozásaiban (Kosfeld et al. 2005).

Az egyik legnagyobb port kavaró idegtudományi vizsgálat játékelméleti kontextusban az ultimátum játék elemzése fMRI segítségével (Sanfey et al. 2003). A tanulmányban méltánytalan ($1,00–$2,00 a $10,00-ból) és méltányos ($4,00–5,00) ajánlatokat kapó 2-es játékosok agyi felvételeit hasonlították össze, és azt találták, hogy a nagyon méltánytalan ajánlatok különböző fokon aktivizáltak három agyi területet: a dorsolaterális prefrontális kortexet (DLPFC), az anterior (elülső) cinguláris (ACC) és az inszula kortexeket (6. ábra). A DLPFC egyértelműen a tervezésben szerepet kapó terület. Az inszuláris kéreg olyan negatív érzések átélésekor aktiválódik, mint a fájdalom vagy az undor. Az ACC egy végrehajtó terület, amely sok egyéb területtől kap bemeneti információkat, azokat feldolgozza, és a közöttük levő esetleges konfliktusokat feloldja. Éppen ezért a szerzők arra a következtetésre jutottak, hogy egy méltánytalan ajánlat esetén az agy (pontosabban az ACC) azért küzd, hogy feloldja a konfliktust az ajánlat elfogadásának jutalmazó értéke

(DLPFC) és a méltánytalan, megalázó bánásmód okozta undor (inszula) között. Mi több, statisztikailag szignifikáns módon (0,45-ös korrelációs együtthatóval) az inszula aktivizálódásának szintjéből következtetni lehetett arra, hogy a játékos elfogadja vagy visszautasítja a méltánytalan ajánlatot.



Forrás: Sanfey et al. 2003.

6. ábra. Az ultimátum játszma vizsgálata fMRI segítségével

Egy másik, korábban bemutatott játszma, amit neuro-gazdaságtani eszközökkel is elemeztek, a kétharmados játék (Coricelli–Nagel 2009). Ebben a cikkben az úgynevezett humán kondícióban egy tízelemű csoport minden résztvevője egymás ellen játszotta a kétharmados játékot. A másik, számítógépes kondícióban az egyének tudták, hogy ellenfelük egy számítógép, amely 9 számot választ véletlenszerűen 0 és 100 között. Nagyon érdekes, hogy az emberi kondícióban egy egész sor agyi terület jött működésbe a számítógépes szcenárióval összehasonlítva: a mediális prefrontális kortex (MPFC), a ventrális anterior cinguláris és a temporoparietális kereszteződés. Ez azt mutatja, hogy ezek a területek együttesen képezik le a „többi emberről" való gondolkodás mechanizmusát (mentalizáció). Még érdekesebb, hogy ugyanezen területek (különösen az MPFC) aktivizálódnak azon egyéneknél is, akik egynél több iteratív számítást végeznek a játszmában, vagyis a többi játékos számításait is

képesek beépíteni. Ezzel szemben akik a tipikus 44-es választ adják, azok nem végzik el az említett mentalizációt, így olyan, mintha a többi játékost véletlenszerű, számítógép-játékosnak tekintenék.

Igen nagy visszhangot váltott ki egy nagyon friss tanulmány (de Martino et al. 2013), amelyben a szerzők komplex játékelméleti és neuro-gazdaságtani eszközökkel vizsgálják egy spekulatív buborék kialakulását. A szerzők kiindulópontja, hogy az emberek más egyénekről történő gondolkodási-következtetési képessége (az úgynevezett mentalizáció vagy az elme elmélete, *theory of mind – ToM)* fontos előnyöket biztosít számos társadalmi helyzetben. A kutatásban azt vizsgálták fMRI segítségével, hogy miként változik az érték neurális reprezentációja akkor, amikor az egyének spekulatív, illetve non-spekulatív szimulált piacokon kereskednek. A non-spekulatív helyzetekben *(non-bubble market)* az egyéneknek bemutatott árfolyamok szorosan követték az előre definiált fundamentális értéket, a spekulatív piaci szimulációkban pedig az árfolyamok messze a fundamentális érték fölött helyezkedtek el. A kutatás arra koncentrált, hogyan változik az eszközök csereértékének reprezentációja a ventromediális prefrontális kortexben (vmPFC), amelynek jelentős szerepe van az általános cél-érték megjelenítésében egy spekulatív buborék létrejöttekor. A kutatási hipotézis szerint a spekulatív piacokon megfigyelt áremelkedés összefügg az inflálódott értékek reprezentációjával a vmPFC-ben, melynek nyomán növekszik a résztvevők hajlandósága, hogy túlértékelt eszközöket vásároljanak. További hipotézis, hogy a felfúvódott árfolyamok elsődleges oka a résztvevők rosszul adaptált előrejelzései a többi játékos magatartásáról. Konkrétabban a dorsomediális prefrontális kortexről, melynek szerepe van a más játékosokról történő mentalizáció (ToM) kialakításában, feltételezik, hogy értékelésre vonatkozó információt közvetít a vmPFC felé, stimulálva ezáltal a pénzügyi buborék létrejöttét.

Egyszerűbben fogalmazva, a fenti, beigazolódott hipotézisek segítségével azt mutatták ki, hogy az evolúció során rendkívül hasznos mechanizmusok (például annak a képessége, hogy más szereplők szándékát figyelembe tudjuk venni értékszámításokkor) rosszul adaptált magatartásformákhoz vezethetnek, amikor olyan komplex intézményekben ke-

rülnek felhasználásra, mint a modern pénzügyi piacok. Ugyanakkor a tanulmány betekintést nyújt a spekulatív buborékok kialakulásának neuronális szintű mechanizmusaiba, mely hasznos információ lehet a pénzügyi intézményeket és piacokat felügyelő gazdaságpolitikai döntéshozók számára.

Következtetések

Habár még gyerekcipőben járó tudományágról van szó, a neuro-gazdaságtan már jó néhány érdekes eredményt szolgáltatott játékelméleti vizsgálatok terén, amiket igyekeztünk összefoglalni ebben a tanulmányban. Van azonban néhány további terület, ahol a közeljövőben áttörés várható a neuro-gazdaságtani magyarázatok tekintetében.

Például a főáramlatú közgazdaságtan mindmáig nem tudott egyértelmű bizonyítékokat szolgáltatni arról, hogy az értékpapír-árfolyamok miért ennyire ingadozóak, miért ilyen gyakori a kereskedés, és miért van oly sok aktívan menedzselt befektetési alap.

Egy másik ígéretes terület a munkaerőpiac, ahol egyrészt a nem monetáris tényezők motiváló szerepét, másrészt a munkabércsökkenés iránti merevségét próbálják megmagyarázni.

Az intertemporális döntések területén igen sokat kutatott jelenségek a káros szenvedélyekről való leszokás problematikája, a lakosság megtakarítási hajlandósága vagy éppen megtakarításokra való ösztönzése.

Végül, de nem utolsósorban, a közgazdaságtan nem foglalkozik az emberek közötti különbözőség mélyreható modellezésével, márpedig a személyiség érzelmi oldalának neuronális megnyilvánulásai kétségtelenül fontos inputokat tudnának szolgáltatni, akár a marketing területén is.

Irodalomjegyzék

Arrow, K. J. 1965. The theory of risk aversion. In: *Aspects of the Theory of Risk Bearing,* Helsinki: Yrjo Jahnssonin Saatio. Reprinted in: Essays in the Theory of Risk Bearing, Chicago: Markham Publ. Co., 1971, 90–109.

Bechara, A.–Damasio, H.–Tranel, D.–Damasio, A. R. 1997. Deciding Advantageously Before Knowing the Advantageous Strategy. *Science* 275(5304), 1293–1295.

Bélyácz, I. 2009. *Befektetési döntések megalapozása.* Budapest: Aula Kiadó.

Benartzi, S.–Thaler, R. H. 1995. Myopic loss aversion and the equity premium puzzle. *Quarterly Journal of Economics* 110, 73–92.

Bergstrom, T. 2012. http://www.econ.ucsb.edu/~tedb/Courses/GraduateTheoryUCSB/NotesExpectedUtility.pdf, letöltve: 2014.07.24

Bolton, G. E. 1991. A Comparative Model of Bargaining: Theory and Evidence. *American Economic Review* 81, 1096–1136.

Coricelli, G.–Nagel, R. 2009. Neural correlates of depth of strategic reasoning in medial prefrontal cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS) – Economic Sciences* 106(23), 9163–9168.

De Martino, B.–Camerer, C. F.–Adolphs, R. 2010. Amygdala damage eliminates monetary loss aversion. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107(8), 3788–3792.

De Martino, B.–O'Doherty, J. P.–Ray, D.–Bossaerts, P.–Camerer, C. 2013. In the Mind of the Market: Theory of Mind Biases Value Computation during Financial Bubbles. *Neuron* 79(6), 1222–1231.

Fiorillo, C. D.–Tobler, P. N.–Schultz, W. 2003. Discrete coding of reward probability and uncertainty by dopamine neurons. *Science* 299(5614), 1898–1902.

Güth, W.–Schmittberger, R.,–Schwarze, B. 1982. An Experimental Analysis of Ultimatum Bargaining. *Journal of Economic Behavior and Organization 3*(4), 367–388.

Henrich, J.–Boyd, R.–Bowles, S.–Camerer, C.–Fehr, E.–Gintis, H. 2004. *Foundations of Human Sociality: Economic Experiments and Ethnographic Evidence from Fifteen Small-Scale Societies.* Oxford: Oxford University Press.

Hsu, M.–Bhatt, M.–Adolphs, R.–Tranel, D.–Camerer, C. 2005. *Ambiguity-Aversion in the Brain: fMRI and Lesion-Patient Evidence. Caltech Working Paper.* Pasadena, USA.

Knight, F. H. 1921. *Risk, Uncertainty, and Profit.* Boston, MA: Hart, Schaffner & Marx; Houghton Mifflin Company.

Kosfeld, M.–Heinrichs, M.–Zak, P. J.–Fischbacher. U.–Fehr, E. 2005. Oxytocin increases trust in humans. *Nature* 435(7042), 673–676.

Ledoux, A. 1981. Concours résultats complets. Les victimes se sont plu à jouer le 14 d'atout. *Jeux & Stratégie* 10, 10–11.

Myerson, R. B. 1991. *Game Theory: Analysis of Conflict*. Boston: Harvard University Press.

Nagel, R. 1995. Unraveling in Guessing Games: An Experimental Study. *American Economic Review* 85(5), 1313–1326.

Paulus, M. P.–Rogalsky, C.–Simmons, A.–Feinstein, J. S.–Stein, M. B. 2003. Increased activation in the right insula during risk-taking decision making is related to harm avoidance and neuroticism. *Neuroimage* 19(4), 1439–1448.

Rilling, J. K.–Gutman, D. A.–Zeh, T. R.–Pagnoni, G.–Berns, G. S.–Kilts, C. D. 2002. A neural basis for social cooperation. *Neuron* 35(2), 395–405.

Samuelson, P. A. 1963. Risk and uncertainty: A fallacy of large numbers. *Scientia* 1–6. Reproduced in: Collected scientific papers of Paul Samuelson, 1966, Boston: MIT Press, 153–158.

Sanfey, A. G.–Rilling, J. K.–Aaronson, J. A.–Nystrom, L. E.–Cohen, J. D. 2003. The Neural Basis of Economic Decision-Making in the Ultimatum Game. *Science* 300(5626), 1755–58.

Sokol-Hessner, P.–Hsu, M.–Curley, N. G.–Delgado, M. R.–Camerer, C. F.–Phelps, E. A. 2009. Thinking like a trader selectively reduces individuals' loss aversion. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106(13), 5035–5040.

Thaler, R. H. 1980. Toward a positive theory of consumer choice. *Journal of Economic Behavior and Organization* 1, 39–60.

Thaler, R. H. 2005. *Advances in Behavioral Finance, Volume II (Roundtable Series in Behavioral Economics)*. Princeton: Princeton University Press.

Von Neumann, J.–Morgenstern, O. 1947. *Theory of games and economic behavior. 2nd edition.* Princeton, NJ: Princeton University Press.