Közgazdász Fórum
Forum on Economics and Business
18 (124), 3–30.
2015/3

An emerging market from an ergodicity perspective

IVÁN BÉLYÁCZ – BÁLINT ZSOLT NAGY

In financial markets, the term 'random walk' is frequently used in relation to price movement over a period of time. This highly expressive term simply means that prices do not follow a predictable trend, and so previous movements are unsuitable as a basis for speculation regarding future price changes. There exists, however, another model which is based on the ergodic theorem, and this says that past and present probability distribution define the probability distribution which will dictate future market prices. Clearly, the 'random walk' hypothesis and the ergodic theorem are polar opposites, and, whilst the concept of uncertainty is closely linked to the former, the latter suggests that forecasting is, in fact, possible. This paper examines how the theory of efficient markets and the efficiency of the market itself provide the means to resolve this contradiction. We provide empirical proof concerning the 'random walk' theory, for both the recession and post-recession periods in the case of the stock index of the Hungarian stock market.

Keywords: random walk, ergodic theorem, market efficiency, unit root tests.

JEL codes: G14, G17, C12, C22.

Kiadó: Romániai Magyar Közgazdász Társaság és a Babeș–Bolyai Tudományegyetem
Közgazdaság- és Gazdálkodástudományi Karának Magyar Intézete
ISSN: 1582-1986 www.econ.ubbcluj.ro/kozgazdaszforum

Egy feltörekvő piac ergodicitási szemszögből

BÉLYÁCZ IVÁN[1] – NAGY BÁLINT ZSOLT[2]

A pénzügyi piacokon gyakran használt kifejezés a „véletlen bolyongás" az időszakos árfolyam-alakulás vonatkozásában. A véletlen bolyongás azt jelzi, hogy az ármozgások nem követnek semmiféle trendet vagy lefutást, és a múltbeli ármozgások alkalmatlanok arra, hogy azokból következtessünk a jövőbeli áralakulásra. Ezzel szemben létezik egy másik paradigma, aminek alapja az ergodikus axióma. Ez azt állítja, hogy a múlt és a jelen valószínűségi eloszlása meghatározza azt a valószínűségi eloszlást, amely irányítja a jövőbeli piaci ár kimeneteket. A véletlen bolyongás hipotézis és az ergodikus axióma – elméleti értelemben – homlokegyenest szemben áll egymással. Míg az elsőhöz a bizonytalanság koncepciója kötődik szorosan, az utóbbihoz az előrejelezhetőség bizonygatása. Empirikus, tapasztalati igazolás a véletlen bolyongás tételéről kapható, viszont az ergodikus axióma a bizonytalanság eloszlatására tett kísérletként fogható fel. Ez a tanulmány azt vizsgálja, hogy miként ad mozgásformát az említett ellentmondásnak a hatékony piac teória és maga a piaci hatékonyság. A tanulmányban empirikus bizonyítékot adunk a véletlen bolyongás modellre, mind a pénzügyi-gazdasági válság idejére, mind az azt követő időszakban a magyarországi tőkepiac piaci indexének tekintetében.

Kulcsszavak: véletlen bolyongás, ergodikus tétel, piaci hatékonyság, egységgyök-tesztek.

JEL kódok: G14, G17, C12, C22.

Elméleti és szakirodalmi áttekintés

A korai empirikus kutatások a pénzügyi piacok árviselkedésével kapcsolatban feltárták, hogy az árak lefutási pályája *véletlen bolyongásként* írható le. Ez akkor történik, ha az árváltozások véletlenszerűek és

[1] PhD, DSc, az MTA rendes tagja, egyetemi professzor, Pécsi Tudományegyetem, Közgazdasági Kar, e-mail: belyacz@ktk.pte.hu.

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

egymástól függetlenül szóródnak. Ezt a felismerést különösen Kendall (1953) munkája demonstrálta a nyersanyag- és részvénypiacok széles körére vonatkozóan. A modern közgazdaságtanban a véletlen bolyongás hipotézisének pénzügyi piacokra történő első alaposabb alkalmazása Samuelson (1965) nevéhez fűződik. Az ő hozzájárulását tömören kifejezi cikkének címe, amely szerint bizonyítható, hogy a megfelelően anticipált árak véletlenszerűen fluktuálnak. Az információs hatékonyságú piacon az árak előrejelezhetetlenek kell hogy legyenek, ha azok kellően anticipáltak, azaz ha azok teljességgel beépítik az összes piaci résztvevő várakozásait és információit. Fama (1970) ehhez kapcsolódóan meggyőzően igazolta, hogy aktív piacon, amely sok jól informált és intelligens befektetőt foglal magában, az értékpapírok korrekten értékeltek és minden rendelkezésre álló információt tükröznek. Amennyiben a piac hatékony, akkor nincs olyan információ vagy elemzési mód, amely valamilyen alkalmas mérce szerint elérhetővé tenné a piac túlszárnyalását.

A véletlen bolyongás azt jelzi, hogy az ármozgások nem követnek semmiféle trendet vagy lefutást, és a múltbeli ármozgások alkalmatlanok arra, hogy azokból következtethessünk a jövőbeli áralakulásra.

A hatékony piacok paradoxona (Grosmann–Stiglitz 1980) abban áll, hogy ha minden befektető úgy érzi, hogy a piac hatékony, akkor lehet, hogy a piac mégsem hatékony, mert senki nem analizálja az értékpapírokat. A valóságban a hatékony piacok azon piaci szereplőktől függnek, akik úgy érzik, hogy a piac nem hatékony, és az értékpapírokkal való kereskedés a piac túlszárnyalása érdekében történik. A valóságban a piacok se nem tökéletesen hatékonyak, se nem tökéletesen nem hatékonyak. Az összes piac hatékony egy bizonyos mértékben, némelyek inkább, mint mások.

Évtizedek óta a hatékony piac teória és az értékpapír-piaci árak véletlen bolyongása centrális helyzetű mind a pénzügyi elméletben, mind a piaci gyakorlatban. Mindazonáltal megfogalmazódnak az árváltozások időbeli függetlenségét kétségbe vonó nézetek is. Lo-Mac Kinley (1999) azt állítja, hogy a részvényár szeriális korrelációk értéke nem zérus. Shiller (2000) szerint ez volt az a hatás, amely elvezetett az 1990-es évek közepén a „dot-com boom” irracionális túláradásához. Fama (1998) azt

mondja, hogy a befektetők kezdetben vagy túlreagálják, vagy alulreagálják az információt, és a szeriális korreláció annak tulajdonítható, hogy időben teljességgel reagálnak az információkra. A jelenség ugyancsak a „nyájösztön" hatásnak tulajdonítható.

A pénzügyi piaci szereplők számára mindig izgató kérdés volt, hogy miként ismerhető meg a jövőbeli áralakulás, hiszen azonnali gazdagság vár arra, aki ismeri a pénzügyi piacok jövőbeli árait. Az előzőekben vizsgált hatékony piac teória és a véletlen bolyongás folyamat agnosztikus választ adott a kérdésre az árak kiismerhetetlen fluktuációjával és az előrejelzés szükségtelenségével. A pénzügyi elméletben szűkebben, a közgazdaságtanban tágabban létezik egy másik paradigma, aminek alapja az *ergodikus axióma*. Az ergodikus axióma azt állítja, hogy a múlt és a jelen valószínűségi eloszlása meghatározza azt a valószínűségi eloszlást, amely leírja a jövőbeli piaci ár kimeneteket. Ennek megfelelően a jövő sohasem bizonytalan, hanem csupán valószínűségi értelemben kockázatos. Keynes (1936) jól ismert bizonytalansági koncepciójára hivatkozva a posztkeynesiánus Davidson (1982–1983, 2007) írásaiban évtizedek óta érvel az ergodikus axióma érvényesíthetőségével szemben.

Hogy is került az ergodikus axióma a közgazdaságtan és a pénzügyi elmélet alaptételei közé? Az ergodikus teória a hosszú távú működéssel jellemezhető *dinamikus rendszerek viselkedését* írja le. Ez az elméleti alapvetés azt állítja, hogy – bizonyos feltételek mellett – egy függvény időbeli átlaga végig a pályagörbe mentén létezik, és kapcsolódik a térbeli átlaghoz. Birkhoff (1931) és Neumann (1932), valamint Kolmogorov (1960) abból indult ki, hogy általában az időbeli és térbeli átlag eltérhet egymástól. Ha viszont a transzformáció ergodikus, a mérték pedig változatlan, akkor az időbeli átlag – csaknem mindenütt – azonos a térbeli átlaggal. A klasszikus ergodikus teória az egyik változata a nagy számok törvényének, ami azt mondja, hogy az elégségesen nagy minta (azaz a hosszú időn keresztüli átlag) reprezentálja a teljes populációt (a térbeli átlagot).

Ha az univerzum egyes pontjait azonosítjuk az értékpapír-piaci árak momentumaival, a befektetési időhorizont áraiból képzett átlagokat a térbeli és időbeli átlaggal, az időhorizont összes áreseményét a populá-

cióval (univerzum), az univerzumból vett mintát a piac áreseményeinek mintájaként, akkor az ergodikus axióma értékpapír-piaci analógiája előtt nem volt akadály. Samuelson (1969) írta, hogy ha a közgazdaságtant a „történelem birodalmából" a „tudomány birodalmába" akarják átemelni, akkor „az ergodikus hipotézist el kell helyezniük teóriájukban".

A leírtak alig hagynak kétséget afelől, hogy az ergodikus axióma paradigma rangjára emelése inkább lehetett tudományelméleti deklaráció, mint empirikus tapasztalatokon nyugvó felismerés eredménye, ami egyben szembefordulást jelentett Keynes bizonytalanság-koncepciójával is. Abban az időben, amikor Keynes az *Általános elmélet*et írta, nem ismerhette az ergodikus sztochasztikus teóriát. Mindazonáltal Keynes (1939) Tinbergen ökonometriai módszeréről írt kritikájában megjegyezte, hogy Tinbergen módszere nem érvényes bármely gazdasági előrejelzésre, mivel a gazdasági adatok időben „nem homogének". A homogenitás hiánya elégséges feltétele a folyamatok *nem ergodikus alakú* lefutásának. Tehát a Keynes utáni kor szóhasználatával Keynes bizonytalanság-koncepciója, a gazdasági jövővel kapcsolatban, annak megkövetelésén alapul, hogy a gazdasági rendszert *nem ergodikus sztochasztikus folyamatok irányítják*.

Az ergodikus axióma feltételezi, hogy a gazdasági jövő előre determinált, mivel a gazdaság egy létező ergodikus sztochasztikus folyamat által vezérelt. Valakinek elegendő csupán kalkulálni a jövőbeli árakra és outputra vonatkozó valószínűségi eloszlásokat ahhoz, hogy jelentős és hiteles statisztikai információt írhasson fel a jövőre vonatkozóan. Az ergodikus és nem ergodikus sztochasztikus folyamat közötti differencia technikai magyarázatát adja Davidson (2009). Az ergodikus axióma feláll ítja azt a feltételt, hogy a jövő már előre determinált létező paraméterekkel (piaci fundamentumok). Következésképpen a jövő hitelesen előrejelezhető a jelenbeli és múltbeli adatok analizálásával ahhoz, hogy nyerhető legyen a jövőbeli eseményeket vezérlő valószínűségi eloszlás. Más szóval, *ha a jövőbeli eseményeket feltételezhetően ergodikus sztochasztikus folyamat generálja* (a matematikai statisztika nyelvezetét alkalmazva), *akkor a jövő előre determinálható*, s ma felfedezhető a múltbeli és mai adatok megfelelő statisztikai valószínűségi elemzésével,

tekintettel a piaci fundamentumokra. Ha a rendszer nem ergodikus viselkedésű, akkor a múlt és a jelen valószínűségi eloszlása nem szolgáltat statisztikailag hiteles becslést, tekintettel a jövőbeni események valószínűségére.

Ha valaki a gazdaságot sztochasztikus folyamatként fogja fel, akkor a jövőbeni kimeneteket valószínűségi eloszlás határozza meg. Davidson (2012) sajátos argumentációval cáfolja a jövőbeli adatok megismerhetőségét. Logikailag tekintve, ahhoz, hogy a jövedelemrealizálók statisztikailag hiteles előrejelzést készítsenek a jövőbeli paraméterekre, a döntéshozónak mintát kell vennie a jövőből, s azt analizálni szükséges. Mivel ez nem lehetséges, így az a feltevés, hogy a gazdaság sztochasztikus folyamat, megengedi az elemző számára azt állítani, hogy a múltból és a jelenből vett minta ekvivalens a jövőből vett mintával. Más szóval, *az ergodikus axióma magában foglalja, hogy bármely jövőbeni időpontbeli kimenet statisztikai árnyéka a meglevő piaci adatoknak*. Mivel a jövőből történő mintavétel nem lehetséges, a hatékony piac teória képviselője kell hogy előfeltételezze: a valószínűségeket a már létező piaci adatokból számították, és ez ekvivalens a piacból vett ama mintából származó adatokkal, amelyek a jövőben fognak bekövetkezni. Csak az ergodikus axióma alapján gördül eggyé a múlt, a jelen és a jövő.

E megközelítéssel élesen szemben áll Keynes álláspontja, aki úgy tekintett a gazdasági rendszerre, mint amely a naptári időben halad a megmásíthatatlan múlt felől a bizonytalan, statisztikailag nem előrejelezhető jövő felé, ahol a jövedelemköltési döntéseket az egyének úgy hozzák, hogy tudják: nem ismerik a jövőbeni kimeneteket. Ha Keynes – a maga korában – ismerte volna a klasszikus ergodikus axiómát, akkor azt elutasította volna, mivel e megközelítés azt specifikálja, hogy az összes jövőbeli esemény aktuáriusan bizonyos, azaz a jövő pontosan ismerhető vagy hitelesen előrejelezhető a meglevő piaci adatok elemzése alapján. Az ergodikus axióma mély paradigmatikus hatására jellemző *a racionális várakozások teóriájának* meghatározó szerepe. A neoklasszikus elmélet feltételezi, hogy a piaci résztvevőknek racionális várakozásaik vannak bármely ma meghozott döntés jövőbeli lehetséges kimeneteire vonatkozóan. Lucas (1978) racionális várakozás teóriája azt állítja, hogy bár az

egyének előfeltételezhetően saját szubjektív valószínűségi eloszlásokra alapozva hozzák döntésüket, mindazonáltal ha a várakozások racionálisak, akkor ezeknek a szubjektív eloszlásoknak azonosaknak kell lenniük azzal az objektív valószínűségi eloszlással, amely irányítani fogja a kimeneteket bármely adott jövőbeni időpontban.

A posztkeynesianus Davidson (1982–1983) az ergodikus koncepció Keynes analízisére való visszavetítésével azt feltételezi, hogy a pénzügyi rendszert nem ergodikus sztochasztikus folyamatok determinálják. *Egy nem ergodikus világban a mai vagy a múltbeli valószínűségi függvények nem hiteles sorvezetők a jövőbeli kimenetek valószínűségéhez*. Keynes és az őt követő posztkeynesianusok elutasítják azt a feltételezést, hogy az egyén ismerheti a gazdasági jövőt, mivel az nem előre determinált. Ehelyett ők azt állítják, az egyén „tudja", hogy nem ismerheti a ma hozott, kritikus jelentőségű gazdasági döntések jövőbeni kimeneteit. Szerintük *a jövő valóban ismeretlen*, és nem valószínűségi alapon kockázatos. A pénzügyi válság alatt íródott Taylor–Shipley (2009) cikk a következőképpen szól az előrejelezhetőségről: „a valószínűség és a statisztika nem lehet gyógyír sok problémára… ezek annak a benyomását keltik, hogy képesek méltányosan jelezni a történendőket… s aztán valami nem várt történik. A pragmatikusság nagyobb mértékéhez ragaszkodók igényelnék a hitelesség valamilyen mérvét, mint például az alkalmazhatóságét az elméletre vagy problémára. Bonyolult rendszerekben az előrejelezhetőség nem működik oly sikeresen, mint a laboratóriumok és a műszaki kísérletezés kontrollált világában, s az előrejelezhetőséget indikáló teóriák félrevezetik a politikacsinálókat, és ez ugyanígy folytatódik tovább. … Lehet, hogy akarnánk, mégsem birtokolhatunk egy mindenben megfelelő modellt, bizonyosan a modern idők eretnekségét."

Davidson (2008) magyarázatot ad arra, hogy mindaddig, amíg a jövő bizonytalan és nem valószínűségi alapon kockázatos, az ár, amelyen a likvid eszközök eladhatók bármely jövőbeni időpontban a szabadpiacon, akár egyetlen pillanat alatt is drámaian megváltozhat. A legroszszabb esetszcenárió mellett a likvid pénzügyi eszközök eladhatatlanná válhatnak bármilyen ár mellett, amint a piac összeomlik, szabálytalan

módon kreálva toxikus eszközöket. Ez történt a jelzálog hátterű értékpapírokkal a piacon, különösen a másodlagos jelzáloghitel-derivatívák kialakításakor.

A fentebb leírtakból kiderülhet, hogy a *véletlen bolyongás* hipotézis és az *ergodikus axióma* – elméleti értelemben – *homlokegyenest szemben áll egymással*. Míg az elsőhöz a bizonytalanság koncepciója kötődik szorosan, addig az utóbbihoz az előrejelezhetőség bizonygatása. Empirikus-tapasztalati igazolás a véletlen bolyongás tételéről kapható, viszont az ergodikus axióma a bizonytalanság eloszlatására tett kísérletként fogható fel.

Korábbi eredmények a magyarországi tőkepiaccal kapcsolatban

Rappai (1995) kointegrációs vizsgálatának lényege, hogy ha léteznek olyan részvények, amelyek árfolyamai és a többi részvényárfolyam között nincs kointegráció, akkor a piaci hatékonyság sem teljesülhet közepes és erős formában, hiszen a nem kointegrált („független") részvények árfolyamai nem reagálnak az új információkra. Azonban tizenhárom részvény árfolyamából arra a következtetésre jut, hogy a kointegráció fennáll, valamennyi értékpapírra teljesül a véletlen bolyongás és a hatékonyság gyenge formája.

Grubits (1995a, 1995b) a Pick-részvény hatékonyságát vizsgálja középerős formában egy meglehetősen rövid időszak alatt 1993 szeptembere és 1994 februárja között eseménytanulmányos módszertannal. Grubits szerint az árfolyamok már a bejelentés napján tartalmazzák az új információkat. Fontos azonban, hogy a vizsgált eseményeket (bejelentéseket) követő napokon még kimutathatók voltak bizonyos abnormális hozamok, az árfolyamváltozás általában csak a bejelentést követő második napon tért vissza a megszokott szintre.

A MOL-részvényt elemzi Palágyi (1999). Mindössze másfél évet felölelő vizsgálatai során napon belüli hozamadatokat tesztel, amelyek eloszlása igen messze áll a normálistól, és inkább közelíthető egy Levy-féle stabil eloszlással.

A magyar részvények napi és havi idősorainak függetlenségét teszteli Andor et al. (1999) egy tíz évet felölelő mintán. A szerzők a Fama

által javasolt „runs” (sorozat) tesztet alkalmazzák. A különböző hosszúságú periódusokra számított autokorrelációs együtthatók azt mutatják, hogy a magyar tőzsde árfolyamai megfelelnek a bolyongás követelményeinek, a piac legalábbis gyenge értelemben hatékony.

Rockinger és Urga (2000) a feltörekvő piacok hatékonyságát teszteli, továbbá vizsgálja e hatékonyság időbeli alakulását is. A szerzők a vizsgálatot 1994. április és 1999. június közötti időszakra végzik el, és úgy találják, hogy míg a magyar piac a teljes periódus alatt teljesítette a gyenge hatékonyság kritériumát, addig a lengyel és cseh piac kezdetben nem volt hatékony, de megfigyelhető a konvergencia a hatékonyság irányába, jóllehet ezek a piacok később nyíltak meg, mint a budapesti.

Alács és Jánosi (2001) egy sztochasztikus differenciálegyenlettel modellezi a BUX index alakulását, melynek megoldása egy stacioner Lévy-függvény (a Levy-eloszlás szintén vastagabb szélű, mint a normális). A BUX idősorának speciális jellemzője a gyakori csendes periódusok, amelyekben az index változatlan. A szerzők által javasolt egyenlet ezt a karakterisztikát is megragadja azáltal, hogy a zajkomponensek egyikét egy Wiener-folyamatként értelmezi, amely szinonim a véletlen bolyongással.

Marton (2001) elemzése több jelenségre is kiterjed. A szerző a BUX 1991 és 2000 közötti értékeire végez autokorrelációs teszteket, illetve vizsgálja az index szezonális tulajdonságait is. Habár a BUX esetében a rövid távú autokorrelációs együtthatók nagyobbak, mint a New York-i Dow Jones Industrial Average (DJIA) esetében mért értékek, ezek az autokorrelációk nem szignifikánsak gazdasági szempontból. Kimutatja továbbá, hogy a BÉT csütörtöki hozamai a többi nappal összehasonlítva szignifikánsan alacsonyabbak. Az infláció hatásától megtisztított BUX hosszú távon – különösen egyéves időtávon – negatív autokorrelációt mutatott, ami megegyezik Poterba–Summers (1988) nemzetközi eredményeivel, viszont nem áll összhangban Fama–French (1988) amerikai piacra vonatkozó, U-alakú autokorrelációs mintázatával, melynek értelmében az általában negatív autokorreláció 3–5 éves időtávon éri el minimumát, egyébként rövidebb és hosszabb távon ennél magasabb. A „hét napjai hatást” tesztelve Marton (2001) eltérő eredményre jut, mint

Andor et al. (1999), ez azonban aligha tudható be a mindössze egy évvel hosszabb vizsgálati időszaknak. Megállapítja, hogy bár a szerdai hozamok szignifikánsan nagyobbak voltak a hét többi napján regisztráltaknál, a tranzakciós költségek és a hozamok magas szórása miatt erre alapozva nem lehetett nyereségesen kereskedni. Marton (2001) következtetése az, hogy a magyar tőzsde gyenge hatékonysága teljesül.

Az 1996 és 1998 első féléve közötti időszak adatait vizsgálja Palágyi (2002). Ez egy nagyfrekvenciás elemzés, hiszen napon belüli, illetve kötésenkénti hozamok eloszlását is becsüli a szerző. A vizsgálat során négy magyar részvény (MOL, OTP, Matáv, TVK) árfolyamát és a belőlük számolt hozamokat különböző időskálákon elemzi: kötésenként, árváltozásonként és fizikai idő szerint. A részvényárfolyamok modellezésének első lépése az idősorok függetlenségének tesztje kötésenkénti autokorrelációs teszttel. Az elsőrendű negatív autokorreláció az amerikai piacon észleltnél lassabban közelített a nullához, ami a hosszú távú memória erősebb jelenlétére utal a BÉT esetében.

Lukács (2003) a napi záróárak hozameloszlásai és az egyes értékpapírok tőzsdei kapitalizációja közötti korrelációkat számolja 21 részvény esetében. Az a következtetés adódott, hogy a hozamok varianciája a kapitalizáció növekedésével csökkent, ami a kisvállalat-hatás (méretprémium) egyik megnyilvánulása lehet. Ugyanakkor a szerző normalitástesztet is végez, melynek nyomán el kell vetni a hozamok normális eloszlását.

Gilmore és McManus (2003) a gyenge formájú hatékonyságot vizsgálja Csehország, Magyarország és Lengyelország tőkepiacain 1995. július – 2000. szeptember között. A szerzők a Lo–MacKinlay (1999) által kifejlesztett varianciahányados tesztet[3] alkalmazzák az indexek véletlen bolyongás jellegének megállapítására, vegyes eredményekkel. Ezek mellett összehasonlító teszteket is végeznek egy naiv modellből származó előrejelzés és egy ARIMA-GARCH specifikációból származó előrejelzés között. Az eredmények egyértelműen elutasítják a véletlen bolyongás hipotézisét a három közép-európai tőkepiacra nézve.

[3] Variance ratio test (VR).

A bennfentes kereskedés elemzésének segítségével Vajda (2003) a tőkepiaci hatékonyság erős formáját teszteli, tizennégy részvényt elemezve az 1997–2002 közötti időszakban. A vizsgálatból az derül ki, hogy a BÉT bejelentett bennfentes tranzakcióinak több mint háromnegyede eladási ügylet volt. Ennek okát a szerző a befektetők likviditásigényének és a diverzifikációs szükségletének megerősödésében látja. A rendkívüli hozamok vizsgálata azt mutatja, hogy a bennfentes kereskedés hírét a piaci szereplők nem tekintették jelzésnek, és az nem ösztönzött további kereskedést, viszont a vételi tranzakciók bizonyos feltételek között szignifikáns pozitív abnormális hozamokat generáltak, tehát a piac jelzésként értékelte azokat.

Smith és Ryoo (2003) tesztelik azt a hipotézist, mely szerint az árfolyamok véletlen bolyongást követnek öt európai feltörekvő piacra: Görögország, Magyarország, Lengyelország, Portugália és Törökország, többszörös varianciahányados-tesztet alkalmazva. Törökországot leszámítva, az összes többi piac esetén elutasítható a véletlen bolyongás hipotézis. A befolyásoló tényezőket elemezve arra derül fény, hogy a likviditás a legfontosabb: a török piac sokkal likvidebb a többinél, ezért itt az árfelfedező folyamat is sokkal intenzívebb, amivel a véletlenszerűbb, hatékonyabb viselkedés is magyarázható.

Vošvrda és Žikeš (2004) úgy találja, hogy a cseh és magyarországi indexek előrejelezhetőek, míg a lengyel nem. A szerzők Lo–MacKinlay (1999) varianciahányados-tesztjét alkalmazzák, elvetve a véletlen bolyongás nullhipotézisét a BUX- és a PX-50 indexekre, és elfogadva azt a WIG-index esetén. Mindhárom index esetén a hozamok feltételesen heteroszkedasztikusak (éppen ezért a szerzők egy GARCH-specifikációt alkalmaznak) és eltávolodnak a normális eloszlástól. Összehasonlításképpen a németországi tőzsde DAX-indexét is elemzik, ebben az esetben nem tudják elutasítani a véletlen bolyongás nullhipotézisét. Végül BDS-tesztet alkalmaznak a standardizált reziduumokra annak eldöntésére, hogy a GARCH valóban kiküszöböl minden nemlineáris hatást a hozamok idősorából: a teszt eredménye biztató abban a tekintetben, hogy az ARIMA-GARCH-modellek helyesen specifikáltak. Fontos megjegyezni azonban, hogy a szerzők a következtetésekben hangsúlyozzák, hogy a

részvényhozamok előrejelezhetősége nem feltétlenül jelenti a piac hatékonytalanságát.

Molnár (2006. 51) hatéves időtávú – 1996 és 2002 közötti – adatokon végez vizsgálatot a BUX napi hozamainak eloszlására és autokorrelációjára, és tíz ország értéktőzsdéinek indexeit összevetve azt találja, hogy „a BUX ezek közül a leginkább leptokurtikus sűrűségfüggvényt mutatta – hasonlóan kiugró csúcsosságot és vastag széleket mutatott még a brazil, hongkongi és varsói tőzsde eloszlása. Ez összhangban áll Marton (2001. 79) azon megállapításával, amely szerint válságok idején a BUX ingadozásai még a hasonló kockázati besorolású WIG ingadozásait is túlszárnyalták".

Módszertan

A véletlen bolyongás („random walk") modell

A korai megközelítések, mint említettük, a tőzsdei árfolyamok véletlen bolyongását elemezték, majd ezt a véletlenséget tekintették a tőkepiaci hatékonyság legfőbb ökonometriai vetületének. A véletlen bolyongás esetén egy adott napi árfolyam (S_t) az előző napi árfolyam (S_{t-1}) és egy nulla várható értékű, állandó varianciájú normális eloszlású véletlen változó[4] (ε_t) összege:

$$S_t = S_{t-1} + \varepsilon_t. \qquad (1)$$

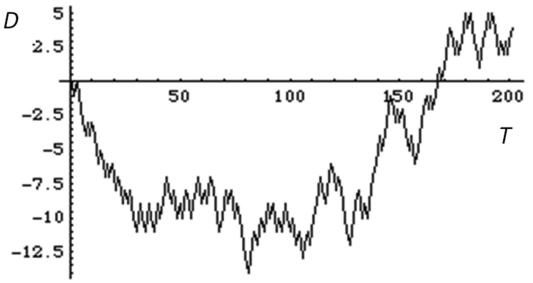
Látható, hogy több időpontra felírva:

$$S_t = S_{t-1} + \varepsilon = S_{t-2} + \varepsilon_1 + \varepsilon_2 = \ldots = S_{t-n} + \sum_{k=1}^{n} \varepsilon_k, \qquad (2)$$

amiből kitűnik, hogy egy véletlen bolyongásban a véletlen tényezők aggregálódnak. A véletlen bolyongás modellje feltételezi, hogy az értékpapírhozamok időben nem korreláltak, valamint az árfolyamok idősorának egyetlen momentumában sincs autokorreláció.

Az 1. ábra egy számítógéppel generált véletlen számok segítségével létrehozott véletlen bolyongást mutat be (D – a véletlen bolyongás, azaz folyamat által megtett távolság, T – az eltelt idő).

[3] Fehér zajnak („white noise") is nevezik.



Forrás: Wolfram (2016)

1. ábra. Szimulált véletlen bolyongás

Visszatérve a véletlen bolyongás előző pontban ismertetett modelljéhez, a $S_t = S_{t-1} + \varepsilon$ sztochasztikus folyamatot (jelen esetben az árfolyam-folyamatot) akkor nevezhetjük véletlen bolyongásnak, ha a folyamatban pontosan egy darab egységgyök van. Ez azt jelenti, hogy a folyamatot elsőrendű különbségével helyettesítve, stacioner (időben állandó varianciájú) folyamatot kapunk:

$$S_t - S_{t-1} = (1 - L)y = \varepsilon. \qquad (3)$$

Ebben az egyenletben az L változót úgy hívjuk, hogy „késleltetési operátor" („lag operator"), és egész egyszerűen a változó egy időszakkal késleltetett értékeit jelöli. Minthogy a stacionárissá tételhez első (és nem magasabb rendű) különbözeteket használtunk fel, ezért a véletlen bolyongásra azt mondjuk, hogy „elsőrendűen integrált" folyamat.

A véletlen bolyongás ökonometriai teszteléséhez úgynevezett egységgyök-teszteket vagy stacionaritás-teszteket lehet felhasználni.

Egységgyök-tesztek

A leginkább alkalmazott egységgyök-tesztek a kiterjesztett Dickey–Fuller (1979) és a Phillips–Perron (PP) (1988) tesztek.

A Dickey–Fuller (DF) próba a következő elsőrendű autoregresszív [AR(1)] folyamatból indul ki:

$$y_t = \mu + \varphi y_{t-1} + \varepsilon_t, \qquad (4)$$

ahol μ *és* φ paraméterek, ε_t pedig fehér zaj. Y pontosan akkor véletlen

bolyongás (elsőrendűen integrált), ha $\varphi=1$. Amennyiben $0<\varphi<1$, akkor a folyamat stacioner, ha pedig $\varphi>1$, a folyamat robbanásszerű (explozív). A DF próba nullhipotézise szerint a folyamatban pontosan egy darab egységgyök van, H_0: $\varphi=1$.

A kiterjesztett Dickey–Fuller („Augmented Dickey Fuller", ADF) teszt pedig a magasabb rendű különbözeteket is figyelembe veszi:

$$\Delta y_{j,t} = \mu + \varphi y_{j,t-1} + \gamma_t + \sum_{i=1}^{p} \varphi_i \Delta y_{j,t-i} + \varepsilon_t . \qquad (5)$$

A próba együttes nullhipotézise, H_0: $\mu=0$ és $\gamma=0$. Amennyiben ez nem vethető el, akkor a folyamatban egyetlen egységgyök van, az árfolyam véletlen bolyongás.

Jelen tanulmányban a teszt egy enyhén feljavított változatát alkalmazzuk, az úgynevezett ADF-GLS-tesztet,[5] melyet Elliott, Rothenberg és Stock (1996) fejlesztettek ki a kiterjesztett Dickey–Fuller módosításaként. Olyan idősorokra, amelyek determinisztikus komponenseket is tartalmaznak lineáris trend vagy konstans formájában, Elliott, Rothenberg és Stock kifejlesztett egy aszimptotikusan pont-optimális tesztet az egységgyök kimutatására. A teszt hatásosságában dominálja a többi egységgyök-tesztet. A teszt lokálisan kiküszöböli a trendet az idősorból, és a transzformált adatokon elvégzi a hagyományos ADF-tesztet. Ez az eljárás hozzásegít az átlagok és lineáris trendek kiküszöböléséhez, amelyek nincsenek messze a nem stacioner régiótól.

A Phillips–Perron-teszt nullhipotézise azonos az ADF-tesztével, csupán egy korrekciót alkalmaz az ADF-módszerhez képest a reziduális tagok autokorrelációjának kiküszöbölésére.

Stacionaritás-tesztek

A stacionaritás-tesztek abban különböznek az egységgyök-tesztektől, hogy nullhipotézisük a stacionaritás, nem pedig az első fokú integráltság (fordított hipotézisrendszer). Igen gyakran alkalmazott a szerzőikről elnevezett KPSS (Kwiatkowski–Phillips–Schmidt–Shin) teszt, melynek próbafüggvénye (Kwiatkowski et al. 1992):

[5] Augmented Dickey Fuller – Generalized Least Squares.

$$KPSS = \frac{1}{T^2} \sum_{l} \frac{S^2_t}{\sigma_T(l)}, \qquad (6)$$

ahol T az idősor hossza, S_t a hibatagok parciális összege, σ_T a hibatagok becsült volatilitása.

A KPSS-tesztet a loghozamokra érdemes elvégezni. Amennyiben ezek folyamata stacioner (nem vethető el a nullhipotézis), akkor az árfolyamok véletlen bolyongást követnek.

Előfordulhat, hogy az egységgyök-tesztek (ADF, PP) és a stacionaritás-tesztek (KPSS) egymásnak ellentmondó eredményekhez vezetnek. Ilyenkor vagy strukturális törésekre (pl. rendszerváltás), vagy úgynevezett frakcionális integráltságra (az árfolyamok hosszú távú „emlékezetére") lehet gyanakodni az árfolyamfolyamatban.

Függetlenségi tesztek

Az egyik viszonylag fiatal és igen népszerű, általános függetlenségi teszt az úgynevezett BDS (Brock–Deschert–Scheinkmann) teszt (Brock et al. 1996). A próba nullhipotézise az, hogy az idősori adatok egy független, azonos eloszlású változó (iid[6]) értékei. A BDS-teszt erősségét éppen az adja, hogy nem a normális eloszlásból indul ki, hanem bármilyen eloszlástípust kezelni tud (úgynevezett „bootstrap" technikával), valamint hogy a teszt igen erős bármiféle (lineáris, nemlineáris, kaotikus) függési formával szemben. Amennyiben ez a nullhipotézis nem vethető el, az a Ramsey-értelemben vett majdnem tökéletes véletlenszerűségnek a bizonyítéka, viszont ha elvethető, akkor nem tudjuk megállapítani az összefüggés jellegét, csak abban lehetünk biztosak, hogy az adatsorunk nem véletlen, ami egyben alapos gyanú arra nézve is, hogy a piac esetleg gyenge értelemben nem hatékony.

Eredmények

A következőkben egyetlen feltörekvő piac indexére fogunk koncentrálni: a Budapesti Értéktőzsde BUX-indexére. Számos módszer áll rendelkezésre egy piaci index véletlen vs. nem véletlen jellegének

[6] Independent, identically distributed.

eldöntésére, de mi csupán az előzőekben ismertetett módszereken alapuló számításokat ismertetjük. Elemzésünket két különálló időszakra végeztük: az egyik a 2008–2012-es nagy gazdasági világválság időszaka (2007. 1. negyedév – 2012. 4. negyedév), a második pedig az azt követő időszak (2013. 1. negyedév – 2014. 4. negyedév). Azért választottuk ezt a felbontást, mert az említett forrás alapján ezek a negyedévek voltak a GDP csökkenésének, majd emelkedésének negyedévei. Az adatok forrása az OECD adatbázisa volt (OECD 2015). A számításokat a Gretl nyílt forráskódú ökonometriai program segítségével végeztük.

Az első empirikusan szembetűnő tény az, hogy a BUX-index, sok más tőzsdeindexhez hasonlóan, nem mutat normális eloszlást (2. és 4. melléklet). A mellékletben található ábrákon jól látható a hozamok bal oldali aszimmetriája (az aszimmetria mutató („skewness") értéke negatív), továbbá a csúcsosság („kurtosis") értéke is igen magas a válság utáni időszakra, az eloszlást vastag szélek jellemzik („leptokurtosis"). A vastag szélek, vagyis a normálisnál gyakoribb, kiemelkedően magas vagy alacsony hozamok jelensége sokkal inkább egy olyan stabil eloszlással írható le, amelynek varianciája végtelen (pl. Levy- vagy Cauchy-eloszlás), összhangban Palágyi (1999) eredményeivel. Némileg intuícióellenesen, a válság periódusára számolt többletkurtózis negatív, ami azt jelenti, hogy az extrém események kevésbé gyakoriak, mint normális eloszlás esetén. Minden jel szerint a válságperiódus nem jellemezhető extrém volatilitással. A csúcsosság és aszimmetria értékeit (1. és 3. mellékletek) kombinálja a Jarque–Bera-teszt, amelynek eredménye szerint közel nulla valószínűséggel tévedünk, ha elvetjük az eloszlás normalitásának nullhipotézisét. Attól, hogy nem teljesül a hozamok normális eloszlása, még természetesen lehetne beszélni teljes függetlenségről, véletlenszerűségről, de mindenesetre elegendő gyanút kelt ahhoz, hogy bizonyos függetlenségi vizsgálatok szükségessé váljanak.

A BUX abszolút értékeire végzett tesztek a következők: ADF-GLS egységgyök-teszt, valamint a KPSS stacionaritás-teszt. A Gretl-ben végzett számítások eredményei szerint:

1. Az ADF-GLS-teszt (trendet is magába foglaló teszteléssel) alapján nem lehet elvetni az egyetlen egységgyök nullhipotézisét, tehát a BUX-

adatok véletlen bolyongást alkotnak mind a válság alatt, mind az azt követő időszakban (1. táblázat). Syriopoulos (2003) is hasonló eredményre jut az ADF és PP egységgyök-tesztek alkalmazása nyomán. Az ő tanulmányában napi indexhozamokat elemzett több feltörekvő piacon 1997 januárja és 2003 szeptembere között.

1. táblázat. Egységgyök-teszt (ADF-GLS)

Augmented Dickey-Fuller (GLS) test for BUX_Recession including 6 lags of (1-L)v1 (max was 23, criterion modified AIC) sample size 1492 unit-root null hypothesis: a = 1 with constant and trend model: (1-L)y = b0 + b1*t + (a-1)*y(-1) + ... + e 1st-order autocorrelation coeff. for e: -0.000 lagged differences: F(6, 1485) = 4.038 [0.0005] estimated value of (a - 1): -0.00360546 test statistic: tau = -1.61845 10% 5% 2.5% 1% Critical values: -2.57 -2.89 -3.15 -3.48	Augmented Dickey-Fuller (GLS) test for BUX_Normal including 5 lags of (1-L)v1 (max was 23, criterion modified AIC) sample size 488 unit-root null hypothesis: a = 1 with constant and trend model: (1-L)y = b0 + b1*t + (a-1)*y(-1) + ... + e 1st-order autocorrelation coeff. for e: 0.004 lagged differences: F(5, 482) = 1.860 [0.0999] estimated value of (a - 1): -0.0325556 test statistic: tau = -2.53822 10% 5% 2.5% 1% Critical values: -2.57 -2.89 -3.15 -3.48

Forrás: saját számítás Gretl-ben

2. A KPSS-teszt eredményei szerint el kell vetni a stacionaritás nullhipotézisét, a folyamat véletlen bolyongás, összhangban van az ADF-teszt eredményével.

2. táblázat. Stacionaritás teszt (KPSS)

KPSS test for BUX_Recession (including trend) T = 1499 Lag truncation parameter = 7 Test statistic = 1.63217 10% 5% 1% Critical values: 0.119 0.148 0.218 P-value < .01	KPSS test for BUX_Normal (including trend) T = 494 Lag truncation parameter = 5 Test statistic = 0.171351 10% 5% 1% Critical values: 0.120 0.148 0.217 Interpolated p-value 0.037

Forrás: saját számítás Gretl-ben

Úgy tűnik tehát, hogy meggyőző mennyiségű bizonyítékunk van a BUX-index véletlen bolyongás jellege mellett. Ennek ellenére elvégeztünk

még egy tesztet azért, hogy bármiféle nemlineáris függési viszonyt is kizárhassunk: a BDS tesztről van szó, melyet az előző fejezetben ismertettünk.

Ennek érdekében saját számításainkat az Eviews 7.0 ökonometriai szoftverben hajtottuk végre (a BDS nem volt elérhető Gretl-ben), lefuttatva a BDS-tesztet a BUX napi záróárfolyamaira mindkét periódusra: BUX_Recession (2007 Q1 – 2012 Q4), illetve BUX_Normal (2013 Q1 – 2014 Q4). Eredményeink minden korrelációs dimenzió mellett szignifikánsak (4. táblázat), tehát az iid nullhipotézis elvethető, a budapesti napi hozamsorok nem egy független, azonos eloszlásból származnak, ami összhangban van más hasonló tanulmányokkal a szakirodalomból (Rebedia 2014). Ennek ellenére kellő körültekintéssel kell értelmeznünk ezt az eredményt: habár úgy tűnik, hogy az eredmény egy bizonyos fajta függőségi viszonyt implikál az index idősorában, ez nem jelent önmagában bizonyítékot a tőkepiac hatékonyságával szemben, csupán annyit, hogy az árfolyamokban van egy bizonyos fokú nemlineáris (kaotikus) függőség, tehát a véletlen bolyongás, amellyel ez leírható, nem tökéletesen véletlen. Ez önmagában nem jelenti azt, hogy ezen nemlineáris függőség alapján bizonyos befektetők szisztematikusan túlteljesíthetik a piacot, márpedig ez lenne a végső bizonyítéka a piaci hatékonyság hiányának.

3. táblázat. BDS függetlenségi teszt

BDS Test for BUX_RECESSION
Date: 04/10/15 Time: 19:49
Sample: 1/01/2007 12/31/2012
Included observations: 1566

Dimension	BDS Statistic	Std. Error	z-Statistic	Prob.
2	0.194373	0.001743	111.4936	0.0000
3	0.330286	0.002755	119.8672	0.0000
4	0.424304	0.003262	130.0611	0.0000
5	0.488682	0.003380	144.5653	0.0000
6	0.532080	0.003241	164.1946	0.0000

BDS Test for BUX_NORMAL
Date: 04/10/15 Time: 20:00
Sample: 1/01/2013 12/31/2014
Included observations: 522

Dimension	BDS Statistic	Std. Error	z-Statistic	Prob.
2	0.159608	0.002871	55.59032	0.0000
3	0.268036	0.004546	58.95444	0.0000
4	0.337953	0.005393	62.66819	0.0000
5	0.381544	0.005598	68.15887	0.0000
6	0.406663	0.005376	75.64533	0.0000

Forrás: saját számítás Eviews-ban

Összességében az ADF-GLS és KPSS egységgyök- és stacionaritástesztek meggyőzően demonstrálták a BUX-index véletlen bolyongás jellegét. Ez az eredmény önmagában robusztus, de némiképpen árnyalt azáltal, hogy ez a véletlenszerűség nem jelent tökéletes függetlenséget, nem akadályozza meg ugyanis a nemlineáris függőségeket, amint az a BDS-tesztből kiderült. Mindent összevetve, a Budapesti Értéktőzsde hatékonysága nem kérdőjelezhető meg ezen bizonyítékok birtokában.

Azonnal adja magát a kérdés, hogy ez a következtetés az elemzett periódus sajátossága, vagy pedig általánosabb és kijelenthető, hogy a BUX-index mindig is (1991-es bevezetésétől) egy véletlen bolyongás volt?

Annak érdekében, hogy ezt megválaszolhassuk, elvégeztük a korábban bemutatott teszteket a fennmaradó periódusra is, konkrétan az 1991. január 1. és 2007. november 15. közötti időszakra.

Empirikus számításaink alapját az a tény képezte, hogy a BUX-index, sok más tőzsdeindexhez hasonlóan, nem mutat normális eloszlást. A hozamok bal oldali aszimmetriát mutatnak [az aszimmetria-mutató („skewness") értéke negatív], továbbá a csúcsosság („kurtosis") értéke is igen magas (16), az eloszlást vastag szélek jellemzik („leptokurtosis"). A vastag szélek, vagyis a normálisnál gyakoribb kiemelkedően magas vagy alacsony hozamok jelensége sokkal inkább egy olyan stabil eloszlással írható le, amelynek varianciája végtelen (pl. Levy- vagy Cauchy-eloszlás), összhangban Palágyi (1999) eredményeivel. A csúcsosság és aszimmetria értékeit kombinálja a Jarque–Bera-teszt, amelynek eredménye szerint közel nulla valószínűséggel tévedünk, ha elvetjük az eloszlás normalitásának nullhipotézisét. Attól, hogy nem teljesül a hozamok normális eloszlása, még természetesen lehetne beszélni teljes függetlenségről, véletlenszerűségről, de mindenesetre elegendő gyanút kelt ahhoz, hogy bizonyos függetlenségi vizsgálatok szükségessé váljanak.

A BUX abszolút értékeire végzett tesztek a következők: ADF és KPSS egységgyök-teszt, valamint a frakcionális integráltság felmérésére alkalmas Geweke–Porter–Hudak-teszt (Geweke et al. 1983). A Gretl-ben végzett számítások eredményei szerint:

1. Az ADF-teszt alapján nem lehet elvetni az egyetlen egységgyök nullhipotézisét, tehát a BUX-adatok véletlen bolyongást alkotnak.

Syriopoulos (2003) is hasonló eredményre jut az ADF és PP egységgyök-tesztek alkalmazása nyomán. Tanulmányában napi indexhozamokat elemzett több feltörekvő piacon 1997 januárja és 2003 szeptembere között.

2. A KPSS-teszt eredményei szerint el kell vetni a stacionaritás nullhipotézisét, a folyamat véletlen bolyongás, összhangban az ADF-teszt eredményével.

3. Mivel a két egységgyök-teszt egymásnak nem mond ellent, ezért nem áll fenn a frakcionális integráltság alapos gyanúja, amit a Geweke–Porter-Hudak-teszt eredménye is megerősít. A GPH által megbecsült integráltsági fok 0,99, azaz közel egy, tehát a BUX esetében nem beszélhetünk hosszú távú memóriáról.

A BUX napi loghozamaira végzett tesztek a következők: a BDS függetlenségi teszt Eviews 7.0-ban és az úgynevezett Hurst exponens a Gretl-ben (Hurst 1951).

A BDS-teszt szerint eredményeink minden korrelációs dimenzió mellett szignifikánsak, tehát az iid nullhipotézis elvethető, a budapesti napi hozamsorok nem egy független, azonos eloszlásból származnak, ez még azonban nem jelenti a hatékonyság elvetését. Továbbá megvizsgáltuk, hogy milyen mértékben tekinthetőek a BUX hozamai fehér zajnak, amint azt a véletlen bolyongás modellje implikálná? A megbecsült Hurst-exponens H=0,59-nek jött ki, amely meglehetősen közel van a tökéletes fehér zaj H=0,5-ös értékéhez.

Összefoglalva mindezen eredményeket, és egybevetve a válság alatti, illetve utáni eredményekkel, melyeket előzetesen ismertettünk, némely magabiztossággal állíthatjuk, hogy a BUX-index 1991-es bevezetése óta mutatta a véletlen bolyongás jegyeit.

Ezek után adja magát a következő kérdés: a véletlen bolyongás csupán a Budapesti Értéktőzsde izolált jellemzője, vagy pedig más piacokon is kimutatható a régióban? Ennek megválaszolására ismét a szakirodalomhoz fordultunk a következő következtetésekkel: Luhan et al. (2011) a piaci hatékonyságot tesztelik a prágai tőkepiacon 2007–2010 között. Konkrétabban piaci anomáliákat, az úgynevezett január-hatást tesztelik, mely szerint a januári hozamok szignifikánsan magasabbak az év többi

hónapjának hozamánál. Eredményeik nem erősítik meg a január-hatás jelenlétét, amit a szerzők a cseh tőkepiac hatékonyságaként értelmeznek. Kristoufek és Vosvrda (2012) bevezetnek egy új mutatót a tőkepiac hatékonyságának mérésére, mely figyelembe veszi a hozamok korrelációs struktúráját (hosszú és rövid távú memória) és a lokális nyáj-viselkedést is (fraktál dimenzió). Elemzésük a 2000–2011-es időszakot öleli fel. A hatékonysági mutatót úgy értelmezik, mint egy ideálisan hatékony piactól mért távolságot. Elemzésükben a japán piac bizonyult a leghatékonyabbnak (Nikkei-index), de figyelemre méltóan a magyarországi piac (BUX-index) harmadikként, a cseh piac (PX-index) pedig kilencedikként végzett, megelőzve számos fejlett piacot. Az osztrák piac (ATX-index) 21., míg a lengyel piac (WIG-index) 27. helyen végzett, valahol a toplista közepe tájékán.

A Dritsaki (2011) által használt adatok a visegrádi országok (Lengyelország, Csehország, Magyarország és Szlovákia) tőkepiaci indexeire vonatkoznak. A szerző havi adatokat használ 1997 áprilisától 2010 februárjáig, és autokorrelációs, valamint egységgyök-teszteknek veti alá őket. Mindkét módszer szerint a visegrádi országok tőzsdeindexei egy egységgyökkel rendelkeznek és véletlen bolyongást követnek, ami a szerző szerint megerősíti ezen országok tőkepiacainak gyenge formájú hatékonyságát.

Gajdošová et al. (2011) eredményei szerint az olyan anomáliák, mint pl. a hét napjai hatás az általuk elemzett piacokon (Magyarország, Lengyelország, Csehország, Szlovákia és Törökország) csupán a pénzügyi válság alatt voltak tapasztalhatók (ők is felosztották az elemzett periódust válság alatti és előtti időszakokra). Az elemzett tőkepiacok hatékonynak tűnnek a pénzügyi válságot leszámítva, tehát a pénzügyi válság hatékonytalanságot eredményez a tőkepiacok viselkedésében.

Az egyik korai, de igen sokat idézett elemzése a Bécsi Értéktőzsdének Huber (1997) tollából származik, aki a többszörös varianciahányados tesztet alkalmazza a részvényárfolyamok véletlen bolyongásának leteszte lésére. Kezdetben azt találja, hogy a napi záró adatok visszautasítják a véletlen bolyongás hipotézisét az egyedi részvényekre és mindkét tőzsdeindexre (Wiener Boerse Kammer index, ATX index) egyaránt.

Azonban ugyanazokat a teszteket egy almintán végrehajtva (1990–1992 között) az a következtetés adódik, hogy miként a piac intézményileg és likviditási szempontból éretté válik, az árfolyamok közelítenek a véletlen bolyongás felé. Hovatovább, az egyéni értékpapírok akkor is véletlen bolyongást mutatnak, ha a számítás heti hozamokon alapszik.

Millionis és Papanagiotou (2011) három értékpapírpiacon (New York-i Értéktőzsde, Athéni Értéktőzsde és Bécsi Értéktőzsde) bizonygatják, hogy technikai elemzés segítségével abnormális hozamok érhetőek el, amelyek túlszárnyalják a passzív „buy and hold" stratégia hozamát, tehát ők kétségbe vonják az ausztriai tőkepiac véletlen bolyongás jellegét.

Mindent összevetve, úgy tűnik, hogy túlsúlyban vannak a bizonyítékok amellett, hogy a tőkepiaci hatékonyság és a véletlen bolyongás nem korlátozódik a magyarországi tőkepiacra, hanem az egész régió sajátja.

Következtetések

Gondolamenetünk végighúzódó motívuma, hogy az emberek menynyire sikeresen képesek előrejelezni a pénzügyi piaci kimeneteket. A hatékony piac teória proponensei azt állítják, hogy az összes nyilvánosan rendelkezésre álló információ, amely értékpapír-árváltozást indukál, az a piac által hatékonyan beszámítódik az értékpapír folyó árába. Ezért, hacsak a befektető nem rendelkezik speciális vagy bennfentes információval, ami nem áll a piac egészének rendelkezésére, akkor a befektető képes anticipálni az árváltozásokat.

Keynes elméletében, szemben a klasszikus hatékony piac teóriával, az emberek felismerik, hogy a jövő bizonytalan. Keynes szerint, ha a piaci résztvevők úgy gondolják, hogy a jövő ma bizonytalanabb, mint tegnap volt, akkor még ma csökkenteni fogják cash-flow elköteleződésüket annak érdekében, hogy erősítsék likviditási pozícióikat. Keynes így ír a bizonytalanság átható erejéről: „Azt feltételezni, hogy a jövő kiszámítható, a magatartási elvek hibás interpretációjához vezet" (Keynes 1937. 122). Tehát minél hosszabb idő telik el a választás és a következmény megjelenése között, annál valószínűbb, hogy az egyének megsejtik, hogy döntéseiket igazi bizonytalansági közegben kell hogy meghozzák.

Hangsúlyozandó, hogy az itt bemutatott empirikus eredmények, melyek részben saját eredményeink, részben a szakirodalomból merítettek, közvetett jellegűek a piaci hatékonyság tekintetében. Az információs hatékonyság közvetlen tesztelése helyett, mely csaknem lehetetlen feladat, különböző specifikációkat mutattunk be a tőzsdeindexek véletlen bolyongás jellegéről. Ezek tulajdonképpen idősori modellek, amelyek képesek megragadni, hogy az árfolyamok milyen mértékben térnek el a tökéletes véletlenszerűségtől. Mindazonáltal ezek a kitérések nagyon ritkán és nehezen aknázhatók ki többlethozam szerzésére. Ebben a tekintetben nem találtunk releváns különbséget a három vizsgált periódus között.

Az eltelt évtizedekben számos tanulmány vette górcső alá a magyarországi tőkepiac hatékonyságának egyik vagy másik vetületét. Ezek a tanulmányok javarészt megerősítették a korábbi irodalom eredményeit, néhol azonban ellentmondtak azoknak. Ebből a szakirodalmi kitekintésből az a rendkívül fontos következtetés adódik, hogy még ha dokumentálhatóak is eltérések a tökéletes hatékonyságtól, ezeket az eltéréseket nem lehet szisztematikusan és robusztusan kihasználni profittöbblet szerzésére.

Összefoglalva állíthatjuk, hogy számos magyarázat létezik a rövid távú áringadozásokra, de minden jel szerint még a rövid távú megbízható előrejelzés is lehetetlen ezen a téren. Mi több, minden, amit elmondhatunk a rövid távú árfolyam-alakulásról, az a piaci hatékonyság modelljéből származó magyarázatokból ered. Ez megerősíti a Grosmann–Stiglitz-féle nem tökéletes hatékonyságot, amelyet a következőképpen summázhatunk: „nincs tökéletes véletlen, de hatékonyság van”.

Irodalomjegyzék

Alács, P.–Jánosi, I. M. 2001. Modelling the BUX index by a novel stochastic differential equation. *Physica A* 299(1–2), 273–278.

Andor, Gy.–Ormos, M.–Szabó, B. 1999. Empirical tests of capital asset pricing model (CAPM) in the Hungarian capital market. *Periodica Polytechnica Ser. Soc. Man. Sci.* 7(1), 47–61.

Birkhoff, G. D. 1931. Proof of the Ergodic Theorem. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 17, 656–660.

Brock, W. A.–Dechert, W. D.–LeBaron, B.– Scheinkman, J. A. 1996. A Test for Independence Based on the Correlation Dimension. *Econometric Reviews* 15(3), 197–235.

Davidson, P. 1982–1983. Rational Expectations: A Fallacious Foundation for Studying Crucial Decision Making. *Journal of Post-Keynesian Economics* 5(2), 182–198.

Davidson, P. 2008. Securitization, Liquidity and Market Failure. *Challenge Magazine* 51(3), 43–56.

Davidson, P. 2009. *Risk and Uncertainty in Economics*. http://econ.utk.edu/documents/davidsonpapers/RISKANDUNCERTAINTY-INECONOMICS.pdf, letöltve: 2015.02.01.

Davidson, P. 2012. Is Economics a Science? Should Economics be Rigorous? *Real-World Economics Review* 59, 58–66.

Davidson, P. 2007. Are we making progress toward a civilized society? *Journal of Post Keynesian Economics* 29(3), 521–528.

Dickey, D. A.–Fuller, W. A. 1979. Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root. *Journal of the American Statistical Association* 74(366), 427–431.

Dritsaki, C. 2011. The Random Walk Hypothesis and Correlation in the Visegrad Countries Emerging Stock Markets. *The Romanian Economic Journal* XIV(40), 25–56.

Elliott, G.–Rothenberg, T. J.–Stock J. 1996. Efficient Tests for an Autoregressive Unit Root. *Econometrica* 64(4), 813–836.

Fama, E. F. 1970. Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work. *Journal of Finance* 25(2), 383–417.

Fama, E. F. 1998. *Market Efficiency, Long-Term Returns and Behavioural Finance*. Oxford: Oxford University Press.

Fama, E. F.–French, K. R. 1988. Permanent and Temporary Components of Stock Prices. *Journal of Political Economy* 96(2), 246–273.

Gajdošová, K.–Heryán, T.–Tufan, E. 2011. Day of the week effect in the European emerging Stock markets: recent evidence from the financial crisis period. *Scientific Papers of the University of Pardubice, Series D* 15(19), 38–51.

Geweke, J.–Porter-Hudak, S. 1983. The estimation and application of long memory time series models. *Journal of Time Series Analysis* 4(4), 221–238.

Gilmore, C. G.–Porter-Hudak, S. 1983. The estimation and application of long memory time series models. *Journal of Time Series Analysis* 4(4), 221–238.

Grossman, S. J.–Stiglitz, J. E. 1980. On the Impossibility of Informationally Efficient Markets. *American Economic Review* 70(3), 393–408.

Grubits, L. 1995a. A hatékony tőkepiacok elmélete és a Pick-részvény árfolyama I., *Bankszemle* 39(3–4), 42–53.

Grubits, L. 1995b. A hatékony tőkepiacok elmélete és a Pick-részvény árfolyama II., *Bankszemle* 39(5), 21–28.

Huber, P. 1997. Stock market returns in thin markets: evidence from the Vienna stock exchange. *Applied Financial Economics* 7(5), 493–498.

Hurst, E. H. 1951. Long-term storage capacity of reservoirs. *Transactions of the American Society of Civil Engineers* 116, 770–808.

Kendall, M. G. 1953. The Analysis of Economic Time Series. *Journal of the Royal Statistical Society, Series A* 96, 11–25.

Keynes, J. M. 1936. *The General Theory of Employment Interest and Money*. New York: Harcourt, Brace and Company.

Keynes, J. M. 1937. The General Theory of Employment. *Quarterly Journal of Economics* 51(2), 209–223.

Keynes, J. M. 1939. Professor Tinbergen's Method. *Economic Journal* 49, 558–568.

Kolmogorov, A. N. 1934. *Foundations of the Theory of Probability*. New York: Chelsea.

Kristoufek, L.–Vošvrda, M. 2012*:* Measuring capital market efficiency: Global and local correlations structure. *Physica A*: *Statistical Mechanics and its Applications* 392(1), 184–193.

Kwiatkowski, D.–Phillips, P. C. B.–Schmidt, P.–Shin, Y. 1992. Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root. *Journal of Econometrics* 73(1), 285–302.

Lo, A. W.–MacKinlay, A. C. 1999. *A Non-Random Walk Down Wall Street*. Princeton: Princeton University Press.

Lucas, R. E. 1978. Asset Prices in an Exchange Economy. *Econometrica* 46(6), 1429–1445.

Luhan, J.–Novotná, V.–Obrová, V. 2011. January Effect at the Czech Capital Market. *Intellectual Economics* 5(4), 602–612.

Lukács, P. 2003. Értékpapírok hozamának eloszlása és a tőzsdei kapitalizáció. *Szigma* 34(1–2), 31–43.

Marton, R. 2001. A magyar tőkepiac hatékonyságának vizsgálata. *Bankszemle* 45(4–5), 72–87.

Millionis, A. E.–Papanagiotou, E. E. 2011. A test of significance of the predictive power of the moving average trading rule of technical analysis based on sensitivity analysis: application to the NYSE, the Athens Stock Exchange and the Vienna Stock Exchange. Implications for weak-form market. *Applied Financial Economics* 21(6), 421–436.

Molnár, M. A. 2006. *A magyar tőkepiac vizsgálata pénzügyi viselkedéstani módszerekkel*. PhD-értekezés. Budapest: Corvinus Egyetem.

Neumann, J. 1932. Proof of the Quasi-ergodic Hypothesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 18(1), 70–82.

OECD 2015. https://stats.oecd.org/index.aspx?queryid=350, letöltve: 2015.02.01.

Palágyi, Z. 1999. Árfolyamingadozások és kockázatbecslés a Budapesti Értéktőzsdén. *Szigma* 30(1–2), 27–33.

Palágyi, Z. 2002. *Stabil eloszlások alkalmazása pénzügyi idősorok modellezésében*. PhD-értekezés. Budapest: BKÁE.

Phillips, P. C. B.–Perron, P. 1988. Testing for unit roots in time series regression. *Biometrika* 75(2), 335–346.

Poterba, J. M.–Summers, L. H. 1988. Mean Reversion in Stock Prices. *Journal of Financial Economics* 22(1), 27–59.

Rappai, G. 1995. A hatékony tőkepiacok elmélete a gyakorlatban. In: Vörös, J. (szerk.) *Studio Oeconomica Jubileumi Tanulmánykötet*. Pécs: JPTE, 286–312.

Rebedia, C. V. M. 2014. *Complex nonlinear dynamics of financial time series. An empirical analysis using chaos theory. Dissertation paper*. Bucharest: The Academy of Economic Studies.

Rockinger, M.–Urga, M. 2000. The evolution of stock markets in transition economies. *Journal of Comparative Economics* 28(3), 456–472.

Samuelson, P. A. 1965. Proof that Properly Anticipated Prices Fluctuate Randomly. *Industrial Management Review* 6(Spring), 41–49.

Samuelson, P. A. 1969. Classical and Neoclassical Theory. In: Clower, R. W. (ed.) *Monetary Theory.* London: Penguin Books.

Shiller, R. J. 2000. *Irrational Exuberance*. Princeton: Princeton University Press.

Smith, G.–Ryoo, H-J. 2003. Variance ratio tests of the random walk hypothesis for European emerging stock markets. *The European Journal of Finance* 9(3), 290–300.

Syriopoulos, T. 2003. *Prospects for Portfolio Investments to Emerging European Stock Markets*. Athens: 2nd HFAA Annual Conference.

Taylor, P.–Shipley, D. 2009. *Probably Wrong – Misapplications of Probability and Statistics in Real Life Uncertainty*. Oxford: Oxford University Press.

Vajda, I. 2003. Bennfentes kereskedelem. *Közgazdasági Szemle* 50(3), 235–253.

Vošvrda. M.–Žikeš, F. 2004. An Application of the Garch-T Model on Central European Stock Returns. *Prague Economic Papers* 1, 26–39.

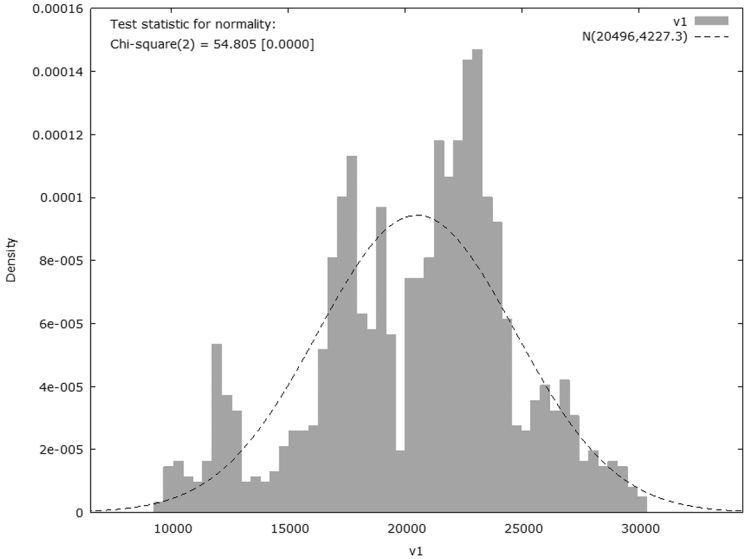
Wolfram 2015. http://documents.wolfram.com, letöltve: 2015.02.01.

Mellékletek

1. Melléklet. Leíró statisztikák a BUX_Recession változóra (1499 érvényes megfigyelés)

Mean	Median	Minimum	Maximum
20495.9	21267.8	9461.2	930118.1
Std. Dev.	C.V.	Skewness	Ex. kurtosis
4227.31	0.206252	-0.373944	-0.170081

2. Melléklet. Gyakorisági eloszlás és normalitás-teszt a BUX_Recession változóra

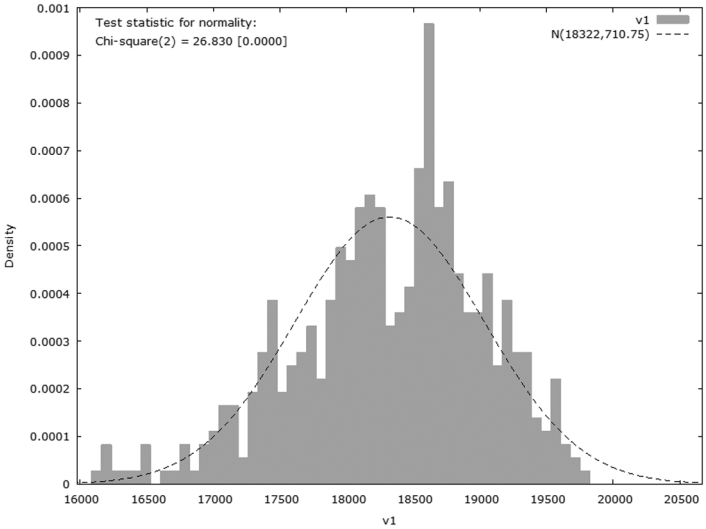


Tests for normality of BUX_Recession:
Doornik-Hansen test = 54.8047, with p-value 1.25695e-012
Shapiro-Wilk W = 0.979324, with p-value 7.30176e-014
Lilliefors test = 0.0739398, with p-value ~= 0
Jarque-Bera test = 36.7419, with p-value 1.05098e-008

3. Melléklet. Leíró statisztikák a Bux_Normal változóra (494 érvényes megfigyelés)

Mean	Median	Minimum	Maximum
18321.9	18409.3	16123.3	19789.1
Std. Dev.	C.V.	Skewness	Ex. kurtosis
710.749	0.0387923	-0.502165	0.0738103

4. Melléklet. Gyakorisági eloszlás és normalitás-teszt a Bux_Normal változóra



Test for normality of BUX_Normal:
Doornik-Hansen test = 26.8297, with p-value 1.49281e-006
Shapiro-Wilk W = 0.9809, with p-value 4.43245e-006
Lilliefors test = 0.0658131, with p-value ~= 0
Jarque-Bera test = 20.8741, with p-value 2.93251e-005