

ИЗМЕРВАНЕ НА СТЕПЕНТА НА ИНТЕГРАЦИЯ МЕЖДУ ГРУПА ОТ ФОНДОВИ ПАЗАРИ

Направен е опит за систематично изложение и класификация на познатите в литературата методи за измерване на степента на интеграция между група от фондови пазари. За всеки клас от методи е проведен анализ на неговите предимства, недостатъци, ограничения и проблеми с практическо значение. В техния контекст и въз основа на направения литературен преглед е предложена методика за измерване на степента на интеграция между двойка фондови пазари, която е основана на концепцията за ТВ кохеренция (кохеренция, базирана на трансформация с вълнички). Предимствата и възможностите са илюстрирани на базата на данни за пазарите на акции в България и САЩ.¹

JEL: C58; G15; F65

Пазарна интеграция

Съгласно класическата дефиниция² перфектна интеграция между група пазари е налице тогава, когато между тях не съществуват пречки или ограничения върху свободното движение на капитали,³ което означава, че два актива, характеризиращи се с еднакъв риск, но търгувани на различни пазари, трябва да имат една и съща очаквана възвръщаемост. Противоположното понятие е пълната пазарна сегментация, при която съществуват осезаеми пречки и ограничения върху движението на капиталите. Перфектната интеграция и пълната сегментация са гранични случаи с теоретично значение, но на практика фондовите пазари са интегрирани само в определена степен, чиято адекватна оценка е с голямо практическо значение в портфолио мениджмънта. От една страна, рисковата премия за даден инвестиционен портфейл е функция на степента на пазарна интеграция, асоциирана с включените в портфейла активи. От друга страна, ефективна диверсификация на риска може да бъде постигната чрез портфейлна инвестиция в активи, търгувани на слабо интегрирани пазари.

* СУ „Св. Климент Охридски“, катедра „Статистика и иконометрия“, bpelova@feb.uni-sofia.bg.

¹ Boryana Bogdanova. MEASURING THE DEGREE OF INTEGRATION WITHIN A GROUP OF STOCK MARKETS. *Summary*. An attempt was made to systemize and classify the well-known methods of measuring the degree of integration within a group of stock markets. An analysis was made for each class of methods in view of its major advantages, disadvantages, limitations and problems, of practical significance. In their context and on the grounds of the literature review a methodology was presented how to measure the degree of integration between a couple of stock markets, based on the concept of WT coherence (coherence, based on the wavelet transform). The provided advantages and the opportunities are illustrated in the basis of data on the stock markets in Bulgaria and the USA.

² Използвана е дефиницията, приложена в Maginn, et al. (2007).

³ Ограниченията могат да бъдат от правнорегулационен характер или да са следствие от културни и други инвеститорски предпочитания.

Същевременно с оглед на зачестилите финансови кризи важноста на пазарната интеграция все повече се увеличава. Бекарт и съавтори (Beckaert et al., 2011) провеждат изследване върху механизмите на разпространение на финансови инфекции. Те дефинират две хипотези, едната от които е наречена „хипотеза на глобализацията“ (globalization hypothesis). Според нея разпространението на финансова инфекция засяга в най-голяма степен тези пазари, които са най-силно интегрирани с пазара в криза. Въпреки че глобално интегрираните фондови пазари са изложени на по-голям риск от финансови инфекции, достигането на възможно по-високо ниво на интеграция е сред водещите цели при изготвянето на регулаторни политики, тъй като с увеличаването ѝ на даден национален пазар се намалява цената на местния капитал.

Може да се обобщи, че адекватната оценка на степента на интеграция на даден фондов пазар с други пазари е от съществено значение както при вземането на инвестиционни решения, така и при изготвянето на регулаторни политики. В литературата съществуват разнородни методи за измерването ѝ. Някои от тях се основават на анализа на краткосрочните характеристики на данните, а други – на дългосрочните, което вероятно е причината за липсата на еднозначно възприет метод.

С оглед важноста на проблема тук е направен систематизиран преглед върху методите за измерване на степента на пазарна интеграция, като са анализирани съществените предимства, недостатъци, ограничения и проблеми с практическо значение. Представени са накратко две скорошни проучвания (Bogdanova, 2014a и 2014b), в които се изследват промените в степента на интеграция на група от фондови пазари, настъпили вследствие на финансово-икономическата кризата от 2007-2009 г. и гръцката дългова криза. Резултатите са получени чрез приложение на ТВ кохеренция,⁴ като трябва да се отбележи тяхната иновативност, както и фактът, че те илюстрират силата на аналитичния потенциал, предлаган от този изследователски инструмент. На практика обаче резултатите са изведени чрез „ад хок“ процедура, тъй като поради нейната фактическа новост в литературата все още липсва добре дефинирана методика за прилагането на ТВ кохеренция с цел измерване степента на пазарна интеграция. Това е осезаема пречка за използването ѝ в емпирични изследвания, посветени на темата за интеграцията на фондовите пазари.⁵ От тази гледна точка целта на нашето изследване е разработването на такава методика, в основата на изпълнението ѝ е направеният преглед на познатите

⁴ Това е инструмент от ново поколение, който дава възможност за анализ на съществуващите в данните зависимости на различни нива, като по този начин се извлича информация, която остава скрита при приложение на конвенционалния иконометричен апарат.

⁵ Трябва да се отбележи, че макар вече да е налице свободно достъпен пакет от функции в Matlab, с чиято помощ сравнително лесно би могла да се изчисли ТВ кохеренцията между два времеви реда, основният проблем произтича от неяснотата в смисъла и тълкуването на получените резултати.

в литературата методи за измерване на пазарна интеграция. Въз основа на техния анализ са формулирани двете основни опорни точки в методиката, които са адаптирани към емпиричните резултати от Bogdanova (2014b). Практическото приложение на предложената методика е илюстрирано върху данни за българския и американския пазар на акции.

Конвенционални методи за измерване на степента на пазарна интеграция

В литературата няма спор относно дефиницията на понятието „пазарна интеграция“, но липсва еднозначно приет метод за нейното измерване. Ето защо тук е направен опит за класификация и систематично представяне на основните методи в контекста на техните по-важни предимства и недостатъци, като се допълни и надгради прегледът върху проблематиката. Тъй като съществуват голям брой изследвания, посветени на темата, част от които предлагат обширен литературен преглед, на места са цитирани само хрестоматийни източници с препратка към използваната в тях библиография.

Първата група методи са тясно свързани с дефиницията за пазарна интеграция. При тях степента на интегрираност на група от фондови пазари се определя с помощта на модел за оценка на капиталовите активи. В по-ранните трудове⁶ въз основа на оцененния модел се тества хипотеза дали цената на пазарния риск е една и съща на всеки от фондовите пазари. Основната критика към този тип методи е формулирана от Бекарт (Bekaert, 1995), според когото съществен проблем е липсата на всеобщо възприет международен модел за оценка на активи,⁷ тъй като получените резултати зависят до голяма степен от избрания модел.

При този подход динамиката и промените в степента на интеграция могат да се проследят, като параметрите на приложения факторен модел се оценят върху различни периоди от извадката, които обикновено се определят въз основа на събитие или група от събития с важна роля в развитието на изследвания пазар⁸. Проблем с практическо значение е правилното разделяне на извадката на подпериоди. Във връзка с това Бекарт и съавтори

⁶ Към този списък принадлежат изследването на Campbell & Namas (1992) както и цитираните в него литературни източници.

⁷ Тази критика е актуална и към днешна дата. След моделите на Sharpe (1964) и Ross (1976), в които се допуска пълна пазарна сегментация, и международният модел на Adler & Dumas (1983) и Solnik (1983), който допуска наличието на перфектна пазарна интеграция, са направени опити за модели, в които пазарите са само частично сегментирани (Stulz, 1981; Errunza & Losq, 1985), като в по-новите публикации (Bekaert & Harvey, 1995; Adler & Qi, 2003; Hardouvelis, et al., 2006; Carriero, et al., 2007; Chambet & Gibson, 2008; Aruori & Foulquer, 2012) степента на сегментация варира във времето. Въпреки и това никой от тези модели не е възприет еднозначно, което се дължи на множеството използвани допускания, част от които често се оказват нереалистични с оглед на изследваната икономическа система.

⁸ Най-често извадката от наблюдения се разделя на наблюдения преди и след приемане на мерки за либерализирането на съответния пазар.

(Beckaert, et al., 2002) провеждат мащабно проучване върху интеграцията на 20 възникващи фондови пазара със световните капиталови пазари. Авторите предлагат анализ на редица финансови и икономически променливи за идентификацията на вероятната дата на настъпване на значима структурна промяна, която се свързва с повишена степен на интеграция. Важен извод е, че след настъпване на структурната промяна, възникващите фондови пазари са с повишена пазарна капитализация и ликвидност, а борсовите възвръщаемости се характеризират с по-висока волатилност и по-силна корелация с възвръщаемостите на световните пазари.

Този извод дава мотивацията на втората група от изследванията, използващи коефициента на корелация $\rho = \text{corr}(X, Y), X = \{X_1, \dots, X_T\}, Y = \{Y_1, \dots, Y_T\}$, като мерило за степента на интеграция между два пазара.⁹ Такъв подход, освен че е бърз и лесен за приложение, е предпочитан от редица автори, тъй като не е необходимо въвеждането на каквито и да е допускания. За да се изследва промяната в степента на пазарната интеграция, може да се пресметне динамичен коефициент на корелация $\{\rho_i, i = 1, \dots, T - n\}$.¹⁰ Принципът е да се конструира прозорец с дължина от n наблюдения, който да се движи върху времевата ос.¹¹ В Chelley-Steeley (2005) динамиката в коефициента на корелация се моделира в рамките на изгладен анализ на прехода (smooth transition analysis), като по този начин може лесно да се идентифицира дали е налице преход от пазарна сегментация към пазарна интеграция.

Въпреки че използването на коефициента на корелация е лесен и предпочитан метод, той е свързан и с определени недостатъци. На първо място може да се посочи фактът, че за неговото пресмятане традиционно се използват исторически данни, а както се отбелязва например в Adam, et al., (2002), между историческите възвръщаемости може да е налице корелация вследствие на това, че и двата пазара са под въздействието на един и същи шок (например петролен или инфлационен), а не поради наличието на интеграция. Във връзка с това още Бекарт (Beckaert, 1995) предлага линейна регресия, чрез която представя историческите възвръщаемости като сума от очаквана и случайна компонента. Коефициентът на корелация между очакваните компоненти се използва като мерило за степента на интеграция между тези пазари, докато корелацията между случайните компоненти отразява влиянието на новините за глобални фактори. Авторът отбелязва, че основното ограничение на този подход произлиза от модела, с който се дефинира очакваната възвръщаемост, и дава предписания в кои случаи получените резултати ще са неточни.

⁹ Обикновено времевите редове $\{X_t, t = 1, \dots, T\}$ и $\{Y_t, t = 1, \dots, T\}$ представляват възвръщаемости на основните борсови индекси на изследваната двойка пазари (вж. например Fürstemberg & Jeon, 1989; Roll, 1989).

¹⁰ Вж. например Стоянов (2011).

¹¹ Това е т. нар. метод на въртящата се извадка (от английския термин „rolling sample“).

Когато коефициентът на корелация се прилага за анализ на разпространението на финансова инфекция, трябва да се посочи още един проблем. Според изследването на Форбс и Ригабон (Forbes & Rigobon, 2002) корелацията между двойка пазари (cross-market correlation) зависи от тяхната волатилност и тъй като по време на криза пазарите се характеризират с по-голяма волатилност, то и оценките на корелационните коефициенти са изместени в посока към завишение от реалните им стойности. Това означава, че ако на базата на динамиката на коефициента на корелация се направи извод относно разпространението на финансова зараза, то при всички случаи (дори и когато липсва заразяване) оцененият коефициент ще е с по-висока стойност за периода на кризата поради увеличената волатилност на пазарите.

С оглед на тази критика в Serwa & Bohl (2005) се използва динамичен коефициент на корелация, адаптиран към наличието на хетероскедастичност (heteroscedasticity-adjusted correlation coefficients), а в Kim, et al. (2005) проблемът е решен чрез приложение на концепцията за динамичен условен коефициент на корелация (time varying conditional correlation), предложена за пръв път от Engle (2002). Авторите провеждат анализ в рамките на двумерен ARMA-EGARCH-t модел, като така се взимат под внимание редица важни характеристики на борсовите възвръщаемости.¹² Други изследвания, които също прилагат концепцията на динамичен условен коефициент на корелация, са Kim, et al. (2006), Chiang, et al. (2007) и Wang & Moore (2008). Трябва да се отбележи, че въвеждането на модел с цел преодоляване критиката на Forbes & Rigobon (2002) е свързано със значително усложнение в процедурата за оценка, а точността на получените резултати зависи от адекватната спецификация на модела.

Коефициентът на корелация обикновено се изчислява въз основа на дневни, седмични или месечни наблюдения.¹³ Това позволява да се анализират краткосрочните зависимости в данните, но не могат да се направят заключения за наличието на зависимости от по-дълготраен характер. В този контекст може да се спомене изследването на Клик и Плъмър (Click & Plummer, 2005). Авторите измерват степента на интеграция между пет фондови пазара, като изчисляват коефициентите на корелация между двойките от възвръщаемости върху данни с дневна и седмична честота. Един от основните изводи е, че коефициентите върху седмичните наблюдения са с по-големи стойности, отколкото изчислените

¹² Чрез използването на EGARCH модел се взима предвид наличието на условна хетероскедастичност в данните (т.е. увеличената волатилност по време на шокове в системата), съчетана с несиметричната реакция на икономическите агенти при добри и лоши новини. С приложението на t-разпределение (вместо на нормално) авторите моделират положителния ексцес и тежките опашки, характерни за емпиричните разпределения на изследваните възвръщаемости.

¹³ Възможно е, разбира се, той да бъде изчислен и на база годишни наблюдения, но принципно тази алтернатива не се предпочита от изследователите, защото, особено в случая на възникващите фондовите пазари, броят на наблюденията, върху които ще бъде оценена корелацията, не е достатъчно голям и съответната оценъчна грешка е по-съществена.

върху дневните наблюдения. Това е обяснено с наличието на дългосрочна връзка между пазарите, което обуславя по-силните корелации върху данни с по-ниска честота. На тази база авторите стигат до извода, че изследваните индекси са коинтегрирани, което се потвърждава от приложените тестове.

Трудът на Клик и Плъмър може да се причисли към третата група от изследвания, в които степента на пазарна интеграция се установява чрез приложение на коинтеграционни тестове. Те се осъществяват с помощта на многомерен VAR модел, което позволява степента на интеграция между група пазари да се анализира в рамките на един модел (докато при приложението на коефициента на корелация съществуващите връзки се разглеждат по двойки).

Следвайки дискусията в Engle & Granger, (1987), ще представим накратко основната идея за наличието на коинтеграция между група от времеви редове.

Нека е даден векторът $\{X_t, t = 1, \dots, T\}$, който има N на брой елементи, всеки от които съответства на отделен времеви ред. Тогава, за елементите на X_t се казва, че са коинтегрирани от ред (d, b) или $X_t \sim CI(d, b)$, ако всички елементи на X_t са интегрирани от ред d , т.е. $X_t \sim I(d)$ и съществува вектор $\alpha (\neq 0)$, наречен коинтеграционен вектор, такъв че $z_t = \alpha' X_t \sim I(d - b), b > 0$. Наличието на такъв вектор означава, че има зависимост между дългосрочните компоненти на разглежданите променливи. Ако $N > 2$, то може да съществува повече от един коинтеграционен вектор α , защото е възможно поведението на изследваните променливи да се определя от няколко на брой равновесни зависимости. В общия случай се допуска, че са налице r ($r \leq N - 1$) линейно независими коинтеграционни вектора.¹⁴

Енгел и Грейнджър (1987) предлагат различни статистики, с чиято помощ да се тества хипотезата за липса на коинтеграция. В редица последователни статии Йохансен (Johansen, 1988; 1991; 1995) развива процедура, с помощта на която се определя броят на коинтеграционните вектори и се оценяват техните параметри.¹⁵ Тази процедура е широко прилагана в литературата, посветена на пазарната интеграция,¹⁶ както и за да се определи дали дадено събитие е довело до по-силна интеграция на група от пазари чрез разделяне на извадката на

¹⁴ В този случай α е матрица с размер $(N \times r)$, като $\text{rang}(\alpha) = r$.

¹⁵ Процедурата използва многомерен VAR модел, представен във форма с корекция на грешките, за който векторът от променливи $\{X_t\}$ може да бъде представен по следния начин: $\Delta X_t = \Gamma_0 + \Gamma_1 \Delta X_{t-1} + \dots + \Gamma_{k-1} \Delta X_{t-k+1} + \pi X_{t-1} + \varepsilon_t$, където $\pi = \beta \alpha'$. Тестът на Йохансен е основан на оценката на π за неограничен VAR модел, като впоследствие се тества дали да бъдат отхвърлени ограничения, наложени върху ранга r на тази матрица.

¹⁶ В Jochum et al. (1999) е направен подробен преглед върху изследванията, прилагащи коинтеграционни тестове за установяване наличието на пазарна интеграция.

отделни периоди.¹⁷ Подобно на факторните модели, съществено ограничение при прилагането на коинтеграционни тестове е допускането за статични зависимости, които са непроменени през целия анализиран период. В случай, че извадката се раздели на отделни периоди, тогава може да се посочи проблемът с точната идентификация на датата на настъпилата структурна промяна, дефинирана в Bekaert et al. (2002).¹⁸

Освен вече представените методи, които са най-често използвани в емпиричните трудове върху интеграцията на финансовите пазари, могат да се споменат и някои изследвания, прилагащи други методи. В Jochum et al. (1999), Pukthuanthong & Roll (2009), Berger et al. (2011) и Volosovych (2011) се използва анализ на главните компоненти, а в Albuquerque et al. (2005) се дефинира мярка за глобализация чрез въвеждане на модел на директните чуждестранни инвестиции, в който те са функция на глобални и национални фактори.

Тук е предложена методика за измерване на степента на интеграция между двойка фондови пазари, основана на концепцията за ТВ кохеренция.

Някои важни моменти от теорията на трансформация с вълнички и дефиниция на ТВ кохеренция

За да бъде мотивирана значимостта на предложената методика, е необходимо първо да се представят накратко ползите от приложението на трансформацията с вълнички (ТВ) в анализа на финансови данни. В наши дни вече е добре известен фактът, че финансовите времеви редове се характеризират със значително по-сложна структура от тази на обикновеното Брауново движение. Според Рамзи (Ramsey, 1999) тази структура е естествено следствие от факта, че финансовите данни представляват крайният резултат от действията и решенията, взети едновременно от голям брой икономически агенти, всеки от които действа спрямо индивидуален инвестиционен хоризонт, вариращ от минути (например спекулативен търговец) до години (например мениджър на пенсионен фонд). Това означава, че даден времеви ред, например дневните наблюдения върху възвръщаемостта на дадена ценна книга, може да бъде разглеждан като сбор на компоненти с различна честота. От тази гледна точка ТВ е изключително подходящ аналитичен инструмент, тъй като дава

¹⁷ Обикновено се дефинира период преди, по време на и след изследваното събитие. Например Huyghebaert & Wang (2010) тестват дали е налице засилена интеграция между редица азиатски фондови борси вследствие на азиатската криза от 1997г.; Patev et al. (2006) - дали има засилена интеграция на четири източноевропейски фондови пазара с водещите пазари по време на и след кризата на прехода за тези икономики, започнала през 1997 г.; Syriopoulos (2007) изследва промяната в интеграцията на фондовите пазари на четири централноевропейски държави след приемането им в Европейския паричен съюз.

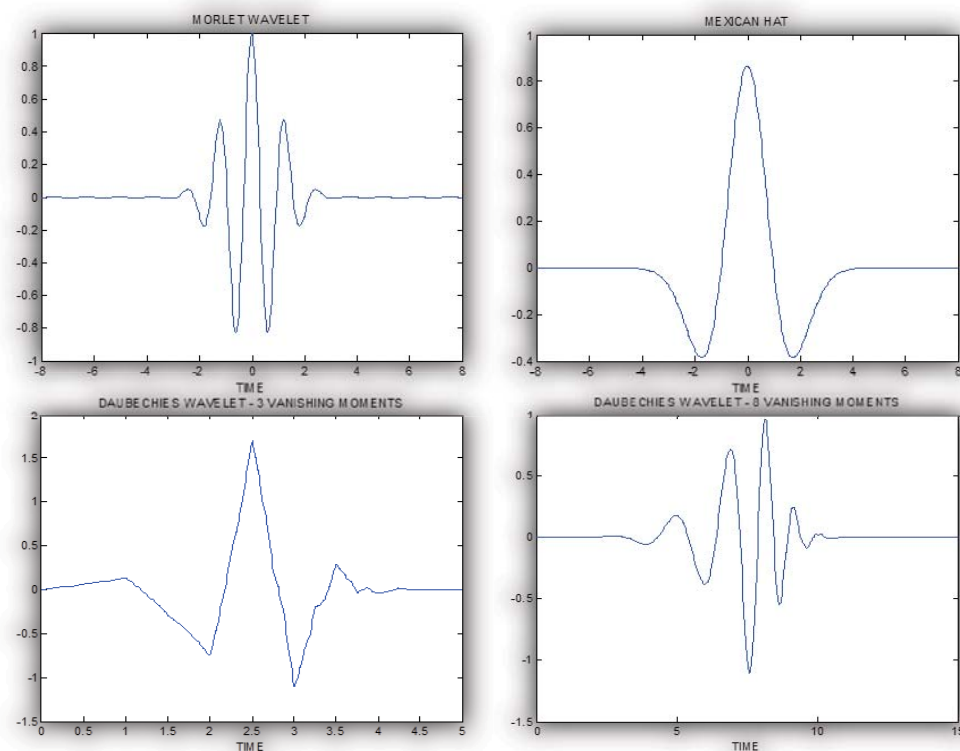
¹⁸ Макар че в това изследване е предложена подробна процедура за идентифициране на датата на настъпила структура промяна, то тя е с ограничена приложимост, тъй като е свързана с анализа на голям брой променливи, което определя ограничения, произтичащи от наличността и достъпността на данни.

Измерване на степента на интеграция между група от фондови пазари

възможност за декомпозиция на анализаната информация върху различни честоти.

Фигура 1

Някои характерни вълнички



В горния десен ъгъл на фиг. 1 е представена вълничката на Морлет (Morlet), до нея е т. нар. мексиканска шапка. На втория ред са представени вълничките на Добюши (Daubechies) с 3 и с 8 нулеви момента.

По своята същност ТВ напомня до голяма степен на трансформацията на Фурие. Основната разлика е в характера на базовата функция - при трансформацията на Фурие това е синусоидата,¹⁹ а при ТВ – „вълничката“. На фиг. 1 са представени някои често използвани вълнички. За да бъде дадена функция $\psi(t)$ вълничка, тя трябва да отговаря на условието за допустимост.²⁰ За целите на това изследване е достатъчно само да се отбележи, че за бързо затихващи функции условието се изразява чрез:

¹⁹ Тя може да се разглежда като „вълна“, тъй като тя е незатихваща циклична функция.

²⁰ Вж. подробна дискусия по темата в Gençay et al., 2001, както и в Percial & Walden, 2000.

$$(1) \Psi(0) = \int_{-\infty}^{\infty} \psi(t) dt = 0,$$

където с $\Psi(\omega)$ е означена трансформацията на Фурие на $\psi(t)$.

Смисълът на формула (1) е, че функцията $\psi(t)$ осцилира около време-вата ос, което заедно с условието за бързо затихване оправдава избора на наименованието „вълничка“. Коя ще бъде конкретно използваната вълничка зависи от изследователската цел.²¹ При пресмятане на ТВ кохеренция се препоръчва прилагането на вълничката на Морлет (вж. например Grinsted et al., 2004; Aguirar-Contraria & Soares, 2011). След като вече изборът на вълничка е направен, трябва да се дефинира набор от нейни дъщерни функции²²

$$\left\{ \psi_{\tau,s} = \frac{1}{\sqrt{|s|}} \psi\left(\frac{t-\tau}{s}\right), s, \tau \in \mathbb{R}, s \neq 0 \right\}.$$

Те представляват премащабираны с фактор s и отместени с фактор τ версии на базовата вълничка. Премащабирането прави възможно извличането от данните на компоненти с определена честота, а отместването е свързано с локализацията на събития. Непрекъснатата трансформация с вълнички има вида:

$$(2) W_{x;\psi}(\tau, s) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \frac{1}{\sqrt{|s|}} \psi^*\left(\frac{t-\tau}{s}\right) dt,$$

където звездичката е използвана за означение на комплексно спрегнатото. За улеснение по-нататък $W_{x;\psi}(\tau, s)$ ще бъде изписвана само като W_x .

За дефинирането на ТВ кохеренцията е необходимо първо да се въведе смесената трансформация с вълнички, която е представя чрез:

$$(3) W_{xy} = W_x W_y^*.$$

Тази трансформация разкрива областите (в равнината време-честота), които се характеризират с висока обща енергия. Подобно на коефициента на корелация, комплексната ТВ кохеренцията се получава чрез стандартизация:

$$(4) \rho_{xy} = \frac{S(W_{xy})}{[S(|W_x|^2)S(|W_y|^2)]^{1/2}},$$

където S е изглаждащ оператор. Изглаждането е необходимо, тъй като в противен случай стойността на комплексната кохеренция ще бъде винаги единица (по всички скали и във всички времеви моменти). Комплексната ТВ кохеренция, представена чрез уравнение (4), заема стойности в интервала $[-1; 1]$. Абсолютната ѝ стойност се нарича ТВ кохеренция и се означава с R_{xy} .

²¹ Вж. по-подробно Ramsey (2002).

²² Базовата вълничка се нарича вълничка-майка (mother wavelet), а дъщерните ѝ функции – вълнички-дъщери (wavelet daughters).

$0 \leq R_{xy} \leq 1$. Колкото по-силна е зависимостта между времевите редове $x(t)$ и $y(t)$, толкова по-близко е стойността на R_{xy} до 1.

Понятието „кохеренция“ се прилага и в крос-спектралния анализ. Съгласно дефиницията, използвана от Грейнджър (Granger, 1969), кохеренцията между два времеви реда $x(t)$ и $y(t)$ е повдигнатият на квадрат коефициент на корелация между съответните им честотни компоненти. Анализът на кохеренцията между $x(t)$ и $y(t)$ дава възможност да се определи в кои честотни интервали е налице най-силна зависимост. Един от основните недостатъци на този подход е невъзможността за изследване на динамичните характеристики на съществуващите връзки.²³ Подобно на крос-спектралната кохеренция, ТВ кохеренцията също разбива съществуващата между два времеви реда връзка на компоненти с различна честота, но благодарение на спецификите на използваната базова функция (вълничката) полученото представяне се характеризира и с времево измерение. От тази гледна точка ТВ кохеренцията се оказва изключително подходящ инструмент за проследяване на динамиката в изследваните зависимости, като позволява точна идентификация на настъпването на структурни промени.

Приложения на ТВ кохеренция за анализ на финансови и икономически времеви редове

ТВ кохеренцията се прилага в различни сфери на науката²⁴ още от края на 90-те години на XX век. Едва през последните пет години обаче се появяват статии, в които тя се използва за анализ на икономически и финансови времеви редове, като основополагаща е публикацията на Гринстед и съавтори (Grinsted et al., 2004). Въпреки че в нея се изследват зависимости между геофизични времеви редове, важноста ѝ за икономиката и финансите произ-

²³ Този недостатък произлиза от същността на трансформацията на Фурие, при която се постига представяне изцяло в честотното измерение. В този смисъл приложението на спектрален анализ е подходящо в случай, че изследваният времеви ред е с постоянни характеристики във времето, а използването на крос-спектрален анализ - когато има основания да се очаква, че зависимостта между изследваните времеви редове е постоянна във времето. Трябва да се отбележи, че Гейбър (Gabor, 1946) предлага постигане на известен баланс между времето и честотното представяне на трансформиран по Фурие времеви ред чрез въвеждането на прозорец с фиксирана дължина. С негова помощ времевият ред се разделя на равни интервали, върху които се прилага трансформацията на Фурие. Полученият резултат е функция на 2 параметъра – честота и времево отместване. Основният недостатък на този подход е принципната невъзможност за едновременното постигане на прецизна локализация в честотен и времеви аспект, което е проявление на принципа за несигурност на Хайзенберг. Преодоляването на фиксирания размер на прозореца на Гейбър в равнината „време-честота“ се осъществява именно с помощта на използването на базова функция от класа на вълничките (вж. Gençay et al., 2001, стр. 97-101).

²⁴ Трансформацията с вълнички е инструмент от физиката, който има изключително широко приложение при обработката, съхранението и реконструкцията на звукови и визуални сигнали.

тича от направения паралел между ТВ кохеренцията и коефициента на корелация. В допълнение е предложен линк към разработен от авторите свободно достъпен пакет от функции в Matlab, с чиято помощ се осъществява числовата реализация, което превръща ТВ кохеренцията в достъпен изследователски инструмент. Може би първото изследване в областта на финансите, прилагащо ТВ кохеренцията, е на Руа и Нюнес (Rua & Nunes, 2009). С нейна помощ авторите анализират доколко синхронизирани²⁵ са фондовите пазари на Великобритания, Германия, САЩ и Япония. Важен принос е предложената интерпретация на честотната декомпозиция на съществуваща в даден момент зависимост в контекста на индивидуалния инвестиционен хоризонт.

Ranta (2010) е труд със значим принос за анализа на механизмите на разпространение на финансови инфекции. Изследвани са основните борсови индекси на Германия, Великобритания, САЩ и Япония за период от 25 години, като са идентифицирани най-значимите финансови кризи (Черният понеделник, мексиканската криза и т.н.). Авторите използват ТВ кохеренцията, за да определят дали по време на криза се наблюдава ефектът на „заразяване“. Важен момент в изследването е формулирането на нова дефиниция, според която е налице разпространение на финансова зараза, в случай че стойностите на кохеренцията за ниските честоти останат относително непроменени, но същевременно за стойностите, съответни на високите честоти, е регистрирано значително повишение. Съществено предимство на тази дефиниция е, че е извън обсега на критиката на Форбс и Ригабон (Forbes & Rigobon, 2002).

Могат да бъдат посочени още няколко статии в сферата на икономиката и финансите, в които ТВ кохеренцията намира приложение. В Aguirar-Congrara & Soares (2011) се илюстрира ползата от нейното използване при определяне на степента на синхронизация между няколко фондови пазара. Във Vacha & Vagunik (2012) се изследва динамиката в синхронизацията между пазарите на енергийни ресурси. Важен принос е свързването на ТВ кохеренцията с концепцията на Енгел (Engle, 2002) за динамичен условен коефициент на корелация. В Loh (2013) се анализира степента на синхронизация между група азиатски и развити европейски фондови пазари с пазара на САЩ. В Bogdanova (2012) се тества дали гръцката дългова криза се разпространява върху други европейски пазари на дълг, а в Bogdanova (2013) се демонстрират възможностите, които предлага ТВ кохеренцията, за портфолио мениджмънта и в частност за избора и разпределението на активи за даден инвестиционен портфейл.

В две скорошни публикации са изследвани съществуващите зависимости между гръцкия (Bogdanova, 2014a) и българския (Bogdanova, 2014b) пазар на акции със световните пазари. Въз основа на представените емпирични резултати авторът прави изводи за промените в степента на интеграция, настъпили вследствие на финансово-икономическата кризата от 2007 – 2009 г. и гръцката дългова криза. Тези резултати са изведени чрез „ад хок“ процедура, тъй като

²⁵ Английският термин „market co-movement“ е преведен като „пазарна синхронизация“.

поради своята фактическа новост в литературата все още липсва добре дефинирана методика за прилагането на ТВ кохеренция с цел измерване степента на пазарна интеграция. В същото време направените изводи са иновативни и успяват да покажат аналитичния потенциал, предлаган от този изследователски инструмент, което мотивира необходимостта от разработване на такава методика.

Подход за измерване на пазарната интеграция между двойка фондови пазари чрез приложение на ТВ кохеренция

За дефинирането на подход за измерване на степента на интеграция между двойка фондови пазари, базиран на ТВ кохеренция, са използвани част от резултатите в Bogdanova (2014b). Масивът от данни се състои от цените при затваряне на основните борсови индекси на българския и американския пазар на акции - SOFIX и S&P500, за периода 01.01.2002 - 01.07.2013 г. В редица трудове²⁶ анализът на степента на интеграция между група от възникващи и развити фондови пазари се базира на измерване на съществуващите зависимости между съответните им основни борсови индекси. В този смисъл изборът на данни е обичаен за този клас изследвания. Данните са с месечна честота с цел да бъдат избягнати трудностите, свързани с различията в работното време и официалните неработни дни за всяка от борсите. Приложена е рутинната за борсови данни трансформация в логаритмични възвръщаемости (вж. таблицата).

Таблица

Описателни статистики на използваните данни

	Цени при затваряне		Логаритмични възвръщаемости	
	SOFIX	S&P500	SOFIX	S&P500
Брой наблюдения	139	139	138	138
Средна стойност	604.9683	1206.5295	0.0096	0.0026
Стандартно отклонение	412.0638	201.6461	0.0941	0.0448
Коефициент на наклон	1.2682	-0.0897	-1.1905	-0.9124
Ексцес	0.9094	-0.6363	5.6750	1.9180
Jarque-Bera	42.0489	2.5313	217.7818	40.2997
	(0.0010)	(0.2118)	(0.0010)	(0.0010)
Dickey-Fuller	-0.4184	0.7102	-7.8267	-9.6147
	(0.4970)	(0.8671)	(0.0010)	(0.0010)

Забележка. Под докладваните стойности на проверовъчните статистики на Jarque-Berra и Dickey-Fuller в скоби са представени съответни им вероятности за допускане на грешка от първи род.

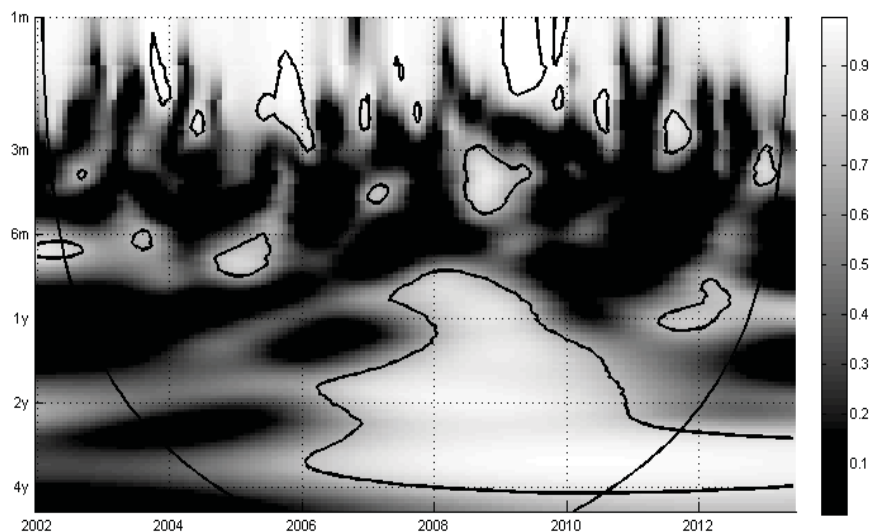
²⁶ Например Schotman & Zalewska (2006), Wang & Moore (2008), Pukthuanthong & Roll (2009), Syriopoulos & Roumpis (2009), Huyghebaert & Wang (2010), Syriopolous (2011), Arouri & Foulquier (2012), Hooy & Lim (2013).

Тестът на Dickey-Fuller потвърждава, че редовете от възвръщаемости са стационарни. Други особености, които могат да се забележат, са наличието на положителен ексцес за редовете от възвръщаемости, като за SOFIX стойността му е значително по-висока, отколкото за S&P500. Освен това SOFIX се характеризира с по-висока очаквана възвръщаемост, но и по-голяма волатилност.

За изчислението на ТВ кохеренцията е необходимо да се използват стационарни времеви редове, затова върху логаритмичните възвръщаемости са приложени последователно формули (3) и (4). Полученият резултат за R_{xy} представлява матрицата от стойности, локализирани в равнината „време-честота“, което предполага триизмерно представяне. Ето защо на фиг. 2 е използвана цветна карта, чиято абсциса съответства на изследвания времеви период (01.2002 – 07.2013), а на ординатата са нанесени използваните честоти (от 1 месец до 5 години).²⁷ Всеки пиксел от тази карта представлява оценената ТВ кохеренция в даден времеви момент на определена честота. Подобно на географска карта, стойността на R_{xy} във всяка точка от равнината е указана с определен цвят, като възприетият цветови код е представен вдясно от картата.

Фигура 2

ТВ кохеренция, изчислена за месечните възвръщаемости за SOFIX и S&P500



Източник. Bogdanova, 2014b.

²⁷ За улеснение на читателя всяка честота е представена в месеци (или години).

Тъй като все още липсва теория, която да извежда разпределението на оценените коефициенти на кохеренция, то тяхната статистическа значимост се определя въз основа на експерименти Монте Карло.²⁸ Областите със статистически значими коефициенти са очертани с черен контур. В допълнение във фиг. 2 е очертан и т. нар. конус на влияние.²⁹ Коефициентите, лежащи извън него, трябва да се интерпретират с повишено внимание, тъй като за изчислението на трансформацията в краищата на времевия интервал е необходимо удължаването на редовете от наблюдения чрез екстраполация.

Въз основа на направения преглед върху традиционните методи са идентифицирани две важни опорни точки при измерването на степента на интеграция между група от фондови пазари, които ще бъдат използвани за формулирането на подход, основан на концепцията за ТВ кохеренция. Първата е разграничението, въведено от Бекарт (Beckaert, 1995), което дава възможност за разделяне на коефициента на корелация между възвръщаемостите на два актива³⁰ на коефициент от очаквана и от случайна възвръщаемост. Коефициентът от случайната възвръщаемост отразява влиянието на новините за глобални фактори, докато този от очакваната може да се използва като мярка за степента на интеграция между двата пазара. Основният момент в изграждането на предложения подход е екстраполацията на идеята на Бекарт върху концепцията за ТВ кохеренция. За целта може да разгледа следното представяне:

$$(5) \quad r_t = \mathbb{E}(r_t | F_{t-1}) + \varepsilon_t,$$

като с $\{r_t, t = 1, 2, \dots, T\}$ е означен редът от възвръщаемости на дадена ценна книга; с $\{\mathbb{E}(r_t | F_{t-1}), t = 1, 2, \dots, T\}$ - съответният ред от очаквани възвръщаемости,³¹ а с $\{\varepsilon_t, t = 1, 2, \dots, T\}$ - редът от иновации, в който по дефиниция се отразяват новините в момент t . В израз (5) очакваната възвръщаемост представлява детерминистичната компонента в данните. На езика на физиката това е сигналът, който се съдържа във времевия ред, а случайната компонента $\{\varepsilon_t, t = 1, 2, \dots, T\}$ представлява шумът.³² Същевременно, когато

²⁸ При провеждане на експериментите е следвана процедурата, описана в Aguirar-Contraria & Soares (2011).

²⁹ В превод от английски на термина „cone of influence“.

³⁰ Обикновено става въпрос за възвръщаемостите от основните борсови индекси на двойката изследвани пазари.

³¹ Трябва да се отбележи, че в Beckaert (1995) очакваната възвръщаемост се дефинира като функция на информацията от множеството F_{t-1} .

³² В литературата, посветена на анализа на времеви редове, терминът „шум“ е широко използван. Уместно да се отбележи, че този термин произлиза също от физиката, като в анализа на времеви редове обикновено се има предвид бял шум, тъй като за другите видове шум,

дадено наблюдение е декомпозирано чрез ТВ на съставки с различна честота, то компонентите, съответни на най-високите честоти, се асоциират с шума в данните, а тези, съответни на по-ниските честоти – със сигнала.

Във връзка с това трябва да бъде спомената още веднъж публикацията на Вача и Баруник (Vacha & Barunik, 2012), в която авторите доказват емпирично, че сумата на статистически значимите коефициенти на ТВ кохеренцията в даден момент е много близка до стойността на коефициента на условна корелация, предложен от Енгел (Engle, 2002). Този извод дава основание представената на фиг. 2 цветна карта да бъде разглеждана като декомпозиция на условния коефициент на корелация върху скали с различна честота. Това означава, че с помощта на ТВ кохеренцията може по естествен начин да се направи разграничението между корелация, произтичаща от детерминистичните и от случайните компоненти на изследваните възвръщаемости, без да е необходимо въвеждането и оценката на модел, от който да зависи точността на получените резултати. За да бъде направено това разграничение, трябва да се определи граница, която да разделя високите от ниските честоти. По правило ниските честоти съответстват на дългосрочната компонента в данните, а високите – на краткосрочната. Затова един възможен признак за разграничение е дължината на времевия интервал, с който се асоциира дадена честота.³³ В икономиката интервали под една година обикновено се третират като краткосрочни, а над една - като дългосрочни, поради което и тук честотите под една година ще бъдат класифицирани като високи, а тези над една година – като ниски.

В такъв случай коефициентите на ТВ кохеренцията, съответни на честоти под 1 година, могат да се използват за извличане на информацията относно зависимостите във възвръщаемостите, дължащи се на новините за глобални фактори, докато коефициентите, съответни на честоти над 1 година, могат да бъдат използвани за изводи относно степента на интеграция между двойката фондови пазари. В подкрепа на тази логика може да се спомене вторият важен момент от литературния обзор, а именно, в редица цитирани изследвания се прилагат коинтеграционни тестове, за да се провери дали е налице интеграция между изследваните пазари. Принципът, на който са подчинени коинтеграционните тестове, е да се провери дали между анализирания времеви редове съществува поне един коинтеграционен вектор. По дефиниция коинтеграционният вектор изразява функционалната форма на съществуваща зависимост в данните, която е с дългосрочен характер. Това означава, че съществуването на зависимости с дългосрочен характер предполага висока степен на интегрира-

известни във физиката, са възприети разграничаващи термини (например вместо червен шум се използва понятието „Брауново движение“, вместо розов шум е възприет терминът фрактален процес).

³³ Тук нямаме претенцията, че това е най-точният критерий за разграничение, тъй като неговият избор сам по себе си може да бъде обект на отделно изследване. Избраната граница е по-скоро ориентираща, като целта е тя да се вписва в приложената общоикономическа логика.

ност между изследваните пазари. От такава гледна точка следва, че коефициентите на ТВ кохеренцията, съответстваща на ниските честоти, се свързват по естествен начин със степента на интеграция между анализиранията двойка пазари, тъй като, както вече беше споменато, тези коефициенти се асоциират с дългосрочните зависимости в данните.

Практическо приложение на предложената методика

Въз основа на предложената методика от представените на фиг. 2 резултати могат да се направят някои изводи относно степента на интеграция между българския и американския пазар на акции. От началото на изследвания период до края на 2005 г. няма статистически значими коефициенти, съответстващи на честоти над 1 година, което означава, че не се наблюдава интеграция между двата пазара. От началото на 2006 г. до края на изследвания период се наблюдава непрекъсната област в нискочестотния диапазон със силно значими коефициенти, което означава, че за този период е налице значима степен на интеграция.

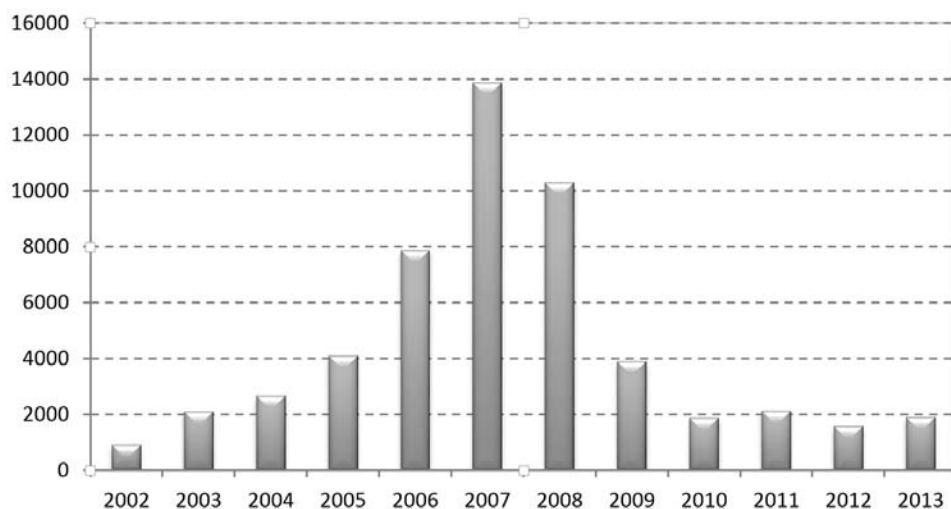
Интересно е да се коментират възможните причини, на които се дължи настъпването на прехода от сегментация на българския пазар на акции към интеграцията му с американския. Най-значимото събитие във външнополитическите отношения между двете страни за 2006 г. е подписването на 28.04.2006 г. на двустранното споразумение за сътрудничество в областта на отбраната (ССОО). То е свързано с изграждането и функционирането на съвместни съоръжения на територията на България, както и с осигуряването на значителни ресурси от страна на САЩ за провеждането на подготовка и учения на подразделения от българската армия. Както се отбелязва на официалния сайт на Министерството на отбраната,³⁴ използването на предвидените в ССОО възможности е от изключително значение за България на фона на икономическите реалности. От изброените факти може да се заключи, че свързаните със споразумението инвестиции от страна на САЩ са в основата на изграждането на дългосрочна връзка между двете държави. Тъй като процесите на фондовия пазар са отражение на тези от реалния сектор, то може да се очаква наличие на такава връзка и между фондовите им пазари.

Същевременно причините за настъпилния преход от сегментация към интеграция на българския фондов пазар могат да се потърсят и в подобрената инвестиционна среда у нас през този период, за която може да се направи извод от увеличението на инвестициите в страната. На фиг. 3 е представена графично динамиката на нетните потоци от преки чуждестранни инвестиции в България за периода 2002 – 2013 г. Може да се види, че спрямо 2005 през 2006 г. стойността на този показател се е повишила близо два пъти.

³⁴ http://www.md.government.bg/bg/tema_SuvmestniVoenniSuorujenia_SSSO.html

Фигура 3

Нетен поток на преките чуждестранни инвестиции в България
за периода 2002 – 2013 г. (млн. USD)



Източник. Фигурата е изготвена от автора въз основа на данни, публикувани от Световната банка, <http://data.worldbank.org/indicator/BX.KLT.DINV.CD.WD>

Освен това значение за подобрието на степента на интеграция на нашия фондов пазар имат приетите от Българската фондова борса (БФБ) мерки за повишаване прозрачността на дейността на листваните дружества и укрепване на инвеститорското доверие. През 2006 г. БФБ въвежда практиката за изчисляване на финансови показатели за търгуваните на нея дружества и приема Кодекс на корпоративното управление на публичните дружества, регистрирани за търговия на борсата.

Идентифицираната промяна в процеса на интеграция на българския пазар на акции не е очевидна. Във връзка с това трябва отново да се спомене публикацията на Бекарт и др. (2002), в която датата на преход от сегментация към интеграция се идентифицира посредством анализ на голям брой финансови и макроикономически променливи. Въз основа на подхода, базиран на ТВ кохеренция, тук това е направено с помощта на данни само за основните борсови индекси на изследваните пазари.

Съгласно предложената методика значимите коефициенти, съответстващи на честоти под 1 година, отразяват наличието на синхронизация между случайните компоненти на изследваните редове от възвръщаемости. Както отбелязва Бекарт (1995), тези зависимости се дължат на новините за глобални фактори. В този контекст е интересно да се обърне внимание на

факта, че ТВ кохеренцията успява успешно да улови влиянието на новините за ипотечната криза в САЩ върху българския фондов пазар. На фиг. 2 се вижда област от статистически значими коефициенти, съответстващи на честотния диапазон 3 – 6 месеца за периода от средата на 2008 г., когато е регистриран най-големият спад в показателите на американския фондов пазар. Това означава, че е налице предаване на кризата от САЩ към България не само чрез съществуващите финансово-икономически връзки на двата пазара (намиращи изражение във високата им степен на интеграция), но и чрез ефекта на лошите новини върху поведението на икономическите агенти.

*

Адекватната оценка на степента на интеграция между група от фондови пазари играе ключова роля при управлението на редица инвестиционни дейности и същевременно е от голямо значение при изготвянето на регулационни политики, което определя важността от изследване на методите за нейното измерване. От тази гледна точка предлагаме такава методика, която дефинираме въз основа на изводи от предишни изследвания по темата, както и на базата на проведеня литературен обзор. По такъв начин се преодоляват трудностите при интерпретация на получените чрез ТВ кохеренция резултати. Практическото приложение на предложената методика е илюстрирано върху борсови данни за пазарите на акции в България и САЩ. Дискусията върху получените резултати демонстрира възможността за прецизна идентификация на настъпването на преход от сегментация към интеграция, което е значително по-трудно при прилагането на конвенционалния иконометричен апарат.

Използвана литература:

Стоянов, Б. (2011). Оценка на степента на интеграция на българския пазар на акции с пазарите на акции в държави от еврозоната. - *Икономически алтернативи*, Т. 4, с. 100-12.

Adam, K. et al. (2002). Analyse, compare, and apply alternative indicators and monitoring methodologies to measure the evolution of capital market integration in the European Union. Salerno: CSEF, Department of Economics and Statistics, University of Salerno.

Adler, M. & B. Dumas (1983). International portfolio selection and corporation finance: a synthesis. - *Journal of Finance*, Vol. 38, p. 925-984.

Adler, M. & R. Qi (2003). Mexico's integration into the North American capital market. - *Emerging Economic Review*, Vol. 4, p. 91-120.

Aguirar-Conraria, L. & M. Soares (2011). The continuous wavelet transform: a primer. NIPE Working Papers from NIPE - Universidade do Minho, WP 16/2011.

Albuquerque, R., N. Loayza, & L. Serven (2005). World market integration through the lens of foreign direct investors. - *Journal of International Economics*, Vol. 66, p. 267-295.

Arouri, E. & P. Foulquier (2012). Financial market integration: Theory and empirical results. *Economic Modelling*, Vol. 29, p. 382-394.

Bekaert, G. (1995). Market integration and investment barriers in emerging equity markets. - *World Bank Economic Review*, 9(1), p. 75-107.

Bekaert, G., R. Campbell, & R. Lumsdaine (2002). Dating the integration of world equity markets. - *Journal of Financial Economics*, 65(2), p. 203-247.

Bekaert, G., M. Ehrmann, M. Fratzscher & A. Mehl (2011). Global crises and equity market contagion. WP № 1381/ September 2011: European Central Bank Working Paper Series.

Bekaert, G. & C. Harvey (1995). Time-varying world market integration. - *Journal of Finance*, 50(2), p. 403-444.

Berger, D., K. Pukthuanthong & J. Yang (2011). International diversification with frontier markets. - *Journal of Financial Economics*, Vol. 101, p. 227-242.

Bogdanova, B. (2012). Greece sneezed and now most of Europe has a cold. Kavala: Kavala Institute of Technology, p. 94-102.

Bogdanova, B. (2013). Applications of the discrete and continuous wavelet transform to the portfolio management. - *Vanguard Scientific Instruments in Management*, 2(7), p. 145-155.

Bogdanova, B. (2014a). A wavelet-based discussion on the Greek stock market integration during the last decade. - *Journal of Engineering Science and Technology Review* (accepted for publishing).

Bogdanova, B. (2014b). Integration of the Bulgarian stock market in the world financial markets: a wavelet point of view. – В: Сборник докторантски трудове, ч. II, ДАСУН. С.: СУ „Св. Кл. Охридски“, Стопански факултет (предстоящо публикуване).

Campbell, J. Y. & Y. Hamao (1992). Predictable stock returns in the United States and Japan: A study of long-term capital market integration. - *Journal of Finance*, 47(1), p. 43-69.

Carrieri, F., V. Errunza & K. Hogan (2007). Characterizing world market integration over time. - *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, Vol. 42, p. 915-940.

Chambet, A. & R. Gibson (2008). Financial integration, economic instability and trade structure in emerging markets. - *Journal of International Money and Finance*, Vol. 27, p. 654-675.

Chelley-Steeley, P. (2005). Modeling equity market integration using smooth transition analysis: A study of Eastern European stock markets. - *Journal of International Money and Finance*, Vol. 24, p. 818-831.

Chiang, T., B. Jeon, & H. Li (2007). Dynamic correlation analysis of financial contagion: evidence from Asian markets. - *Journal of International Money and Finance*, 26(7), p. 1206-1228.

Click, R. W. & M. G. Plummer (2005). Stock market integration in ASEAN after the Asian financial crisis. - *Journal of Asian Economics*, Vol. 16, p. 5-28.

Engle, R. (2002). Dynamic conditional correlation: a simple class of multivariate generalized autoregressive conditional heteroskedasticity models. - *Journal of Business and Economic Statistics*, 96(2), p. 339-350.

Engle, R. & C. Granger (1987). Co-integration and error correction: representation, estimation, and testing. - *Econometrica*, 55(2), p. 251-276.

Errunza, V. & E. Losq (1985). International asset pricing under mild segmentation: theory and test. - *Journal of Finance*, Vol. 40, p. 105-124.

Forbes, K. & R. Rigobon (2002). No contagion, only interdependence: measuring stock market comovements. - *The Journal of Finance*, LVII(5), p. 2223-2261.

Fürstenberg, G. & B. Jeon (1989). International stock price movements: Linka and messages. - *Brookings Papers on Economic Activity*, Vol. 1, p. 125-179.

Gabor, D. (1946). Theory of communication. - *Journal of IEEE*, Vol. 93, p. 429-457.

Gençay, R., F. Selçuk, & B. Whitcher (2001). *An Introduction to Wavelets and Other Filtering Methods in Finance and Economics*. New York: Academic Press.

Granger, C. (1969). Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods. - *Econometrica*, 37(3), p. 424-438.

Grunsted, A., J. Moore, & S. Jevrejeva (2004). Application of the cross wavelet transform and wavelet coherence to geophysical time series. *Nonlinear Processes in Geophysics*, Vol. 11, p. 561-566.

Hardouvelis, G., D. Malliaropoulos, & R. Priestley (2006). EMU and stock market integration. - *The Journal of Business*, 79(1), p. 365-392.

Hooy, C. & K. Lim (2013). Is market integration associated with informational efficiency of stock markets? - *Journal of Policy Modeling*, Vol. 35, p. 29-44.

Huyghebaert, N. & L. Wang (2010). The co-movement of stock markets in East Asia. Did the 1997-1998 Asian financial crisis really strengthen stock market integration? - *China Economic Review*, Vol. 21, p. 98-112.

Jochum, C., G. Kirchgässner, & M. Platek (1999). A long-run relationship between Eastern European stock markets? Cointegration and the 1997/98 crisis in emerging markets. - *Weltwirtschaftliches Archiv*, 135(3), p. 454-479.

Johansen, S. (1988). Statistical analysis of cointegration vectors. - *Journal of Economic Dynamics and Control*, Vol.12, p. 231-254.

Johansen, S. (1991). Estimation and hypothesis testing of co-integration vectors in Gaussian vector autoregressive models. - *Econometrica*, 59(6), p. 1551-1580.

Johansen, S. (1995). Identifying restrictions of linear equations with application to simultaneous equations and cointegration. - *Journal of Econometrics*, Vol. 69, p. 111-132.

Kim, S., F. Moshirian & E. Wu (2005). Dynamic stock market integration driven by the European Monetary Union: An empirical analysis. - *Journal of Banking & Finance*, Vol. 29, p. 2475-2502.

Kim, S., F. Moshirian & E. Wu (2006). Evolution of international stock and bond market integration: Influence of the European Monetary Union. - *Journal of Banking & Finance*, Vol.30, p. 1507-1534.

Loh, L. (2013). Co-movement of Asia-Pacific with European and US stock market returns: a cross-time-frequency analysis. - *Research in International Business and Finance*, Vol. 29, p. 1-13.

Maginn, J., D. Tuttle, J. Pinto, & D. McLeavey (2007). *Managing Investment Portfolios: A Dynamic Process* (CFA Institute Investment Series). 3rd ed. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Patev, P., K. Kanaryan & K. Lyroudi (2006). Stock market crisis and portfolio diversification in Central and Eastern Europe. - *Managerial Finance*, 32(5), p. 415-432.

- Percial, D. & A. Walden* (2000). *Wavelet Methods for Time Series Analysis*. Cambridge: Cambridge Press.
- Pukthuanthong, K. & R. Roll* (2009). Global market integration: An alternative measure and its application. - *Journal of Financial Economics*, Vol. 94, p. 214-232.
- Ramsey, J.* (1999). The contribution of wavelets to the analysis of economic and financial data. - *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A*, Vol.357, p. 2593-2606.
- Ramsey, J.* (2002). Wavelets in economics and finance: past and future. - *Studies in Nonlinear Dynamics & Econometrics*, 6(3), Article 1.
- Ranta, M.* (2010). *Wavelet Multiresolution Analysis of Financial Time Series*. Vaasa: Universitas Wasaenis.
- Roll, R.* (1989). Price volatility, international market links and their implications for regulatory policies. - *Journal of Financial Services Research*, 2(3), p. 211-246.
- Ross, S.* (1976). The arbitrage theory of capital asset pricing. - *Journal of Economic Theory*, Vol. 4, p. 343-362.
- Rua, A. & L. Nunes* (2009). International comovement of stock market returns: a wavelet analysis. - *Journal of Empirical Finance*, Vol. 16, p. 632-639.
- Schotman, P. & A. Zalewska* (2006). Non-synchronous trading and testing for market integration in Central European emerging markets. - *Journal of Empirical Finance*, Vol. 13, p. 462-494.
- Serwa, D. & M. Bohl* (2005). Financial contagion vulnerability and resistance: A comparison of European stock markets. - *Economic Systems*, Vol. 29, p. 344-362.
- Sharpe, W.* (1964). Capital asset prices: a theory of market equilibrium under conditions of risk. - *Journal of Finance*, Vol. 9, p. 725-742.
- Solnik, B.* (1983). International arbitrage pricing theory. - *Journal of Finance*, Vol. 38, p. 449-457.
- Stulz, R.* (1981). A model of international asset pricing. - *Journal of Financial Economics*, Vol. 9, p. 383-406.
- Syriopolous, T.* (2011). Financial intergation and portfolio investments to emerging Balkan equity markets. - *Journal of Multinational Financial Management*, 21(1), p. 40-54.
- Syriopoulos, T.* (2007). Dynamic linkages between emerging European developed stock markets: Has The EMU any impact?. *International Review of Financial Analysis*, Vol. 16, p. 41-60.
- Syriopoulos, T. & E. Roumpis* (2009). Dynamic correlations and volatility effects in the Balkan equity markets. - *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 19(4), p. 565-587.
- Vacha, L. & J. Barunik* (2012). Co-movement of energy commodities revisited: Evidence from wavelet coherence analysis. - *Energy Economics*, 34(1), p. 241-247.
- Volosovych, V.* (2011). Measuring financial market integration over the long run: Is there a U-shape? - *Journal of International Money and Finance*, Vol. 30, p. 1535-1561.
- Wang, P. & T. Moore* (2008). Stock market integration for the transition economies: time-varying conditional correlation approach. - *The Manchester School*, Vol.76, p. 116-133.

14.V.2014 г.