



**ПРОГНОЗИРАНЕ НА РИСКА
НА ВОДЕЩИ БАЛКАНСКИ ФОНДОВИ БОРСИ
ЧРЕЗ МОДЕЛИТЕ НА БЕЗУСЛОВНА ДИСПЕРСИЯ**

**RISK FORECASTING ON LEADING BALKAN STOCK EXCHANGES
THROUGH UNCONDITIONAL VARIANCE MODELS**

**Стефан Симеонов, Теодор Тодоров, Даниел Николаев
Stefan Simeonov, Teodor Todorov, Daniel Nikolaev**

Стопанска академия „Д. А. Ценов“, Свищов
УД Селект Асет Мениджмънт ЕАД ХеджСърв
Dimitar A. Tsenov Academy of Economics, Svishtov
MC Select Asset Management, SJSC HedgeServ

Abstract: Forecasting the variability in the profitability of investment instruments is central to the evaluation and management of market risk. In the first section we present a synthesized overview of current research in the field of forecasting the daily volatility of investment instruments. In the second point we focus on the models of unconditional variance, presenting in chronological order a critical review of the methodology of the models: Simple Volatility; Parkinson's; Garman and Klass; the modified Garman and Klass model; Rogers and Satchell; Yang and Zhang. In the third point we empirically test the six models on the main stock exchange indices of nine Balkan stock markets: SOFIX, BGBX-40, BELEX-15, MONEX, BIST 100, SBITOP, BIRS, BET and ATG. The most accurate forecasts for the daily return are shown by the Parkinson's model, in which for eight of the nine stock indices surveyed the results have the smallest percentage error. The modified version of the Garman & Klass model, in which weighting is applied to the price parameters used, occupies the second position in terms of objectivity for each of the studied stock exchange indices. Significant differences in actual profitability are reported by the Simple Volatility model, which is not surprising due to its basic philosophy and the fact that it does not take into account the impact of some components of stock prices.

Keywords: market risk forecasting; unconditional variance models; Parkinson's model; Garman & Klass modified; Rogers & Satchell; Yang & Zhang.

JEL: C53; G17

Въведение

Динамиката в доходността от финансовите инструменти винаги е представлявала изпитание за инвестиционния мениджмънт. Променливостта е иманентна характеристика както за нововъзникващите и развиващите се капиталови пазари, така и за утвърдените световни борси. В научните и практически изследвания като че ли не се отдава сериозно внимание на въпроса за историческата променливост на нововъзникващите пазари, каквито публикации съществуват за водещите световни финансови центрове. Както е известно, повечето балкански фондови борси са характеризират с определението нововъзникващи финансови пазари, с изключение на Гърция,

Турция и Румъния. Изследователският ни интерес тук е насочен към оценяването на пазарния риск чрез прогнозиране на дневната променливост на основните индекси на избрани балкански фондови борси. Различни фактори обуславят промените в инвестиционната среда, което се отнася както за цените на акциите и стойността на борсовите индекси, така и за борсовата активност, измерима с натуралните индикатори брой сделки, търговски обеми и т.н. Затова класическите измерители на разсейването не са достатъчни за коректно прогнозиране на дневната променливост. В областта на инвестиционния мениджмънт съществуват множество модели и постоянно се развиват нови модификации за оценяване на риска на финансовите пазари и различни категории инвестиционни инструменти.

Обект на изследването в настоящата статия са девет балкански фондови пазара: SOFIX, BGBX-40, BELEX-15, MONEX, BIST 100, SBITOP, BIRS, BET и ATG, разгледани чрез техните борсови индекси. **Предмет** на изследването е прогнозирането на дневната променливост на селектираните балкански фондови борси. Настоящото изследване се основава на *тезата*, че моделите на безусловната дисперсия представляват по-прецизен и научно доказан инструмент за прогнозиране на дневната променливост на финансовите пазари в сравнение с популярните като рискови измерители стандартно отклонение и дневната доходност, повдигната на квадрат.

Целта в настоящото изследване е да установим по емпиричен път кой от моделите, базирани на исторически пазарни стойности, дава най-малко отклонение (грешка) при прогнозиране на дневната доходност на Балканските борсови индекси. Затова прилагаме статистическия инструмент RSME (корен квадратен на средната прогнозна грешка) за прецизно открояване на разликите между получените прогнозни резултати от различните модели и фактическите стойности на борсовите индекси. Конструирана е рейтингова скала, отчитаща надеждността на различните модели спрямо отделните борсови индекси. На основание на формираните обект, предмет, изследователска теза и цел, си поставяме следните **задачи**:

- Преглед на актуалните научно-изследователски разработки в областта на риск мениджмънта и моделите за прогнозиране на историческата променливост;
- Теоретична обосновка на моделите на безусловна дисперсия – Simple model, Parkinson, Garman&Klass, Rogers Satchell и Yang&Zhang;
- Извеждане на формулния апарат за прогнозирането на дневната променливост;
- Изследване дневната доходност на Балканските фондови борси за наличието на стационарност в динамичния ред чрез инструмента на Дъки-Фулър.
- Оценяване на риска на избраните балкански фондови борси чрез приложение на моделите на безусловна дисперсия – Simple model, Parkinson, Garman&Klass, Rogers&Satchell и Yang&Zhang в условията.

1. Преглед на актуалните научни изследвания в областта на прогнозирането на дневната променливост на инвестиционните инструменти

Научните достижения предоставят на съвременните риск мениджъри множество възможности и сериозни модели за анализ на различните фази в инвестиционния процес. Множество публикации са фокусирани върху прогнозирането на дневната променливост на инвестиционните инструменти и финансовите пазари като цяло. В своя статия от 2009 г. Chou и Liu представят особеностите, предимствата и недостатъците на моделите за прогнозиране на риска, базирани на безусловната дисперсия – AR, GARCH, CARR и DCC (Chou, Chou&Liu, 2009). Посочените автори отправят критика към достоверността и значимостта на прогнозните резултати от приложението на GARCH моделите, като изтъкват своето становище, че моделите основани на данни за дневните цени на затваряне на финансовите инструменти подценяват променливостта (Chou, Chou&Liu, 2009). В тази публикация Chou и Liu разглеждат подробно теоретичните страни на прогнозните модели, но без емпирично изследване, което да подкрепи тяхната теза за слабостите на AR и GARCH моделите. В своя разработка от 2009 Floros тества моделите Simple model, Parkinson, Garman&Klass и модела на Rogers&Satchell за американския фондов пазар чрез борсовите индекси SP100, SP400, SP500 и SP600 Small cap (Floros, 2009). Резултатите на Floros от

изследването на американския фондов пазар му дават основание да твърди, че Simple модела значително надценява дневната променливост в сравнение с моделите на Parkinson, Garman&Klass и Rogers&Satchell. Jarešová изследва риска на американския и немския финансови пазари (S&P500 и DAX) и индексите за променливост VIX и VDAX, като използваната методика включва моделите на безусловна дисперсия EWMA и GARCH (Jarešová, 2010). Впечатление правят резултатите, до които е достигнала Jarešová, че EWMA (експоненциалната подвижна средна) е формирала по-надеждни резултати от всички изследвани и тествани модели, в това число и GARCH модела. В свое изследване на дневната променливост на акциите от Dow Jones, Petnehaz и Gall заедно с класическите модели за оценка на променливостта включват и модели на изкуствен интелект и по-конкретно невронни мрежи (Petnehaz&Gall). В своята статия Petnehaz и Gall констатира, че моделите на безусловна дисперсия формират по-точна прогнозна стойност на дневната изменчивост в резултат на включването в моделите на най-високата и най-ниската дневни стойности. В свое изследване от 2005 Brant и Kinlay открояват ефективността на моделите за прогнозиране на променливостта, като ги тестват емпирично за динамиката на американския капиталов пазар и конкретно индекса S&P 500 (Brandt&Kinlay, 2005).

2. Методология на изследването

2.1. Тест за стационарност

Както е известно, методологичната издържаност и коректност на прогнозирането изисква данните да се характеризират със стационарност. За тази цел прилагаме възприетия като световен стандарт тест за стационарност на Дики-Фулър с неговите базови спецификации (без константа и тренд, с константа и без тренд, с константа и тренд)¹.

2.2. Оценка на риска чрез прогнозиране на дневната променливост

a) Модел на обикновената променливост (Simple Volatility model)

Моделът Simple Volatility е част от измерителите на разсейването и се явява своеобразна ревизия на класическото стандартно отклонение. Моделът за прогнозиране на риска е елементарен от изчислителна гледна точка, като представлява разлика между логаритмите на най-високата и най-ниската дневни стойности за изследвания финансов инструмент. Формулата за определянето на Simple Volatility model е следната (Chan&Lien, 2003):

$$(1) V_s = \ln(H_t) - \ln(L_t)$$

където:

V_s – Volatility Simple model;

H_t – най-високата стойност, достигната от конкретен борсов индекс в рамките на деня;

L_t – най-ниската стойност, достигната от конкретен борсов индекс в рамките на деня.

b) Модел за променливостта на Паркинсон

През 1980 г. известният физик Майкъл Паркинсон представя своя модел за прогнозиране на дневната безусловна дисперсия, който се основава на най-високите и най-ниските дневни стойности на изследваните финансови активи, като добавя във формулния апарат тегло за значимост на пазарните компоненти. Интересна особеност на модела е възможността му за приложение в различни времеви интервали, тоест при малък обем от пазарни данни, какъвто е случаят с развиващите се пазари, така и при водещи борсите с активна търговия и добра пазарна ликвидност. Основното предимство на модела на Паркинсон в сравнение със статистическите показатели за разсейване (при които се ползва една дневна стойност – цена на затваряне) е отчитането на най-високите и най-ниските дневни борсови котировки, което отразява диапазона и евентуалните екстремуми на ценовото развитие. Всеки модел има и определени слабости и в някои публикации се изтъква като проблем това, че „моделът на Паркинсон

¹ Формулния апарат на теста за стационарност на Дики-Фулър е представен в „Детерминанти на борсовата активност в условията на Български фондов пазар, Списание „Диалог“, Ст. Симеонов, Т. Тодоров и Н. Николаев, Брой 1, 2020, с. 11.

не отчита ценовото движение след затваряне на пазара, което води до системно подценяване на променливостта². Формулата за определянето на модела на Паркинсон е в следния вид (Симеонов, 2016):

$$(2) V_p = \frac{1}{4 \ln(2)} * \left[L \ln\left(\frac{H_t}{L_t}\right) \right]^2$$

където:

V_p – прогнозната променливост, определена с модела на Parkinson;

H_t – най-високата дневна стойност;

L_t – най-ниската дневна стойност.

с) Модел на Garman и Klass

През същата – 1980 г. (в която е публикуван моделът на Паркинсон) Марк Гарман и Майкъл Клас въвеждат свой модел за прогнозиране на дневната променливост на финансовите инструменти. Установили недостатъците в модела на Паркинсон, авторският колектив прилага модел, включващ освен най-високите и най-ниските дневни борсови стойности и цената на отваряне и затваряне, като по този начин се отчита най-голяма инвестиционна активност на финансовите пазари. Моделът на Garman&Klass също има определени слабости, изразяващи се в това, че той не е подходящ за инструменти с резки ценови скокове³. Във формализиран вид моделът на Garman&Klass е следния:

$$(3.1) V_{G\&S} = \frac{1}{2} * [\ln(H_t) - \ln(L_t)]^2 - (2\ln(2) - 1) * (\ln(C_t) - \ln(O_t))^2$$

където:

$V_{G\&S}$ – променливост според модела на Garman&Klass;

H_t – най-високата стойност, достигната от конкретен борсов индекс в рамките на деня;

L_t – най-ниската стойност, достигната от конкретен борсов индекс в рамките на деня;

O_t – начална стойност на конкретен борсов индекс за деня;

C_t – цена на затваряне на конкретен борсов индекс за деня;

д) Модифициран модел на Garman и Klass

Изследователската работа на Garman&Klass в областта на риск мениджмънта не спира до посоченото по-горе. Те доразвиват стоя прогностичен модел и включват в него нови компоненти, а именно относителни тегла на различните параметри. В специализираната литература се наблюдава грешното схващане, че двата модела са еквиваленти. Ние – авторите на това изследване, не споделяме подобна трактовка на методиката и затова представяме отделно и двата модела, като в следващата точка прилагаме емпирично и двата модела за прогнозиране на риска. Формулата за приложението на модела на Garman&Klass, включващ и теглови стойности, е следната (Пътев & Канарян, 2008):

² Portfolio Lab, https://portfolioslab.com/tools/parkinson?fbclid=IwAR3rX9QtDyIWk7TlaiLb1q78rMA9qJnMslUCYhJdZj4E4yJgzCadbyf_Lmw Предполагаме, че тук се визират цените, формирани през последната фаза от борсовата сесия за инструменти с активна търговия т.н. Post-trading или After-trade, които имат кратка продължителност (съответно малък брой сделки и малки обеми) след обявяването на цената на затваряне, с която официално приключва дневната фаза с непрекъснат метод на търгуване.

³ Ценовите скокове са често срещано явление на пазарите на финансови деривати и в частност опции. За целта на тази пазарна аномалия финансовата мисъл е създала модела на Робърт Мертон за оценка на опции включващи jump-ефекта на цените. За повече информация виж Симеонов, Ст. „Финансови деривати – ОПЦИИТЕ“, 2015, Авангард Принт. Русе.

$$(3.2) V_{G\&S} = 0.511 * (\ln(\frac{H_t}{L_t}))^2 - 0.19 * ((\ln(\frac{C_t}{O_t})) * (\ln(H_t) + \ln(L_t) - 2\ln(O_t)) - 2(\ln(\frac{H_t}{O_t}) * \ln(\frac{L_t}{O_t})) - 0.383 * (\ln(\frac{C_t}{O_t}))^2$$

където:

$V_{G\&S}$ – Garman & Klass model;

H_t – най-високата дневна стойност, достигната от изследвания борсов индекс;

L_t – най-ниската дневна стойност на борсовия индекс;

O_t – цена на отваряне (начална дневна стойност);

C_t – цена на затваряне (крайна стойност за борсовата сесия);

e) Модел на Rogers&Satchell

В началото на деветдесетте години на миналия век *Rogers&Satchell* също публикуват свой модел за прогнозиране на дневната променливост на финансовите пазари. Целта на авторите е да се коригират констатираните пропуски в моделите на Garman&Klass. В структурата на модела е включен компонент, който отразява дневната доходност в абсолютна стойност. Основният недостатък на модела е в това, че не отразява разпределението на отделните стойности, достигнати през цялата борсова сесия. Формулата за прогнозирането на безусловната дисперсия чрез модела на Rogers & Satchell е следната (Донев, 2017):

$$(4) V_{R\&S} = [\ln(H_t) - \ln(O_t)] * [(\ln(H_t) - \ln(C_t) + (\ln(L_t) - \ln(O_t)))] * [\ln(L_t) - \ln(C_t)]$$

където:

$V_{R\&S}$ – Rogers & Satchell model;

H_t – най-високата дневна цена;

L_t – най-ниската дневна цена;

O_t – начална дневна цена – курс на отваряне на борсовата сесия;

C_t – цена на затваряне – курс на затваряне на борсовата сесия.

f) Модел на Yang & Zhang

Моделът на Yang&Zhang решава основния проблем на показателя на Garman&Klass, свързан с резките ценови движения, и според някои научни публикации моделът на Y&Z е 14 пъти по-надежден за прогнозни цели в сравнение със стандартното отклонение. Изчислителните формули на модела на Yang&Zhang са както следва (Chou, Chou, & Liu, 2009):

$$(5.1) V_{Y\&Z} = \sqrt{\sigma_0^2 + k * \sigma_c^2} + (1-k) * V_{R\&S}$$

$$(5.2) \sigma_0^2 = \frac{1}{N-1} \sum (\ln \frac{O_n}{C_{n-1}} - \text{avg} \ln \frac{O_n}{C_{n-1}});$$

$$(5.3) \sigma_c^2 = \frac{k}{N-1} \sum (\ln \frac{O_n}{C_{n-1}} - \text{avg} \ln \frac{O_n}{C_{n-1}});$$

$$(5.4) k = \frac{0.34}{1.34 + \frac{N+1}{N-1}};$$

където:

$V_{Y\&Z}$ – Yang&Zhang model;

O_n – начална стойност на конкретен борсов индекс за деня;

C_{n-1} – цена на затваряне на конкретен борсов индекс за предходния ден;
 $V_{R\&S}$ – Rogers&Satchell model;
 N – брой наблюдения.

3. Практически резултати от прогнозирането на риска

Резултати от теста на Дики-Фулър за наличието на стационарност в изследваните данни.

Таблица 1.1. Резултати от Теста на Дики-Фулър за стационарност на стойностите на борсовите индекси при затваряне на борсовата сесия

N	Борсови индекси	Държави	Close Price t-stat	Close Price DF-tau	Close Price DF model
1.	SOFIX	България	– 35,8131	– 3,4141	alfa + trend
2.	BGBX 40	България	– 35,5973	– 3,4141	alfa + trend
3.	BELEX 15	Сърбия	– 34,9950	– 1,9412	no alfa no trend
4.	MONEX	Черна гора	– 29,1357	– 1,9413	no alfa no trend
5.	BIST 100	Турция	– 34,7300	– 2,8639	alfa no trend
6.	SBITOP	Словения	– 34,9717	– 1,9412	no alfa no trend
7.	BIRS	Босна	– 33,4028	– 3,4140	alfa + trend
8.	BET	Румъния	– 34,7118	– 1,9412	no alfa no trend
9.	ATG	Гърция	– 32,1266	– 1,9412	no alfa no trend

Таблица 1.2. Резултати от Теста на Дики-Фулър за стационарност на стойностите на борсовите индекси при отваряне на борсовата сесия

N	Борсови индекси	Държави	Open Price t-stat	Open Price DF-tau	Open Price DF model
1.	SOFIX	България	– 35,8131	– 3,4141	alfa + trend
2.	BGBX 40	България	– 35,4203	– 3,4141	alfa + trend
3.	BELEX 15	Сърбия	– 37,7019	– 1,9412	no alfa no trend
4.	MONEX	Черна гора	– 29,5339	– 1,9413	no alfa no trend
5.	BIST 100	Турция	– 37,0387	– 2,8639	alfa no trend
6.	SBITOP	Словения	– 35,0267	– 2,8639	alfa no trend
7.	BIRS	Босна	– 33,1145	– 3,4140	alfa + trend
8.	BET	Румъния	– 34,7027	– 1,9412	no alfa no trend
9.	ATG	Гърция	– 31,5932	– 1,9412	no alfa no trend

Таблица 2.1. Резултати от Теста на Дики-Фулър за стационарност при най-високите дневни стойности на борсовите индекси

N	Борсови индекси	Държави	High Price t-stat	High Price DF-tau	High Price DF model
1.	SOFIX	България	– 30,4133	– 3,4141	alfa + trend
2.	BGBX 40	България	– 29,6171	– 3,4141	alfa + trend
3.	BELEX 15	Сърбия	– 32,5505	– 1,9412	no alfa no trend
4.	MONEX	Черна гора	– 28,8511	– 1,9413	no alfa no trend
5.	BIST 100	Турция	– 29,8025	– 2,8639	alfa no trend
6.	SBITOP	Словения	– 27,6901	– 2,8639	alfa no trend

7.	BIRS	Босна	– 30,0081	– 3,4140	alfa + trend
8.	BET	Румъния	– 26,1825	– 2,8639	alfa no trend
9.	ATG	Гърция	– 28,0627	– 1,9412	no alfa no trend

Таблица 2.2. Резултати от Теста на Дици-Фулър за стационарност при най-ниските дневни стойности на борсовите индекси

N	Борсови индекси	Държави	Low Price t-stat	Low Price DF-tau	Low Price DF model
1.	SOFIX	България	– 35,0876	– 3,4141	alfa + trend
2.	BGBX 40	България	– 33,1935	– 3,4141	alfa + trend
3.	BELEX 15	Сърбия	– 37,3581	– 1,9412	no alfa no trend
4.	MONEX	Черна гора	– 29,1545	– 1,9413	no alfa no trend
5.	BIST 100	Турция	– 32,1620	– 2,8639	alfa no trend
6.	SBITOP	Словения	– 29,1469	– 1,9412	no alfa no trend
7.	BIRS	Босна	– 31,3570	– 3,4140	alfa + trend
8.	BET	Румъния	– 32,3874	– 1,9412	no alfa no trend
9.	ATG	Гърция	– 29,8230	– 1,9412	no alfa no trend

Както е видно от таблици 1.1; 1.2; 2.1. и 2.2, цените на всички борсови индекси са стационарни, като в тези таблици сме посочили най-добрите резултати – тоест най-ниските емпирично установени стойности на теста за всяка от спецификациите на теста Дици-Фулър. При първоначалната селекция на теста за стационарност, всички динамични редове на борсовите индекси бяха нестационарни; затова използвахме техниката за трансформация на данните чрез първите разлики на цените.

Таблица 3.1. Сумарно процентно отклонение на прогнозните резултати от фактическата дневна променливост

Model	SOFIX	BGBX40	BELEX 15	MONEX	BIST 100	SBITOP	BIRS	BET	ATG
Simple Volatility model	9,54	8,56	9,85	2,80	12,74	10,00	7,58	10,54	13,48
Parkinson model	0,71	0,57	0,73	0,20	1,13	0,72	0,58	0,91	1,34
Garman & Klass model	0,84	0,54	0,71	0,11	1,10	0,70	0,42	0,83	1,21
Garman & Klass model-2	0,80	0,60	0,78	0,19	1,18	0,76	0,57	0,95	1,38
Rogers & Satchell model	1,01	0,55	0,72	0,02	1,09	0,72	0,35	0,82	1,17
Yang & Zhang model	1,22	0,57	0,81	0,69	1,31	0,76	0,47	0,87	1,29

Таблица 3.2. Средна квадратична грешка на база на съпоставимост
между прогнозните резултати, отнесени към квадрата
на дневната логаритмична доходност

RMSE VS	0,01163	0,00936	0,01202	0,00325	0,01881	0,01187	0,00938	0,01466	0,02151
RMSE VP	0,00026	0,00019	0,00012	0,00038	0,00037	0,00022	0,00016	0,00033	0,00072
RMSE VG & K	0,00022	0,00026	0,00015	0,00039	0,00043	0,00029	0,00022	0,00045	0,00098
RMSE VG&K-2	0,00021	0,00020	0,00012	0,00038	0,00039	0,00023	0,00017	0,00034	0,00073
RMSE VR&S	0,00016	0,00031	0,00017	0,00040	0,00049	0,00033	0,00025	0,00053	0,00110

Таблица 3.3. Класация на приложените прогнозни модели
на безусловната дисперсия според постигнатата обективност

Model	SOFIX	BGBX40	BELEX 15	MONEX	BIST 100	SBITOP	BIRS	BET	ATG
Simple model	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Parkinson model	4	1	1	1	1	1	1	1	1
Garman & Klass model	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Garman & Klass M-2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Rogers & Satchell model	1	4	4	4	4	4	4	4	4

Всеки един от приложените модели на безусловна дисперсия е изчислен на дневна база и резултатът е съпоставен с достигната след това фактическа дневна доходност от съответните борсови индекси, повдигната на квадрат. Стойностите на моделите в Таблица 3.1. са осреднени за целия период. За сравнимост на достоверността на получените прогнозни стойности прилагаме показателя корен квадратен на средната прогнозна грешка. От Таблица 3.2. е видно, че най-сериозно отклонение от прогнозната стойност се наблюдава при Simple model, което не ни изненадва предвид факта, че това е най-елементарния от приложените модели и, както посочихме в теоретичната част, той е най-ограничен от методологична гледна точка. Водеща позиция заема моделът на Паркинсон, при който от 9 изследвани пазара, за осем от тях постига най-точна прогноза на дневната волатилност. Пълен паритет за всички борсови индекси демонстрират двата модела на Garman&Klass, като този с тегловните стойности заема втора позиция в общата класация тук, а другият им модел остава на трето място. На предпоследната позиция е моделът на Rogers&Satchell. Макар да се смята, че от теоретико-методологична гледна точка е най-добрият модел, емпирично постигнатите прогнозни резултати са незадоволителни. Разбира се, не може да не отчетем и факта, че при прогнозирането на риска на един от борсовите индекси, а именно SOFIX, моделът на Rogers&Satchell дава най-малко отклонение от дневната доходност, повдигната на квадрат.

Таблица 4.1. Абсолютна разлика на моделите от стандартното отклонение

Stdev (%)	0,78	0,65	0,73	0,75	1,37	0,80	0,86	1,08	1,73
AD Simple model	0,0877	0,0791	0,0912	0,0205	0,1137	0,0921	0,0672	0,0946	0,1175
AD Parkinson model	0,00067	0,00083	0,00002	0,00549	0,00231	0,00073	0,00280	0,00169	0,00386
AD Garman&Klass model	0,00059	0,00117	0,00017	0,00635	0,00268	0,00094	0,00437	0,00246	0,00513
AD Garman&Klass model – 2	0,00026	0,00052	0,00054	0,00561	0,00190	0,00038	0,00292	0,00127	0,00343
AD Rogers & Satchell model	0,00237	0,00106	0,00004	0,00728	0,00278	0,00073	0,00509	0,00252	0,00553
AD Yang&Zhang model	0,00441	0,00086	0,00085	0,00056	0,00054	0,00043	0,00389	0,00210	0,00432

Таблица 4.2. Класация на приложените прогнозираните модели на безусловна дисперсия според постигнатата обективност, отнесени към стандартното отклонение

Model	SOFIX	BGBX40	BELEX 15	MONEX	BIST 100	SBITOP	BIRS	BET	ATG
Simple model	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Parkinson model	3	2	1	2	3	4	1	2	2
Garman & Klass model	2	5	3	4	4	5	4	4	4
Garman & Klass model 2	1	1	4	3	2	1	2	1	1
Rogers & Satchell model	4	4	2	5	5	3	5	5	5
Yang & Zhang model	5	3	5	1	1	2	3	3	3

Сложността на модела на Yang&Zhang не позволява да определим неговите прогностични достойнства на дневна база. Затова ползваме стандартното отклонение като класически измерител на риска и го съпоставяме с прогнозните стойности на моделите на безусловна дисперсия за целият изследван период. След това извършваме сравнителен анализ, основан на статистическия показател абсолютна грешка за генерираните прогнозни резултати от моделите на безусловна дисперсия. В Таблица 4.2. представяме обобщените сравнителни резултати, където най-добра успеваемост показва моделът на Garman&Klass за 5 от общо 9 борсови индекса. Втората позиция, с най-добри резултати за четири борсови индекса, се споделя поравно от моделите на Yang&Zhang и Parkinson. Simple моделът отново формира най-неточни прогнозни резултати от всички шест модела, тествани в това изследване.

Заклучение

В първата част на настоящото изследване представихме критичен преглед на методологията на шест модела на безусловна дисперсия за оценяване на риска на финансовите инструменти, основани на прогнозиране на дневната променливост. Във втората част чрез тяхното емпирично тестване бяха потвърдени някои методологични съображения и бе аргументирано прецизирана

обективността на съответните модели. Най-точни прогнози за дневната възвръщаемост отчита моделът на Parkinson, като за осем от за изследваните девет борсови индекса резултатите са с най-малка процентна грешка. Модифицираният вариант на модела на Garman&Klass, при който се прилага тегловна значимост за всички ползвани ценови параметри, заема втора позиция по обективност за всеки от изследваните борсовите индекси. Съществени разлики от фактическата доходност отчита Simple Volatility model, което не е изненада поради базовата философия на модела и неотчитането влиянието на някои характеристики на борсовите индекси. За пореден път получаваме емпирично потвърждение за популярното разбиране в инвестиционния мениджмънт, че сложните иконометрични модели (в случая тези на Rogers&Satchell и Yang&Zhang) не гарантират най-обективни резултати.

REFERENCES

1. **Brandt, M., Kinlay, J.** *Estimating Historical Volatility*.
2. **Chan, L. and Lien, D. (2003).** Using high, low, open, and closing prices to estimate the effects of cash settlement on futures prices. *International Review of Financial Analysis* 12 , 35–47.
3. **Chou, R., Chou, H., Liu, N. (2009).** Range Volatility Models and Their Applications in Finance. *For The Handbook of Quantitative Finance and Risk Management* , 1–25.
4. **Donev, D. (2017).** Changes in the structure of stock market volatility during the different phases of the price bubble. Proceedings of the Thirteenth International Scientific Conference of Young Scientists “The Economy of Bulgaria and the European Union in the Global World”, 132–141. (in Bulgarian)
5. **Floros, C. (2009).** Modelling Volatility Using High, Low, Open and Closing Prices: Evidence from Four S&P Indices. *International Research Journal of Finance and Economics*, 198–206.
6. **Jarešová, L. (2010).** EWMA historical volatility estimators. *Mathematica et Physica, Vol. 51*, 17–28.
7. **Petnehaz, G. and Gall, J.** Exploring the predictability of range-based volatility estimators using RNNs.
8. **Patev, P., Kanaryan, N. (2008).** Portfolio management. Veliko Tarnovo: Abagar. (in Bulgarian)
9. **Simeonov, St. (2016).** Measures of stock market activity – study of indicators and analysis of market trend. Svishtov, Economic World Library, no. 131. (in Bulgarian)

За контакти:

Стефан Симеонов, професор, доктор

Теодор Тодоров, доктор

Даниел Николаев, доктор

Служебен адрес:

гр. Свищов 5250, Стопанска академия „Д. А. Ценов“,

Ел. поща: todorov@selectam.bg
