Проведение совместных исследований преподавателей ГУ-ВШЭ и филиалов

«Количественные меры неэффективности и предсказуемости финансовых временных рядов в рамках гипотезы эффективности рынка»

Пермский филиал ГУ ВШЭ

Архипов Валерий Михайлович, зам. директора ПФ ГУ-ВШЭ, доцент каф.фин.менеджмента ПФ ГУ-ВШЭ.

Ведерников Сергей Михайлович, студент 4 курса ПФ ГУ-ВШЭ, ЦЭМИ

Евдокимов Александр Николаевич, инженер кафедры финансового менеджмента ПФ ГУ-ВШЭ

Миндубаев Шамиль Ринатович , студент 4 курса ПФ ГУ-ВШЭ

Захаров Игорь Юрьевич, преподаватель кафедры финансового менеджмента ПФ ГУ-ВШЭ

Задачи ТЗ:

- Анализ подходов к определению и тестированию гипотезы эффективности финансовых рынков.
- Анализ требований и разновидностей тестирования слабой формы эффективности рынка с использованием торговых стратегий.

- *Эволюция ГЭР.*
- *Определения (формулировки) ГЭР.*
- *Математические модели формулировки ГЭР.*
- *Математические модели равновесного ценообразования и предсказательные модели.*
- *Формы ГЭР и классификация методов тестирования.*
- *Современное состояние и перспективы ГЭР.*
- *Альтернативные гипотезы ГЭР.*
- *Количественные меры неэффективности.*

Хронология развития ГЭР.

1900 1955	*Л.Башелье “Теория спекуляции”.* Предложил математическую модель для описания рыночных цен акций в рамках теории вероятности. Заложил основы: модель броуновского движения (1905 А.Эйнштейн) модель случайного блуждания (Random Walk, RW, 1905 К.Пирсон) гипотеза эффективности рынков (1965, П. Самуэльсоном и Ю. Фама) Savage обнаружил забытую диссертацию Башелье и разослал ее копии коллегам.
1964 1965 1966 1972	Capital Asset Prices Model (CAPM) *Sharpe. Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk.* *Lintner. The Valuation of Risk Assets and the Selection of Risky Investments in Stock Portfolio and Budgets.* *Mossin. Equilibrium in a Capital Asset Market.* *Black. Capital Market Equilibrium with restricted borrowing.*
1965	*Fama. The Behavior of Stock Market Prices.* - обобщение многочисленных эмпирических исследований рыночных цен - обоснование RW модели - вызовы специалистам технического анализа
1965	*Samuelson. Proof that Properly Anticipated Prices Fluctuate Randomly.* - доходности цен непредсказуемы, если полностью включают всю информацию и ожидания всех участников. - проблема динамического распределения ресурсов и сбережения-потребления. - анализ варрантов и опционов, предтеча модели Black и Scholes. - более универсальная мартингальная постановка.
1971 1985	Рыночная микроструктура. Роль информированного дилера (market maker). *Jack L. Treynor. (pseudonym “Walter Bagehot”). The Only Game In Town.* *Kyle. Continuous Auctions and Insider Trading.*

Хронология развития ГЭР.

1970	*Fama. Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work.* - Определение ГЭР: Рынок, в котором цены всегда полностью отражают доступную информацию, называют эффективным. - Совместная гипотеза (joint hypothesis) тестирования: Эффективный рынок будет всегда “полностью отражать” доступную информацию, но чтобы определить, как рынок должен “полностью отразить” эту информацию, мы должны определить функцию предпочтения риска инвесторов (модель, меру и т.д.). Поэтому, любое испытание EMH - испытание и рыночной эффективности и предпочтения риска инвесторов. -Классификация форм ГЭР: Слабая. Полусильная. Сильная. -Модель ГЭР = Модель совершенного рынка: равновесность, отсутствие арбитража, отсутствие предсказуемости, отсутствие транзакционных издержек + модель рационального инвестора и рациональных ожиданий (RE – rational expectations). (полный список допущений – см. Шарп У., Александер Г. и Бэйли Дж., 2001) - индивидуальные инвесторы формируют ожидания рационально (RE – rational expectations) - рынки агрегируют и отражают информацию эффективно (OR - orthogonality property) - и равновесные цены включают всю доступную информацию мгновенно (ГЭР)
1980

Хронология развития ГЭР.

1988	Отклонение гипотезы случайных блужданий. *Lo and MacKinlay. Stock Market Prices do not Follow Random Walks: Evidence from a Simple Specification Test.*
1989 1998 1999 2000 2005 2007	*Обзоры ГЭР.* *LeRoy. Efficient Capital Markets and Martingales.* *Dimson and Mussavian. A brief history of market efficiency.* *Farmer and Lo. Frontiers of finance: Evolution and Efficient Markets.* *Beechey, Vickery and Gruen. The Efficient Market Hypothesis: A Survey.* *Pesaran. Market Efficiency today.* *Lo. EMH.*
1991	*Fama. Efficient Capital Markets: II.* Предсказуемость доходностей рыночных цен. Переменная во времени премия за риск и ожидаемая доходность. Окончательная формулировка совместной гипотезы (joint hypothesis). Новая пересмотренная классификация форм ГЭР (2 формы прежних): Испытания на предсказуемость (ортогональность по отношению к любой измеряемой информации). Испытания реакции на общедоступную информацию (event-studies). Испытания на частную информацию.
1996	*Учебник по ГЭР. Классификация от RW к субмартингалам.* *RW1 – - iid - identically and independently distributed. Чистое случайное блуждание.* *RW2 - - inid – independent but not identically distributed. Отсутствие любой зависимости между остатками при переменной плотности вероятности.* *RW3 - - ninid – not independent but not identically distributed. Остатки могут быть зависимыми, но некоррелированными.* *Campbell, Lo and MacKinlay. The Econometrics of Financial Markets.*
1998	*Fama. Market efficiency, long-term returns, and behavioral finance.* *Защита ГЭР от аномалий: поведенческие аномалии, долгосрочные аномалии.*

Хронология развития ГЭР.

2001	Учебник теории ценообразования с использованием SDF подхода. *Cochrane. Asset Pricing.*
2003	*Malkiel. The Efficient Market Hypothesis and Its Critics.*
2004	Прогнозирование в рамках EMH. Определение ГЭР: Рынок эффективен относительно информационного набора Ωt, технологий поиска St, и предсказывающих моделей Mt, если невозможно получить экономическую прибыль, торгуя на основе сигналов, произведенных от моделей прогнозов в Mt, определенных в информационном наборе Ωt и отобранных с использованием технологий поиска St'. Особенности трейдингового тестирования ГЭР. *Granger and Timmermann. Efficient Market Hypothesis and Forecasting.*
2004	Лучшая книга по ГЭР и эмпирическим исследованиям ценообразования. *Cuthbertson and Nitzsche. Quantitative financial economics. Stocks, bonds and foreign exchange.*
2004	Наиболее профессиональное изложение ГЭР отечественными специалистами. *Энтов. Курс лекций. Теория финансов.*
2005	Современная математическая модель ГЭР. *Pesaran. Market Efficiency today.*
2005	*Malkiel. Reflections on the Efficient Market Hypothesis: 30 Years Later.*
2006	Измерение эффективности. Свидетельства нарастания эффективности на американских фондовых рынках. *Tóth and Kertész. Increasing market efficiency: Evolution of cross-correlations of stock returns.*
2007	*Попытка примирить ГЭР с поведенческими финансами в AMH.* *Lo. EMH.*

“Предельный переход”:

- “Переход” формулировок ГЭР: Идеальная - Прикладная.
- “Переход” моделей ГЭР: Random Walk – Модель Песарана (2005).
- “Переход” математической платформы ГЭР : MV – SDF (Mean-Variance – Stochastic Discount Factor).
- “Переход” форм классификации ГЭР и методов тестирования.

Идеальная – Прикладная формулировка ГЭР.

Определение Фама (Fama 1970): *“Рынок, в котором цены всегда полностью отражают доступную информацию, называют эффективным”.*

Определение Дженсена (Jensen 1978): *“Рынок является эффективным в отношении информационного множества Ωt, если невозможно регулярно получать экономическую прибыль, действуя на основе Ωt. Под экономической прибылью мы понимаем скорректированную на риск норму доходности, за вычетом всех издержек”.*

Трейдинговое определение Грэнжера и Тиммерманна (Granger and Timmermann 2004), расширяющее определение Дженсена: *“Рынок эффективен относительно информационного набора Ωt, технологий поиска St, и предсказывающих моделей Mt, если невозможно получить экономическую прибыль, торгуя на основе сигналов, произведенных от моделей прогнозов в Mt, определенных в информационном наборе Ωt и отобранных с использованием технологий поиска St”.*

Допущения определяют Свойства ценообразования в рамках ГЭР.

Допущения ГЭР: Рациональный инвестор + Совершенный рынок.

Допущения прикладного определения гипотезы эффективности.

Рациональный инвестор	Совершенный рынок
• Гетерогенные инвесторы. • Различные затраты на сбор и обработку информации. • Информированные и не информированные инвесторы. • Различные инвестиционные модели ценообразования и сроки инвестирования. • Присутствие нерациональных поведенческих свойств.	• Асимметричность информации. • Комиссионные издержки (различные для различных инвесторов). • Налоги. • Ограниченная ликвидность. • Ограничения по операциям “короткие продажи”, кредитование. • Дискретность при делимости активов. • Отсутствие единой безрисковой ставки.

Свойства ценообразования в зависимости от определения ГЭР.

Идеальное определение ГЭР	Прикладное определение ГЭР
•Равновесное ценообразование без арбитражных возможностей. Каждый момент времени биржевая цена равна равновесной цене. •Постоянство ожидаемой доходности и премии за риск. •Ожидаемые доходности рыночных цен непредсказуемы. •Инвесторы не могут получить анормальную прибыль. •Цены подчиняются модели случайного блуждания (random walk, RW). *В формулировках эффективности ценообразования экономическая (анормальная) прибыль - это характеристика относительно сравнительного индекса (benchmark) рыночного равновесного портфеля или некоторого расчетного фондового индекса (в отсутствии равновесной модели ценообразования) при учете премии за риск (необходимо взвешивать доходность с учетом меры риска).*	•Возможная предсказуемость доходностей рыночных цен. •Переменные во времени доходности и премии за риск. •Инвесторы не могут на регулярной основе получать анормальную прибыль. • Степень близости реальных биржевых цен равновесным значениям и характеристики возможного арбитража при сохранении ГЭР в ценообразовании может определяться количественно и зависит от количественной степени ослабления допущений биржевого ценообразования в рамках идеальной формулировки Фама. Гроссман и Стиглиц (Grossman, Stiglitz 1980) указывают, что косвенной количественной мерой эффективности ГЭР – мерой близости реальных биржевых цен равновесным значениям, может являться соотношение информированных и не информированных рыночных участников (число агентов, умноженное на величину управляемых ими активов).

“Переход” от идеального определения ГЭР (Fama 1970) к прикладному определению ГЭР (Jensen 1978) и “трейдинговому” определению Грэнжера и Тиммерманна.

Уточненное определение Грэнжера и Тиммерманна с учетом введенных совместных моделей:
“Рынок эффективен относительно информационного набора Ωt, технологий поиска St, и предсказывающих моделей Mt, если невозможно получать регулярную экономическую прибыль, при учете премии за риск относительно модели ERt, торгуя на основе сигналов, произведенных от моделей прогнозов в Mt, определенных в информационном наборе Ωt и отобранных с использованием технологий поиска St, при действии информационной асимметрии и затрат на поиск и обработку информации At по Ωt, при понесенных транзакционных затратах и ограничениях ликвидности Lt, в условиях истощения GOt моделей предсказания Mt ”.

- **Ωt** - информационное множество публично доступной информации, включая все биржевые цены и доступные результаты биржевой работы фондов и частных инвесторов;
- модель равновесных цен и, соответственно, модель премии за риск (**ER**t);
- набор моделей предсказания, доступных в любой момент времени, включая метод их оценки (**M**t);
- технология поиска для выбора лучшей модели прогнозирования из набора **M**t (или набора лучших моделей) (**S**t);
- модель доступности информации (асимметрии), включая публичные версии частной информации, стоимости такой информации и затрат на ее преобразование в модели принятия решения **M**t и **S**t во времени (**A**t);
- модель изменения во времени стоимости транзакций, ликвидности и доступных технологий торговли и т.д. (**L**t);
- модель истощения (старения) (**GO**t) моделей предсказания **M**t (моделей рыночной неэффективности).

“Переход” моделей ГЭР от Random Walk к Модели Персарана (2005).

Теоретическое обоснование ГЭР в рамках средне-дисперсионного подхода (MV) и идеального определения гипотезы эффективности Фама.

Модель «случайного блуждания» (random walk) частный случай мартингальной модели.

$$X_{t+1} = X_t + \delta + \varepsilon_{t+1}$$

$$E_t \varepsilon_{t+1} = 0$$

$$Var_t \varepsilon_{t+1} = \sigma^2$$

$$Cov_t \varepsilon_i \varepsilon_j = 0$$, при $i \neq j$

ε_{t+1} - IID – identically and independently distributed. НОР – независимы одинаково распределены.

При $\delta = 0$,
процесс Xt - есть мартингал,

а переменная $\Delta X_{t+1} = X_{t+1} - X_t$ - процесс справедливой игры.

“Переход” моделей ГЭР от Random Walk к модели Песарана (2005).

Теоретическое обоснование ГЭР в рамках подхода стохастического дисконтирующего фактора (СДФ) и прикладного определения гипотезы эффективности Дженсена.

Эмпирические парадоксы волатильности рыночного ценообразования.
Кластеры волатильности.
Расширение процесса случайного блуждания.

Дисперсия процесса ε_{t+1} (обозначенная σ^2_{t+1}) может быть связана со своим предыдущим значением, σ^2_t, без нарушения свойств мартингальности (например, модели ARCH – авторегрессионная модель условной гетероскедастичности (Autoregressive Conditional Heteroskedasticity, Engle 1982) и GARCH (Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity, Bollerslew 1986).

Campbell, Lo, and MacKinlay 1996 The Econometrics of Financial Markets.

- **RW1 – Random walk 1** случайное блуждание с ограничениями поведениями остатков ε_t (IID).
- **Random Walk 2** учитывает, что финансовые временные ряды, являются нестационарными во времени, часто это описывается переменной во времени плотностью распределения, то есть остатки ε_t могут быть независимыми, но неодинаково распределенными случайными величинами (INID – independent but not identically distributed).
- **Random Walk 3** позволяет остаткам ε_t быть зависимыми, но некоррелированными, и является самой слабой формой случайного блуждания.

“Переход” моделей ГЭР от Random Walk к модели Песарана (2005).

Требования к модели ГЭР:

- Несмещенность. $\varepsilon_{t+1} = R_{t+1} - E(R_{t+1} | \Omega_t)$
- Ортогональность к информационному набору. $E(\varepsilon_{t+1}\Omega_t | \Omega_t) = 0$
- Правило итеративных ожиданий. $E_t[E_{t+1}(R_{t+2})] = E_t[R_{t+2}]$
- Принцип рациональных ожиданий (rational expectations, RE) (Мут, Muth 1961).

$$E_i(R_{t+1} - R_f | \Omega_{it}) = \lambda_{it} + \delta_{it}$$

$\lambda_{it} > 0$ - премия за риск i участника, δ_{it} - информационные и транзакционные издержки i участника.

$\Omega_{it} = \Phi_{it} \cup \Omega_t$ где Ω_{it} - персональный информационный набор, относительно публичной информации Ω_t и частной информации Φ_{it}

$$\lambda_{it} = E_i(R_{t+1} - R_f | \Omega_{it}) = \frac{-\operatorname{cov}_i(m_{i,t+1}, R_{t+1} - R_f | \Omega_{it})}{E_i(m_{t+1} | \Omega_{it})}$$

c_t - реальные расходы участника на потребление.

$m_{i,t+1} = \beta_i u_i'(c_{i,t+1}) / u_i'(c_{it})$ -*стохастический дисконтирующий фактор* (stochastic discount factor – SDF).

$u_i'(\cdot)$ - первая производная функции потребления.

$\operatorname{cov}_i(m_{i,t+1}, R_{t+1} | \Omega_{it})$ - субъективная условная ковариация доходности актива с общим для всех активов дисконтирующим фактором $m_{i,t+1}$

$E(R_{t+1} - R_f | \Omega_t) = E(\lambda_{it} + \delta_{it} | \Omega_t) = \rho_t$ степень предсказуемости доходностей зависит от существования устойчивых корреляционных связей между премией за риск λ_{it} и макроэкономическими факторами.

“Переход” математической платформы ГЭР.
MV – SDF (Mean-Variance – Stochastic Discount Factor).

Совместная гипотеза (joint hypothesis, JP, Fama 1970, 1991).
Невозможность тестирования ГЭР без модели равновесного ценообразования.
Хронология развития моделей равновесного биржевого ценообразования, как составной части ГЭР.

1991 (Fama)

Классификация равновесных моделей:

- CAPM SLB (Capital Asset Prices Model, (Sharp 1964), (Lintner 1965), (Black 1972)).
- Многофакторная модель арбитражного ценообразования APT – arbitrage-pricing theory ((Merton 1973), (Ross 1976)).
- Межвременные модели оценки активов на основе потребления ((Rubinstein 1976), (Lucas 1978), (Breeden 1979)).

Проблемы и перспективы равновесных моделей :

- **CAPM**. Данный класс моделей не объясняет парадокса статистически значимых зависимостей доходности от фундаментальных факторов, например, отношение “Цена/Прибыль” (Басу, Basu 1977 и 1983).
- **Многофакторные модели.** В “борьбе” с аномалиями данный класс моделей проявил себя наилучшим образом. Недоверие вызывает технология эконометрической настройки модели и поиска факторов, напоминающая процесс “подгонки” к историческим данным, что входит в противоречие даже со слабой формой эффективности рынка, определение которой Фама дал в 1970 году. Многофакторные модели не обладают фундаментальной экономической значимостью.
- **Межвременные модели оценки активов на основе потребления**. Данный класс моделей не объяснил аномалий CAPM SLB и породил новый набор парадоксов, первый из которых, загадка избыточной премии за риск (equity premium puzzle - Мейра и Прескотт (Mehra and Prescott 1985)). Перспективный класс моделей ценообразования, позволяющий согласовать биржевые цены с реальными экономическими процессами, в зависимости от которых, экономический агент принимает решения о потреблении и сбережении.

“Переход” математической платформы ГЭР.
MV – SDF (Mean-Variance – Stochastic Discount Factor).

Хронология развития моделей равновесного биржевого ценообразования, как составной части ГЭР.

2007
Проблемы и перспективы равновесных моделей :

“Непотопляемость” CAPM. “Бета мертва?

Lettau u Ludvigson 2002 “Comparing Consumption-Based Asset-Pricing Models” .

CCAPM и ICAPM приближаются к показателям качества CAPM по описательным свойствам (in-sample) и обладают неустойчивостью по предсказательным свойствам в режиме out-of-sample верификации.

Сдерживающее противоречие межвременных моделей оценки активов: с одной стороны, необходимо описать аномалии и выразить взаимосвязь финансовых и экономических процессов, что требует сложных теоретических и математических конструкций, с другой стороны, чем сложнее модель ценообразования, тем меньшими показателями робастности она обладает на участках верификации OOS.

Эмпирические испытания демонстрируют, что корреляция между доходностью активов фондового рынка и совокупным уровнем экономической активности очень низка и тонка, по крайней мере, в сравнении с корреляциями между доходностями и рыночным портфелем средне-дисперсионной парадигмы.

“Переход” форм классификация методов тестирования.

Fama 1970	*Слабая* (weak) *Умеренная (полусильная, средняя)* *Сильная*

Fama 1991	Первая форма эффективности - *тесты предсказуемости доходности* (test for return predictability). “…У второй и третьей формы я предлагаю заменить только названия на более содержательные, смысл же оставить тем же. Вместо «средней формы» я теперь предлагаю использовать термин *изучение событий* (*event studies*), а для сильной – *тесты частной информации* (*tests for private information*).”

Назначение форм ГЭР и подходов к тестированию ГЭР по первоисточникам.

- Dimson and Mussavian 2000
- Dacorogna, Muller, Olsen and Pictet 2001
- Malkiel 2003
- Дамодаран 2004
- Cuthbertson and Nitzsche 2004
- Lo 2007

“Переход” назначения форм ГЭР и классификации методов тестирования.

”Рынки эффективны? Да? Нет?”

“Насколько рынки эффективны?”

Первая классификация тестирования эффективности рынков позволила структурировать накопление свидетельств работоспособности ГЭР в целом. Новая классификация тестирования ГЭР должна стимулировать поиски определения степени эффективности рыночного ценообразования.

“Насколько рынки эффективны?”
Количественные меры эффективности.

- *Fama (1991) указывает, на то, что инвестиционные менеджеры, которые применяют пассивные стратегии с низкими комиссионными, были неизвестны в 1960-х годах; сейчас они - важная часть бизнеса портфельного управления и доля пассивно управляемых средств нарастает.*

- *Уоррен Баффет - самый цитируемый инвестор, нарушающий и идеальное и реальное определение ГЭР, в части длительного получения анормальной прибыли советует: «Большинство инвесторов, как институциональных, так и индивидуальных, поймут, что лучший способ владения обыкновенными акциями – через покупку и владение индексными фондами, требующими минимальной комиссии. Те, кто последует этому совету, убедятся в том, что по чистому результату (с учётом комиссии и издержек) они обойдут абсолютное большинство профессиональных инвесторов».*

- *Бенджамин Грэхэм: «Я больше не защитник изощренных методов анализа фондового рынка с целью получить избыточную доходность. Это было благодарным делом примерно 40 лет назад, когда наша с Доддом работа была впервые опубликована, но ситуация изменилась… Сегодня я сомневаюсь, смогут ли значительные усилия принести повышенную доходность, превышающую издержки этих усилий… Я на стороне школы «эффективного рынка»».*

- *Malkiel (2003) заявляет: ”К чему доказывать существование аномалий, отклонений от ГЭР и наличие свойств предсказуемости, если Вы не можете на них регулярно зарабатывать больше индексов?”*

- *Насколько устойчив саморегулирующийся процесс эффективности – информированных и не информированных инвесторов?*

- *Ликвидность FOREX. Регулируемый процесс - эффективности ценообразования?*

“Насколько рынки эффективны?”

Количественные меры эффективности.
Способы определения количественных мер эффективности рыночного ценообразования.

Прямой замер эффективности. Использовано предположение Фама о том, что степень эффективности ГЭР определяется по отношению модели идеальной формулировки ГЭР, т.е. по отношению к модели случайного блуждания. При действии прикладного определения эффективности Дженсена, вместо модель случайного блуждания необходимо рассматривать равновесную модель ценообразования. Характеристики процесса разницы между динамикой равновесной (ERt) и реальной биржевой цены определяет степень эффективности рыночного ценообразования.

Косвенный замер эффективности Гроссмана и Стиглица. Степень эффективности ценообразования определяется соотношением и степенью асимметрии информации между информированными и не информированными рыночными участниками (модель информационной асимметрии At).

Замер эффективности при определении ГЭР по Дженсену. Возможны две модификации определения степени эффективности ценообразования. Первая, использует характеристики экономической прибыли, относительно равновесной модели (ERt). Вторая, использует характеристики экономической прибыли, относительно реальной биржевой цены.

Возможным способом решения проблемы замера эффективности является введение производных инструментов на исторические равновесные цены. Рынок сам определит значение прошлых равновесных цен – это дает шанс воспользоваться наблюдаемой переменной, характеризующей эффективность ценообразования в рамках ГЭР.

“Насколько рынки эффективны?”

Количественные меры эффективности.

Для получения количественной оценки степени рыночной эффективности необходим совместный анализ следующих информационных множеств и моделей:

- **Ωt** - информационное множество публично доступной информации, включая все биржевые цены и доступные результаты биржевой работы фондов и частных инвесторов;
- модель равновесных цен и, соответственно, модель премии за риск (**ER**t);
- набор моделей предсказания, доступных в любой момент времени, включая метод их оценки (**M**t);
- технология поиска для выбора лучшей модели прогнозирования из набора **M**t (или набора лучших моделей) (**S**t);
- модель доступности информации (асимметрии), включая публичные версии частной информации, стоимости такой информации и затрат на ее преобразование в модели принятия решения **M**t и **S**t во времени (**A**t);
- модель изменения во времени стоимости транзакций, ликвидности и доступных технологий торговли и т.д. (**L**t);
- модель истощения (старения) (**GO**t) моделей предсказания **M**t (моделей рыночной неэффективности).