

Использование МВТ-подхода для верификации систем мониторинга и контроля на фондовых биржах

Наталья Прядкина¹, Антон Крюков¹

¹ Костромской государственной технологической университет 156005, г. Кострома, ул. Дзержинского, 17
Natalia.Pryadkina@exactpro.com, Anton.Kryukov@exactpro.com

Аннотация. Данная статья описывает проблемы тестирования систем мониторинга и контроля на фондовых биржах (СМКнФБ). На сегодняшний день такие системы представляют собой комплексные программные продукты, реализующие сложные математические алгоритмы и обрабатывающие большой объём данных. Одной из их задач является уменьшение количества ложных срабатываний, что достигается за счёт наиболее полного покрытия при тестировании. В работе определены подходы для адаптации метода тестирования на основе модели (ТнОМ, МВТ) к верификации СМКнФБ. Построена структурная модель системы, дано формализованное описание метода в нотации IDEF0. Определены требования к степени абстракции функциональной модели СМКнФБ, необходимой для проведения тестирования. *Ключевые слова:* обеспечение качества; тестирование на основе модели; автоматическое создание тестовых сценариев; система мониторинга на фондовых биржах.

1 Введение

В связи с тем, что манипуляции на фондовых биржах подрывают эффективность финансовых рынков и доверие к ним, вплоть до снижения стабильности всей экономической системы, они являются одной из серьёзных проблем для финансовых организаций и участников торгов [1, 7].

В настоящее время законодательство обязывает финансовые институты применять системы мониторинга и контроля (СМКнФБ, surveillance system) с целью выявления и пресечения незаконных действий на рынке, таких как распространение недостоверной информации, манипулирование ценами или мошенничество за счёт использования информации, недоступной широкой публике (инсайдерская информация) [1, 2].

Современные СМКнФБ являются комплексными продуктами, интегрированными в трейдинговые системы, и основываются на адаптивной логике. Они реализуют сложные математические алгоритмы, собирают статистическую информацию о ситуации на рынке и обрабатывают большие объёмы данных в режиме реального времени. Одной из их задач является уменьшение количества

ложных срабатываний, т.е. сокращение количества ошибок первого и второго рода [2].

Такие системы требуют особого подхода к тестированию. Существует множество методов, которые могут быть применимы для верификации работы информационной системы. Выбранный метод – в идеале – должен обеспечивать достижение ряда целей:

1. универсальная теория всего;
2. моделирование на основе тестов (test-based modeling);
3. стопроцентная автоматизация тестирования;
4. максимально полное проектирование тестов [3].

Методологии тестирования исторически развиваются так, что каждая из них делает ещё один шаг в этих направлениях.

Метод тестирования на основе модели (ТнОМ, model-based testing, MBT) нашёл широкое применение в проверке качества работы информационных систем. Данный подход имеет значительный потенциал для выполнения гибко-управляемого тестирования сложных систем, которые не могут быть протестированы в достаточной мере при помощи основных технологий с приемлемыми трудозатратами [11].

Во второй главе данной статьи будут рассмотрены особенности систем мониторинга и контроля на фондовой бирже; в третьей – основные методологии, которые могут быть применены к тестированию таких систем, а также будет сделан вывод о наиболее эффективной из них; в четвертой главе будут определены основные подходы для адаптации метода тестирования на основе модели к верификации СМКнФБ.

2 Особенности систем мониторинга и контроля на фондовой бирже

СМКнФБ выполняет функцию мониторинга рынка с целью выявления нетипичных ситуаций, которые могут служить идентификаторами незаконных финансовых транзакций [8, 16]. Контролируют данный процесс такие регулирующие органы в сфере финансовых услуг, как: Департамент управления финансовыми рынками Великобритании (Financial Conduct Authority, FCA), Комиссия по ценным бумагам и биржам США (Securities and Exchange Commission, SEC) и другие [5].

В таблице 1 отображены основные требования к СМКнФБ.

Табл. 1. Требования к системе мониторинга и контроля на фондовой бирже

Требование	Описание
Определение и предотвращение различных типов мошенничества на бирже	На сегодняшний день существуют десятки типов поведения на рынке, которые могут быть расценены как мошенничество. СМКнФБ должны сигнализировать о потенциально нелегитимном

	поведении с помощью сигнала тревоги (alert). Пусковые механизмы этих сигналов реализуются с помощью математических алгоритмов
Гибко настраиваемые алгоритмы распознавания образов (адаптивная логика)	Для эффективного выявления мошенничества необходимо непрерывно адаптировать существующие алгоритмы к новым ситуациям, возникающим в ходе торгов [6]
Обработка большого количества данных в режиме реального времени	СМКнФБ непрерывно получает информацию от трейдинговых и других внешних систем, обрабатывает её и выдаёт результат анализа (сигналы о потенциально нелегитимном поведении участников торгов и статистика), информацию о состоянии рынка
Минимизация ложных (ложноположительное / ложноотрицательное) срабатываний: избежание ошибок первого и второго рода	Основной проблемой современных систем мониторинга и контроля на фондовой бирже является разграничение нарушителей и механизмов биржи, отвечающих за ликвидность на рынке (market makers). Необходимо минимизировать ошибки первого рода (false positives) – ложная тревога – и ошибки второго рода (false negatives) – пропуск случаев манипулирования и иных нарушений на рынке
Интеграция с трейдинговой системой: поддержка различных протоколов	Вследствие того, что трейдинговая система использует различные протоколы для обмена информацией с клиентами и внешними системами, возникает необходимость поддержки их и в СМКнФБ. Кроме этого, такая система поддерживает внутренние протоколы
Сбор статистических данных за определенный период	СМКнФБ, кроме наблюдения в режиме реального времени за чистотой и упорядоченностью биржевой торговли, должна нести в себе функцию сбора статистических данных и предоставлять возможность детального восстановления ситуации на рынке на определенный период времени.

Особенности, обозначенные в таблице 1, влекут за собой повышенные требования к тестированию таких систем.

В процессе верификации СМКнФБ, как и любой системы, тестировщики стремятся осуществить близкую к стопроцентной проверке работоспособности системы, что достигается за счёт большего покрытия и большего количества тестовых сценариев [14]. С другой стороны, с расширением библиотеки тестов увеличивается время, необходимое на верификацию работы СМКнФБ. Более того, незначительное изменение функциональности системы может повлечь за собой существенное преобразование библиотеки тестов.

Таким образом, проблема выбора оптимального метода для построения процесса тестирования СМКнФБ является актуальной.

На Рисунке 1 представлена, разработанная в рамках проектов компании Exactpro Systems, LLC, структурная модель системы мониторинга и контроля на фондовых биржах, определены главные компоненты и информационные потоки, типичные для такой системы.

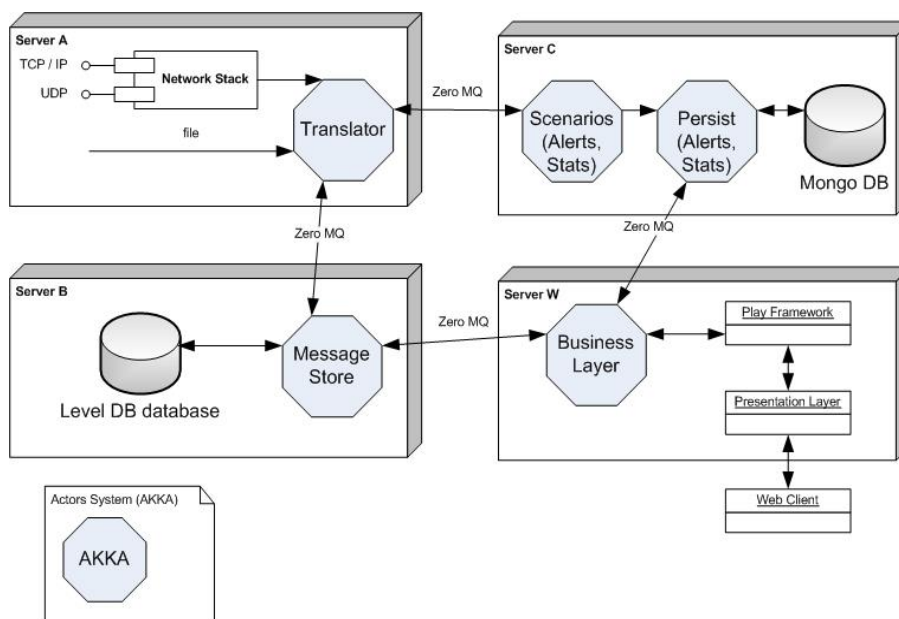


Рис. 1. Структурная модель системы мониторинга и контроля на фондовой бирже, разработанная в рамках проектов компании Exactpro Systems, LLC

Как видно из рисунка 1, СМКнФБ может получать информацию как по сетевым протоколам TCP/IP и UDP, так и проводить анализ на основе файла. Используются базы данных Level DB для сохранения обрабатываемых сообщений; Mongo DB – для сигналов тревоги о потенциальном случае манипулирования или иного нарушения (surveillance alerts) и статистики. Поток сообщений в системе обрабатывается с помощью так называемых «акторов» (actors systems, akka) трансляции, хранения сообщений, сценариев и бизнес логики.

3 Выбор метода тестирования

Верификация работы программных продуктов охватывает широкий спектр деятельности: от тестирования, выполняемого разработчиками (unit testing), до прямо-сдаточных испытаний (acceptance testing) [3, 9].

В этой главе была проанализирована возможность применения различных методологий к тестированию СМКнФБ.

3.1 Методы тестирования

3.1.1 Ручное тестирование (Manual Testing)

Несмотря на ряд ограничений, присущих ручному тестированию, оно широко используется при верификации определенного рода программных продуктов.

Тестировщик, используя тестовый план и спроектированные сценарии, воздействует на систему и считывает результат своего воздействия с её графического интерфейса.

Хотя СМКнФБ и имеет свой интерфейс, с помощью которого пользователь может считывать информацию (окна приложения), для воспроизведения даже одного вида потенциальных нарушений, необходимо сделать десятки манипуляций. Более того, чем разнообразнее становится функциональность системы, тем сложнее делать повторный прогон тестов на новой версии (regression testing). К тому же, система обрабатывает огромный поток данных, за которым порой трудно уследить.

3.1.2 Тестирование на основе скриптов (Script Based Testing)

Тестирование на основе скриптов нашло широкое применение в процессе верификации программных продуктов.

Данный метод предполагает использование тестового инструмента, который применяется для автоматического прогона тестовых сценариев, написанных на специальном языке. Сами же тесты пишутся вручную.

Пользователь СМКнФБ, применяя специальные инструменты, может отправлять данные, воздействуя на систему, а также получать ответ от системы и сопоставлять его с ожидаемым результатом.

3.1.3 Тестирование на основе модели (Model Based Testing)

Коротко данный вид тестирования можно охарактеризовать как автоматизированное проектирование тестов черного ящика. Вместо того, чтобы вручную создавать тесты, основанные на документации, МВТ подход подразумевает проектирование модели, отвечающей некоторым требованиям и имитирующей тестируемую систему [4].

3.2 Оценка методов тестирования систем мониторинга и контроля на фондовых биржах

Метод тестирования систем мониторинга и контроля на фондовых биржах должен отвечать следующим требованиям:

1. обеспечение наиболее полного покрытия тестами [15];
2. высокая степень автоматизации сценариев тестирования;
3. возможность повторного выполнения сценариев (regression testing);
4. минимизация ошибок первого и второго рода (ложных срабатываний);
5. выполнение прогона библиотеки тестов за приемлемое время;
6. минимизация изменений сценариев тестирования при изменении функционального поведения системы;
7. обеспечение возможности автоматизированного тестирования при недетерминированном поведении системы.

МВТ метод наиболее полно отвечает всем обозначенным выше требованиям.

4 Тестирование на основе модели (Model Based Testing)

Методология тестирования на основе модели предполагает автоматизацию процесса проектирования сценариев тестирования и матриц покрытия (traceability matrix) [4].

Данный подход позволяет существенно снизить затраты на создание библиотеки тестовых сценариев: вместо ручного написания тестировщиком сотен и тысяч сценариев, проектировщик создает абстрактную модель системы, затем с помощью инструмента МВТ автоматически генерируется множество тестовых сценариев на основе этой модели. Таким образом, общее время проектирования тестов сокращается; кроме того, при использовании других критериев отбора, может быть создан новый тестовый набор на основе существующей модели [4, 12].

Модель должна представлять собой проекцию структуры и поведения системы, причём может быть спроектирована как целая система, так и отдельные её функциональные части.

4.1 Этапы МВТ подхода

Формализованное описание тестирования на основе модели дано на рисунке 2. На первом этапе происходит проектирование модели системы. Здесь необходимо выбрать оптимальную степень абстракции, удовлетворяющую заданным требованиям.

На втором этапе на основе модели создаются абстрактные тестовые сценарии. Вследствие того, что количество всевозможных тестов стремится к бесконечности, нам необходимо выбрать критерии отбора, которые ограничат множество тестовых вариантов до требуемого. Выходными данными на этом этапе

служат абстрактные тесты, а также матрица покрытия, иллюстрирующая степень покрытия функциональных требований созданными тестовыми сценариями.

Третий этап – преобразование абстрактных тестовых сценариев в исполняемые скрипты. Это достигается путём применения инструмента преобразования, который использует различные шаблоны и взаимосвязи для перевода каждого абстрактного теста в исполняемый скрипт.

Четвертый этап – выполнение тестов.

На пятом этапе тестировщиком проводится анализ полученных результатов.

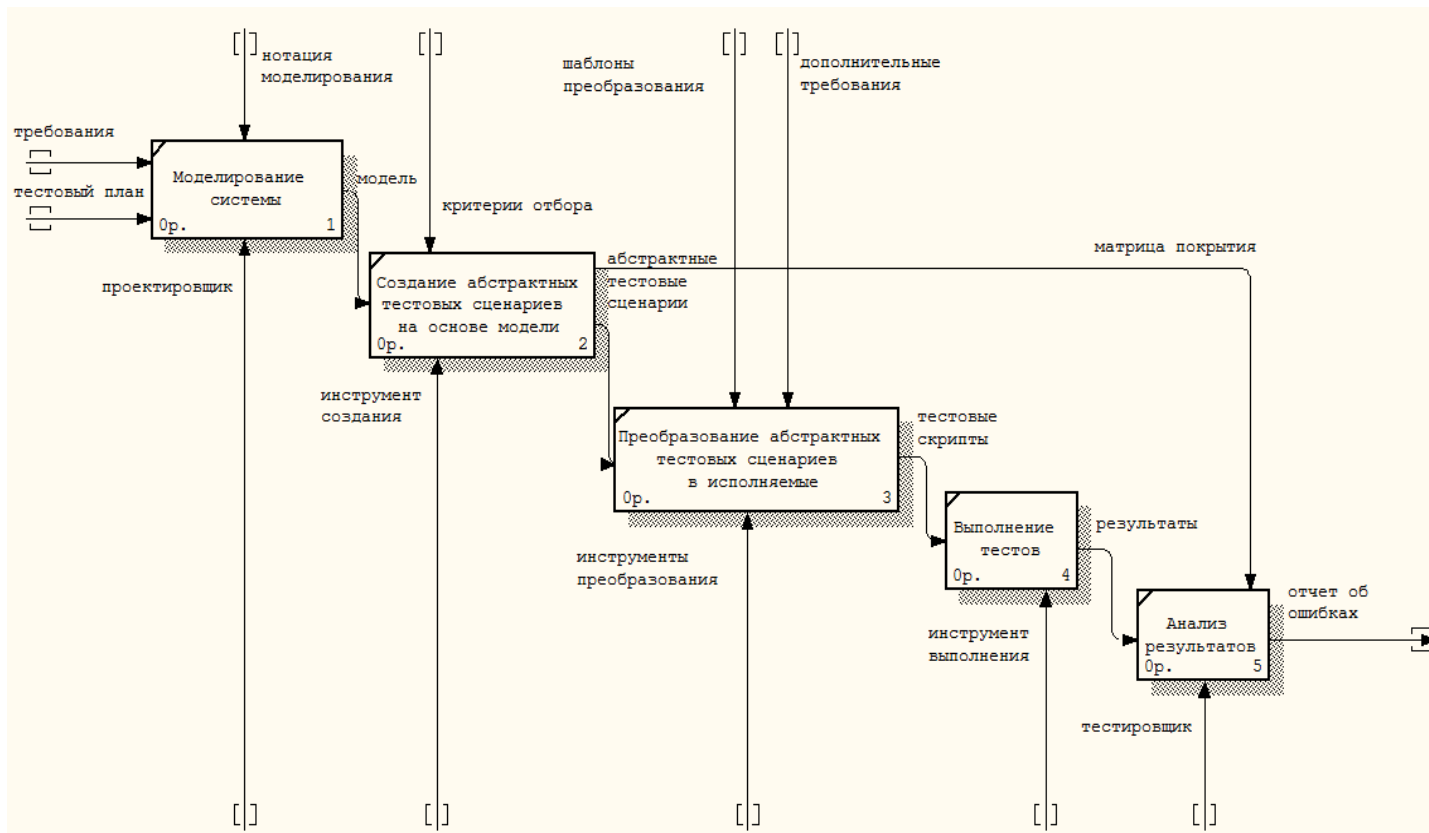


Рис. 2. Бизнес-процесс "Тестирование на основе модели" в нотации IDEF0

4.2 Применение МВТ к тестированию систем мониторинга и контроля на фондовых биржах

Основной задачей и главной проблемой в случае применения метода является построение модели системы.

В качестве инструмента преобразования может быть использован инструмент, который будет перебирать всевозможные комбинации того или иного вида нарушений. В этом случае можно предположить, что более эффективным и дешёвым способом будет моделирование не всей системы, а лишь отдельных её частей, отвечающих за мониторинг определённого вида манипулирования на рынке.

Слабое место данного подхода – сложность организации взаимодействия компонентов системы между собой. Поскольку СМКнФБ являются комплексными программными продуктами, метод не будет эффективен, так как остаются так называемые «мертвые зоны» – части системы, которые не будут смоделированы и покрыты сценариями тестирования. При построении модели мы получаем подобие реальной системы, предполагающее некоторую степень абстракции. Таким образом, требуется определить оптимальный уровень абстракции, с учетом того, что часть функциональности не будет представлена в модели.

В случае, если система разбита на N локальных представлений (подсистем), модель i -го представления может быть задана как функция:

$$y_i(t) = f(x_{i1}(t), x_{i2}(t), \dots, x_{ik}(t)) + z_i, \quad (1)$$

где $x_{i1} \dots x_{ik}$ – входные данные i -го локального представления системы; z_i – погрешность моделирования локального представления; $i = 1 \div N$; $z \rightarrow 0$ в случае, если модель по параметрам приближается к реальной системе. При этом, модель всей системы может быть определена как:

$$Y(t) = \sum_{i=1}^N y_i(t) + Z, \quad (2)$$

где Z – погрешность моделирования системы, возникающая за счёт выполнения операций объединения локальных представлений, $Z \rightarrow 0$ в случае, если $N \rightarrow 1$:
 $\lim_{N \rightarrow 1} Z = 0$.

В связи с тем, что СМКнФБ обладают сложной структурой, и количество локальных представлений N велико, для достижения требуемых результатов тестирования при построении модели необходимо обеспечить минимальные значения z и Z .

При построении модели требуется обеспечить максимальную приближённость к реальной системе, вплоть до разработки аналога. Чем ближе модель к реальной СМКнФБ, тем полнее покрытие тестируемой системы сценариями тестирования.

Таким образом, задачами дальнейшего исследования являются:

1. Оценка степени сложности системы методами системного анализа;
2. Определение возможности тестирования системы на моделях локальных представлений (подсистем);
3. Оценка возможностей построения имитационной модели системы;
4. Определение целесообразности построения физической модели системы, с учетом используемых методов.

В качестве начального исследования нами был проведен эксперимент на проектах компании Exactpro Systems, LLC. Осуществлялось тестирование системы мониторинга и контроля под названием Т. В качестве контрольных методов тестирования были выбраны ручное и тестирование на основе скрипта. Так как компания Exactpro Systems, LLC начала разработку СМКнФБ под названием Д., эта создаваемая система была использована в качестве имитационной модели системы Т. при тестировании на основе метода МВТ. В результате тестирования системы Т. было найдено на 9.8 % больше ошибок, по сравнению с контрольными методами тестирования.

5 Заключение

Системы мониторинга и контроля биржевых систем состоят из большого количества модулей, что обуславливает необходимость большого объёма тестовых сценариев. Кроме того, цена ошибки в таких системах чрезвычайно высока.

Поэтому для обеспечения быстрого и полного автоматизированного тестирования были рассмотрены и выделены наиболее подходящие подходы к верификации СМКнФБ. Показано, что тенденцией в современной теории тестирования является переход к автоматическому режиму проверки программного обеспечения, и МВТ позволяет этого достичь.

Показано, что метод тестирования на основе модели позволяет автоматизировать проектирование сценариев тестирования, сокращать затраты на поддержку имеющегося набора тестов, автоматизировать создание таблицы неисправностей. Именно этого стремятся добиться инженеры по обеспечению качества при тестировании какого-либо программного продукта.

В статье определены подходы для адаптации метода МВТ к специфике СМКнФБ и проблемы построения модели системы, необходимой для её тестирования. Также сделан вывод о том, что лучшим инструментом для тестирования системы мониторинга и контроля на фондовой бирже является другая СМКнФБ.

Литература

1. R. K. Aggarwal, G. Wu: "Stock Market Manipulations," Journal of Business, vol. 79, no. 4, pp. 1915-1953, 2006

2. Jens Wirén Farhad Kimanos: A Survey & Implementation of Financial Alarm Classification [Электронный ресурс] // Режим доступа – <http://scila.se/wp-content/uploads/2013/07/AlforAlertClassification-ScilaReport.pdf>
3. Antonia Bertolino Software Testing Research: Achievements, Challenges, Dreams [Электронный ресурс] // Режим доступа – http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=4221614&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D4221614
4. Mark Utting, Bruno Legeard: Practical Model-Based Testing a Tools Approach. Morgan Kaufmann Publishers, 2007
5. Michael J. Aitken: Strategic Surveillance in the Philippine Capital Markets and the expectations of surveillance technology [Электронный ресурс] // Режим доступа – <http://www.telchar.com/pdf/surveillance.pdf>
6. Иосиф Иткин, Наталья Прядкина, Антон Крюков: «Анализ данных в высоконагруженных трейдинговых системах» [Электронный ресурс] // Режим доступа – <http://clubqa.ru/blogs/?p=436>
7. David Diaz, Mohamed Zaki, Babis Theodoulidis, Pedro Sampaio: A Systematic Framework for the Analysis and Development of Financial Market Monitoring Systems [Электронный ресурс] // Режим доступа – http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=5958083&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D5958083
8. Johan Örténblad, Vladimir Vlassov, Torkel Erhardsson, Håkan Carlbom, Johan Norén: Market Surveillance System [Электронный ресурс] // Режим доступа – <http://web.it.kth.se/~maguire/DEGREE-PROJECT-REPORTS/020606-Johan-Ortenblad.pdf>
9. Noah Höjberg: Random Tests In A Trading System Using Simulations And A Test Oracle [Электронный ресурс] // Режим доступа – http://kiosk.nada.kth.se/utbildning/grukth/exjobb/rapportlistor/2008/rapporter08/hojberg_noah_08037.pdf
10. Wolfgang Prenninger, Alexander Pretschner: Abstractions for Model-Based Testing [Электронный ресурс] // Режим доступа – <ftp://ftp.ira.uka.de/pub/ZVI/papers/tacos04.pdf>
11. Victor V. Kuliamin: Model Based Testing of Large-scale Software: How Can Simple Models Help to Test Complex System [Электронный ресурс] // Режим доступа – <http://panda.ispras.ru/~kuliamin/docs/ISOLA-2004-en.pdf>
12. Mark Utting, Alexander Pretschner, Bruno Legeard: A Taxonomy Of Model-Based Testing [Электронный ресурс] // Режим доступа – <http://www.cs.waikato.ac.nz/pubs/wp/2006/uow-cs-wp-2006-04.pdf>
13. Learning from Financial Trading Bugs [Электронный ресурс] // Режим доступа – <http://gaynwinters.wordpress.com/2012/10/26/learning-from-financial-trading-bugs/>
14. NASA Software Safety Guidebook [Электронный ресурс] // Режим доступа – <http://www.hq.nasa.gov/office/codeq/doctree/871913.pdf>
15. Phyllis Franklt Dick Hamlet Bev Littlewood Lorenzo Strigini: Choosing a Testing Method to Deliver Reliability [Электронный ресурс] // Режим доступа – <http://www.computer.org/csdl/proceedings/icse/1997/2162/00/21620068-abs.html>
16. Afroditi Katika, Babis Theodoulidis, David Diaz: Investigating Financial Fraud In High Frequency Trading: Context And Drivers [Электронный ресурс] // Режим доступа – http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1974911