

A 05.13.05.
C-12

ՀՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԻՆՖՈՐՄԱՏԻԿԱՅԻ ԵՎ
ԱՎՏՈՄԱՏԱՑՄԱՆ ՊՐՈՔԼԵՄՆԵՐԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ

Սահակյան Սուշեղ Սուրենի

Կանխագուշակման որոշ պրոցեսների մոդելավորում
և ծրագրային գործիքային ապահովում

Ե. 13.05 «Հաշվողական տեխնիկայի և մաթեմատիկական մեթոդների
կիրառությունը գիտական հետազոտություններում» մասնագիտությամբ
տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի
գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության

ՍԵՂՄԱԳԻՐ

ԵՐԵՎԱՆ – 2004

Институт проблем информатики и автоматизации
Национальной академии наук РА

Саакян Мушег Суренович

**МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГРАММНАЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ
ПОДДЕРЖКА НЕКОТОРЫХ ПРОЦЕССОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук по специальности 05.13.05
"Применение вычислительной техники и
математических методов в научных исследованиях"

Ереван – 2004

Ատենախոսության բեման հաստատվել է ՀՀ ԳԱԱ Ինֆորմատիկայի և ավտոմատացման պրոբլեմների ինստիտուտում:

Գիտական ղեկավար՝ ՀՀ ԳԱԱ ակադեմիկոս,
տեխն. գիտ. դոկտոր,
պրոֆեսոր Յու. Հ. Շուրոյան

Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝ տեխն. գիտ. դոկտոր,
Դ. Գ. Ասատրյան

Ֆիզ.-մաթ. գիտ. թեկնածու,
Ռ. Ն. Չիբչյան

Առաջատար կազմակերպություն՝ Ռուս - Հայկական պետական համալսարան

Պաշտպանությունը կայանալու է 2004 թ. հոկտեմբերի 1 - իև, ժամը՝ 15:00 - ին,
ՀՀ ԳԱԱ Ինֆորմատիկայի և ավտոմատացման պրոբլեմների ինստիտուտի 037 «Մաթեմատիկական
կիրառական և ինֆորմատիկա» մասնագիտական խորհրդի նիստում, հետևյալ հասցեով՝ Երևան,
375014, Պ. Սևակ 1:

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ինստիտուտի գրադարանում:
Սեղմագիրն առաքված է 2004թ. սեպտեմբերի 1-ին:

Մասնագիտական խորհրդի գիտական քարտուղար՝
Ֆիզ.-մաթ գիտ. թեկնածու

Մ.Ե. Հարությունյան

Тема диссертации утверждена в Институте проблем информатики и автоматизации НАН РА.

Научный руководитель: академик НАН РА,
доктор техн. наук,
проф. Шукурян Ю.Г.

Официальные оппоненты: доктор техн. наук,
профессор Асатрян Д.Г.

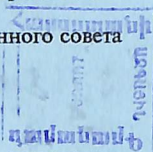
кандидат физ.-мат. наук,
Читчян Р.Н.

Ведущая организация: Российско-Армянский государственный университет.

Защита состоится 1 октября 2004г. в 15:00 на заседании специализированного совета 037
"Математическая кибернетика и информатика" Института проблем информатики и
автоматизации НАН РА по адресу: 375014, г. Ереван, ул. П. Севака, 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.
Автореферат разослан 1 сентября 2004 г.

Ученый секретарь специализированного совета
кандидат физ.-мат. наук.



М.Е. Арутюнян

3246-2004

Общая характеристика работы

Актуальность темы

Переход экономики к рыночным отношениям требует создания многих институтов, без которых рынок не может функционировать. К числу таких институтов относятся: акционерные общества, товарные и фондовые рынки, биржи труда, страховые компании. Фондовый рынок или рынок ценных бумаг в структуре рыночной экономики выделяется особо, потому что объектом купли - продажи является специфический товар — ценные бумаги. Международный опыт показывает, что с помощью эффективно действующего рынка ценных бумаг можно гибко перераспределять средства между отраслями, концентрировать их на более перспективных направлениях научно — технического прогресса, то есть способствовать ускорению и оптимизации структурных сдвигов в экономике. Сам рынок и его эффективность во многом зависит от качества участников, которые принимают решения по покупке или продаже соответствующих ценных бумаг.

При повышении эффективности участников рынка ценных бумаг повысится и эффективность самого рынка. Эффективность же участников рынка во многом зависит от наличия инструментов позволяющих правильно прогнозировать динамику курса ценных бумаг. Поэтому актуальность прогнозирования динамики рынка ценных бумаг не вызывает сомнений.

Произведенный анализ выявил необходимость обеспечения участников рынка эффективными инструментами для принятия решений посредством прогнозирования динамики курса ценных бумаг.

Цели и задачи работы

Целью диссертационной работы является разработка моделей принятия инвестиционных решений посредством прогнозирования динамики курса ценных бумаг и построение информационно-поисковой системы для разработанных моделей.

Исследование проводилось в двух направлениях:

- Исследование и разработка методов прогнозирования и методов определения изменения риска ("скачков"), который учитывает

уменьшенный состав характеристик курса ценных бумаг, обеспечивающих прогноз за приемлемое время.

- Разработка инструментального программного обеспечения ориентированного на получение инвесторами разнообразной оперативной информации по инвестиционным фондам и осуществления прогнозирования по разработанным моделям.

Объект исследования

Объектом исследования являются финансовые временные ряды.

Методы исследования

В работе используются методы статистического анализа временных рядов, теоретико-автоматные подходы, технология программирования на Си и Visual Basic.

Научная новизна

Среди разработанных методов и научных результатов, научную новизну представляют:

- разработка и экспериментальная апробация метода прогнозирования, учитывающего только динамику курса ценных бумаг;
- разработка метода тестирования постоянства функции риска для финансовых рядов, против альтернативы ее монотонного роста. постановка эксперимента на представительном наборе данных;
- создание инструментальной программной системы поддержки принятия решений при прогнозировании, включающую алгоритмы прогнозирования и методику их сравнения.

Практическая ценность работы

Разработанные и программно реализованные методы, а также созданный программный инструментарий, состоящий из информационной системы (получение и обновление информации по инвестиционным фондам) и функциональных программ (принятие решений посредством прогнозирования

динамики курса ценных бумаг) могут быть использованы в исследованиях, связанных с анализом временных рядов, а также инвесторами и финансовыми компаниями.

На защиту выносятся

Метод прогнозирования финансовых рядов, метод тестирования постоянства функции риска против альтернативы ее монотонного роста риска, методика сравнения прогнозирующих систем и информационно-поисковая система.

Апробация работы

Основные результаты работы докладывались на общих семинарах ИПИА НАН РА, на докладах управляющей компании Форчун Ассет Менеджмент (Fortune Asset Management, London) г. Лондон.

Внедрение

В результате исследований и разработок в рамках данной работы в настоящее время в ООО "Терра Нова Ассет Менеджмент" г. Москва, создана и функционирует инструментальная поисковая система для принятия решений посредством прогнозирования.

Публикации

По результатам выполненных в диссертационной работе исследований опубликовано 3 научные статьи

Структура и объем работы

Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы и приложения, изложенных на 102 страницах машинописного текста; содержит рисунки, таблицы и список литературы из 108 наименований.

Содержание работы

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи работы. Отмечены научная новизна и практическая ценность работы. Изложены основные задачи, исследуемые в диссертационной работе, а также их логическая взаимосвязь.

Первая глава диссертационной работы посвящена обзору существующих методов прогнозирования финансовых рядов, анализу экономической актуальности прогнозирования и формулировке основных задач решаемых в данной работе.

В параграфе 1.1 главы произведен анализ рынка ценных бумаг, показано влияние участников на рынок ценных бумаг. Проведенный анализ выявил необходимость обеспечения участников эффективными инструментами для принятия решений посредством прогнозирования динамики курса ценных бумаг. Выявлена взаимосвязь между качеством доступного участникам инструментария и эффективностью рынка.

Далее проводится обзор существующих методов прогнозирования динамики курса ценных бумаг. Рассмотрены статистические методы, методы использования нейронных сетей, а также эвристические методы технического анализа. На динамику курса конкретной ценной бумаги влияют разнообразные критерии (это могут быть макро- и микроэкономические данные, торговые данные, оценки общественно-политических событий). В большинстве существующих моделей учитываются почти все эти разнообразные критерии. Это приводит к привязанности большинства моделей к какому-то определенному рынку. Анализ показывает, что существует необходимость разработки методов прогнозирования, учитывающих наиболее существенные характеристики входной последовательности, обеспечивающих прогноз в приемлемое время. В условиях перехода к рыночной экономике, в критических ситуациях, приводящих к резким изменениям курса ценных бумаг оказывается, что принятие правильных решений может быть обеспечено, если будут использованы средства опережающего оповещения о «скачках курса». Проведен обзор программных средств для существующих моделей.

Анализ показывает, что наряду с потребностью в средствах прогнозирования курса ценных бумаг инвесторы заинтересованы в доступном программном инструментарии, обеспечивающем возможность получения разнообразной оперативной информации об инвестиционных фондах. В

имеющихся средствах, как правило, функциональные и информационные части разобщены.

В конце главы сформулированы основные задачи, решаемые в работе: построение метода прогнозирования динамики курса ценных бумаг, тестирование длительности периодов в финансовых рядах, построение инструментальной информационно-поисковой системы для принятия решений.

Во второй главе моделируются некоторые процессы принятия решений и разрабатываются методы решения вышеуказанных задач.

В параграфе 2.1 предлагается метод прогнозирования динамики курса ценных бумаг. Особенность этого метода заключается в том, что в построенной модели учитывается только курс ценной бумаги, что позволяет свести ее к практически более реализуемой математической задаче, которая универсальна для любого рынка. Предлагается алгоритм нахождения оптимальной длины предьстории временного ряда, на основании которой производится прогнозирование, и формулируется метод такого прогнозирования.

Известно, что в качестве элементов входной последовательности целесообразно выбирать статистически наиболее независимые величины, например, изменение курса или логарифм его относительного приращения. Поэтому, учитывая специфику конкретной предметной области, в модели временная последовательность курса ценных бумаг заменяется на последовательность $R_i = \ln \frac{b_{i+1}}{b_i}$, $i \in \{1, 2, \dots, N-1\}$. Данный выбор

обусловлен также влиянием инфляции на финансовые ряды. В этом случае простые разности в разных частях ряда будут иметь различную амплитуду, т.к. фактически измеряются в различных единицах. Далее преобразованной последовательности ставится в соответствие слово из алфавита $A = \{0, 1, -1\}$. При этом, если курс на i -ый день стабилен, элементу последовательности ставится в соответствие 1, если курс возрос - то +1 и если он понизился - то -1. В итоге получим слово $C = c_1 c_2 \dots c_{N-1}$ длины $N-1$ в алфавите A . Разработанный алгоритм, описанный ниже, позволяет спрогнозировать

следующую после c_{N-1} в слове C букву c_N . Назовем окном длины k последовательность из k подряд идущих элементов слова C . Предлагаемый метод состоит из трех последовательных шагов: нахождение минимального окна, прогнозирование по заданному окну и самообучение.

Разобьем множество окон длины k из C на три подмножества M_1^k, M_0^k, M_{-1}^k следующим образом. Если r – элемент в слове C , следующий за окном h длины k , то h включается в подмножество (набор) M_r^k . продел вышеуказанная процедура при $k \in \{1, 2, \dots, N-1\}$. Из полученных $N-1$ троек наборов (разных длин k) выбирается одна, которая удовлетворяет следующим условиям:

$|M_{i,j}| / (N-k-1) < \alpha$, где $\alpha < 1$ выбирается на основе априорной информации, а $M_{i,j} = M_i^k \cap M_j^k$, при $i, j \in A$; длина окна минимальная.

Прогнозирование выполняется путем использования множеств M_l , $l \in \{-1, 0, 1\}$ для выбранного минимального окна по алгоритму, предложенному выше.

Прогнозирование основано на определении расстояния p_l окна

$h = (h_1, h_2, \dots, h_k)$ от множества M_l :

$$p_l(h) = \min_{m^j \in M_l} \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^k (h_i - m_i^j)^2}}{|M_l| \sum_{m^s \in M_l} \sqrt{\sum_{i=1}^k (h_i - m_i^s)^2}}$$

Вычисляются расстояния p_{-1}, p_0, p_1 окна h , которое в слове C стоит перед элементом c_N , от множеств M_{-1}, M_0, M_1 . Прогнозируемый элемент c_N считается равным l , если расстояние $p_l(h)$ минимальное среди всех $l \in \{-1, 0, 1\}$.

На этапе самообучения для каждого окна длины k из R , где $k \in \{k_{\min}, \dots, k_{\max}\}$, перебираются все элементы, перед которыми есть

окно такой длины, причем каждый такой элемент считается неизвестным и к нему применяется алгоритм прогнозирования по выбранному окну. Реальное значение элемента сравнивается с прогнозируемым, и при положительном результате проверки прогнозирование считается успешным. Число успешных результатов прогнозирования, деленное на длину выборки N дает меру μ успешности прогнозирования для окна длины k , т.е. $\mu = \frac{\text{число успехов}}{\text{длина выборки}}$.

Оптимальным считается то окно длины k^* , у которого мера успешности μ^* наибольшая. Данные, полученные на основании этого окна, учитываются при принятии решения экспертом.

В параграфе 2.2 решается задача тестирования постоянства функции риска финансовых рядов, против альтернативы ее монотонного роста. Определяется процесс изменения курса ценных бумаг $X(t)$ и T момент наступления события: $A_c = \{X(t) < c\}$, где c некоторый уровень, выбранный из содержательных соображений на основе априорной информации. При этом функция риска $\lambda(t)$ определяется, как предельная при $\Delta t \rightarrow 0$, отнесенная к единице времени, условная вероятность осуществления события A_c в интервале времени от t до $t + \Delta t$ при условии, что до момента t оно не осуществилось т.е. $\lambda(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Pr\{t < T < t + \Delta t\} / \{T > t\}}{\Delta t}$.

Особое внимание уделяется нахождению асимптотически оптимального критерия для обнаружения момента изменения (точки роста) функции риска. Подход использует общую теорию обнаружения момента изменения статистических свойств случайной последовательности (change point analysis). Предложена новая ранговая статистика, являющаяся модификацией статистики лог-ранговых меток, для апостериорного тестирования гипотезы о постоянстве функции риска против альтернативы ее монотонного возрастания. Обосновано ее применение для нестабильных рынков.

В параграфе 2.3 анализируется возможность использования автоматов, извлеченных из описаний соответствующих рекуррентных сетей для оценки прогнозирующих алгоритмов данной предметной области. В частности, рассматривается связь рекуррентных нейронных сетей и конечных автоматов при исследовании задачи прогнозирования курса ценных бумаг. Предлагается методика сравнения, включающая наряду с традиционными подходами,

возможность сравнения с системами, построенными на основе рекуррентных нейронных сетей.

В третьей главе приводятся общие требования к программной инструментальной поисковой системе (ИПС) для принятия решений с целью инвестиций. Предлагается общая структура и компоненты системы.

ИПС предназначена для прогнозирования временных рядов, связанных с изменением курса ценных бумаг и для принятия решений по выбору инвестиционных фондов. Система состоит из двух частей: функциональной и информационной. Информационная часть предназначена для накопления и выдачи информации об инвестиционных фондах. Информационная часть состоит из следующих модулей: ImportForm, Statistics, StatPerf, PressForm. Инвестиционные фонды имеют следующие основные атрибуты: наименование фонда, адрес управляющей компании фонда, инвестиционный стиль, периодичность погашения и т.д. Пользователь задает свой запрос на формирование требуемой информации в форме шаблона. Входной шаблон представлен в виде вопросника в среде MS Word и в виде временных рядов в среде MS Excel. Шаблон задается пользователем и может быть изменен для последующего получения требуемой информации у исследуемого объекта (инвестиционного фонда, предприятия). Данный шаблон направляется исследуемому объекту (инвестиционному фонду, предприятию) с целью получения ответов на поставленные пользователем вопросы.

Статистическая информация может быть предоставлена объектом в виде произвольных временных рядов (в среде MS Excel). Пользователь может считать произвольный отрезок временного ряда, при этом программа автоматически проверяет соответствие временных и числовых переменных и в случае обнаружения ошибки позволяет откорректировать данное несоответствие. При считывании временного ряда учитывается его привязанность к конкретному объекту, и при попытке считать временной ряд несоответствующим данному объекту программа оповещает пользователя.

Модуль PressForm предназначен для выдачи и поиска информации по инвестиционным фондам. Выходной шаблон представлен в среде MS Excel (рис. 1). Шаблон задается пользователем и может быть модифицирован. Также задается алгоритм заполнения шаблона по которому информация полученная модулем StatPerf хранящейся в среде MS Excel отображается в выводе конечной справочной информации. На основании шаблона информационная

Fee and Redemption Structure		Service Providers	
Subscription Frequency	Monthly	Prime Broker	-
Redemption Frequency	Monthly	Administrator	SC Hankins Bank & Trust (Bahamas)
Redemption Notice Period	30 days	Custodian/Depository	Various
Management Fees	0.02	Auditor	Ltd
Performance Fees	20%, high watermark	Legal Advisors	Albin, Gump, Strauss, Hauer & Feld
Manager Details		Fund Details	
Management Company	S.A.	Investment Style	Equities, Value Investing, Long Biased
Fund Manager(s)	-	Fund Size	USD 20m
Directors of Fund	Anthony Inzer Bieder, Deirdre McCoy	Firm Total Assets	USD 60m
Website	www.americainvestor.com	Inception Date	November 1, 1997
Contact Person	Deirdre McCoy	Denote	Bahamas
Email Address	info@americaninvestor.com	Base Currency	USD
Telephone	+1-242-323 1033	Minimum Investment	USD 100000
Fax	+1-242-323 7918	Fund Type	Open Ended Investment Fund
Address	7 VALUE		

рис. 1

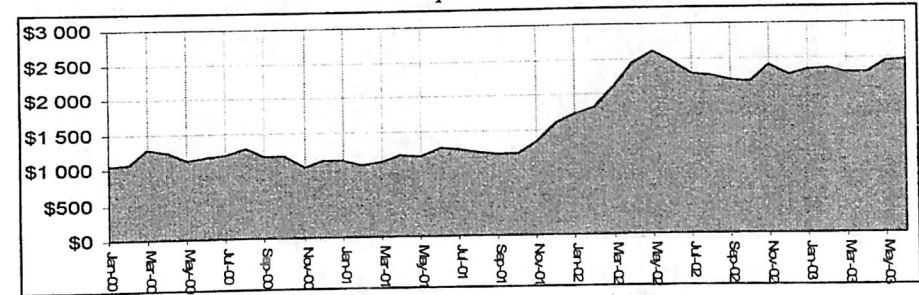


рис. 2

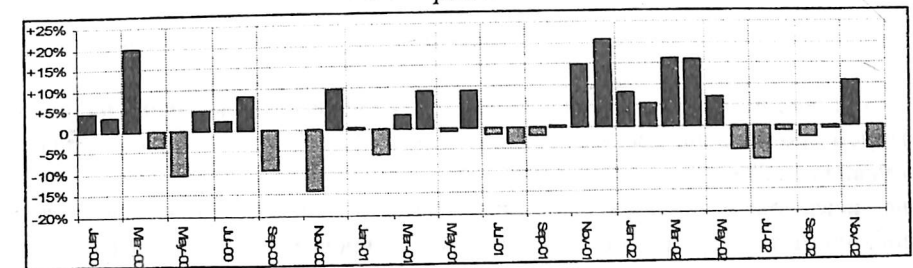


рис. 3

система генерирует справки по конечному числу уникальных объектов хранящихся в обрабатываемом модуле. Модуль также позволяет пользователю графически отображать статистическую информацию. На рис. 2 приведен пример иллюстрации зависимости отдачи инвестированных средств от периода инвестирования, а на рис. 3 проиллюстрирован временной ряд доходности в месячном разрезе.

Функциональная часть включается в прогнозирующую программу Predict, которая реализует предложенный в первой главе метод прогнозирования. Программа Predict реализована на языке Си.

Результаты экспериментов

Произведен эксперимент на основании данных Центрального банка РА по курсу доллара за период от 1 июня 1997 г. до 1 июня 2004г. На нижеприведенном графике показана зависимость меры успешности от длины окна (рис. 4).



рис. 4

Как видно из рис. 4 полученная оптимальная длина окна, на основе которой произведено прогнозирование, равна 102. При этом мера успешности составила 42.2%.

Для исследования эффективности предложенного метода и определения необходимых параметров также было произведено 268 случайных экспериментов на различных интервалах имеющегося курса. Мера успешности не превысила 50%, в то время как прогнозируемые значения совпали с реальными в 113 случаях. Оптимальная длина окна зависела от длины рассматриваемой последовательности. Экспериментально она не превысила половины длины рассматриваемой последовательности.

Следующий эксперимент на том же представительном наборе выполнен для прогнозирования "скачков" по методу, предложенному в параграфе 2.2.

Обработка реальных данных подтвердила теоретические выкладки. Приведенный к стационарному виду временной ряд обменного курса имеет три точки краха, которые заранее обнаруживаются апостериорными статистическими критериями, выявляющими снижения уровня и увеличения разброса. Изменение уровня было обнаружено в двух точках. Однако наиболее эффективный результат получается при обработке длительностей апостериорными критериями.

Приложение содержит листинги прикладных программ на языках Си и VBA.

Основные результаты и выводы

В настоящей работе получены следующие научные и практические результаты:

1. Проведен обзор методов прогнозирования временных рядов, связанных с курсом ценных бумаг и подходов к их решению.
2. Исследована задача прогнозирования динамики курса ценных бумаг. Разработан и экспериментально опробован эвристический программно реализованный метод прогнозирования.
3. Разработан метод тестирования постоянства функции риска финансовых рядов, против альтернативы ее монотонного роста.
4. Разработана инструментальная программная система поддержки принятия решений при прогнозировании, реализующая алгоритмы прогнозирования и методики их сравнения.
5. Эффективность разработанных методов и программных средств подтверждена экспериментально на представительном наборе данных.

Объем - 1 п.л. Тираж 60 экз.

Лаборатория компьютерной полиграфии ИПИА НАН РА