

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ И ИНФОРМАТИКИ
Кафедра математического моделирования и анализа данных

Аннотация к дипломной работе

**Алгоритмы оптимизации инвестиционных стратегий на основе моделей
с переключениями состояний**

Девликамов
Артём Дамирович

Научный руководитель:
кандидат физ.-мат. наук,
доцент кафедры ММАД
Малюгин Владимир Ильич

Минск, 2022

РЕФЕРАТ

Дипломная работа, 38 страниц, 8 рисунков, 15 таблиц, 11 источников.

Ключевые слова: ВРЕМЕННЫЕ РЯДЫ, СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ, АНАЛИЗ ФОНДОВЫХ РЫНКОВ, МОДЕЛИ С ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕМ СОСТОЯНИЙ, ОПТИМИЗАЦИЯ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПОРТФЕЛЯ, ДОХОДНОСТИ АКТИВОВ, MS-ARX, MS-VAR.

Объектом исследования в рамках данной работы являются инвестиционные стратегии в условиях изменяющихся состояний фондовых рынков.

Предметом исследования являются эконометрические модели курсов финансовых активов и методы оптимизации инвестиционных стратегий.

Целью работы является разработка алгоритма построения оптимального инвестиционного портфеля на основе моделей временных рядов фондовых индексов и обменных курсов в условиях изменяющихся состояний фондовых рынков.

Методы исследования – методы теории вероятности и математической статистики, теория оптимального портфельного управления Марковица, методы многомерного анализа временных рядов.

Результат – для достижения указанной цели в работе решаются следующие задачи:

- 1) подготовка обзора задач и методов оптимизации инвестиционного портфеля.
- 2) разработка описания моделей с марковскими переключениями состояний и методов их построения в контексте задачи оптимизации инвестиционных стратегий.
- 3) построение моделей с марковскими переключениями состояний и их применение для оптимизации инвестиционных стратегий.

Область применения – оптимизация инвестиционных стратегий в условиях циклической смены состояний фондового рынка.

РЭФЕРАТ

Дыпломная работа, 38 старонак, 8 малюнкаў, 15 табліц, 11 крыніц.

Ключавыя словы: ЧАСОВЫЯ ПАСЛЯДОЎНАСЦІ, СТАТЫСТЫЧНЫ АНАЛІЗ, АНАЛІЗ ФОНДАВЫХ РЫНКАЎ, МАДЭЛІ З ПЕРАКЛЮЧЭННЕМ СТАНАЎ, АПТЫМІЗАЦЫЯ ІНВЕСТЫЦЫЙНАГА ПАРТФЕЛЯ, ДАХОДНАСТІ АКТЫВАЎ, MS-ARX, MS-VAR.

Аб'ектам даследавання ў межах гэтай работы з'яўляюцца інвестыцыйныя стратэгіі ва ўмовах зменлівых станаў фондавых рынкаў.

Прадметам даследавання з'яўляюцца эканаметрычныя мадэлі курсаў фінансавых актываў і метады аптымізацыі інвестыцыйных стратэгій.

Мэтай работы з'яўляецца распрацоўка алгарытму пабудовы аптымальнага інвестыцыйнага партфеля на аснове мадэлей часовых паслядоўнасцей фондавых індэксаў і абменных курсаў ва ўмовах зменлівых станаў фондавых рынкаў.

Метады даследавання – метады тэорыі верагоднасці і матэматычнай статыстыкі, тэорыя аптымальнага партфельнага кіравання Марковіца, метады шматмернага аналізу часовых паслядоўнасцей.

Вынік – дзеля дасягнення пазначанай мэты ў рабоце вырашаюцца наступныя задачы:

1) падрыхтоўка агляду задач і метадаў аптымізацыі інвестыцыйнага партфеля.

2) распрацоўка апісання мадэлей з маркаўскімі пераклучэннямі станаў і метадаў іх пабудовы ў кантэксце задачы аптымізацыі інвестыцыйных стратэгій.

3) пабудова мадэлей з маркаўскімі пераклучэннямі станаў і іх прымяненне дзеля аптымізацыі інвестыцыйных стратэгій.

Вобласць прымянення – аптымізацыя інвестыцыйных стратэгій ва ўмовах цыклічнай змены станаў фондавага рынку.

ABSTRACT

Graduate work, 38 pages, 8 drawings, 15 tables, 11 sources.

Key words: TIME SERIES, STATISTICAL ANALYSIS, STOCK MARKET ANALYSIS, STATE SWITCHING MODELS, INVESTMENT PORTFOLIO OPTIMIZATION, MS-ARX, MS-VAR.

Object of research is investment strategies in the changing conditions of stock markets.

Subject of research is econometric models of financial asset rates and methods of optimizing investment strategies.

Purpose of the work is to develop an algorithm for constructing an optimal investment portfolio based on time series models of stock indices and exchange rates in the changing conditions of stock markets.

Research methods – methods of probability theory and mathematical statistics, Markowitz theory of efficient portfolio selection, methods of multidimensional time series analysis.

Result – to achieve the goal of this work several tasks are solved:

1) preparation of an overview of the tasks and methods of optimizing the investment portfolio.

2) development of a description of models with Markov state switches and methods of their construction in the context of the task of optimizing investment strategies.

3) creating models with Markov state switches and their application for the optimization of investment strategies.

Scope – optimization of investment strategies in the conditions of cyclical changes in the stock market conditions.

ВВЕДЕНИЕ

Как известно, инвестиционный процесс, результатом которого является готовый инвестиционный портфель, состоит из нескольких этапов, которые поочередно необходимо пройти каждому инвестору [1]. Во-первых, необходимо определиться, какую цель преследует инвестор, какие виды активов он будет рассматривать, и как долго и на какой период он собирается инвестировать. Во-вторых, это, непосредственно, анализ и выбор целевых активов, на основе которых будет строиться портфель и между которыми будет распределяться капитал. В данной работе в качестве активов используются 4 фондовых индекса крупнейших мировых бирж, а в качестве рынка рассматривается «мировой фондовый рынок», для описания которого используется индекс, рассчитываемый как среднее значение рассматриваемых индексов. Это означает, что в результате решения задачи оптимизации инвестиционного портфеля на четырех различных рынках, станет понятно, на какие фондовые рынки и в каких пропорциях необходимо распределить инвестируемый капитал.

Третий этап является самым сложным. В рамках его необходимо построить прогнозные модели курсов активов. В теории оптимального портфельного инвестирования, основанной на подходе «доходность-риск» (mean-variance) [1], используется предположение о постоянстве во времени вектора ожидаемых доходностей включаемых в портфель финансовых активов, а также ковариационной матрицы случайного вектора доходностей. Однако, на практике эти предположения не выполняются [4], поскольку ожидаемые доходности и ковариационные матрицы случайного вектора активов зависят от состояния рынков.

В данной работе задача оптимизации структуры инвестиционного портфеля решается отдельно для двух классов состояний рынка – «спад» и «подъём». Инструментом, который позволяет это учитывать, являются модели с марковскими переключением состояний. Данные модели позволяют оценить апостериорные вероятности классов состояний экономической активности в текущий момент времени и матрицу переходных вероятностей, которая может использоваться для прогнозирования будущего состояния. При этом одновременно с оцениванием номеров классов состояний решается задача оценивания параметров моделей для каждого класса состояний. Наибольшее распространение получили MS-VAR (*Markov-switching vector autoregressive*

model). Для этого типа модели спецификация внутри каждого состояния является линейной [3]. Кроме того, оцениваются вероятности перехода, которые управляют движением от одного состояния к другому. В этих моделях смена классов состояний происходит под управлением ненаблюдаемой однородной цепи Маркова. Условие однородности означает постоянство во времени вероятностей смены классов состояний, называемых переходными вероятностями. Эффективность применения моделей MS-VAR существенно зависит от размерности модели, определяемой числом уравнений, порядком авторегрессии и количеством классов состояний: чем больше размерность модели и, соответственно, число оцениваемых параметров, тем большей должна быть длина используемых временных рядов. Также можно рассматривать модели MS-VARX (*Markov-switching vector autoregressive model with exogenous inputs*), которые допускают использование экзогенных переменных. При короткой длине временного ряда актуально применение соответствующих одномерных моделей MS-AR и MS-ARX [3].

На четвёртом этапе необходимо определить оптимальную структуру портфеля. В данной работе основным методом для определения структуры инвестиционного портфеля на один период владения является решение задачи Марковица. Поскольку на фондовом рынке выделяется два состояния, то логично, что инвестиционный портфель должен подвергаться корректировке в зависимости от состояния рынка. Поэтому оптимальный портфель необходимо строить для двух состояний, соответственно, с ковариационной матрицей и вектором ожидаемых доходностей для каждого состояния. Это помогает решить проблемы с выбором стратегии инвестирования в условиях спада или подъёма фондового рынка.

В 1 главе данной работы приводится постановка и решение задачи оптимизации инвестиционного портфеля, известной как задача Марковица, а также проблемы, возникающие при её решении. В 2 главе приводится описание моделей с переключениями состояний, используемых для моделирования временных рядов активов и определения состояний фондового рынка. В 3 главе приводятся практические эксперименты построения указанных моделей на реальных данных, а также дальнейшее использование прогнозных оценок доходностей и ковариационных матриц для двух состояний для построения оптимального инвестиционного портфеля на следующий период.