Федеральное государственное бюджетное образовательное

учреждение высшего образования

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Факультет вычислительной математики и кибернетики

**УТВЕРЖДАЮ**

декан факультета вычислительной математики и кибернетики

**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/И.А. Соколов /**

**«\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_20\_\_\_г.**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Наименование дисциплины:**

**Вычислительные алгоритмы анализа финансовых данных**

**Уровень высшего образования:**

**бакалавриат**

**Направление подготовки / специальность:**

**01.03.02 «Прикладная математика и информатика» (3++)**

**Направленность (профиль):**

**Математические и компьютерные методы решения задач естествознания**

**Форма обучения:**

**очная**

**Москва 2023**

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки 01.03.02, 01.04.02 "Прикладная математика и информатика" программы бакалавриата Утвержден приказом МГУ от 30 августа 2019 года № 1041 (в редакции приказов МГУ от 11 сентября 2019 года № 1109, от 10 июня 2021 года № 609, от 7 октября 2021 года № 1048, от 21 декабря 2021 года № 1404, от 2 ноября 2022 года № 1299)

**1.** Дисциплина относится к *вариативной части ОПОП ВО*.

**2.** Входные требования для освоения дисциплины (модуля): учащиеся должны владеть знаниями по математическому анализу и линейной алгебре в объеме, соответствующем программе первого и второго года обучения основных образовательных программ бакалавриата по укрупненным группам направлений и специальностей 01.00.00 «Математика и механика», 02.00.00 «Компьютерные и информационные науки».

**3.** Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников*.*

Компетенции выпускников, частично формируемые при реализации дисциплины (модуля):

* **ПК-2.Б** Способность понимать и применять в научно-исследовательской деятельности современный математический аппарат
* **СПК-ВААФД-1.Б** Способность понимать и анализировать поведение современных товарных и финансовых рынков на основе построения математических моделей автоматизированных торговых систем
* **СПК-ВААФД-2.Б** Способность применять на практике теорию формирования оптимального портфеля инвестиций на основе анализа доходности и риска
* **СПК-ВААФД-3.Б** Способность построения статистических моделей с переменными параметрами для прогнозирования нестационарных временных рядов

Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю):

**Знать:**

1. основные подходы к построению автоматизированных торговых систем, необходимые методы, программные средства для оптимизации параметров систем;
2. основные модели входа в рынок, стандартизированный выход;
3. модели, основанные на скользящих средних, их виды, фильтры на их основе;
4. осцилляторы, входы на основе осцилляторов;
5. входы на основе циклов, спектральная фильтрация, вейвлетный анализ;
6. прогнозирование с помощью нейронных сетей, модели на основе точки разворота;
7. генетические алгоритмы построения моделей входа, шаблоны правил;
8. формирование портфелей инвестиций, различные модели портфелей (Марковиц, Блек, Тобин-Шарп-Линтнер);
9. эффективные портфели ценных бумаг, оптимальные портфели при возможности заимствования;
10. модели финансовых рынков, методы измерения эффективности инвестиций с учетом риска
11. линейные временные ряды, авторегрессионная модель, модель скользящего среднего.

**Уметь:**

1. применять на практике общие подходы к построению автоматизированных торговых систем, в том числе, модели входа на основе различных фильтров скользящих средних, осцилляторов, преобразования Фурье;
2. оценивать размер нейронной сети в зависимости от размера выборки исходных данных, используемой для ее построения;
3. применять формализм шаблона правил для построения генетического алгоритма поиска модели входа;
4. использовать упрощенные методы нахождения эффективных портфелей с использованием индексов;
5. решать аналитически задачи портфельной теории инвестиций для случая n=2 и 3 активов в постановке моделей Блека, Марковица, Тобина – Шарпа – Линтнера, обобщать результат на многомерный случай;
6. находить оптимальный портфель в случае заданной доходности, заданного риска, наибольшей полезности;
7. классифицировать для линейных временных рядов модели авторегрессии первого, второго, p-го порядка, модели скользящего среднего первого, второго, q-го порядка, моделировать с их помощью.

**Владеть:**

1. навыками анализа реальных биржевых данных, полученных из архивов российских торговых площадок в сети Интернет;
2. навыками применения различных моделей портфельной теории инвестиций с использованием средств пакета Matlab;
3. навыками использования разрабатываемых автоматизированных торговых систем для исследования поведения финансового рынка;

**4.** Формат обучения: лекции и семинарские занятия проводятся с использованием меловой доски, при выполнении практических заданий применяется персональная компьютерная техника и пакеты программ Matlab, Deductor, библиотека NeuralBase для Delphi .

**5.** Объем дисциплины (модуля) составляет 3 з.е., в том числе 32 академических часа, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, 76 академических часов на самостоятельную работу обучающихся.

**6.** Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),**  **Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)** | **Всего**  **(часы**) | В том числе | | | |
| **Контактная работа  (работа во взаимодействии с преподавателем)**  **Виды контактной работы, часы** | | | **Самостоятельная работа обучающегося,**  **часы** |
| Занятия лекционного типа\* | Занятия семинарского типа\* | **Всего** |
| 1. Автоматизированные торговые системы. Исходные данные. Оптимальные входы и выходы. Необходимые методы | **4** | 2 | 0 | **2** | **2** |
| 1. Модели, основанные на скользящих средних, осцилляторах | **8** | 4 | 0 | **4** | **4** |
| 1. Входы на основе циклов. Спектральный анализ. Преобразование Фурье. Фильтрация | **4** | 2 | 0 | **2** | **2** |
| 1. Прогнозирование с помощью нейронных сетей | **4** | 2 | 0 | **2** | **2** |
| 1. Текущий контроль успеваемости: выполнение на компьютере практического задания № 1 | **6** | 0 | 0 | **0** | **6** |
| 1. Генетические алгоритмы. Развитие моделей входа, основанных на правилах | **4** | 2 | 0 | **2** | **2** |
| 1. Формирование портфелей инвестиций. Портфельная теория Г.Марковица. Различные постановки задачи формирования оптимального портфеля | **16** | 8 | 0 | **8** | **8** |
| 1. Текущий контроль успеваемости: выполнение на компьютере практического задания № 2 | **6** | 0 | 0 | **0** | **6** |
| 1. Анализ полезности. Методы уменьшения риска. Модель оценки фондовых активов. Методы измерения эффективности инвестиций | **16** | 8 | 0 | **8** | **8** |
| 1. Текущий контроль успеваемости: выполнение на компьютере практического задания № 3 | **6** | 0 | 0 | **0** | **6** |
| 1. Линейные временные ряды. Модели авторегрессии. Модели скользящего среднего. Моделирование с помощью линейных временных рядов. | **8** | 4 | 0 | **4** | **4** |
| Промежуточная аттестация: сдача практических заданий № 1-3 | **6** | 0 | 0 | **0** | **6** |
| Промежуточная аттестация: устный экзамен | **20** | 0 | 0 | **0** | **20** |
| **Итого** | **108** | **32** | **0** | **32** | **76** |

**7. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)**

**7.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.**

|  |  |
| --- | --- |
| **Практическое задание № 1 «Вход в рынок. Первичное размещение. Анализ доходности»** | |
| **Вариант 1** | **Вариант 2** |
| 1. Используя открытую базу данных в сети интернет с результатами торгов на российском фондовом рынке (сайт rbc.ru) скачать данные за временной интервал примерно 1-1.5 года. Вид ценных бумаг - облигации федерального займа (ОФЗ).  2. Опираясь на полученную информацию рассчитать номинальную и эффективную доходности к погашению на фиксированную дату входа в рынок. Выполнить расчет отдельно по последней и по средне-взвешенной ценам. А также найти доходности покупки по этим ценам с учетом комиссий биржи и банка.    3. Построить диаграммы – кривые доходности в зависимости от выпуска (номера) ценной бумаги с учетом комиссии и без нее. Выполнить построение отдельно для последней и средне-взвешенной цен.  4. Выполнить задание 3 отдельно для каждой группы бумаг (короткие, средние и длинные).  5. Для различного горизонта планирования инвестиций сделать вывод о наиболее доходной ценной бумаге в каждом классе (короткие, средние, длинные) в зависимости от величины комиссии. | 1. Для каждого студента задается для анализа индивидуальная фиксированная дата входа в рынок.  .  2. Задания 2-5 аналогичны варианту 1.    3.  4.  5. |
| **Практическое задание № 2 «Формирование портфеля ценных бумаг»** | |
| **Вариант 1** | **Вариант 2** |
| 1. Построить оптимальный портфель из следующих акций: GAZP, SBER, LUK, FSK, ROSNEFT, VTB. Временной интервал задан – 1 неделя. Рассчитать для данного интервала вектор математических ожиданий доходностей и ковариационную матрицу. В качестве безрисковой бумаги взять ставку рефинансирования ЦБ РФ. В рамках модели Тобина-Шарпа-Линтнера сформировать оптимальный портфель с учетом ограничений вложений по секторам экономики (нефте-газовый сектор, энергетика, банковский сектор). Исходные данные взять на сайтах rbc.ru и cbr.ru.  2. На основе функции полезности проанализировать эволюцию портфеля при изменении значения коэффициента неприятия риска θ.  3. Результаты оформить в виде следующей таблицы – изменение вектора портфеля в зависимости от склонности инвестора к риску (коэффициента θ):   |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | θ | 0.1 | 1 | 2 | 5 | 10 | 100 | 1000 | |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |   где  – активы, включенные в портфель.  4. Определить какие из ограничений сильнее сказываются на формировании оптимального портфеля. | 1. Для каждого студента задается свой временной интервал для построения портфеля. Для этого интервала вычисляются исходные данные задачи– вектор доходностей и ковариационная матрица.  2. Задания 2-4 аналогичны варианту 1. В качестве рабочего инструмента для быстрого решения задачи использовать библиотеки программ Toolbox Optimization и Financial из пакета Matlab. Правильно сформировать матрицу ограничений на активы, используя вспомогательные программы из указанных библиотек.    3.  4. |
| **Практическое задание № 3 «Построение нейросети для прогноза точек разворота на основе стохастического осциллятора»** | |
| **Вариант 1** | **Вариант 2** |
| 1. Построить обучающие примеры, рассчитав значения стохастического осциллятора (медленный %К, быстрый %D) на заданном временном интервале.  2. В качестве специализированного ПО для построения нейросети с обратным распространением использовать пакет анализа данных Deductor Academic ver. 5.3 (сайт basegroup.ru/deductor/download) или библиотеку компонентов NeuralBase для Delphi (ver.4.6 и выше).    3. Согласовать количество обучающих примеров и размер нейросети. Проверить прогностические качества сети на новых данных. | 1. Для каждого студента задается индивидуальный временной интервал для расчета значения стохастического осциллятора.  2. Определяются обучающие примеры для построения нейросети.  3. Рассмотреть 2 – 3 слойные нейросети с обратным распространением. Размер сети согласовать с количеством подготовленных обучающих примеров. |

**7.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.**

**Вопросы к экзамену**.

1. Автоматизированная торговая система. Оптимальные входы и выходы. Стандартные стратегии входа и выхода. Методы оптимизации параметров модели.
2. Рабочие инструменты. Симуляторы. Виды симуляторов. Программирование симулятора. Выходные данные симулятора.
3. Оптимизация. Виды оптимизации. Альтернативы традиционной оптимизации. Программные средства оптимизации (Evolver MS Excel, Matlab и другие).
4. Методы статистического анализа (критерий Стьюдента, корреляционный анализ, непараметрические методы). Размер выборки и репрезентативность. Статистическая оценка системы. Другие статистические методы и их использование.
5. Исследование входов в рынок. Методы входа. Стандартизированные выходы.
6. Модели, основанные на скользящих средних. Виды скользящих средних. Временные фильтры и фильтры зоновых колебаний.
7. Осцилляторы. Входы на основе осцилляторов. Характеристика входов на основе осцилляторов. Модели, основанные на понятии перекупленности / перепроданности, расхождении. Измерение инерции рынка. Индекс силы. Принятие решений на их основе.
8. Входы на основе циклов. Спектральный анализ. Преобразование Фурье. Граничная частота и частота Найквиста. Дискретное преобразование Фурье. Маскировка частот. Влияние конечности интервала выборки. Сдвиг ноль-линии. Фурье-спектр модели «сигнал-шум». Спектр мощности («сигнал-шум»).
9. Сглаживание и фильтрация. Регрессия. Скользящее среднее. Устранение тренда. Полосовая фильтрация. Спектральная фильтрация. Вейвлетный анализ.
10. Нейронные сети. Прогнозирование с помощью нейронных сетей. Модель на основе обращенного во времени медленном %К. Определение точки разворота.
11. Генетические алгоритмы. Развитие моделей входа, основанных на правилах. Эволюционный поиск модели входа.
12. Формирование портфелей инвестиций. Портфельная теория Г.Марковица. Критериальная плоскость. Эффективный портфель. Эффективная граница. Различные модели портфелей.
13. Различные постановки задачи формирования портфеля из n бумаг с ограничениями в виде равенств и неравенств.
14. Оптимальный портфель при возможности заимствования и одалживания. Вид эффективного фронта в этом случае.
15. Упрощенные методы нахождения эффективных портфелей с использованием индексов.
16. Анализ полезности. Методы уменьшения риска. Кривые безразличия для различных функций полезности.
17. Методы уменьшения риска.
18. Модель оценки фондовых активов. Линия рынка капитала. Рыночная цена риска. Вывод соотношения между ожидаемой доходностью фондового актива и систематическим риском.
19. Оптимальный портфель в трехмерной модели Тобина. Матричный метод определения касательного портфеля.
20. Модели финансовых рынков. Основные предположения модели CAPM. Рыночный портфель. Формирование оптимальных портфелей с использованием CAPM. Оптимальный портфель в случае: заданной доходности, заданного риска, наибольшей полезности.
21. Бэта и характеристическая линия рынка. Однофакторная модель рынка. Наивная диверсификация.
22. Методы измерения эффективности инвестиций с учетом риска. Коэффициенты Шарпа, Трейнора, Йенсена, Модильяни.
23. Линейные временные ряды. Строго стационарные, слабостационарные ряды. Автоковариация, автокорреляция с лагом l. Авторегрессионная модель. Модели авторегрессии первого, второго и p-го порядка AR(1), AR(2), AR(p). Выражения для автокорреляционной функции. Условия обратимости этих моделей. Характеристические корни.
24. Модели скользящего среднего MA(1), MA(2), MA(q). Выражения для среднего, автоковариации и автокорреляции. Связь между моделями AR(p) и MA(∞), MA(q) и AR(∞).
25. Авторегрессионные модели скользящего среднего ARMA(p,q) и ARMA(1,1). Выражение для автоковариации и автокорреляции для ARMA(1,1).
26. Моделирование с помощью линейных временных рядов. Моделирование с помощью AR(p), частная и выборочная частная автокорреляционная функции. Моделирование по моделям MA(q), ARMA(p,q). Адекватность построенной модели.
27. Линейные нестационарные модели ARIMA(p,d,q).
28. Нелинейные финансовые временные ряды. Модель ARCH(p).

**Типовые задачи для экзамена.**

|  |  |
| --- | --- |
| 1. Рассмотреть рынок с 3 рисковыми активами  с параметрами  Коэффициент неприятия риска  Найти оптимальный портфель в модели Блека. Использовать матричный метод.  2. Даны 3 актива  (один безрисковый и два рисковых). Дана исходная статистическая информация (вектор ожидаемых доходностей и ковариационная матрица) , В рамках модели Тобина-Шарпа-Линтнера найти уравнение эффективной границы в координатах . | 3. Минимизировать риск при заданном уровне доходности в модели Блека. Пакет состоит из 2 активов  Характеристики пакета  Найти портфель с минимальным риском и доходностью: а) не меньше 1, б) не меньше 3. |

**Экзаменационный билет** состоит из одного вопроса и задачи, например

1. Генетические алгоритмы. Развитие моделей входа, основанных на правилах. Эволюционный поиск модели входа.
2. Рассмотрим рынок с 2 рисковыми активами  с параметрами  . Найти оптимальные портфели в моделях Блека и Марковица для коэффициентов неприятия риска Использовать прямой и матричный метод.

Дополнительно к экзаменационному билету задается вопрос по теме, не вошедшей в билет.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения (РО) по дисциплине (модулю)** | | | | |
| Оценка  РО и соответствующие виды оценочных средств | 2 | 3 | 4 | 5 |
| **Знания**  *Экзамен* | Отсутствие знаний | Фрагментарные знания | Общие, но не структурированные знания | Сформированные систематические знания |
| **Умения**  *Поиск и подготовка финансовых данных. Выполнение компьютерного практического задания. Постановка задачи, моделирование и анализ результатов.* | Отсутствие умений | В целом успешное, но не систематическое умение | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера) | Успешное и систематическое умение |
| **Навыки  (владения, опыт деятельности)**  *Экзамен*  *Работа с реальными биржевыми данными* | Отсутствие навыков (владений, опыта) | Наличие отдельных навыков (наличие фрагментарного опыта) | В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме | Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач |

|  |  |
| --- | --- |
| **Соответствие результатов обучения и компетенций, в развитии которых участвует дисциплина (модуль)** | |
| Результаты обучения | Компетенция, с частичным формированием которой связано достижение результата обучения |
| **Владеть:**   1. навыками использования теории формирования оптимального портфеля ценных бумаг на основе доходности-риска, а также построения математических моделей портфеля в различных условиях торговли на фондовом рынке. | ПК-2.Б |
| **Знать:**   1. основные подходы к построению автоматизированных торговых систем, необходимые методы, программные средства для оптимизации параметров систем; 2. основные модели входа в рынок, стандартизированный выход; 3. модели, основанные на скользящих средних, их виды, фильтры на их основе; 4. осцилляторы, входы на основе осцилляторов; 5. входы на основе циклов, спектральная фильтрация, вейвлетный анализ; 6. прогнозирование с помощью нейронных сетей, модели на основе точки разворота; 7. генетические алгоритмы построения моделей входа, шаблоны правил;   **Уметь:**   1. применять на практике общие подходы к построению автоматизированных торговых систем, в том числе, модели входа на основе различных фильтров скользящих средних, осцилляторов, преобразования Фурье; 2. оценивать размер нейронной сети в зависимости от размера выборки исходных данных, используемой для ее построения; 3. применять формализм шаблона правил для построения генетического алгоритма поиска модели входа;   **Владеть:**   1. навыками использования разрабатываемых автоматизированных торговых систем для исследования поведения финансового рынка; | СПК-ВААФД-1.Б |
| **Знать:**   1. формирование портфелей инвестиций, различные модели портфелей (Марковиц, Блек, Тобин-Шарп-Линтнер); 2. эффективные портфели ценных бумаг, оптимальные портфели при возможности заимствования; 3. модели финансовых рынков, методы измерения эффективности инвестиций с учетом риска   **Уметь:**   1. использовать упрощенные методы нахождения эффективных портфелей с использованием индексов; 2. решать аналитически задачи портфельной теории инвестиций для случая n=2 и 3 активов в постановке моделей Блека, Марковица, Тобина – Шарпа – Линтнера, обобщать результат на многомерный случай; 3. находить оптимальный портфель в случае заданной доходности, заданного риска, наибольшей полезности;   **Владеть:**   1. навыками применения различных моделей портфельной теории инвестиций с использованием средств специализированных программных пакетов; | СПК-ВААФД-2.Б |
| **Знать**:   1. линейные временные ряды, авторегрессионная модель, модель скользящего среднего   **Уметь:**   1. классифицировать для линейных временных рядов модели авторегрессии первого, второго, p-го порядка, модели скользящего среднего первого, второго, q-го порядка, моделировать с их помощью.   **Владеть:**   1. навыками анализа реальных биржевых данных, полученных из архивов российских торговых площадок в сети Интернет; | СПК-ВААФД-3.Б |

**8. Ресурсное обеспечение:**

Основная литература:

1. Айвазян С.А. Методы эконометрики. – М.: Магистр: Инфра-М, 2010, 512с.
2. Ширяев В.И. Модели финансовых рынков: Оптимальные портфели, управление финансами и рисками. – М.: Либроком, 2009 – 216с.
3. Кац Д., МакКормик Д. Энциклопедия торговых стратегий/ Пер. с англ. – М.: Альпина Паблишер, 2002 – 400с.
4. Мельников А.В., Попова Н.В., Скорнякова В.С. Математические методы финансового анализа – М.: «Анкил», 2006 – 440с.

Дополнительная литература:

1. Швагер Д. Технический анализ. Полный курс. / Пер. с англ. - М.: Альпина Паблишер, 2001 – 768с.
2. Шведов А.С. Теория эффективных портфелей ценных бумаг. – М.: ГУ ВШЭ, 2001– 144с.
3. Эрлих А. Технический анализ товарных и финансовых рынков – М.: Инфра-М, 1996 – 176с.
4. Ширяев В.И. Модели финансовых рынков. Нейросетевые методы в анализе финансовых рынков. – М.: КомКнига, 2007. – 224с.
5. Gander W., Hrebicek J. Solving Problems in Scientific Computing Using Maple and Matlab. – Springer, 4-th ed., 2004, 475p.
6. Brandimarte P. Numerical Methods in Finance and Economics. – Wiley-Interscience, 2-nd ed., 2006. – 657p.

Информационные справочные системы: <https://www.rbc.ru/>, cbr.ru, <https://www.moex.com/>.

Материально-техническкое обеспечение: аудитория с партами и меловой доской, ноутбук, проектор, доступ в интернет.

Специализированное лицензионное программное обеспечение: пакет прикладных программ Matlab, пакет анализа данных Deductor Academic ver. 5.3 (сайт basegroup.ru/deductor/download) и библиотека компонент NeuralBase для Delphi (ver.4.6 и выше).

9. Язык преподавания - русский.

10. Преподаватель: доцент факультета ВМК МГУ И.В. Зотов

11. Автор программы: доцент факультета ВМК МГУ И.В. Зотов.