

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра _____ Математической экономики _____

Методика анализа алгоритмов управления валютным портфелем

АВТОРЕФЕРАТ ДИПЛОМНОЙ РАБОТЫ

студента _____ 6 _____ курса _____ 641 _____ группы

направление _____ 080801 - Прикладная информатика (в экономике) _____

_____ механико-математического факультета _____

_____ Пинчука Павла Вадимовича _____

Научный руководитель
старший преподаватель _____

_____ С.Н. Купцов _____

Зав. кафедрой
д.ф.-м.н., профессор _____

_____ С. И. Дудов _____

Саратов 2016

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1 Валютный курс. Валютные рынки	5
1.1 Виды валютных котировок	5
1.2 Виды операций на валютном рынке	7
1.3 Валютные позиции	9
1.4 Виды валютных рынков	12
1.5 Участники операций на валютном рынке	14
2 Математическая модель оптимальной программы проведения валютнообменных операций	16
2.1 Балансовые уравнения валютных обменов	16
2.2 Формулировка оптимизационной задачи	19
2.3 Двойственная задача.....	22
2.4 Аксиома цен.....	24
2.5 Решение двойственной задачи в явном виде	26
3 Оптимальные обмены основных мировых валют на международном валютном рынке в 2010-2016 годах	29
3.1 Численный метод расчёта двойственных переменных.....	29
3.2 Свойства оптимальных обменов.....	31
3.3 Алгоритм организации валютных обменов при условии владения информацией о валютных курсах на следующем шаге	35
3.4 Коэффициент полезного действия алгоритма управления валютным портфелем	37
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	39
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	40
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Реализация приложения “Оптимальная траектория валютнообменных операций”	42
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Результаты выполнения приложения	55

ВЕДЕНИЕ

Цель выпускной квалификационной работы заключается в проведении анализа валютного рынка, рассмотрении математической модели оптимальной программы проведения валютных операций, на основе оптимальной траектории валютных обменов проанализировать алгоритм управления валютнообменными операциями, сделать выводы о его эффективности.

На основе выделенной цели были сформированы следующие задачи:

1. Анализ литературных источников и поиск электронных сведений по выбранной теме.
2. Сбор валютных котировок основных мировых валют на международном валютном рынке за 6 лет.
3. Построить траекторию оптимальных валютных обменов для шести мировых валют.
4. Выявить и исследовать основные свойства полученной оптимальной траектории
5. Построить траекторию валютных обменов предполагая, что дилер знает цену продажи каждой валюты на последующем шаге.
6. Определить значимость проведенного исследования

Для расчетов использовался пакета прикладных программ MATLAB: среда визуального программирования GUIDE MATLAB и высокоуровневый язык программирования MATLAB.

1 Численный метод расчёта двойственных переменных

Используя модель, оптимальных валютных обменов[15], был проведен анализ международного валютного рынка FOREX за период с 15 января 2010г. По 13 февраля 2016г. Общее количество календарных дней - 2190, торговых – 1503 дня (из рассмотрения исключались выходные и праздничные дни, когда торги на FOREX не проводятся) плюс последний день, в который ведется подсчет капитала портфеля. Исследования проводились для 6 валют: доллара США (USD), евро (EUR), британского фунта (GBP), китайский юань (CNY), японская йена (JPY), австралийский доллар (AUD) в качестве базовой валюты был выбран USD. Предварительно было проверено соблюдение аксиомы цен для каждого торгового дня для всех возможных циклических обменов валюты: прямых, через одну, две, три, четыре валюты. В случае необходимости были проведены коррекции валютных курсов; изменения составили не более 0,0005 для отдельных валют.

Для расчетов использовались валютные котировки, предоставленные компанией “Турсводка” [20]. Начальный портфель валют был взят следующий: $V_1^0 = \text{USD } 10000$, $V_2^0 = \text{EUR } 8000$, $V_3^0 = \text{GBP } 8000$, $V_4^0 = \text{CNY } 10000$, $V_5^0 = \text{AUD } 10000$, $V_6^0 = \text{JPY } 10000$. Капитал портфеля в пересчете на день $t = 1$ равен USD 39388. Сторонних поступлений f на протяжении всего рассматриваемого промежутка времени нет.

Доходность портфеля рассчитывалась исходя из календарных, а не торговых дней. Это объясняется тем, что стандартным ориентиром для сравнения доходности выбирается банковская процентная ставка, а согласно принятым в большинстве стран правилам бухгалтерского учета проценты по вкладам и кредитам начисляются, исходя из календарных, а не только рабочих, дней (если иное не оговорено договором). Для сравнений значений двойственных переменных для различных валют используются не абсолютные их значения p_i^t а относительные p_i^t/p_i^T . Это необходимо, поскольку масштабы курсов различных валют могут отличаться на порядки так, если соотношение между USD и EUR, или между USD и GBP порядка

1:1, то соотношение между USD и JPY порядка 1:100. Всю совокупность оптимальных обменов по всем валютам будем называть «оптимальной траекторией обменов».

Сначала решается обратным ходом двойственная задача. На шаге t уже известны двойственные переменные p_i^{t+1} для шага $t+1$.

Для данной задачи он заключается в следующем: для каждого шага t значения двойственных переменных для всех валют предполагаются равными значениям двойственных переменных соответствующих валют на последующем (по времени, или предыдущем по ходу расчета) шаге $t+1$.

2 Свойства оптимальных обменов

В случае, если на протяжении всего рассматриваемого промежутка времени никаких обменов валют не происходит, капитал портфеля в конце периода будет равен $K = \text{USD } 46184$, то есть доходность такой пассивной стратегии составит 17% годовых. Если же дилер будет придерживаться оптимальной стратегии, то капитал портфеля будет равен $K = \text{USD } 164738$, то есть доходность конверсионных операций на оптимальной траектории равна 171 % годовых.

Отношения двойственных переменных в начале торговли к значениям в конце торговли p_i^1/p_i^T , $i \in I$ - суть коэффициенты умножения начальных объемов валют за рассматриваемый промежуток времени от 15 января 2010г. по 13 февраля 2016г. Их значения известны, и значит можно проранжировать валюты по выгоды формирования в них первоначального портфеля. Выгоднее всего первоначальный портфель формировать в йенах, в этом случае умножение первоначального количества долларов происходит в 3 раза. Тем не менее, по графику видно, что не всегда выгодна такая стратегия. Кроме того, необходимо отметить, что в фунтах формировать начальный портфель не выгодно практически никогда. Почти тоже самое верно и для доллара. Остальные валюты в этом разрезе ведут себя по-разному.

Если начинать торговлю не 15.01.10, а позже, то, очевидно, что при решении соответствующей оптимизационной задачи с новыми начальными условиями на промежутке от выбранной начальной даты до 22.04.10 оптимальные значения двойственных переменных будут совпадать со значениями двойственных переменных для нашего случая, когда начальная дата $t=1=15.01.10$. Так происходит потому, что двойственная задача решается обратным ходом, от конца рассматриваемого промежутка времени, а поскольку и в том и в другом случае они совпадают, то будут совпадать и значения двойственных переменных на каждом временном шаге. Если же торговля заканчивается не 13.02.16, а раньше то и в этом случае свойство магистральности будет выполняться. Абсолютного совпадения оптимальных значений двойственных переменных с нашим случаем наблюдаться не будет, поскольку решения двойственных задач начинается в разных временных точках, но расчёты показали, что по прошествии достаточно малого промежутка времени они совпадут.

На протяжении большей части рассматриваемого промежутка времени финальной оптимальной является какая-либо одна валюта (в нашем случае из 1503 торговых дней финальной оптимальной одна валюта была 835 раз, две валюты - 568 раза, три валюты - 93 раза, 4 валюты - 7 раз, 5 и 6 валют не были оптимальными ни разу).

Соответственно, при отсутствии экзогенных поступлений на всем рассматриваемом промежутке времени, то есть когда $f_i^t = 0, i \in I, t = 1, \dots, t-1$, за достаточно малое число шагов все валюты портфеля конвертируются в одну валюту (в нашем случае сразу же на 1-м же шаге все валюты конвертируются в JPY, доллар конвертируется не на прямую а через фунт). После того, как это произошло, можно считать, что оптимальная траектория обменов вышла на магистраль.

Зависимости оптимальных значений двойственных переменных p_i^t от времени t является монотонно-убывающими функциями. Но эти функции не строго убывающие, поскольку, есть такие отрезки времени, когда валюты

неподвижны, и, соответственно, двойственная переменная на предыдущем шаге равна двойственной переменной на последующем шаге. Второе, и самое главное, свойство заключается в экспоненциальном характере их зависимости от времени t . Это свойство выполняется для всех рассматриваемых валют. Обнаруженное свойство линейный характер зависимости логарифма отношения двойственной переменной на оптимальной траектории обменов к значению двойственной переменной в конце рассматриваемого периода времени для любой валюты - есть фундаментальное свойство оптимальных конверсий валют на международном рынке FOREX. Если вернуться к решению двойственной задачи алгоритмом «обратного хода», то свойство монотонной убываемости зависимости оптимальных значений двойственных переменных по времени можно сформулировать следующим образом: при переходе от шага $t+1$ к шагу t оптимальное значение двойственной переменной может либо не измениться, либо увеличиться. Выше было показано, что валюты практически никогда не остаются неподвижными на протяжении значительного промежутка времени, этот факт является следствием того, что валютные курсы подвержены частым колебаниям.

3 Алгоритм организации валютных обменов при условии владения информацией о валютных курсах на следующем шаге

Рассмотрим случай, когда дилер знает валютные курсы не только на сегодняшний день t , но и на завтрашний $t+1$ -й день (будущее известно только лишь на один день вперед). Решение каждой из этих задач аналогично решению задачи с терминальным критерием,

Найденные значения p_i^t не взаимосвязаны друг с другом, поскольку являются решениями различных оптимизационных задач. Для того, чтобы найти двойственные переменные $(p_i^t)_{\text{app}}$, которые будут использоваться вместо p_i^t для нахождения величины капитала портфеля в момент T , то есть в конце всего периода торговли, необходимо проделать следующую процедуру. Сначала

находим валютные обмены на каждом шаге t на протяжении всего рассматриваемого промежутка времени от $t=1$ до $t=T$. Введем нормировочные множители q_i , которые для каждой валюты i постоянны на рассматриваемом промежутке времени. Умножим на них p_i^t , по формуле $\varphi_{ik}^t = -p_{ik}^t q_1 + c_{ik}^t p_i^t q_i$ рассчитаем φ_{ik}^t для каждой валюты на рассматриваемом промежутке времени.

Полученные φ_{ik}^t будем использовать при принятии решения о конверсии валюты i в валюту k . Если в момент t все φ_{ik}^t для валюты i отрицательны, то валюта остается в самой себе, если хоть одна φ_{ik}^t положительна, то валюта i конвертируется в валюту k . Если же несколько φ_{ik}^t положительны, то необходимо воспользоваться формулой и найти оптимальное значение φ_{ik}^t для валюты i , и конвертировать валюту i в валюту j которой соответствует максимальное значение φ_{ik}^t . Зная полученные валютные обмены для расчета капитала валютного портфеля восстановим значения $(p_i^t)_{\text{app}}$ это делается обратным ходом, аналогично нахождению оптимальных значений двойственных переменных, за тем лишь исключением, что в данном случае нет максимизации по всем возможным путям обмена, а есть только один, уже известный путь, для которого и считается p_i^t . В соответствии с рисунком 2 изображен график зависимости логарифмов отношения двойственной переменной на каждом шаге к двойственной переменной на последнем шаге

Найдя p_i^t и зная начальный портфель V_i^0 , $i \in I$, находим капитал портфеля для данных валютных обменов на последнем шаге T . После этого по имеющейся траектории валютных обменов, обратным ходом восстанавливаем все $(p_i^t)_{\text{app}}$, $i \in I$, $t=1, \dots, T-1$, зная $(p_i^1)_{\text{app}}$ и начальный портфель V_i^0 , $i \in I$, находим величину конечного капитала. Для рассматриваемого нами примера, с $t=1=15.01.2010$ по $T=13.02.16$, доходность проведения валютообменных операций по данному методу составляет 85% годовых. Таким образом, знание обменных курсов только лишь на один шаг вперед увеличивает доходность операций на 68% годовых. Данный алгоритм валютной торговли будем называть оптимизационно-пошаговым.

4 Коэффициент полезного действия алгоритма управления валютным портфелем

Рассмотренный алгоритм организации валютных обменов предложен для тех случаев, когда дилер не владеет полностью информацией об обменных курсах на всём протяжении периода торговли (а в реальности так чаще всего и бывает), дает доходность меньшую оптимальной. Это очевидно, поскольку решение оптимизационной задачи полагает собой получение максимально возможного в данных условиях эффекта. Но в результате использования разных алгоритмов доходность проведения конверсионных операций получается разной, причем, как мы видели, разница может быть весьма существенной. Результаты оптимизационно-пошагового алгоритма будем сравнивать к результату организации валютных обменов оптимальным способом.

Введем понятие коэффициента полезного действия алгоритма торговли на валютном рынке. Будем подразумевать под ним процентное отношение доходности, получаемой за счет применения выбранного алгоритма торговли на данном участке времени, к доходности оптимальной торговли для этого же участка времени. Ключевым здесь является то, что базой сравнения алгоритмов служит именно оптимальная траектория - естественное рыночное ограничение сверху на возможные доходности.

Для периода торговли, с 15.01.2010 по 13.02.2016 получаем следующие результаты. Доходность на оптимальной траектории равна 171% годовых, для пошагово-оптимизационного алгоритма доходность равна 85% годовых, то есть КПД =49%. Теперь, основываясь на введенном понятии КПД, сформулируем методику анализа различных алгоритмов управления валютным портфелем. Задача ставится следующим образом. Есть алгоритм, согласно которому предлагается принимать решения о проведении валютообменных операций (не важно, лежит ли в его основе оптимизационная задача, или нет).

Выделяется какой-то промежуток времени в прошлом. Его длина определяется сообразно предлагаемому алгоритму. Для рассматриваемого промежутка времени решается задача поиска оптимальных валютных обменов,

находится доходность. Потом для этого же промежутка времени строятся валютные обмены по предлагаемому алгоритму, и определяется доходность. Рассчитывается коэффициент полезного действия по предложенной выше методике. Если КПД достаточно велик (это определяется непосредственно исследователем), можно считать предлагаемый алгоритм удовлетворительным. Если нет - то метод либо требует коррекции, либо не подходит для принятия решений. Аналогичным образом можно вычислить точность прогноза валютных курсов. Общепринятым показателем для этого является среднеквадратичное отклонение. Но для этого так же можно использовать понятие КПД по отношению к оптимальной траектории как наиболее естественную базу для сравнения. Итак, есть промежуток времени, для которого известны точные и приближенные значения валютных курсов. Каким способом получено приближение - не важно. Рассчитываем доходность оптимальных конверсионных операций на приближенных курсах, и на точных курсах, и потом находим КПД использовавшегося метода прогнозирования путем деления одной величины на другую. Если КПД достаточно велик, то исследуемый метод прогнозирования можно вполне уверенно применять на практике.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подведем итоги проведенных исследований, кратко резюмируя полученные результаты. В работе представлено описание основ организации торговли на валютных рынках, в частности, на международном валютном рынке FOREX. Рассмотрены основные принципы функционирования данного рынка. Подробно рассмотрена математическая модель оптимальной программы организации валютнообменных операций, которая легла в основу проведенных исследований. В работе предложены следующие основные результаты:

- 1) построена траектория оптимальных валютных обменов для 6 основных мировых валют (USD, EUR, GBP, CNY, JPY, AUD) на рынке FOREX на промежутке с 15 января 2010г. по 13 февраля 2016 г.;
- 2) выявлены и исследованы основные свойства полученной оптимальной траектории:
 - зависимость доходности проводимых операций от формирования первоначального валютного портфеля в той или иной валюте;
 - магистральность зависимости оптимальных значений двойственных переменных от времени;
 - минимальность количества финальных оптимальных валют на каждом временном шаге на рассматриваемом промежутке времени;
 - быстрый выход оптимальной траектории на магистраль (при условии отсутствия экзогенных поступлений валют в портфель);
- 3) обнаружено основное свойство международного валютного рынка FOREX: почти экспоненциальный характер зависимости оптимальных значений двойственных переменных от времени.

Значимость проведенных исследований заключается в возможности использования предлагаемой методики для дальнейшего изучения и развития различных математических моделей управления валютнообменными операциями и методов прогнозирования динамики валютных котировок с целью выбора наиболее эффективного из них в заданных рыночных условиях.