
СИСТЕМА МОДЕЛИРОВАНИЯ И АНАЛИЗА ВАЛЮТНЫХ РИСКОВ

Виктор Бондаренко

Аннотация: В статье описывается система построенная на основе реализации метода Монте-Карло для анализа рисков и управления валютным портфелем.

Ключевые слова: Валютные риски, валютный портфель, VaR метод, метод Монте-Карло.

ACM Classification Keywords: J.4. Social and Behavioral Sciences

Conference: The paper is selected from XVth International Conference “Knowledge-Dialogue-Solution” KDS-2 2009, Kyiv, Ukraine, October, 2009.

Введение

Валютный риск - это риск потерь обусловленный неблагоприятным изменением курсов иностранных валют в ходе осуществления сделок по купле-продаже этих валют. Валютный риск, или риск курсовых потерь, связан с интернационализацией рынка банковских операций, созданием транснациональных предприятий и банковских учреждений и представляет собой возможность денежных потерь в результате колебаний валютных курсов.

При этом, изменение курсов валют происходит в силу многочисленных факторов, например, в связи с изменением внутренней стоимости валют, постоянным перетеканием денежных потоков из страны в страну, спекуляцией и т.д. Ключевым фактором, характеризующим любую валюту является степень доверия к валюте.

Доверие к валюте сложный многофакторный критерий состоящий из нескольких показателей, например: показатель доверия к политическому режиму, степени открытости страны, либерализации экономики и режима обменного курса, экспортно-импортного баланса страны, базовых макроэкономических показателей и веры инвесторов в стабильность развития страны в будущем.

Вместе с тем, из всех факторов, влияющих на курс валют в долгосрочной перспективе, можно выделить два основных.

1. Первый из них это темп инфляции, наблюдаемой закономерностью которого является то, что в стране с более высокими темпами инфляции понижается курс национальной валюты по отношению к валютам стран с более низким темпом инфляции.
2. Резкие колебания курсов валют могут быть связаны причинами, как экономическими и политическими, так и чисто спекулятивными. Рынок чутко реагирует на все изменения экономических показателей, прогнозы экспертов, политические кризисы и политические слухи.

Необходимо отметить, что риску обусловленному трудно прогнозируемыми колебаниями валют подвержены как страны, где происходят эти колебания, так и страны, соседствующие с кризисными странами или имеющие с ними значительные экономические или политические связи.

Цель анализа валютных рисков заключается в их изучении и оценке с целью минимизации валютного риска и исключения убытков, вызываемых колебаниями курсов валют.

Одним из наиболее популярных средств снижения валютных рисков является диверсификация т.е. тактика формирования активов, при которой активы учреждения состоят из набора разных валют, благодаря чему, потери обусловленные снижением курса одной валюты могут быть компенсированы

прибылью, полученной от повышения курса другой валюты. Такой набор валют принято называть валютным портфелем.

Учитывая вышеизложенное, большой интерес представляют методики и технологии повышения качества анализа валютного портфеля и прогноза потерь, обусловленных валютными рисками. Эти методики позволяют численно оценить риск потерь валютного портфеля.

Для численной оценки валютного риска необходимо использовать меру риска. Мера риска - это способ, с помощью которого, можно численно оценить величину риска. Для нужд хеджирования необходимо, чтобы с помощью меры риска можно было оценивать риск потерь как отдельной валюты входящей в портфель, так и всего портфеля валют в целом.

Существует множество технологий оценки рисков. Среди них можно выделить как наиболее известные Value-at-Risk (VaR) и ее модификации Marginal VaR, Incremental VaR, EaR, Cash Flow-at-Risk (C-FaR). Широко известны и другие методики - бета-анализ, теории CAPM, APT, Short Fall, Capital-at-Risk, Maximum Loss. Некоторые из этих технологий известны давно, а другие только начинают завоевывать популярность в банках, инвестиционных и страховых компаниях, пенсионных фондах.

Остановимся на технологии риск-менеджмента VaR [Лобанов, Чугунов], которая в последнее время находит все большее распространение в среде инвесторов. Например, как было отмечено в исследовании New York University Stern School of Business, около 60% пенсионных фондов США используют в своей работе VaR метод.

VaR — это статистическая оценка выраженная в денежных единицах базовой валюты V (к примеру, в гривнах), которую не превысят, с заданной вероятностью α (обычно $\alpha=0,95$), ожидаемые максимальные убытки X валютного портфеля за заданный интервал времени t (например, за 10 дней).

Таким образом, VaR определяет значение V из соотношения

$$P(X \leq V) = \alpha,$$

где $P(A)$ – вероятность события A (в нашем случае, событие A заключается в том, что $X \leq V$).

Расчетом VaR занимается довольно много специализированных компаний, а зачастую и собственные подразделения финансовых структур. Как правило, расчеты проводятся вручную на невысоком уровне автоматизации, что требует использования ряда плохо обоснованных допущений.

Например, классическая техника расчета VaR основана на предположении о нормальном распределении курсов валют входящих в портфель. Однако в силу нестабильности рынка значения финансовых величин далеко не всегда подчиняются закону нормального распределения, что требует **восстановления плотности вероятности** для точной оценки VaR.

Проведенный анализ показал, что один из наиболее эффективных методов решения указанных задач, является метод моделирования основанный на использовании методов статистических испытаний (методы Монте-Карло).

Поэтому, целью работы является разработка технологичной системы анализа валютного портфеля, которая базируется на методе Монте-Карло. Система, должна позволять финансовому менеджеру:

1. На основе исторического анализа курсов валют, делать эффективные прогнозы прибыли (потерь) по каждой валюте портфеля так и по всему валютному портфелю в целом.
2. Оптимизировать структуру портфеля таким образом, чтобы прогнозируемые потери были минимальными.
3. Эффективно определять различные характеристики портфеля (вероятность безубыточности портфеля, вероятность получения минимального убытка и т.п.).

Описываемая технология внедряется на банковском факультете Киевского национального экономического университета.

Алгоритм метода Монте-Карло, реализованный в системе моделирования и анализа валютных рисков

Реализованный алгоритм моделирования и анализа рисков валютного портфеля основанный на использовании метода Монте-Карло имеет ряд достоинств среди которых наиболее важные:

- высокая точность расчетов;
- возможность моделирования любых исторических и гипотетических распределений;

Однако методы Монте-Карло не свободны от недостатков, среди которых можно отметить:

- высокая сложность моделей и соответственно большой риск ее неадекватности;
- высокие требования к вычислительной мощности и значительные затраты времени на проведение расчетов;

Реализованный алгоритм метода Монте-Карло для решения задач анализа валютного портфеля имеет следующий вид:

1. По историческим данным курсов валют портфеля рассчитываются оценки математического ожидания \bar{x} и среднеквадратического отклонения (волатильности) σ по каждой валюте.

2. С помощью генератора псевдослучайных чисел генерируются случайные значения курсов валют распределенные по необходимому закону распределения с математическим ожиданием равным \bar{x} и среднеквадратическим отклонением σ . Как показали исследования, распределение случайных величин курсов валют близко к нормальному распределению поэтому, в качестве новых гипотетических значений курсов в будущем можно использовать генератор псевдослучайных чисел распределенных по нормальному закону. Однако, расчеты будут более точными если в качестве распределения прогнозируемых курсов валют выбирать эмпирические распределения, которым подчинялись курсы валют в ретроспективной выборке. Именно такие распределения курсов валют используется в проектируемой системе.

3. Полученные в пункте 2 значения курсов валют используются для построения таблицы. Столбцы таблицы задают временные траектории моделируемых курсов валют (сценарии вариантов расчетов), а строки определяют период времени моделирования. Такая таблица строится для каждой валюты. Размерность таблицы произвольная и зависит от имеющихся вычислительных мощностей, но чтобы метод обеспечивал приемлемую точность, таблица должна быть достаточно большой. В наших экспериментах была использована таблица из 11 столбцов (вариантов временных траекторий) и 20 строк (количество торговых дней моделирования). Однако, в случае необходимости размерность таблицы может быть легко увеличена.

4. На основании таблиц построенных в пункте 3, вычисляются временные траектории моделируемых курсов валют. Для этого, необходимо выполнить такие действия:

Сначала выбирается период глубины времени T (например 20 торговых дней, за который отслеживаются исторические изменения курсов P_{it} всех N входящих в портфель валют. Где P_{it} курс i -ой валюты портфеля в t -ый торговый день. Здесь $i=1,2,3,\dots,N$, а $t=1,2,3,\dots,T$.

Для каждого сценария вычисляется приращение курсов валют входящих в портфель. Эти приращения можно определить таким соотношением:

$$\Delta P_{it} = P_{it} - P_{it-1}, \quad (1)$$

где $i = 1, 2, 3, \dots, N$, $t = 1, 2, 3, \dots, T$, P_{i0} - текущее значение курса i -ой валюты.

Для каждого сценария моделируется гипотетический курс каждой из валют портфеля такое моделирование выполняется по формуле:

$$P_{it}^* = P_{i0} + \Delta P_{it} \quad (2)$$

То есть гипотетический курс каждой из валют в будущем моделируется как текущее значение курса плюс прирост курса, соответствующей выполняемому сценарию.

Выполняется переоценка стоимости всего текущего портфеля по смоделированным курсам валют. Таким образом, для каждого сценария вычисляется насколько изменилась бы стоимость сегодняшнего валютного портфеля. Такая переоценка выполняется на основе соотношений:

$$\Delta V_{it} = V_{it} - V_{i0} = Q_i (P_{it}^* - P_{i0}) \quad (3)$$

где ΔV_{it} - приращение стоимости валютного портфеля по i -ой валюте для t -ого момента времени, V_{it} - стоимость i - валюты портфеля в t -ый момент времени, Q_i - количество i - ой валюты.

5. Определяем прогнозируемое значение стоимости i -ой валюты портфеля в базовой валюте (гривне) используемой для расчета результата для t -ого момента времени V_{it}^* :

$$V_{it}^* = (V_{i0} + \Delta V_{it}) K_i \quad (4)$$

где K_i - стоимость i -ой валюты портфеля в базовой валюте (гривне) в текущий момент времени.

6. Определяем новую прогнозируемую стоимость валютного портфеля S_t в базовой валюте для t -ого момента времени:

$$S_t = \sum_{i=1}^N V_{it}^* \quad (5)$$

Для получения эмпирического закона распределения курсов валют на основе ретроспективной выборки использовался метод табличного получения значений курсов валют. Такой подход относительно легко формализуется и может быть запрограммирован, что дает возможность по заданным статистическим значениям курсов валют автоматически строить эмпирическую функцию распределения и определять их прогнозируемые значения в краткосрочной перспективе.

Программная реализация системы моделирования и анализа валютных рисков

Для реализации системы был выбран мощный язык C++ и его реализация в среде программирования Borland C++ Builder. Общий вид системы моделирования и анализа валютных рисков наведен на рис.1.

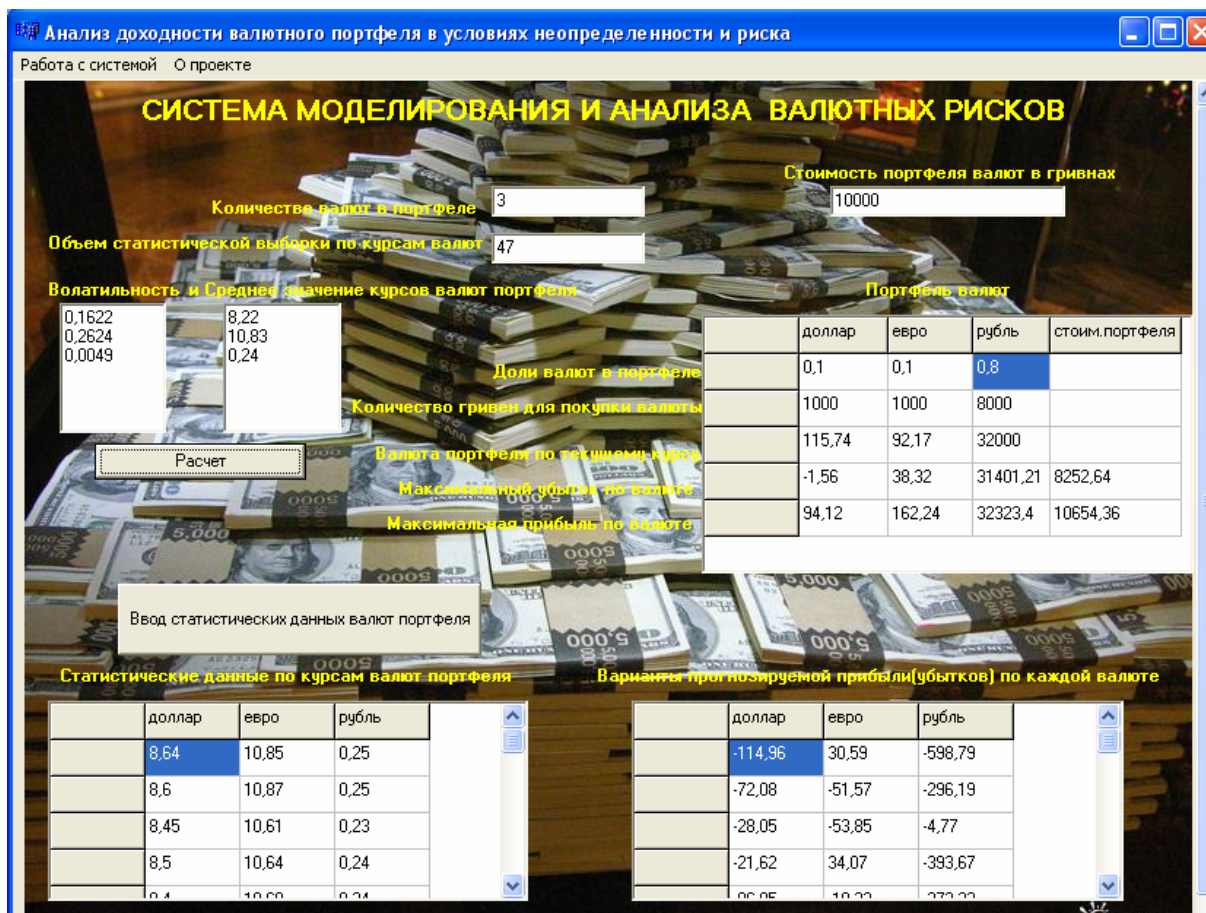


Рис.1. Общий вид системы моделирования и анализа валютных рисков.

Для работы с системой моделирования и анализа валютных рисков, необходимы статистические данные о курсах валют входящих в портфель. Такие данные удобно формировать в системе Excel. Лист с фрагментом значений ретроспективной статистики курсов валют наведен на рис.2.

	А	В	С	Д
1	Даты	доллар	евро	рубль
2	02.03.2009	8,643	10,8506	0,25
3	03.03.2009	8,6	10,8747	0,25
4	04.03.2009	8,45	10,6098	0,235
5	05.03.2009	8,5	10,642	0,24
6	06.03.2009	8,4	10,6772	0,238
7	10.03.2009	8,358	10,7461	0,245
8	11.03.2009	8,3082	10,6562	0,24
9	12.03.2009	8,25	10,5286	0,24
10	13.03.2009	8,159	10,5829	0,24
11	16.03.2009	8,2	10,6796	0,24

Рис.2. Фрагмент рабочего листа системы Excel со статистикой курсов валют входящих в портфель.

Как видно из рис. 2. первая строка статистических данных по курсам валют содержит наименования валют. В нашем случае доллар, евро и российский рубль.

Для работы с системой необходимо в системе Excel подготовить статистические данные по курсам валют, которые необходимо включить в портфель. Фрагмент такого рабочего листа приведен на рис. 2. Как видно из рис.2., в столбце А начиная с клетки А2 располагаются даты на которые фиксировались курсы валют. В столбце В располагается первый вид валюты которая включена в портфель, значения валюты начинаются с клетки В2. В клетке В1 располагается наименование валюты. Следующая валюта включается в следующий столбец листа Excel (столбец С). Расположение значений аналогично расположению курсов валют записанных в столбец В. То есть, значения располагаются начиная с клетки С2, а в клетке С1 записывается наименование валюты. Аналогично курсы последующих валют портфеля располагаются в следующих столбцах рабочего листа D,E,F и т.д. После формирования исходных данных в системе Excel указанных выше образом, запускается система анализа валютного портфеля (Запускающий файл Project1.exe). В открывшемся окне необходимо занести количество валют входящих в портфель, объем статистических данных по каждой валюте, общая стоимость портфеля валют в гривнах, доли каждой валюты в портфеле.

Понятно, что сумма всех долей входящих в портфель валют должна равняться единицы. После нажатия кнопки «Статистические данные по валютам портфеля» на экране в окне высветится диалоговое окно общий вид которого приведен на рис.3. Это диалоговое окно позволяет выбрать Excel файл содержащий статистическую информацию по курсам валют портфеля.

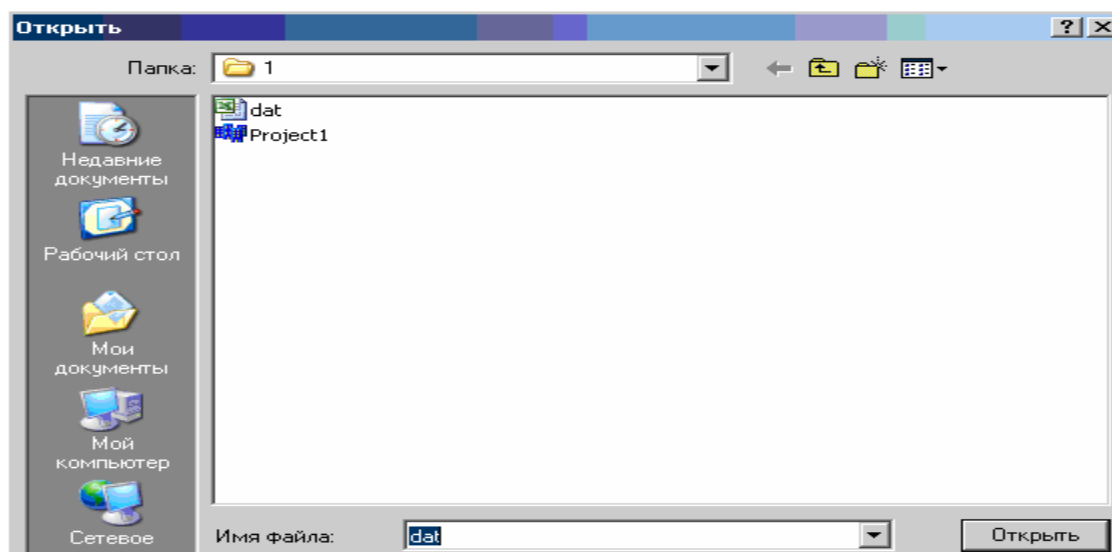


Рис.3. Вид диалогового окна для выбора Excel-файла, содержащего статистическую информацию по курсам валют портфеля.

Далее выбираем необходимый файл и нажимаем кнопку «Открыть». После чего, статистическая информация по курсам валют считывается из Excel-файла (к примеру, dat.xls) и заносится в систему, где отображается в окне «Статистические данные по курсам валют портфеля».

После этого, нажимаем кнопку «Расчет» и система выполняет расчеты по рассмотренному выше алгоритму. Результаты расчета будут высвечены в разных окнах на форме «Анализ рисков валютного портфеля». В окнах «Волатильность» и «Среднее значение курсов валют портфеля» будут высвечены волатильность и среднее значение по каждому виду валюты портфеля. В окне «Портфель валют» в первой строке будут находиться введенные ранее менеджером доли валют составляющих портфель. Во

второй строке исходя из введенной менеджером стоимости портфеля, вычисляется сумма в гривнах выделенная для покупки разного вида валют портфеля. В третьей строке «Валюта портфеля» вычисляется сумма валют разного вида составляющих портфель, исходя из текущего курса этих валют. В четвертой строке будет определен максимальный убыток по каждой валюте и суммарный максимальный убыток по всему портфелю (столбец «Стоим. портфеля»), а в пятой строке «Максимальная прибыль по валюте» будет вычислена максимальная прибыль по каждой валюте и суммарная прибыль по всему портфелю (столбец «Стоим. портфеля»).

Результаты последних двух строк рассчитываются на основе данных вычисленных в окне «Прибыль (убытки) по каждой валюте». Указанная прибыль (убытки) рассчитываются по каждой временной траектории моделируемых курсов валют (сценарию вариантов расчетов), которых в нашей модели используется одиннадцать. Отсюда, помимо максимального убытка по валютному портфелю и максимальной прибыли по валютному портфелю вычисленного в окне «Портфель валют», можно рассчитывать различные характеристики портфеля, которые интересны для менеджера на основе данных рассчитанных в окне «Варианты прогнозируемой прибыли (убытков) по каждой валюте».

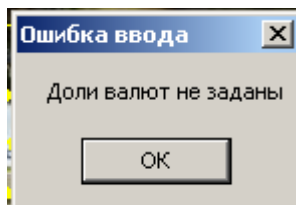
Поскольку система рассчитана на работу людей не являющихся профессиональными специалистами в области компьютерной техники, то в систему необходимо включить блокировки не позволяющие пользователю работать с ошибочными данными.

С этой целью, в систему включено три блокировки:

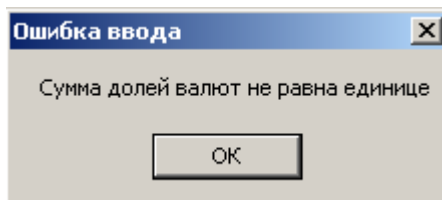
1. Эта блокировка запрещает выполнение расчетов если исходная информация о статистике курсов валют не введена в систему. В этом случае кнопка «Расчет» будет заблокирована.



2. Возможно менеджер нажмет кнопку «Расчет» забыв предварительно ввести доли валют в портфеле. В этом случае расчеты произведены быть не могут и система уведомляет менеджера о ошибке таким сообщением.



3. Могут иметь место ошибки при наборе долей валют портфеля, заключающиеся в том, что сумма долей всех валют портфеля не равна единице. В этом случае система уведомляет пользователя таким сообщением.



Следует отметить, что для работы с системой можно использовать и элемент меню «Работа с системой». Для просмотра сведений о авторских правах и версиях системы нужно выбрать из меню пункт «О проекте».

Работа с системой моделирования и анализа валютных рисков

Имея прогнозируемые значения стоимости i -ой валюты портфеля мы можем определять и прогнозировать различные характеристики портфеля.

Например:

1. Вероятность того что портфель будет безубыточным.
2. Максимально возможные убытки портфеля.
3. Максимально возможную прибыль портфеля и тому подобное.

Рассмотрим конкретные примеры такого анализа. Пусть прибыль (убытки) по валютным составляющим портфеля для каждого из одиннадцати сценариев вариантов расчетов имеют вид:

Доллар	Евро	Рубль
39,05969	38,05965	347,2579
38,47365	24,97965	231,6622
30,81099	15,36359	175,00443
26,371	7,779714	120,4757
16,6762	1,370843	40,05551
10,07833	-0,24964	26,81973
1,12364	-1,032232	23,08937
-18,2897	-31,1727	-43,7303
-23,019	-33,7671	-106,588
-23,9159	-36,2926	-233,458
-59,4184	-39,0728	-442,936

Исходя из указанных данных легко видеть, что наибольший убыток по доллару -59,4184, по евро -39,07, по рублю -442,92. Таким образом при максимальных потерях стоимость портфеля может составить 8950,61 грн, а при максимальной прибыли которая составляет по доллару 39,05, по евро 38,06, по рублю 347,26 стоимость портфеля составит 10290,94 грн. Таким же образом, можно определить различные вероятности характеризующие портфель. Например, вероятность того что все валюты портфеля будут прибыльными. По доллару имеем из одиннадцати статистических экспериментов долларовые составляющая была прибыльна 7 раз, таким образом, вероятность того, что долларовая составляющая будет прибыльной:

$$P_{\text{дол.}} = 7/11 = 0,64.$$

Для составляющей евро из одиннадцати статистических экспериментов прибыльность евро была 5 раз.

$$P_{\text{евро}} = 5/11 = 0,45.$$

По рублю из одиннадцати статистических экспериментов рублевая составляющая была прибыльна 7 раз.

$$P_{\text{рубль}} = 7/11 = 0,64.$$

Таким образом, вероятность события заключающегося в том, что каждая составляющая портфеля будет прибыльной выражается соотношением произведений вероятностей.

$$P_{\text{портфеля}} = P_{\text{дол.}} * P_{\text{евро}} * P_{\text{рубль}} = 7/11 * 5/11 * 7/11 = 245/1331 = 0,18.$$

Аналогично, можно определить вероятности минимального убытка по каждой составляющей портфеля. Минимальные прибыльности по каждой составляющей портфеля и другие характеристики интересующие финансового менеджера.

Выбирая различные варианты структуры валютного портфеля, можно подбирать ее таким образом, чтобы минимизировать ожидаемые потери.

В последующих версиях предполагается включить в систему модель [Бондаренко], позволяющую автоматически подбирать структуру валютного портфеля минимизирующую риск ожидаемых потерь и максимизирующую ожидаемую прибыль.

Система может использоваться не только риск-менеджерами для принятия решений о риске валютного портфеля, но и в учебных целях как тренажер для отработки у студентов навыков работы по управлению валютными рисками.

Заключение

В работе рассмотрено использования метода Монте-Карло для моделирования и анализа рисков валютного портфеля. На основании проведенных исследований была разработана система моделирования и анализа рисков валютного портфеля. Эта система была разработана на языке C++ и реализована в интегрированной среде проектирование Borland C++ Builder.

На основании приведенных в литературе данных для прогнозирования курсов валют можно использовать нормальное распределение, однако результаты будут более точными если распределение курсов валют будут строится как эмпирические распределения полученные на основе использования ретроспективных статистических данных о курсах валют. Поэтому, в работе была отработана методика построения такого эмпирического распределения курса валют.

С целью удобства работы, в систему было включено ряд блокировок затрудняющих пользователю выполнение ошибочные действий в процессе работы системы. Интерфейс системы, проектировался максимально удобным и наглядным для пользователя, что позволяет освоить работу с системой за минимальное время.

Благодарности

Работа опубликована при финансовой поддержке проекта **ITHEA XXI** Института информационных теорий и приложений FOI ITHEA Болгария www.ithea.org и Ассоциации создателей и пользователей интеллектуальных систем ADUIS Украина www.aduis.com.ua.

Библиография

[Бондаренко] Бондаренко В.Є. Модель оптимального формування структури кредитного портфеля. Актуальные проблемы финансово-денежной политики и трансформация экономики Украины. Приложение №9(14) к журналу "Персонал" №4(58), 2000, с.101-104. с.101-104.

[Лобанов,Чугунов] Энциклопедия финансового риск-менеджмента. /Под ред А.А.Лобанова и А.В.Чугунова. - М., Альпина Паблшер, 2003. – 786 с.

Сведения об авторе

Виктор Бондаренко – Киевский национальный экономический университет; просп. Победы, 54, Киев-047, Украина, 03047; e-mail: victorbondarenko@rambler.ru