

*На правах рукописи*

УДК 519.863:336.714

ББК У9(2)262.10в6

Д 638

**ДОКУКИН Александр Владимирович**

**ОПТИМИЗАЦИЯ  
АКТИВОВ КОММЕРЧЕСКОГО БАНКА**

Специальность 08.00.13 – Математические и инструментальные  
методы экономики

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата экономических наук

Тамбов 2003

Диссертационная работа выполнена на кафедре экономического анализа института «Экономика и право» Тамбовского государственного технического университета

Научный руководитель            доктор экономических наук, профессор  
**Герасимов Борис Иванович**

Официальные оппоненты:        доктор экономических наук, профессор  
**Ломакин Михаил Иванович**

кандидат экономических наук  
**Денисов Дамир Ринатович**

Ведущая организация Научно-исследовательский  
финансовый институт  
Министерства финансов  
Российской Федерации

Защита диссертации состоится 31 октября 2003 г. в 12 часов на заседании регионального диссертационного совета КМ 212.260.01 в Тамбовском государственном техническом университете по адресу: 392000,  
г. Тамбов, ул. Советская, 106, Большой актовъй зал.

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в научной библиотеке Тамбовского государственного технического университета по адресу: 392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, 112, корп."Б"

Автореферат разослан «\_\_\_» сентября 2003 г.

Ученый секретарь регионального  
диссертационного совета,  
кандидат экономических наук,  
доцент

**О.В. Воронкова**

---

Подписано в печать 26.09.2003  
Формат 60 × 84 / 16. Гарнитура Times New Roman.  
Бумага офсетная. Печать офсетная. Объем: 1,39 усл. печ. л.; 1,4 уч.-изд. л.  
Тираж 100 экз. С. 613

Издательско-полиграфический центр  
Тамбовского государственного технического университета  
392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** Исключительная роль банков в экономике диктует особое внимание к обеспечению их устойчивого развития. При этом особую роль играет управление активами коммерческих банков. Этот тезис подтверждает исследование причин банкротств крупных коммерческих банков США, проведенное в 1988 году. Результаты анализа показывают, что основной причиной упадка проблемных банков продолжает оставаться плохое качество активов (98 % банкротств), что в конце концов истощает капитал банка, и слабости планирования и управления (90 %). Недостаточное внимание к управлению качеством активов и поддержанию ликвидности на должном уровне послужило основной причиной кризиса банковской системы России в 1998 году. Существующие теории управления активами коммерческих банков направлены на управление отдельными видами активов или построены на однозначном соответствии между активами и пассивами, сгруппированными по срокам и виду. Как правило, необходимость поддержания достаточной ликвидности и устойчивости банка влечет за собой «перестраховочную» структуру активов, характеризующуюся низкой прибыльностью, что существенно ограничивает способность банка к развитию.

Таким образом, традиционные методы управления активами не представляют эффективных путей достижения компромисса между доходностью и устойчивостью банка. Решение данной задачи является возможным только с использованием аппарата экономико-математического моделирования и оптимизации.

Насущной необходимостью является развитие теории и практики оптимального управления банковскими активами, использующего достижения математической теории управления, что позволит обеспечить устойчивость банков за счет более эффективного использования имеющихся ресурсов.

**Степень разработанности проблемы.** Теоретические проблемы, связанные с влиянием активов банка на его ликвидность, устойчивость и надежность рассмотрены в большом количестве работ, наиболее фундаментальными из которых являются труды Э. Рида, Р. Коттера, Э. Дж. Долана, Дж. Ф. Синки. В отечественной практике данные вопросы подробно рассмотрены в трудах О.И. Лаврушина, В.М. Усопкина, М.Б. Диченко, З.Т. Томаевой и других авторов.

Математические методы моделирования банковской деятельности были впервые предложены Ф. Эджуортом, наиболее весомый вклад в построение моделей функционирования банка внесли К. Сили, Э. Балтенспергер, М. Клинтон, Н. Мэрфи. Классическая теория риска портфеля активов предложена Г. Марковицем. В отечественной науке весомый вклад в разработку методов оптимизации принадлежит М.А. Айзерману, В.Д. Ногину, Н.Н. Моисееву, В.В. Подиновскому; методы моделирования качества активов для целей рейтинговой оценки банка разрабатывались В.С. Кромоновым, О.И. Катугиным, А.В. Буздалиным; модели оптимального управления – А.В. Антоновым, Н.Е. Егоровой, А.М. Смуловым, З.М. Цириховой и другими авторами.

Данные исследования имеют большое теоретическое и практическое значение. Однако до сих пор существует ряд нерешенных проблем – в частности, по-разному трактуется взаимосвязь фундаментальных понятий ликвидности, платежеспособности, надежности, устойчивости коммерческого банка; ввиду чрезвычайной сложности не решена задача построения общей модели банка, объединяющей в себе управление активами, пассивами и размером собственного капитала. В области частных моделей, описывающих один аспект управления банком, распространение получили модели управления активами, скаляризирующие многокритериальную задачу оптимизации по критериям доходности и устойчивости на основе явно или неявно заданной функции полезности лица, принимающего решение (ЛПР). Поскольку задача формализации функции полезности чрезвычайно сложна, то модели оптимизации, построенные с ее использованием, не получили распространения на практике ввиду значительного расхождения между результатами оптимизации и ожиданиями ЛПР. Таким образом, актуальной представляется задача разработки такой модели управления банковскими активами, которая позволяет более гибко учитывать необходимость компромисса между критериями с интерактивным учетом предпочтений ЛПР.

**Цель и задачи диссертационного исследования.** Основной целью исследования является повышение эффективности деятельности коммерческого банка на основе разработки и апробации оптимизационных моделей и методов их решения для управления активами банка.

Для достижения поставленной цели в работе поставлены и решены следующие задачи:

- анализ методологических положений управления активами и определение роли активов в доходности и устойчивости банка;
- системный анализ современных моделей банковской деятельности, включающих управление активами банка, и определение наиболее перспективных направлений применения экономико-математических методов многокритериальной оптимизации;
- построение экономико-математической модели, описывающей функциональную зависимость критериев оценки доходности и устойчивости банка от структуры и качества его активов;
- разработка алгоритма решения задачи многокритериальной оптимизации структуры активов банка, удовлетворяющего требованиям интерактивности, учета значимости всех критериев, универсальности, расширяемости и масштабируемости;
- проектирование программно-информационного средства, реализующего предложенную экономико-математическую модель управления качеством активов банка, и технологии работы пользователя с ним;
- выработка рекомендаций по практическому использованию модели многокритериальной оптимизации банковских активов с целью эффективного управления ими.

**Объект и предмет исследования.** Объект исследования – активы коммерческого банка. Предметом исследования являются математические и инструментальные методы и средства моделирования и оптимизации активных операций коммерческого банка.

**Теоретическая и методологическая основа исследования.** Диссертационное исследование базируется на постулатах системного анализа. В процессе исследования и разработок были использованы основные положения и методы математической экономики: теория многокритериальной оптимизации (в частности, методы уступок, главного критерия, нормализации критериев, свертки аддитивного и мультипликативного типов, различные методы построения множества Парето); элементы теории игр (максиминная свертка); методика многомерной визуализации данных; элементы теории и инструментальные средства проектирования экономических информационных систем.

Правовой базой исследования послужили законопроекты и инструктивные материалы, регулирующие банковскую деятельность Российской Федерации и иностранных государств.

Информационно-эмпирической базой исследования являются данные внутренней отчетности коммерческого банка АСБ «Бастион», балансовые данные ряда других российских банков.

Содержание работы соответствует положениям пунктов 1.6 и 2.3 Паспорта специальности 08.00.13 – «Математические и инструментальные методы экономики»:

- 1.6 «Математический анализ и моделирование процессов в финансовом секторе экономики, развитие метода финансовой математики и актуарных расчетов»;
- 2.3 «Разработка систем поддержки принятия решений для рационализации организационных структур и оптимизации управления экономикой на всех уровнях».

**Научная новизна исследования.** Научная новизна исследования состоит в разработке универсальной модели оптимального управления активами коммерческого банка на основе интерактивных методов многокритериальной оптимизации и ее программно-алгоритмическая поддержка для принятия решений по активным операциям банка.

В результате проведенного исследования в диссертационной работе сформулированы и обоснованы следующие научные положения:

- предложена концептуальная модель учета иерархии целей банковской деятельности при постановке задач многокритериальной оптимизации, основанная на рассмотрении роли устойчивости банков в экономической системе, анализе различных компонентов устойчивости и построении древовидной системы показателей устойчивости. Модель является научной основой для выбора критериев управления активами коммерческого банка;
- разработана математическая модель задачи многокритериальной оптимизации структуры активов коммерческого банка с рассмотрением структуры пассивов в качестве экзогенного фактора по кри-

териям, отражающим различные аспекты устойчивости банка, с учетом ограничений Банка России, использующая расширенную классификацию активов по степени риска и ликвидности для адекватного моделирования состояния баланса банка;

- разработан метод решения задачи многокритериальной оптимизации, основанный на синтезе методов уступок и Парето-оптимального множества за счет построения на каждом шаге Парето оптимального множества, формулирования величины уступки по менее важным критериям и их перевода в ряд ограничений. Метод позволяет эффективно синтезировать возможности машинной оптимизации и учет трудно формализуемых знаний ЛПР об относительной ценности различных значений критериев с целью выявления оптимальных вариантов вложения средств;

- разработана технология перехода на использование системы мониторинга баланса в реальном времени, оптимизационного моделирования и принятия решений по активным операциям бухгалтерии и кредитного отдела банка, позволяющая оперативно интегрировать оптимизационную модель в существующую систему учета и выработки управленческих решений за счет ее сопряжения с информационной системой «Диасофт-банк».

**Практическая значимость исследования.** Практическая значимость исследования заключается в том, что основные положения, выводы и рекомендации ориентированы на широкое использование при решении задач оптимизации активов коммерческого банка, распределения временно свободных средств и выработке лимитов вложений в рамках формирования единой автоматизированной системы управления ресурсами банка.

Самостоятельное практическое значение имеют:

- разработанная модель оптимизации, позволяющая анализировать возможные варианты вложения средств с учетом их рискованности, специфики вложений в различные виды активов, моделировать состояние баланса, прогнозировать значения банковских нормативов и других критериев устойчивости и доходности, выбирать наилучшие варианты вложений с точки зрения компромисса риск-доходность, что значительно повышает устойчивость банка и эффективность использования его активов;

- предложенный алгоритм программной реализации метода многокритериальной оптимизации структуры активов коммерческого банка на основе интерактивного процесса взаимодействия между ЛПР и разработанным программным средством оптимизационного моделирования, основанный на многомерной визуализации множества Парето-оптимальных решений. Гибкость алгоритма заключается в возможности нахождения компромисса между точностью и быстродействием в зависимости от возможностей вычислительной техники и располагаемого времени за счет ограничения количества итераций или времени счета. Надежность метода определяется его интерактивностью, предусматривающей решающую роль ЛПР в выборе точки, возможностью многократного повторения цикла выбора точки вплоть до полного удовлетворения требований ЛПР; таким образом, полностью исключается ситуация, когда генерированная программой точка является неприемлемой;

- разработанное программное обеспечение по оптимизационному моделированию активов коммерческого банка, реализующее предложенную модель и позволяющее оперативно проводить анализ множества решений; в реальном времени моделировать последствия тех или иных кредитных вложений и их влияние на поле возможностей банка по дальнейшему вложению средств с учетом множества возможных состояний баланса по критериям ликвидности, рискованности и доходности;

- разработанный комплекс мероприятий по совершенствованию аналитической деятельности кредитных отделов банка с использованием системы поддержки принятия решений.

Положения, рекомендации и выводы диссертационного исследования ориентированы на широкий круг специалистов, занимающихся вопросами анализа финансового состояния банка, управления рисками, активными операциями (в том числе кредитными и на рынке ценных бумаг), моделирования информационных систем. Разработанная модель управления активами может также использоваться при подготовке и повышении квалификации специалистов финансово-кредитного профиля.

Отдельные выводы и рекомендации по применению средств оптимизационного моделирования и визуализации данных могут найти применение при построении систем поддержки принятия решений в других областях экономики.

**Апробация и внедрение результатов исследования.** Исследование выполнено в рамках плана научных работ института «Экономика и право» Тамбовского государственного технического университета, проводимых в соответствии с комплексной темой «Качество объектов микро-, мезо- и макроэкономики, бухгалтерского учета, экономического анализа, аудита и финансово-кредитной деятельности».

Отдельные положения диссертации использованы АСБ «Бастион» и Тамбовским ОСБ № 8594 для оптимального управления активами банков, что подтверждено справками о внедрении. Полученные теоретические, методические и практические результаты диссертационного исследования обсуждались и получили положительную оценку на Всероссийской научно-практической конференции "Математическое моделирование экономических систем и процессов" (Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, Финансово-экономический институт, 2000), Международной научно-практической конференции "Финансовые проблемы РФ и пути их решения: теория и практика" (Санкт-Петербургский государственный технический университет, 2001), Международной научно-практической конференции "Экономика, экология и общество России в XXI столетии" (Санкт-Петербургский государственный технический университет, 2001), VII Международной научно-технической конференции "Математические методы и информационные технологии в экономике" (МО РФ, Международная академия информатизации, Средне-Волжское математическое общество, Пензенский технологический институт, Общество «Знание» России, Приволжский дом знаний, Пенза, 2001), Международной научно-практической конференции "Актуальные проблемы управления – 2001" (Государственный университет управления, Отделение экономики РАН, мэрия Москвы, 2001), IV Международной научно-практической конференции "Фундаментальные и прикладные проблемы приборостроения, информатики, экономики и права" (МГАПИ, Сочи, 2002), Международной научно-технической конференции "Организационный менеджмент: состояние, проблемы, тенденции" (МО РФ, Международная академия информатизации, Средне-Волжское математическое общество, Пензенский технологический институт, Общество «Знание» России, Приволжский дом знаний, Пенза, 2003).

Предложенная методика оптимального управления активами коммерческого банка используется в учебном процессе института экономики и права Тамбовского государственного технического университета для подготовки экономистов по специальностям: 060400 «Финансы и кредит», 060500 «Бухгалтерский учет, анализ и аудит», 060800 «Экономика и управление», что подтверждено соответствующими справками.

**Публикации.** Основные положения диссертационной работы опубликованы в 8 работах, включая 2 монографии, общим объемом 12,9 п.л. (авт. объем – 7,9 п.л.). Список публикаций приведен в конце автореферата.

**Структура диссертационного исследования.** Структура работы определена поставленной целью и последовательностью решения сформулированных задач и построена по проблемно-тематическому принципу. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель и задачи исследования, охарактеризованы методология и методы исследования, определены объект и предмет исследования, а также аргументированы научная новизна и практическая значимость результатов.

Приводится краткое содержание диссертации в соответствии с логикой исследования.

**Активы коммерческого банка как объект оптимизации.** В долгосрочном (стратегическом) аспекте целью каждого хозяйствующего субъекта является выживание и устойчивое развитие. Проведенный анализ соотношения понятий «устойчивость» и «надежность» показал, что в наиболее типичном словоупотреблении «надежность» означает способность объекта выполнять заданные функции, сохраняя свои основные характеристики в установленных пределах, устойчивость же рассматривается как способность противостоять силам, способным вывести из равновесия, т.е. устойчивость на траектории развития. Чаще всего устойчивость применяется как характеристика сложных динамических систем, подверженных влиянию большого числа факторов, в том числе со случайными характеристиками, к которым относится коммерческий банк (КБ) в рыночной среде. В отличие от устойчивости, надежность является более статической категорией. Под надежным банком понимается банк, способный на определенную дату выполнить свои обязательства.

Кроме того, следует отличать состояния стагнирования и устойчивости. Стагнирование, в отличие от устойчивости, – это такое состояние банка, при котором сохранение его надежности достигается це-

ной утраты способности к развитию, к самореформированию. Очевидно, что в стратегической перспективе такой КБ не имеет шансов. Таким образом, логико-терминологический анализ показывает, что устойчивость является наиболее фундаментальной целью развития банка. При этом устойчивость как состояние динамического равновесия в движении складывается из надежности на текущий момент и способности к развитию. Способность к развитию банка напрямую зависит от его доходности, позволяющей ему расширять свою деятельность и улучшать качество работы. Таким образом, можно сделать вывод, что фундаментальная цель банка – устойчивость – зависит от его надежности и доходности.

Понятие надежности нуждается в специальном исследовании. Оно может количественно определяться двумя разными путями: эмпирико-статистическим и априорно-теоретическим. Первый подход предполагает статистическую классификацию банков на надежные и ненадежные (путем экспертной оценки или рассмотрения данных во временном разрезе) и выявление количественных показателей любой природы (отдельные статьи баланса, разнообразные соотношения и т.д.), наиболее адекватно отражающих это разделение. Данный подход приводит к построению рейтингов надежности как интегральных показателей, отражающих общую надежность банка. В диссертации рассматривается как использование стандартных рейтинговых методик (Кромонава, Руссова, Катугина), так и методика построения собственных рейтингов, позволяющих задать собственные критерии надежности, исходя из обобщения статистики функционирования аналогичных банков.

Второй подход – аналитическое рассмотрение понятия «надежности» с целью выявления его основных составляющих, имеющих непосредственную количественную оценку. Для определения этих параметров был применен синтез историко-генетического и структурно-функционального подходов.

Историко-генетический подход подразумевает анализ эволюции понятия и факторов устойчивости в процессе развития банковского дела. Диссертационное исследование привело к следующим выводам: проблема сохранения надежности банков возникла одновременно с их появлением. Поскольку уже первые банки (меняльные лавки) выдавали кредиты из средств, депонированных на хранение, то возникала проблема поддержания ликвидности с целью погашения текущих обязательств. Таким образом, в начале существования банковской деятельности надежность банков зависела от их ликвидности, а ликвидность сводилась к достаточному запасу абсолютно ликвидных активов – золотых монет. Поэтому основным методом регулирования банковской надежности было управление качеством активов – риском, связанностью кредитования и коэффициентом абсолютной ликвидности (согласно современной терминологии). В XIX веке проблема сохранения ликвидности обострилась ввиду перехода банков к выпуску банкнот – векселей банка по предъявлению. Поэтому ведущие банки старались поддерживать коэффициент абсолютной ликвидности (отношение наличных денег в кассе к общей сумме выпущенных банкнот) на достаточно высоком уровне.

Первым фактором надежности является ликвидность банка. Проведенное исследование показало, что на практике достаточно в качестве показателей ликвидности использовать соответствующие нормы Банка России (Н2-Н5, Н14), так как они основаны на учете данных внутренней отчетности и в силу этого являются значительно более точными, чем оперирующие лишь с открытыми балансовыми данными показатели ликвидности Кромонава и аналогичных рейтинговых систем.

В XX веке особое значение приобрела также достаточность капитала. Достаточный капитал образует резерв, который позволяет банку оставаться платежеспособным и продолжать операции, несмотря на непредвиденные убытки и т.д.; однако перекапитализированный банк обычно является низкоэффективным (низколеверажным) и неконкурентным на рынках капитала и кредитных ресурсов. Поэтому необходимо оптимизировать величину данного показателя на некоем среднем уровне. В качестве показателей достаточности использовались две группы коэффициентов:

- первая группа строится на основе отношения капитальных фондов (в различном составе) к общим депозитам (вкладам);
- вторая группа базируется на соотношении капитала (во всевозможных модификациях) и активов (различного состава).

Отношение собственного капитала ко вкладам базируется на рассмотрении капитала в качестве средства защиты кредиторов.

Во второй трети XX века господствующим стало мнение, что потребность в капитале зависит не от депозитов, а от активов: достаточность капитала должна указывать на то, какие убытки может понести банк без ущерба для интересов вкладчиков и прочих кредиторов. Капитал стал рассматриваться, в первую очередь, в качестве амортизатора, помогающего преодолеть падение реальной стоимости активов.

Проведенные исследования убеждают в правильности данного подхода. При возникновении убытков в результате активных операций банка, которые последний ведет преимущественно от собственного имени и за собственный счет, потери покрываются не за счет привлеченных ресурсов, а за счет собственных средств.

В настоящее время стандартный подход к анализу достаточности капитала разработан Базельским комитетом по банковскому надзору и регулированию, представляющего точку зрения Центральными банками ведущих стран мира. Согласно ему предпочтительным методом оценки достаточности капитала является соотношение на основе активов, взвешенных по уровням риска.

В отечественной практике использование показателей достаточности капитала началось с 1991 года. В инструкции ЦБ РФ № 1 «О порядке регулирования деятельности коммерческих банков» достаточность капитала коммерческого банка определялась минимально допустимым размером уставного капитала банка и предельным соотношением всего капитала и суммы активов с учетом их рискованности. Измерять достаточность капитала было предложено с помощью соотношения капитала банка и суммарного объема активов, взвешенных с учетом риска (Н). Во всех последующих изменениях и дополнениях к этой Инструкции, в том числе и в новой Инструкции ЦБ РФ № 1 «О порядке регулирования деятельности кредитных организаций», введенной в действие с 1 октября 1997 года, эти нормативы также используются для определения достаточности капитала с уточнениями в определении самого капитала и в методике расчета величины рискованных активов.

Проведенное исследование влияния качества активов на устойчивость банка позволило сформулировать целостную концепцию управления активами с целью достижения основных целей банка и выявить диалектическую взаимосвязь между качественными целями и количественными критериями. Основная цель банковской деятельности – устойчивое развитие кредитной организации – зависит от доходности и надежности. Надежность же может быть описана через показатели ликвидности, достаточности капитала, или путем применения специальных рейтинговых систем. В настоящее время главным фактором достаточности капитала признана структура активов по степени риска, а ликвидности – наличие резерва высоколиквидных активов и соответствие активов и пассивов по срокам.

**Модель оптимального управления активами коммерческого банка.** Эффективное управление активами коммерческого банка требует разработки адекватных количественных моделей банковской деятельности. Банк представляет собой сложный объект моделирования, требующий, прежде всего, комплексного подхода. Достаточно трудно создать интегрированную модель банка, которая одновременно охватывала бы управление ликвидностью, портфелем активов, выбор оптимальной структуры ресурсной базы. Поэтому распространение получили частные модели, описывающие один из аспектов деятельности банка. При выборе концептуальных положений для построения модели обеспечения устойчивого развития банка были проанализированы основные современные подходы. Одним из них является моделирование пассивов, рассматривающее рынок кредитов как малозависимый от банковской деятельности; основное внимание концентрируется на рынке депозитов и факторов, обуславливающих их привлечение. В случае совершенной конкуренции процентная ставка по депозитам рассматривается как аргумент функции предложения средств, а банк – как покупатель денежных вкладов, который приобретает их по объявленной цене; при этом вариация ставки считается эффективным инструментом привлечения накоплений населения. Однако диссертационное исследование функционирования отечественных банков показало, что предпосылки данной модели в России совершенно не выполняются из-за малой управляемости рынка депозитов: банк принимает денежные вклады, общий поток которых зависит от экономической ситуации в целом, благосостояния населения и т.д., т.е. от тех факторов, которые находятся вне сферы компетенции банка и поэтому должны считаться заданными экзогенно. Частные вкладчики традиционно предпочитают Сбербанк РФ как наиболее надежный и существенно важной корреляции между процентом по вкладам и объемом привлеченных средств нет: слишком большой процент воспринимается как сигнал о недобросовестных намерениях банка. Таким образом, оперативное управление ресурсной базой практически невозможно, и структура пассивов может рассматриваться как константа. Поэтому в диссертационной работе предлагается частная модель другого типа, в которой рассматривается оптимальное управление активами КБ.

Пусть  $X = \{x_i, i = \overline{1, N}\}$  – вектор переменных модели;  $x_i$  – величины временно свободных средств, вложенные в тот или иной вид активов;



$N$  – общее число направлений вложения средств, вектор переменных принадлежит пространству  $N$ -мерных векторов  $X \in R^N$  (пространству переменных модели).

Поскольку физический смысл вектора переменных – временно свободные средства, вложенные в тот или иной вид активов, то вектор переменных не отрицателен:  $X \geq 0$ .

Функционирование банка нацелено на выполнение определенных целей, рассмотренных в главе 1, которые отражаются вектором критериев, функционально связанных с вектором переменных  $f_k(X)$ ,  $k = \overline{1, K}$ ,

где  $K$  – множество индексов критериев, множество критериев  $k \in K$  можно представить в виде вектор-функции

$$F(X) = \{f_k(X), k = \overline{1, K}\}.$$

В нашем случае каждая компонента векторного критерия направлена на максимизацию своего значения, задача оптимизации записывается как

$$\max F(X) = \{f_k(X), k = \overline{1, K}\}, X \geq 0.$$

При этом накладывается обязательное ограничение

$$\sum_i x_i = S; i = \overline{1, n},$$

где  $S$  – сумма свободных ресурсов банка на начало операционного дня (определяется экспертами).

Смысл этого ограничения в том, что банк не привлекает ресурсы со стороны, но перераспределяет временно свободные средства.

Обязательные ограничения согласно инструкции Банка России определяются следующим образом:

$$H_1(\bar{X}) \geq 11 \% ; \quad H_2(\bar{X}) \geq 20 \% ; \quad H_3(\bar{X}) \geq 70 \% ;$$

$$H_4(\bar{X}) \leq 120 \% ; \quad H_5(\bar{X}) \geq 20 \% ; \quad H_{14}(\bar{X}) \geq 10 \% ,$$

где  $H_1$  – норматив достаточности капитала, %;  $H_2$  – норматив мгновенной ликвидности, %;  $H_3$  – норматив текущей ликвидности, %;  $H_4$  – норматив долгосрочной ликвидности, %;  $H_5$  – норматив общей ликвидности, %;  $H_{14}$  – норматив ликвидности по операциям с драгоценными металлами, %.

В качестве компонентов вектора критериев выступают показатели, отражающие иерархическую структуру целей банка, рассмотренную в главе 1. В качестве критерия достаточности капитала применяется соответствующий норматив Банка России  $H_1$ . Наиболее значимыми показателями ликвидности служат нормативы  $H_2$ ,  $H_3$ ,  $H_5$ .

Кроме данных нормативов в качестве критериев могут выступать значения рейтингов банковской надежности. В диссертации проведен сравнительный анализ рейтингов Кромонава, Руссова и Катугина. В качестве критерия доходности банка используется взвешенная доходность активов ВД

$$ВД = \frac{\sum_i x_i \times d_i}{A_6},$$

где  $x_i$  – объем вложений в актив  $i$ ;  $d_i$  – средняя доходность вложений в актив  $i$ ;  $A_6$  – валюта баланса.

Следует отметить, что модель является задачей статической оптимизации и рассчитана на краткосрочное управление вложениями временно свободных средств в различные виды активов.

В диссертации анализируются традиционные методы решения данной задачи и показывается, что их применение в банковской деятельности затруднено вследствие упрощения многокритериальной природы задачи, недостаточного учета знаний ЛПР в предметной области.

С точки зрения степени участия лица, принимающего решение (ЛПР) методы можно классифицировать на интерактивные и полностью автоматические (см. рис. 1).

К полностью автоматическим методам решения задач многокритериальной оптимизации относится метод главного критерия и различные свертки критериев. Их объединяет то, что ЛПР задает свои предпочтения один раз, при постановке задачи, и далее выдается единственный вариант решения после автоматизированной процедуры решения однокритериальной оптимизационной задачи.

Наиболее простым и часто применяющимся методом приведения многокритериальной задачи к однокритериальной является выделение одного критерия в качестве главного и перевод остальных критериев в разряд ограничений путем формулировки дополнительных ограничений на значения этих критериев. Данному методу присущ ряд принципиальных недостатков. Прежде всего, данный метод значительно упрощает структуру исходной задачи, не учитывает разницу в значениях критериев, переведенных в разряд ограничений. Кроме того, достаточно трудной задачей является формулирование ограничений на значения менее важных критериев.



**(жирным выделен разработанный в диссертации метод)**

Если задать слишком низкие ограничения, то полученная точка не обязательно будет Парето-оптимальной (в случае, если целевая функция имеет несколько экстремумов), а если слишком высокие, то значение целевой функции (главного критерия) в полученной точке будет слишком низким по сравнению с его абсолютно достижимым максимумом (без учета ограничений на другие критерии).

Другим популярным методом является свертка критериев. Существует большое количество разных видов сверток. Теоретически все они базируются на подходе, связанном с понятием функции полезности ЛПР. При данном подходе предполагается, что ЛПР всегда имеет функцию полезности, независимо от того, может ли задать ее в явном виде. Эта функция отображает векторы критериев на действительную прямую так, что большее значение на этой прямой соответствует более предпочтительному вектору критериев. Смысл разных сверток состоит в том, чтобы из нескольких критериев получить один "коэффициент качества" (сводный критерий), приближенно моделируя таким образом неизвестную (не заданную в явном виде) функцию полезности ЛПР. Наиболее популярной сверткой является метод взвешенных сумм с точечным оцениванием весов.

Однако проведенное исследование показало, что основным недостатком всех сверток критериев является следующее: неявная функция полезности лица принимающего решения, как правило, нелинейна, поэтому "истинные" веса критериев (т.е. такие веса, при которых градиент взвешенной целевой функции совпадает по направлению с градиентом функции полезности) будут меняться от точки к точке, поэтому можно говорить лишь о локально подходящих весах; кроме того, часто ЛПР вообще не может задать весовые коэффициенты. Это особенно большой недостаток применительно к банковской сфере, например: по нормативу мгновенной ликвидности Н2 Банком России установлено ограничение – более 20 %.

С точки зрения устойчивости банка, полезность значения данного критерия, равного 30 %, в полтора раза (или на 50 %) выше полезности значения критерия, равного 20 %. Однако полезность значения Н2 = 100 % нельзя оценить в полтора раза (или на 50 %) большей, чем значения Н2 = 65 %, так как уже значение Н2 = 65 % достаточно высоко с точки зрения обеспечения ликвидности. В зависимости от ситуации в экономике, степени доверия к банковской системе и т.д. можно решить, что полезность значения Н2 = 100 % выше полезности значения Н2 = 65 % не на 50 %, а где-то на 25 ... 30 %. Очевидно, что полезность значения Н2 = 400 % точно такая же, как и полезность значения Н2 = 200 %, так как оба этих значения означают абсолютную ликвидность банка, и дальнейшее увеличение значения Н2 не приведет к заметному росту устойчивости. Полезность увеличения значения нормативов ликвидности плавно снижается по мере роста абсолютных значений данных нормативов и резко падает после преодоления рубежа в 100 %.

Таким образом, главным недостатком всех методик решения задач многокритериальной оптимизации, обусловившим их небольшое распространение на практике, является недостаточный учет трудноформализуемых и меняющихся с поступлением дополнительной информации предпочтений ЛПР относительно ранжирования критериев по важности.

Поэтому целесообразно применение интерактивных методик поиска решения, в которых ЛПР постоянно консультируется с данными программы, подбирая наиболее приемлемый вариант. Наиболее очевидный и часто применяемый в данном случае метод – построение множества Парето с последующим экспертным выбором на нем наилучшей точки. Однако область применения метода серьезно ограничена невозможностью визуализации множества Парето по числу критериев, большим трех.

Примером интерактивной методики поиска приемлемого решения является метод последовательных уступок (называемый также методом оптимизации по последовательно применяемым критериям), являющийся «смягченным» вариантом лексикографической оптимизации. Его суть

состоит в следующем: проводится анализ относительной важности критериев и критерии располагаются и нумеруются в порядке убывания важности; производится оптимизация по первому критерию и определяется

его наибольшее значение  $f_1^*$ . Далее эксперт оценивает величину допустимого снижения (уступки)  $\Delta f_1$  данного критерия, формулирует ограничение  $f_1 \geq (f_1^* - \Delta f_1)$  и ищется оптимум второго по важности критерия и т.д. После оптимизации последнего по важности критерия при условии, что значение каждого критерия  $k = \overline{1, K}$  должно быть не меньше  $(f_k^* - \Delta f_k, k = \overline{1, K})$ , получаемые решения считаются оптимальными.

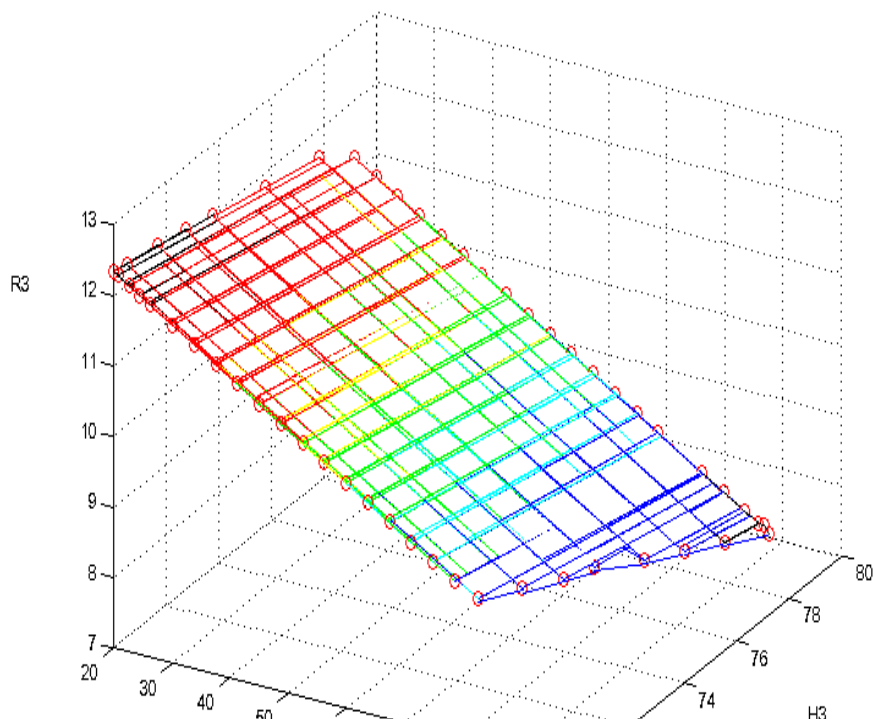
Однако анализируемый метод ограничен учетом только попарной связи критериев между собой, отсюда вытекает сложность выбора и обоснования величин уступок по отдельным критериям, так как величины уступок не соизмеримы между собой ввиду различной экономической сущности разных критериев. Вторым недостатком – на каждом шаге происходит усечение множества точек, оптимальных по Парето; отсюда в общем случае получившееся решение не оптимально по Парето.

Нами предложен модифицированный вариант данного метода, лишенный указанных недостатков.

Поскольку экономический смысл и единицы измерения разных критериев (в качестве которых выступают нормативы Банка России Н1-Н5 и доходность) различны, сравнение критериев по численным значениям невозможно. Поэтому в данном случае в процедуру решения многокритериальной задачи включен предварительный этап – нормализации критериев.

После нормализации критериев выбираются три наиболее важных и строится множество Парето-оптимальных решений. Для его построения возможно применение различных алгоритмов, нами выбран метод Соболя-Статникова (ЛПт-поиск) ввиду простоты его реализации и возможности варьировать точность подсчетов. Полученное приближенное множество Парето визуализируется на трехмерном графике (рис. 2).

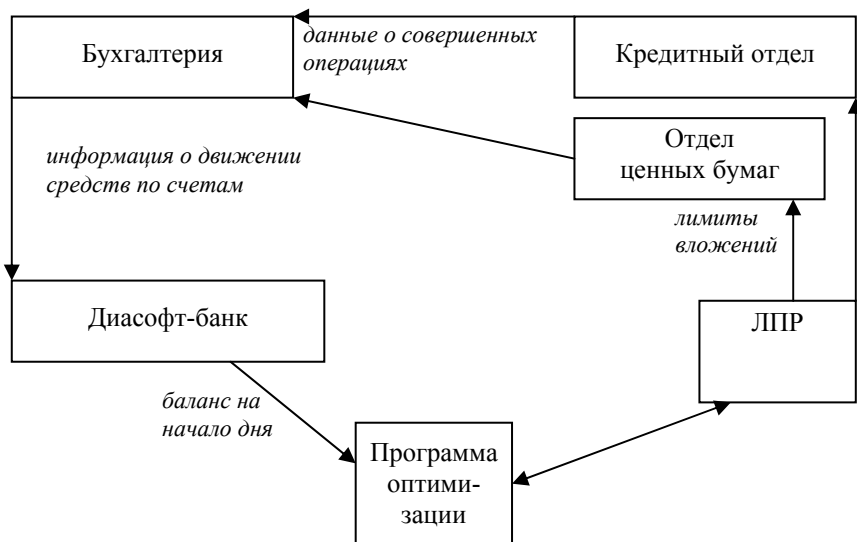
На данном графике ЛПР наглядно видит возможность компромисса между данными критериями. Он выбирает критерии с достаточно высоким значением, переводит их в разряд ограничений и с этими ограничениями снова решается задача построения множества Парето по другим трем критериям. После нескольких циклов подобной процедуры ЛПР имеет достаточную информацию о возможностях компромисса между критериями и может выбрать наиболее подходящий вариант. Для этого он выбирает в качестве критериев три показателя, наиболее важных, или же чьи значения наиболее сильно варьируются или близки к критическим, на остальные накладывает ограничения, исходя из информации предыдущих этапов; решается задача построения множества Парето и ЛПР выбирает наилучшую точку. Таким образом, предлагаемый метод представляет собой обобщение метода уступок в трехмерном пространстве, когда на одном шаге оптимизируется не один критерий, а три.



**Рис. 2 Множество Парето-оптимальных решений по критериям Н2, Н3, ВД**

Данная процедура, полученная синтезом двух методов решения многокритериальных задач – метода уступок и метода Парето – обладает следующими положительными особенностями: в отличие от метода построения и визуализации множества Парето, она допускает работу с числом критериев, большим трех, тогда как визуализация четырех- и более мерного множества Парето практически невозможна. В отличие от метода уступок, предложенная процедура значительно сокращает число шагов, позволяет на каждом шаге оценить возможность компромисса между несколькими критериями, кроме того, финальное решение будет Парето-оптимальным по трем критериям, признанным ЛПР наиболее важными. Таким образом, методика лишена обоих недостатков метода уступок и при этом более универсальна, чем построение множества Парето само по себе. Эти особенности позволяют широко использовать предложенный метод в любых задачах многокритериальной оптимизации с числом критериев, большим трех, в случаях невозможности установления и количественной оценки относительной важности критериев.

**Апробация и внедрение оптимизационной модели управления активами коммерческого банка.** Предложенная модель является моделью оперативного управления и встраивается в систему оперативного принятия решений. Место программы в структуре информационных потоков банка показано на рис. 3.



**Рис. 3 Организационная схема функционирования процесса оптимального управления активами в банке**

Разработанный процесс принятия решений функционирует следующим образом: экспертами анализируется баланс на начало дня и определяются минимально необходимые остатки по кассе и корреспондентским счетам в других банках. Данные могут быть получены из анализа планируемого оттока

средств. Таким образом определяется сумма временно свободных средств, подлежащих распределению. Далее рассматриваются варианты вложения средств (выдача кредитов, покупка ценных бумаг и т.д.). Поступившие заявки на кредиты анализируются и отфильтровываются неприемлемые по степени риска варианты. В практике региональных банков почти не применяется принцип «премии за риск», поскольку заемщик, имеющий намерение не вернуть кредит, легче пойдет на более высокую процентную ставку. Таким образом не удастся компенсировать потери по некоторой части высокорискованных кредитов повышенной доходностью других, поэтому кредиты выдаются только заведомо надежным заемщикам с длительной кредитной историей и/или под качественное обеспечение, при этом процентная ставка по кредитам одной группы срочности практически одинакова. Однако разработанная модель легко адаптируется к ситуации выдачи кредитов разной степени риска. Для этого достаточно присвоить кредитам количественные оценки риска, ввести параметр средневзвешенного кредитного риска банка и использовать его как ограничение или критерий в задаче многокритериальной оптимизации.

Далее анализируются возможности вложения средств в ценные бумаги. Для учета специфических рисков по каждому виду ценных бумаг возможно применение специализированных методов, дающих некоторую количественную оценку риска ценных бумаг (например, их  $\beta$ -коэффициент), используемую в качестве критерия их риска в задаче оптимизации.

Ограничения на вложения в кредиты определяются объемом приемлемых кредитных заявок, ограничения на вложения в другие виды активов могут определяться экспертным путем или ограничением общей величины риска по данным активам. После формулирования ограничений данные вводятся в программу оптимизации, выбираются три показателя в качестве критериев, на другие накладываются ограничения и запускается процесс оптимизации, описанный в гл. 2 (см. рис. 4).

Таким образом, разработанная модель оптимизации является достаточно универсальной и расширяемой, что позволяет ей адаптироваться к специфике учета риска отдельных видов активов.

Для соответствия требованиям Банка России была разработана уточненная система ведения банковских счетов, основанная на введении дополнительных классификаторов счетов по их отношению к кодам, указанным в приложении 1 «Расшифровки отдельных балансовых счетов для расчета обязательных нормативов банка» к инструкции № 1 Банка России.



#### **Рис. 4 Блок-схема разработанного алгоритма оптимизации**

Очевидно, что использование данной модели в оперативном управлении банковскими активами невозможно без ее автоматизации. С этой целью разработана программа на языке Visual C++ version 5.0.

Данная программа сопрягается с банковской системой бухгалтерского учета «Диасофт-банк». Программа автоматически импортирует балансовые данные из «Диасофт-банк» в формате dbf. Далее выбираются критерии оптимизации, задаются параметры расчета, программа строит Парето-оптимальное множество по выбранным критериям и визуализирует его в трехмерном пространстве.

Итоги расчета выдаются в текстовом виде, где сообщается число найденных Парето-оптимальных точек, минимальные и максимальные значения всех критериев, а также координаты условного центра множества Парето. Также программа строит график (рис. 2), являющийся интерактивным и допускающий рассмотрение с различных точек зрения. При выделении любой точки демонстрируется значение всех критериев в ней и соответствующее ей распределение средств по счетам.

Апробация данной модели проходила в коммерческом банке АСБ «Бастион». Практика показала преимущество предложенного метода оптимизации по сравнению с другими. Так, точки, предложенные как оптимальные согласно методике аддитивной свертки критериев, не удовлетворяли ЛПР в более чем 75 % случаев. Применение разработанной программы выявило следующие показатели, характеризующие возможность оперативного применения: среднее время генерирования множества Парето (на процессоре P4-2000MHz) от десяти секунд до нескольких минут в зависимости от количества возможных направлений вложения средств и требуемой точности, среднее число циклов построения множества Парето и корректировки списка критериев и ограничений (в задаче с общим числом критериев 5–6) – 4–8 циклов, время, требуемое на анализ одного множества Парето – несколько минут, что позволяет использовать разработанную модель в ежедневной выработке лимитов вложений в разные виды активов, на 50 % сократить время принятия решений по распределению активных средств.

Аналитические возможности метода позволили проводить моделирование последствий крупных вложений средств с точки зрения их влияния на последующее множество возможностей компромисса между критериями, что привело к возможности проведения активной кредитной политики и увеличило среднюю доходность за период использования программы в среднем на 2 %, при этом все значения нормативов значительно превышали минимально требуемые, но не превосходили оптимальных пределов надежности: так, норматив Н2 колебался в пределах 30 ... 45 %, Н3 – 90 ... 100 %. Результаты апробации положений диссертационного исследования и предложенного метода оптимизации активов ком-

мерческого банка подтверждают их практическую целесообразность при управлении распределением банковских ресурсов

В **заключении** формулируются обобщенные выводы и результаты, полученные в ходе исследования.

**Основные результаты диссертационной работы нашли отражение в следующих публикациях:**

1 Докукин А.В. Качество активов в теориях управления банковской ликвидностью / А.В. Докукин // Математические и инструментальные методы экономического анализа: управление качеством: Сб. науч. тр. Тамбов, 2003. Вып. 6. 0,3 п.л.

2 Докукин А.В. Математические основы построения системы поддержки принятия решений по активным операциям / А.В. Докукин // Математические и инструментальные методы экономического анализа: управление качеством: Сб. науч. тр. Тамбов, 2003. Вып. 6. 0,3 п.л.

3 Докукин А.В. Применение обобщенного метода уступок в многомерном пространстве в решении задач управления активами / А.В. Докукин // Математические и инструментальные методы экономического анализа: управление качеством: Сб. науч. тр. Тамбов, 2003. Вып. 6. 0,3 п.л.

4 Докукин А.В. Оптимизация управленческих решений по активным операциям банка / А.В. Докукин // Организационный менеджмент: состояние, проблемы, тенденции: Сб. материалов Междунар. науч.-техн. конф. / Приволжский дом знаний. Пенза, 2003. 0,2 п.л.

5 Тен В.В. Экономические категории качества активов коммерческого банка: Монография / В.В. Тен, Б.И. Герасимов, А.В. Докукин. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2002. 6,05 п.л. (авт. объем – 3,5 п.л).

6 Докукин А.В. Достоинства и недостатки различных видов свертки критериев в задачах оптимального управления банком / А.В. Докукин // Математические методы и информационные технологии в экономике, социологии и образовании: Сб. материалов Междунар. науч.-техн. конф. / Приволжский дом знаний. Пенза, 2001. 0,2 п.л.

7 Тен В.В. Управление активами банка на основе оптимизационных методов: Монография / В.В. Тен, Б.И. Герасимов, А.В. Докукин. М.: Машиностроение, 2000. 5,12 п.л. (авт. объем – 3 п.л.).

8 Тен В.В. Методология снижения банковского риска потери ликвидности / В.В. Тен, Б.И. Герасимов, А.В. Докукин // Управление рисками. 2000. № 2. 0,4 п.л. (авт. объем – 0,1 п.л.).