

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра дифференциальных уравнений и математической экономики

**Программная реализация модели инвестиционного портфеля в  
инновационный бизнес на основе минимаксного критерия**

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

Студентки 2 курса 247 группы

направления 09.04.03 – Прикладная информатика

механико-математического факультета

Миловой Людмилы Сергеевны

Научный руководитель  
доцент, к.ф.-м.н., доцент

И.Ю. Выгодчикова

Заведующий кафедрой  
зав. кафедрой, д.ф.-м.н., профессор

С.И. Дудов

Саратов 2022

**Введение.** В современном мире при достаточно интенсивном развитии инновационной сферы бизнеса необходимо задействовать современные технологии оценивания структуры инвестиционного капитала. В связи с тем, что в традиционных методах портфельного инвестирования отсутствуют показатели риска более широкого спектра количественных величин, применение данных методов становится невозможным.

Идеальной для инвестора стратегией инвестирования в рамках данного подхода была бы стратегия, обеспечивающая достижение максимальной ожидаемой доходности при минимальном риске вложений. Эти предпочтения следует учитывать в модели. Подходы, основанные на решении задачи Г. Марковица, позволяют достичь оптимальной структуры инвестиционного портфеля, однако на основе финансовой отчетности предприятий, ее применение становится невозможно.

Целью работы является разработка моделей портфельного инвестирования на основе минимаксной модели оценивания.

**Основное содержание работы.** Работа состоит из 5 разделов:

1. Подходы анализа инновационной сферы бизнеса.
2. Минимаксная модель портфеля.
3. Эффективный рейтинг финансового состояния компании.
4. Вычислительные эксперименты по разделам фрагментации идеи.
5. Программа и совершенствование вычислительной системы.

В каждом разделе есть несколько подразделов, в которых более детально описана идея основной части работы.

Первый раздел содержит описание инновационной деятельности, инновационного предприятия. Тут же проанализированы выбранные технологически-ориентированные инновационные предприятия.

**Определение 1.** Инновационная деятельность — это комплекс научных, технологических, организационных, финансовых и коммерческих мероприятий, направленный на коммерциализацию накопленных знаний, технологий и оборудования. Результатом инновационной деятельности являются новые или

дополнительные товары/услуги или товары/услуги с новыми качествами.

**Определение 2.** Инновационная организация (предприятие) – это специализированное хозяйственно-самостоятельное учреждение, главной целью которой является разработка инноваций: выполнение научных исследований (фундаментальных, поисковых и прикладных), научно-технических разработок (конструкторских, технологических, проектных, организационных), и коммерческое распространение инноваций на рынке для их практического использования.

Анализ проведен для инновационных предприятий российского происхождения за два года – 2019 и 2020 гг.: ООО «Завод АИТ» (г. Саратов), ОАО «Весна» (г. Киров), ООО «Нита-Фарм» (г. Саратов), ЗАО «Ламинированное стекло» (г. Саратов), АО «Биоамид» (г. Саратов), ПАО «Квадра» (г. Тула).

Используя данные из бухгалтерского отчета каждой компании, сделаны выводы по данным за отчетные периоды 2020 и 2019 г.: компании ООО «Нита-Фарм», ОАО «Весна», ЗАО «Ламинированное стекло» и ПАО «Квадра» увеличили свою прибыль на 491 млн. руб., 34 млн. руб., 4,1 млн. руб. и 1 млрд. руб., соответственно, а компании ООО «Завод АИТ» и АО «Биоамид» завершили 2020 год с чистой прибылью в 8,9 млн. руб., что почти в 18 раз меньше по сравнению с предыдущим 2019 годом, и в 97 млн. руб., что в 2,2 раза меньше предыдущего года.

Следующий раздел посвящен минимаксной модели портфеля и построению портфеля по данному принципу.

Требования, которым должна удовлетворять модель инвестиционного процесса:

1. Инвестору нужна надежная с точки зрения математически обоснованного инструментария модель, согласно которой он будет осуществлять вложения капитала и при этом знать, что учтены и стабилизированы факторы риска, которые доставляют ему наибольшие опасения.

2. Прибыль от осуществления инвестиций должна удовлетворять инвестора и быть на уровне нормативов доходности вложенных средств в альтернативные проекты.
3. Выполнение вычислений должно осуществляться в реальном масштабе времени.

Пусть  $\theta_i$  – доля  $i$ -го актива в портфеле,  $\theta = (\theta_1, \dots, \theta_n)$  – вектор неизвестных долей активов. Количественные показатели, характеризующие риск потери инвестированных средств в активы, входящие в портфель, обозначим через  $V_i > 0, i = 1, n$ .

Если инвестор вложил в  $i$ -й актив портфеля  $\theta_i$ -ю долю капитала, предназначенного для всех активов, он рискует потерять именно эту часть средств в том случае, если  $i$ -й актив окажется ненадежным, интуитивно понятно, что чем выше уровень риска актива, тем меньше средств целесообразно вложить в него. Поэтому в рассматриваемой модели оценкой риска потери капитала, вложенного в активы инвестиционного портфеля, служит величина  $\max V_i \theta_i, i = 1, n$ . Эта величина обозначает максимальную долю потерь вложенного капитала, и ее следует минимизировать:

$$\psi(\theta) = \max_{i=1, n} V_i \theta_i \rightarrow \min_{\theta \in D}, \quad (1)$$

где

$$D = \{\theta = (\theta_1, \dots, \theta_n) \in R^n: \sum_{i=1}^n \theta_i = 1\}. \quad (2)$$

Если инвестор имеет требования к доходности портфеля, вместо множества ограничений (2) следует рассматривать множество вида:

$$D = \{\theta = (\theta_1, \dots, \theta_n) \in R^n: \sum_{i=1}^n \theta_i = 1, \sum_{i=1}^n \eta_i \theta_i = \eta_p\}, \quad (3)$$

где  $\eta_1 > \dots > \eta_n$  – заданные показатели доходности;  $\eta_p$  – требуемая инвестором доходность портфеля. При этом считается, что  $V_1 > \dots > V_n$ .

Решение задачи (1)-(2) получается из системы равенств  $V_1 \theta_1 = \dots = V_n \theta_n, \theta_1 + \dots + \theta_n = 1$  и определяется по формулам:

$$\theta_i = 1/(vV_i), i = \overline{1, n}, \text{ где } v = \sum_{i=1}^n V_i^{-1}.$$

Для получения формул, позволяющих отыскать решение задачи (1)-(3), положим

$$\gamma = \sum_{i=1}^n \eta_i V_i^{-1}, \eta_p^* = \gamma/v.$$

Решение задачи (1)-(3) в зависимости от соотношения между  $\eta_p$  и  $\eta_p^*$  определяется следующим образом:

- а) при  $\eta_p = \eta_p^*$ , решение задачи (1)-(3) совпадает с решением задачи (1)-(2):

$$\theta_i = 1/(vV_i), i = \overline{1, n};$$

- б) при  $\eta_1 > \eta_p > \eta_p^*$ , решение задачи (1)-(3) находится по формулам:

$$\theta_i = \frac{\eta_p - \eta_n}{V_i(\gamma - \eta_n v)}, i = \overline{1, n-1},$$

$$\theta_n = \left( \frac{\eta_1 - \eta_p}{V_1} + \dots + \frac{\eta_{n-1} - \eta_p}{V_{n-1}} \right) (\gamma - \eta_n v);$$

- в) при  $\eta_n < \eta_p < \eta_p^*$ , решение задачи (1)-(3) находится по формулам:

$$\theta_i = \frac{\eta_p - \eta_1}{V_i(\gamma - \eta_1 v)}, i = \overline{2, n},$$

$$\theta_1 = \left( \frac{\eta_2 - \eta_p}{V_2} + \dots + \frac{\eta_n - \eta_p}{V_n} \right) (\gamma - \eta_1 v).$$

Предложенный вычислительный метод не требует много времени и реализуется с высокой скоростью.

Для оценки риска потери вложенного капитала ( $V$ ) часто используют коэффициент финансового левереджа как отношение заемного и собственного капитала. Для инновационного бизнеса указанный показатель служит одним из основных количественных измерителей риска.

Важным показателем доходности ( $\eta$ ) служит коэффициент рентабельности собственного капитала, который вычисляется как отношение чистой прибыли к собственным средствам. Этот показатель не вызывает сомнения, поскольку указывает на заработанные предприятием за счет собственных источников финансирования средства.

Общая методика анализа данных состоит в следующем.

1. Если выполняется система неравенств

$$\eta_1 > \dots > \eta_n, V_1 > \dots > V_n$$

применяется модель (1)-(3). При этом, если не известны предпочтения инвестора, требуемая доходность инвестиционного портфеля вычисляется как среднее из значений доходностей входящих в инвестиционный портфель активов:

$$\eta_p = (\eta_1 + \dots + \eta_n)/n.$$

2. Если не выполняется вышеупомянутая система неравенств, то применяется модель (1)-(2). Эта же модель применяется, если не известны показатели доходностей входящих в портфель активов.

После получения долей активов  $\theta_i$  производится пересчет этих долей с учетом размера собственного капитала ( $E$  – собственный капитал), чистой прибыли ( $L$  – чистая прибыль), инвестиционного капитала ( $M$  – инвестиционный капитал) и доходности ( $T$  – доходность) по формулам:

$$\hat{\theta}_i = \theta_i E_i / \varepsilon, \quad i = \overline{1, n}, \quad \text{где } \varepsilon = \sum_{i=1}^n E_i \theta_i;$$

$$\hat{\theta}_i = \theta_i L_i / l, \quad i = \overline{1, n}, \quad \text{где } l = \sum_{i=1}^n L_i \theta_i;$$

$$\hat{\theta}_i = \theta_i M_i / m, \quad i = \overline{1, n}, \quad \text{где } m = \sum_{i=1}^n M_i \theta_i;$$

$$\hat{\theta}_i = \theta_i T_i / t, \quad i = \overline{1, n}, \quad \text{где } t = \sum_{i=1}^n T_i \theta_i.$$

Данный подход позволяет учесть объем собственных ресурсов предприятия, что особенно важно для инновационной сферы бизнеса.

В третьем разделе рассмотрен эффективный рейтинг финансового состояния компании. Существование данного рейтинга позволяет руководству принимать верные решения без дополнительного исследования.

Так как рассматриваемые компании могут относиться к разным отраслям, иметь разный уровень управления и цели, а также отличаться по составу учредителей или собственников, необходимо принимать во внимание следующие ограничения:

1. Рассматриваются только коммерческие компании, целью которых является рост прибыли, которая распределяется по усмотрению руководства и собственников. В данном разделе необходимо учитывать рейтинг.

2. Компании, имеющие явно выраженные проблемы, не подлежат интегральному ранжированию, в данном случае достаточно вычислить несколько коэффициентов, указывающих на явные проблемы. К основным проблемам, которые требуют вмешательства руководства и жесткого контроля на каждом этапе выполнения финансовых транзакций, следует отнести острую нехватку ликвидных ресурсов, высокую задолженность перед кредиторами, наличие просроченных выплат, отсутствие или малая активность по отношению к реструктуризации активов и задолженности, регулярные убытки, приводящие к резкому снижению собственного капитала и проч.
3. Используется официальная статистика (в данном исследовании данные брались с сайта официальной отчетности компаний). Основаниями анализа являются бухгалтерский баланс предприятия и отчет о финансовых результатах. Анализ может проводиться ежемесячно при наличии бухгалтерских документов в целях повышения качества внутреннего финансового анализа компании.
4. Максимальное значение отклонения коэффициента от нормы по любой группе не может превышать 1 (100%).
5. Рекомендации имеют направленный характер, при отсутствии реакции руководства выделенные проблемы у предприятия будут усугубляться.

Построение интегрального рейтинга ликвидности на основе коэффициентов финансово-хозяйственной деятельности компании (ИФ) начинается с анализа коэффициентов, разделенных на четыре группы, а именно:

1. коэффициент текущей ликвидности (*CR*), коэффициент срочной ликвидности – КЛ;
2. коэффициент оборачиваемости основных средств (*FAT*), коэффициент оборачиваемости активов (*AT*) – КДА;
3. коэффициент рентабельности собственного капитала (*ROE*), коэффициент рентабельности инновационного капитала (*ROIC*) – КР;

4. коэффициент финансового левереджа ( $DA$ ), коэффициент финансовой независимости ( $EA$ ) – КФР.

По каждой группе вычисляется среднее отклонение от ближней границы норматива в долях единицы и выполняется расчет интегрального показателя по формуле:

$$\text{ИФ} = 1 - 0,25(dCR + dDA + dEA + dROE),$$

где

- $dCR$  – отклонение коэффициента текущей ликвидности, равного отношению оборотных активов к краткосрочным обязательствам (нормальное значение – не менее 1), в сторону снижения, выраженное в долях единицы. Если коэффициент в норме,  $dCR = 0$ .
- $dDA$  – отклонение коэффициента финансового левереджа, равного отношению заемных средств (сумма долгосрочных и краткосрочных обязательств) к собственному капиталу (нормальное значение – не более 1), в сторону превышения, выраженное в долях единицы. Если коэффициент в норме,  $dDA = 0$ , иначе – 1.
- $dEA$  – отклонение коэффициента финансовой независимости, равный отношению собственного капитала к общей сумме инвестиционного капитала (нормальное значение – в пределах от 0,4 до 0,9), от ближней границы (по модулю). Если коэффициент в норме,  $dEA = 0$ .
- $dROE$  – отклонение коэффициента рентабельности собственного капитала, равного отношению чистой прибыли к собственным средствам (нормальное значение – более 0,2), в сторону снижения, выраженное в долях единицы. Если коэффициент в норме,  $dROE = 0$ .

Все компоненты модели положительны.

Для построения интегрального рейтинга риска потери устойчивости на основе коэффициентов финансово-хозяйственной деятельности предприятия (ИКФ) также анализируются четыре группы коэффициентов (КЛ, КДА, КР, КФР), вычисляется доля показателя в рейтинге по каждой группе в долях единицы и выполняется расчет по формуле:

$$\text{ИКФ} = 0,25(\text{КЛ} + \text{КДА} + \text{КР} + \text{КФР}).$$

Уровни построения ИКФ:

1. Если значение показателя текущей ликвидности в норме, то  $\text{КЛ} = 100\%$ , если не в норме, то  $\text{КЛ} = 0\%$ .
2. Рассматриваются коэффициент оборачиваемости основных средств, равный отношению выручки к внеоборотным активам (норма показателя – более 1) и коэффициент оборачиваемости активов, равный отношению выручки к активам (норма показателя – более 0,5). Если оба коэффициента в норме,  $\text{КДА} = 100\%$ , если один коэффициент в норме, а другой нет, тогда  $\text{КДА} = 50\%$ , если оба показателя имеют неудовлетворительное значение –  $\text{КДА} = 0\%$ .
3. Рассматриваются коэффициент рентабельности собственного капитала и коэффициент рентабельности инвестиционного капитала, равный отношению чистой прибыли к общему объему инвестиционных ресурсов предприятия (нормальное значение – более 0,1). Если оба коэффициента в норме,  $\text{КР} = 100\%$ , если один коэффициент в норме, а другой нет,  $\text{КР} = 50\%$ , если оба показателя имеют неудовлетворительное значение –  $\text{КР} = 0\%$ .
4. Рассматриваются коэффициенты финансового левереджа и финансовой независимости. Если оба коэффициента в норме,  $\text{КФР} = 100\%$ , если один коэффициент в норме, а другой нет,  $\text{КФР} = 50\%$ , если оба показателя имеют неудовлетворительное значение –  $\text{КФР} = 0\%$ .

Если два подряд уровня характеризуются нулевым вкладом, то дальнейший расчет можно не производить, так как предполагается высокий риск инвестиций.

В четвертом разделе произведены вычислительные эксперименты на выбранных компаниях в Excel. Исходные данные брались из бухгалтерской отчетности каждого предприятия за 2019 и 2020 годы и вносились в таблицу.

Первоначально были рассчитаны эффективный рейтинг финансового состояния компании и интегральный рейтинг риска потери устойчивости на основе коэффициентов финансово-хозяйственной деятельности предприятия. Для

начала вычислили коэффициенты за 2019 и 2020 года, а по полученным результатам произвели расчет отклонений, указали значения долей показателя в рейтинге по каждой группе, и в итоге произвели расчет показателей ИФ и ИКФ. Результаты представлены на рисунках 1-2.

2019	ООО "Завод АИТ"	ООО "Нита-фарм"	ОАО "Весна"	ЗАО "Ламинированное стекло"	АО "Биоамид"	ПАО "Квадра"
dCR	0	0	0	0	0	0,554622127
dDA	1	0	0	0	0	1
dEA	0,250337039	0	0,058003172	0	0	0,582728153
dROE	0,29769279	0,006570949	0,131077542	0,249834636	0	0,14577934
ИФ	0,61299254273	0,998357263	0,952729822	0,937541341	1	0,429217595
ИКФ	0,625	0,875	0,5	0,75	1	0,125

Рисунок 1 – Результаты отклонений, 2019 г.

2020	ООО "Завод АИТ"	ООО "Нита-фарм"	ОАО "Весна"	ЗАО "Ламинированное стекло"	АО "Биоамид"	ПАО "Квадра"
dCR	0	0	0	0	0	0,485248161
dDA	1	0	0	0	0	1
dEA	0,226308571	0	0,065541410	0	0	0,85367722
dROE	0,17298848	0	0,115896067	0,203103474	0	0,147271767
ИФ	0,6501757373	1	0,954640631	0,949224131	1	0,378450713
ИКФ	0,5	1	0,5	0,8	0,9	0,1

Рисунок 2 – Результаты отклонений, 2020 г.

Следующий этап – вычисление долей каждого из активов. Рассмотрев загруженные данные, заметили, что объем инвестиционных ресурсов каждого предприятия превышает их собственные средства в 2019 году, поэтому для дальнейших расчетов использовалась модель (1)-(2) и корректирующие коэффициенты. Результат расчета доли каждого актива в портфеле за 2019 год представлен на рисунке 3.

Для расчета долей активов за 2020 год также использовали формулы (2), т.к. найденные доходности и риски компаний не удовлетворяют системе неравенств  $\eta_1 > \dots > \eta_n, V_1 > \dots > V_n$  (рисунок 4).

2019 г.	ООО "Завод АИТ"	ООО "Нита-фарм"	ОАО "Весна"	ЗАО "Ламинированное стекло"	АО "Биоамид"	ПАО "Квадра"
<i>Доля i-го актива</i>	0,49%	15,69%	63,12%	11,25%	7,49%	1,97%
<i>Коррекция по собственному капиталу</i>	0,08%	12,10%	49,63%	0,08%	1,72%	36,40%
<i>Коррекция по чистой прибыли</i>	0,47%	27,09%	39,60%	-0,04%	10,04%	22,85%
<i>Коррекция по инвестиционному капиталу</i>	0,81%	3,77%	3,84%	0,03%	1,12%	90,42%
<i>Коррекция по доходности</i>	5,88%	10,62%	3,86%	-0,02%	8,24%	71,42%

Рисунок 3 – Рекомендуемые доли с учетом коррекций (2019 г.)

2020 г.	ООО "Завод АИТ"	ООО "Нита-фарм"	ОАО "Весна"	ЗАО "Ламинированное стекло"	АО "Биоамид"	ПАО "Квадра"
<i>Доля i-го актива</i>	0,4818%	18,3253%	64,2186%	8,3640%	6,8700%	1,7403%
<i>Коррекция по собственному капиталу</i>	0,075383%	17,227322%	50,174765%	0,052487%	1,318760%	31,151283%
<i>Коррекция по чистой прибыли</i>	0,02%	40,86%	40,39%	0,00%	3,01%	15,72%
<i>Коррекция по инвестиционному капиталу</i>	0,78%	4,71%	3,91%	0,03%	0,96%	89,61%
<i>Коррекция по доходности</i>	0,33%	18,02%	5,08%	0,00%	3,55%	73,02%

Рисунок 4 – Рекомендуемые доли с учетом коррекций (2020 г.)

Программа расчета рекомендуемых долей и подсчета интегрального рейтинга ликвидности на основе коэффициентов финансово-хозяйственной деятельности компании и интегрального рейтинга риска потери устойчивости на основе коэффициентов финансово-хозяйственной деятельности предприятия для инвестора была написана на языке программирования Java.

Чтобы было удобно пользоваться программой, все имеющиеся данные вносятся в таблицу. Таблица состоит из 8-ми строчек, не включая строку с названиями столбцов, и из  $n$ -го количества столбцов. Количество активов указывает пользователь программы. В нашем случае  $n = 6$ .

Ниже представлены результаты работы программы для данных, взятых за 2019 год (рисунок 5) и 2020 год (рисунок 6).

Показатель	1	2	3	4	5	6
Чистая прибыль, тыс.руб.	159519	287941	104593	-663	223375	1935969
Собственный капитал, тыс.руб.	320517	1488613	1517546	13304	442054	35705375
Инвестиционный капитал, тыс.руб.	2141592	1751181	1584072	16576	605277	24080864
Оборотные активы, тыс.руб.	1984880	1180686	1438849	13913	276476	10725084
Внеоборотные активы, тыс.руб.	156712	570495	145223	2663	328801	75105445
Краткосрочные обязательства	1821004	246957	62630	3263	163223	24080864
Долгосрочные обязательства	72	15611	3896	9	0	26135150
Выручка	2028332	1891464	538786	23125	502575	55580675
Доля i-го актива, %	0.49	15.69	63.12	11.25	7.49	1.97
Коррекция по собственному капиталу, %	0.08	12.1	49.63	0.08	1.72	36.4
Коррекция по чистой прибыли, %	0.47	27.09	39.6	-0.04	10.04	22.85
Коррекция по инвестиционному капиталу, %	0.81	3.77	3.84	0.03	1.12	90.42
Коррекция по доходности, %	5.88	10.62	3.86	-0.02	8.24	71.42
ИФ	0.9612992542731541	0.998357262767421	0.95272982153293	0.93754134095	1.0	0.4292175951
ИКФ	0.625	0.875	0.5	0.75	1.0	0.125

Рисунок 5 – Результат работы программы (2019 г.)

Показатель	1	2	3	4	5	6
Чистая прибыль, тыс.руб.	8898	490458	138336	-41	96522	1986918
Собственный капитал, тыс.руб.	329415	1979071	1644822	13211	404114	37682241
Инвестиционный капитал, тыс.руб.	1896553	2226584	1703523	16831	538928	21487558
Оборотные активы, тыс.руб.	1626635	1617722	1435128	14000	208450	11060760
Внеоборотные активы, тыс.руб.	269918	608862	268395	2831	330478	76164533
Краткосрочные обязательства	1472916	197732	55360	3591	134814	21487558
Долгосрочные обязательства	94222	49781	3341	29	0	28136302
Выручка	1789140	2382161	523929	27250	323407	56627120
Доля i-го актива, %	0.48	18.33	64.22	8.36	6.87	1.74
Коррекция по собственному капиталу, %	0.08	17.23	50.18	0.05	1.32	31.15
Коррекция по чистой прибыли, %	0.02	40.86	40.39	0.0	3.01	15.72
Коррекция по инвестиционному капиталу, %	0.78	4.71	3.91	0.03	0.96	89.61
Коррекция по доходности, %	0.33	18.02	5.08	0.0	3.55	73.02
ИФ	0.6501757372575	1.0	0.95464063076878	0.949224131405646	1.0	0.37845071289958
ИКФ	0.5	1.0	0.5	0.75	0.875	0.125

Рисунок 6 – Результат работы программы (2020 г.)

**Заключение.** В работе был построен эффективный рейтинг финансового состояния компании на основе процедуры иерархического ранжирования интегральных рейтингов по ключевым коэффициентам финансового анализа. Полученный продукт может применяться, когда традиционные модели портфельного инвестирования не применимы ввиду отсутствия требуемых для построения модели динамических рядов оцениваемых показателей доходности. С помощью разработанного инструментария инвестор может произвести эффективную финансовую аналитику бизнеса, используя полученные расчеты интегрального коэффициента и эффективного индекса по ключевым показателям финансовой отчетности. В работе использовались инновационные предприятия России, на основании данных о которых выполнены вычислительные эксперименты.