

УДК 511

**ПРИМЕНЕНИЕ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ
КРИПТО-ПОРТФЕЛЕМ**

Михайлюта А.Е. студент гр. МСс–241, II курс

Матросов И.П. студент гр. МСс – 241, II курс

Подкур П. Н., к.ф.-м.н., доцент

Кузбасский государственный технический
университет имени Т. Ф. Горбачева

г. Кемерово

В последние годы мир финансов переживает бум криптовалют. Всё больше инвесторов стремятся получить высокую доходность, вкладывая средства в цифровые активы, но при этом желая минимизировать риски и сложность управления. В поисках эффективных стратегий многие обращаются к математическим моделям, среди которых особое место занимает линейное программирование.

Этот подход имеет свои особенности. Во-первых, его основой является оптимизация — достижение наилучшего результата (например, максимальной прибыли) при определённых ограничениях (бюджет, уровень риска). Во-вторых, ключевым моментом является работа с числовыми данными: исторической доходностью, волатильностью активов и их корреляцией.

Линейное программирование позволяет создать сбалансированный портфель, который будет настроен под индивидуальные цели инвестора. Однако такой метод не является "святым Граалем": он опирается на прошлые данные, которые не гарантируют будущих результатов. Модели не могут предсказать внезапные рыночные потрясения или технологические сбои. Поэтому перед использованием таких систем стоит глубоко изучить основы рынка и проконсультироваться с финансовыми аналитиками. Также важно помнить, что выходить на рынок и выводить средства следует обдуманно, чтобы избежать потерь из-за панических продаж или чрезмерной жадности. В целом, для закрепления финансового результата необходимо придерживаться долгосрочной стратегии и регулярно пересматривать состав портфеля.

Цель данной работы — определить оптимальное распределение капитала в портфеле криптовалют для максимизации потенциальной доходности при заданных ограничениях по риску.

Для этого мы поставили следующие **задачи**:

1. Выбрать перспективные криптовалюты с различным профилем риска и доходности.
2. Собрать статистические данные по их средней месячной доходности и волатильности (как мера риска).
3. Определить переменные — доли портфеля, выделенные на каждый актив.

4. Сформулировать математические ограничения (общий бюджет, максимальный риск, диверсификация).

5. Оценить результаты моделирования и сделать выводы.

Для анализа были взяты следующие характеристики: ожидаемая доходность (Д) (взята средняя за последний год), уровень риска (Р) на основе волатильности, а также условная цена за единицу актива.

Переменными X обозначим долю каждого актива в портфеле.

- X_1 – Bitcoin (BTC)
- X_2 – Ethereum (ETH)
- X_3 – Solana (SOL)
- X_4 – Cardano (ADA)
- X_5 – Ripple (XRP)

Таблица 1 – Характеристики крипто активов (условные данные).

Криптовалюты	X1 (BTC)	X2 (ETH)	X3 (SOL)	X4 (ADA)	X5 (XRP)
Ожидаемая доходность (Д), % в месяц	5	7	12	6	4
Уровень риска (Р), усл. ед.	10 (самый устоявшийся и волатильный актив)	15	25 (молодой и более рискованный актив)	18	12

Таблица 2 – Требования к портфелю.

Параметр	Норма
Общая сумма долей активов	100%
Максимальный совокупный риск	≤ 15
Минимальная доля одного актива	$\geq 5\%$
Максимальная доля одного актива	$\leq 40\%$

Чтобы избежать чрезмерной концентрации в одном активе и обеспечить диверсификацию, введём ограничения: $0.05 \leq X_i \leq 0.4$.

В результате получим математическую модель:

• **Ограничения по риску и долям:**

- $10 \cdot X_1 + 15 \cdot X_2 + 25 \cdot X_3 + 18 \cdot X_4 + 12 \cdot X_5 \leq 15$ (общий риск не выше 15).
- $X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 = 1$ (все доли в сумме составляют 100%).
- $X_i \geq 0.05$ для всех i .
- $X_i \leq 0.4$ для всех i .

• **Целевая функция (максимизация доходности):**

$$F = 5 \cdot X_1 + 7 \cdot X_2 + 12 \cdot X_3 + 6 \cdot X_4 + 4 \cdot X_5 \rightarrow \max$$

Найдём параметры искомой модели с помощью задач линейного программирования (в Excel с помощью надстройки “Поиск решения”)

Распределение капитала

Оптимальное распределение капитала, которое обеспечивает максимальную доходность в рамках установленных ограничений, выглядит следующим образом:

- **X1 (Bitcoin): 40%**
- **X2 (Ethereum): 30%**
- **X3 (Solana): 20%**
- **X4 (Cardano): 5%**
- **X5 (Ripple): 5%**

Это и есть искомые параметры модели — доли, которые следует выделить на каждый актив в портфеле.

Проверка решения

Теперь проверим, как это решение соответствует исходным требованиям.

1. **Сумма долей:**
 - $40\% + 30\% + 20\% + 5\% + 5\% = 100\%$. Условие выполнено.
2. **Совокупный риск:**
 - $(0.40 \cdot 10) + (0.30 \cdot 15) + (0.20 \cdot 25) + (0.05 \cdot 18) + (0.05 \cdot 12) = 4 + 4.5 + 5 + 0.9 + 0.6 = 15$.
 - Это значение (15) **равно** максимально допустимому риску (≤ 15). Условие выполнено.
3. **Ограничения по долям:**
 - Все доли находятся в заданном диапазоне от 5% до 40%. Условие выполнено.

При таком распределении активов максимальная ожидаемая доходность портфеля составляет:

- $(0.40 * 5\%) + (0.30 * 7\%) + (0.20 * 12\%) + (0.05 * 6\%) + (0.05 * 4\%) = 2\%$
+ 2.1% + 2.4% + 0.3% + 0.2% = **7% в месяц.**

Результаты

Таблица 3 – Оптимальное распределение активов в портфеле.

Переменные	X1 (BTC)	X2 (ETH)	X3 (SOL)	X4 (ADA)	X5 (XRP)
Оптимальная доля в портфеле	40%	30%	20%	5%	5%

Таблица 4 – Сравнение итоговых показателей с нормой.

	Норма	Итог
Ожидаемая доходность, %	max	7
Совокупный риск, усл. ед.	≤ 15	15

Выводы

Таким образом, если распределить активы в указанных пропорциях, ожидаемая доходность портфеля будет максимальной из всех возможных вариантов при соблюдении заданных инвестором ограничений. Итоговый уровень риска (15) не превышает установленный порог (15), а доли всех активов находятся в допустимом диапазоне (от 5% до 40%). Это доказывает, что линейное программирование является мощным инструментом для построения объективной и математически обоснованной инвестиционной стратегии.

Список литературы:

1. Двадцать лет оптимизации портфеля на основе линейного программирования [Электронный ресурс] // Оптимизация. – URL: https://www.researchgate.net/publication/258293488_Twenty_years_of_linear_programming_based_portfolio_optimization (дата обращения: 18.03.2026).
2. Рокафеллар Р.Т., Урясев С. Оптимизация условной стоимости с учетом риска [Электронный ресурс] // Риски оптимизации. – URL: <https://pubsonline.informs.org/doi/10.1287/ijoc.4.3.43.20817> (дата обращения: 18.03.2026).
3. Распределение криптовалютного портфеля в соответствии с достоверным критерием CVaR и практическими ограничениями

[Электронный ресурс] // Криптопортфель. – URL: <https://www.mdpi.com/2227-9091/12/10/163> (дата обращения: 18.03.2026).

4. Надежная оптимизация портфеля на крипторынках с использованием энтропии Цаллиса второго порядка и диверсификации с учетом ликвидности [Электронный ресурс] // Рынок. – URL: <https://www.mdpi.com/2227-9091/13/9/180> (дата обращения: 18.03.2026).

5. Библиотека CCXT (Crypto Exchange Trading Library) [Электронный ресурс] // CCXT. – URL: <https://ccxt.trade/> (дата обращения: 18.03.2026).

6. Библиотека CVXPY [Электронный ресурс] // CVXPY. – URL: <https://www.cvxpy.org/> (дата обращения: 18.03.2026).

7. Оптимизация портфеля Python Markowitz для криптографии (База данных и обработки) [Электронный ресурс] // Оптимизация для криптографии. – URL: <https://www.codearmo.com/python-tutorial/python-markowitz-portfolio-optimization-crypto> (дата обращения: 18.03.2026).