

В этом файле представлены попытки автоматизировать формирование математической постановки ЗЛП с помощью языковых моделей.

ChatGPT от OpenAI:

Сначала я попробовал выполнить запросы в чате, чтобы не тратить лимиты запросов в API.

ChatGPT с этим достаточно хорошо справился.

**You**

Сформулируй задачу линейного программирования в финансовой сфере

**ChatGPT**

Конечно, вот пример задачи линейного программирования в финансовой сфере:

Максимизировать прибыль портфеля инвестиций при условии ограниченных инвестиционных ресурсов, где коэффициенты прибыли и риска для каждого инструмента определяются как линейные функции, а также учитываются ограничения на минимальную и максимальную долю каждого актива в портфеле.



Математическая модель также была сформирована:

**You**

Запиши математическую формулировку этой задачи

**ChatGPT**

Для задачи максимизации прибыли портфеля инвестиций можно записать математическую формулировку следующим образом:

Пусть:

- $x_1, x_2, \dots, x_n$  - доли инвестиций в каждый из  $n$  инструментов портфеля
- $p_1, p_2, \dots, p_n$  - ожидаемая прибыль от каждого инструмента
- $r_1, r_2, \dots, r_n$  - риск (например, стандартное отклонение) для каждого инструмента
- $B$  - общий бюджет или доступные инвестиционные ресурсы
- $w_{\min}, w_{\max}$  - минимальные и максимальные ограничения на долю каждого инструмента в портфеле

Тогда задача линейного программирования будет иметь вид:

Максимизировать:

$$\sum_{i=1}^n p_i \cdot x_i$$

При ограничениях:

$$\sum_{i=1}^n x_i = 1$$

$$\sum_{i=1}^n r_i \cdot x_i \leq R_{\max}$$

$$\sum_{i=1}^n x_i \cdot w_{\min} \leq x_i \leq \sum_{i=1}^n x_i \cdot w_{\max}$$

$$\sum_{i=1}^n x_i \cdot p_i \leq B$$

$$x_i \geq 0, \text{ для всех } i$$

Здесь первое ограничение обеспечивает, что сумма всех долей инвестиций равна 1, второе ограничение ограничивает общий риск портфеля до максимального значения  $R_{\max}$ , третье и четвертое ограничивают минимальные и максимальные доли каждого инструмента в портфеле, а последнее ограничение контролирует общий бюджет  $B$ .

Даже получилось сгенерировать входные данные и решение для не самой тривиальной ЗЛП.

## You

Сгенерируй входные данные для данной задачи

## ChatGPT

Конечно, вот пример генерации случайных входных данных для задачи портфельного инвестирования:

Предположим, у нас есть 5 потенциальных инвестиционных инструментов (от  $x_1$  до  $x_5$ ):

plaintext

Copy code

```
n = 5 # количество инвестиционных инструментов

# Генерация ожидаемой прибыли для каждого инструмента
ожидаемая_прибыль = [12, 8, 15, 10, 7] # Пример случайных значений

# Генерация риска (стандартного отклонения) для каждого инструмента
риск = [5, 3, 6, 4, 2] # Пример случайных значений риска

# Максимальный общий риск для портфеля
R_макс = 10 # Пример максимального значения риска

# Минимальные и максимальные доли каждого инструмента в портфеле
w_мин = [0.1, 0.05, 0.15, 0.1, 0.05] # Пример минимальных долей
w_макс = [0.25, 0.2, 0.3, 0.25, 0.15] # Пример максимальных долей

# Общий бюджет или доступные инвестиционные ресурсы
B = 10000 # Пример общего бюджета
```

Эти случайно сгенерированные данные представляют ожидаемую прибыль, риск и ограничения на доли инвестиций для каждого из пяти инвестиционных инструментов, а также общий бюджет для инвестирования. Эти данные могут быть использованы в задаче линейного программирования для оптимизации портфеля инвестиций.

Были необходимы некоторые корректировки в формировании решения, потому что модель забывала некоторые важные нюансы. В целом, модель почти справлялась даже в генерации решения.

You

в данном коде нет ограничения, что суммарный вес инвестиций = 1

ChatGPT

Вы правы, это важное ограничение для задачи оптимизации

портфеля инвестиций - сумма долей инвестиций должна быть равна 1.

Давайте добавим это ограничение в код:

```
python Copy code

from scipy.optimize import linprog
import numpy as np

expected_profit = [12, 8, 15, 10, 7]
risk = [5, 3, 6, 4, 2]
max_risk = 10
min_weights = [0.1, 0.05, 0.15, 0.1, 0.05]
max_weights = [0.25, 0.2, 0.3, 0.25, 0.15]
budget = 10000

num_instruments = len(expected_profit)

# Формирование коэффициентов для ограничений прибыли и риска
A_ub = np.vstack([
    [-1 * profit for profit in expected_profit],
    risk,
    [1] * num_instruments # Сумма весов = 1
])

# Формирование остальных параметров
b_ub = [-1 * budget, max_risk, 1] # Последний элемент - для
bounds = list(zip(min_weights, max_weights))
c = [0] * num_instruments

result = linprog(c, A_ub=A_ub, b_ub=b_ub, bounds=bounds, method='highs')

print("Optimal investment weights:")
for i, weight in enumerate(result.x):
    print(f"Instrument {i + 1}: {weight:.4f}")
```

Однако, при переходе к использованию API я столкнулся с проблемой.

OpenAI API:

Получить доступ к API без смены IP на отличный от российского нельзя. Раньше было можно, я попробовал один раз, выдало ошибку. Потом я попробовал через google colab, с расчетом на то, что там хостинг не российский и получил ошибку, что превышен лимит. Подождал некоторое время (я сделал явно меньше 200 запросов в этом месяце), ничего не поменялось. Возможно, забанили.

```
chat_completion = client.chat.completions.create(
    messages=[
        {
            "role": "user",
            "content": "Сгенерируй математическую постановку следующей финансовой задачи",
        }
    ],
    model="gpt-3.5-turbo",
)

-----
RateLimitError                                Traceback (most recent call last)
<ipython-input-3-03b553d22270> in <cell line: 9>()
      7 )
      8
----> 9 chat_completion = client.chat.completions.create(
     10     messages=[
     11         {

-----
      8 frames -----
/usr/local/lib/python3.10/dist-packages/openai/_base_client.py in _request(self, cast_to, options, remaining_retries, stream,
stream_cls)
     928         err.response.read()
     929
--> 930         raise self._make_status_error_from_response(err.response) from None
     931
     932         return self._process_response(

RateLimitError: Error code: 429 - {'error': {'message': 'You exceeded your current quota, please check your plan and billing details.
For more information on this error, read the docs: https://platform.openai.com/docs/guides/error-codes/api-errors.'}, 'type':
'insufficient_quota', 'param': None, 'code': 'insufficient_quota'}}
```

## GigaChat:

Я решил обратиться к отечественному разработчику. GigaChat от Сбера. У Яндекса доступ по API на данный момент не готов.

В целом модель с небольшими ошибками, но справлялась с переводом с человеческого условия на математическую формулировку.

— Запиши в математической постановке задачи линейного программирования:

Цех может выпускать два вида продукции: шкафы и тумбы для телевизора. На каждый шкаф расходуется 3,5 кв. м стандартных ДСП, 1 кв. м

листового стекла и 1 человеко-день трудозатрат. На тумбу – 1 кв. м ДСП,

2 кв. м стекла и 1 человеко-день трудозатрат. Прибыль от продажи 1 шкафа

составляет 200 у.е., а 1 тумбы – 100 у.е.

Материальные и трудовые ресурсы ограничены: в цехе работают 150 рабочих, в день нельзя израсходовать больше 350 кв. м ДСП и более

240 кв. м стекла.

Какое количество шкафов и тумб должен выпускать цех, чтобы сделать прибыль максимальной?

— Пусть  $x$  — количество шкафов, а  $y$  — количество тумб, которые должен выпустить цех.

Тогда задана следующая математическая постановка задачи линейного программирования:

Найти максимум функции прибыли:

$$P = 200x + 100y,$$

при условии:

$$3,5x + 1y \leq 350,$$

$$1x + 2y \leq 240,$$

$$x, y \geq 0.$$

Но снова подвело API.

GigaChat API:

При использовании API получаем, что модель выдает гораздо более глупые нерелевантные ответы. Мое предположение, что в API используется более легкая или более старая модель, которая выдает гораздо более слабые и

менее релевантные ответы.

```
text = "Запиши в математической постановке задачи линейного программирования: \
Цех может выпускать два вида продукции: шкафы и тумбы для\
телевизора. На каждый шкаф расходуется 3,5 кв. м стандартных ДСП, 1 кв. м\
листового стекла и 1 человеко-день трудозатрат. На тумбу - 1 кв. м ДСП,\
2 кв. м стекла и 1 человеко-день трудозатрат. Прибыль от продажи 1 шкафа\
составляет 200 у.е., а 1 тумбы - 100 у.е.\
Материальные и трудовые ресурсы ограничены: в цехе работают\
150 рабочих, в день нельзя израсходовать больше 350 кв. м ДСП и более\
240 кв. м стекла.\
Какое количество шкафов и тумб должен выпускать цех, чтобы\
сделать прибыль максимальной?"
```

Executed at 2023.12.13 19:22:39 in 2ms

```
response = giga.chat(text)
```

Executed at 2023.12.13 19:22:42 in 2s 250ms

```
print(response.choices[0].message.content)
```

Executed at 2023.12.13 19:26:12 in 6ms

```
Минимальная прибыль будет при выпуске только тумб, так как на тумбу расходуется меньше
ресурсов, чем на шкаф. Максимальная прибыль будет при выпуске только шкафов, так как на
шкаф расходуется меньше ресурсов, чем на тумбу.
Минимум по ресурсам будет при выпуске только шкафов, так как на шкаф расходуется меньше
ресурсов, чем на тумбу.
Максимум по времени будет при выпуске только тумб, так как на тумбу расходуется меньше
ресурсов, чем на шкаф.
Таким образом, оптимальным решением будет выпуск только шкафов.
```

Вывод-размышления:

Мне кажется, эта задача вполне решается с использованием функционала дообучения, который есть у Яндекса по закрытому доступу (или платному), у OpenAI, но без доступа к API это не обернуть во что-то на python. У Сбера такого функционала я не нашел. На данной итерации добиться необходимых ответов с приемлемым качеством именно по API не получилось.