

Основные принципы метода Chain of Thought (CoT)

Chain of Thought (цепочка мыслей или цепочка рассуждений) — это метод промпт-инжиниринга, который побуждает языковые модели демонстрировать промежуточные шаги рассуждения перед предоставлением окончательного ответа. Данный подход значительно улучшает способности моделей к решению сложных задач, особенно тех, которые требуют многоэтапного рассуждения.

Ключевые принципы:

1. **Постепенное рассуждение** — модель выводит ответ постепенно, проходя через последовательные, логически связанные шаги
2. **Явный вывод промежуточных шагов** — вместо прямого перехода к ответу, модель формулирует и отображает каждый этап рассуждения
3. **Причинно-следственные связи** — каждый шаг логически связан с предыдущими и служит основанием для последующих
4. **Самопроверка в процессе рассуждения** — возможность корректировать и перепроверять промежуточные выводы

Научная база и исследования

Метод Chain of Thought обоснован несколькими значимыми исследованиями:

1. **Базовые исследования по CoT** — установили, что добавление фразы "Давай мыслить шаг за шагом" или структурированных инструкций для поэтапного рассуждения значительно улучшает способность моделей решать сложные задачи.
2. **CauCoT (Causalized Chain of Thought)** — исследование, раскрывающее механизм CoT с точки зрения причинно-следственных связей. Метод делает рассуждения не только правильными, но и понятными для человека, моделируя причинно-следственные связи между шагами рассуждений с помощью структурных причинных моделей (SCM).
3. **SR-FoT (Syllogistic reasoning Framework of Thought)** — фреймворк силлогистического рассуждения, направляющий модели через процесс строгого логического мышления для решения сложных задач, основанных на знаниях.
4. **Сравнительные исследования Program of Thought (PoT) и CoT** — показывающие, что в некоторых случаях (особенно в многоязычных

задачах) использование программного кода как средства рассуждения может превосходить стандартный CoT.

5. **Исследование "Understanding before Reasoning"** — демонстрирующее, что предварительное улучшение понимания задачи перед применением CoT повышает качество рассуждений и снижает вероятность ошибок на 24-35%.

Почему Chain of Thought работает

Эффективность метода Chain of Thought объясняется несколькими факторами:

1. **Снижение когнитивной нагрузки** — разбиение сложной задачи на малые шаги уменьшает вероятность ошибок и пропуска важной информации.
2. **Активация процедурных знаний** — согласно исследованиям, большие языковые модели содержат значительный объем процедурных знаний, полученных при предварительном обучении. CoT активирует эти знания, структурируя процесс решения задачи.
3. **Повышение прозрачности рассуждений** — делая процесс мышления "видимым", метод позволяет обнаруживать и исправлять ошибки на промежуточных этапах.
4. **Имитация человеческого мышления** — пошаговое рассуждение близко к тому, как люди решают сложные задачи, что делает его более естественным для моделей, обученных на человеческих текстах.
5. **Причинное моделирование** — как показывает исследование CauCoT, внедрение причинно-следственных связей между шагами рассуждения значительно улучшает качество ответов.

Практические примеры

Пример 1: Базовый CoT для математической задачи

Реши следующую задачу, рассуждая шаг за шагом:

В магазине продаются футболки по 800 рублей и джинсы по 2400 рублей. Маша купила 3 футболки и 2 пары джинсов. Сколько всего денег она потратила?

Пожалуйста, покажи все промежуточные вычисления и объясни каждый шаг своего рассуждения.

Пример 2: Причинное CoT (CauCoT) для логической задачи

Реши следующую логическую задачу, используя принцип причинного рассуждения:

В комнате находятся Анна, Борис, Василий и Галина. Известно, что:

1. Если Анна не брала конфету, то её взял Борис
2. Если Василий не брал конфету, то Галина тоже её не брала
3. Ровно один человек взял конфету

Кто взял конфету?

Инструкции:

1. Для каждого шага рассуждения сначала сформулируй причину (почему ты делаешь этот вывод)
2. Затем сформулируй следствие (что логически следует из этой причины)
3. Обозначай каждую причинную связь явно, например: "Поскольку X, следовательно Y"
4. Проверь согласованность всей причинной цепи

Пример 3: Структурированный CoT для анализа текста

Проанализируй следующий отрывок из романа, используя метод структурированной цепочки мыслей:

[ТЕКСТ ОТРЫВКА]

Инструкции:

1. Шаг 1: Выдели ключевых персонажей и опиши их основные характеристики на основе текста
2. Шаг 2: Определи основные события в хронологическом порядке
3. Шаг 3: Проанализируй мотивации персонажей, объясняя, почему они действуют определенным образом
4. Шаг 4: Выяви неявные темы и символы в тексте, объясняя, как они связаны с общим смыслом
5. Шаг 5: Сформулируй общий вывод о значении отрывка

Для каждого шага приводи конкретные доказательства из текста, подкрепляющие твои выводы.

Расширения и родственные техники

В исследованиях представлен целый ряд расширений и вариаций метода Chain of Thought:

1. Program of Thought (PoT)

Особенности: Использует программный код как средство рассуждения, разделяя этапы логического мышления и вычислений. **Применение:** Особенно эффективен для математических и алгоритмических задач, а также в многоязычной среде. **Пример промпта:**

Реши математическую задачу, используя Program of Thought подход:

Задача: В автосалоне продали 45 автомобилей за неделю. Это на 20% больше, чем в прошлую неделю. Сколько автомобилей продали в прошлую неделю?

Инструкции:

1. Сначала запиши задачу в виде переменных и уравнений
2. Затем реализуй решение в виде кода (Python или псевдокод)
3. Выполни код шаг за шагом, показывая результаты каждой операции
4. В конце дай окончательный ответ с пояснением

2. Tree of Thoughts (ToT)

Особенности: Расширяет линейную цепочку рассуждений до древовидной структуры, исследуя различные возможные пути решения с возможностью возврата к ранним шагам при обнаружении ошибки. **Применение:** Особенно полезен для задач с несколькими возможными путями решения. **Пример промпта:**

Реши задачу на планирование, используя метод Tree of Thoughts:

Задача: Ты организуешь конференцию с 5 докладчиками. У каждого есть определенные временные ограничения, и некоторые докладчики не могут выступать одновременно. Как составить оптимальное расписание?

Инструкции:

1. Разбей задачу на подзадачи
2. Для каждой подзадачи исследуй 2-3 возможных решения (ветви дерева)
3. Оцени каждую ветвь по эффективности
4. Если обнаружишь, что ветвь ведет в тупик, вернись к предыдущему шагу и выбери другую ветвь
5. Продолжай, пока не найдешь полное решение

3. Chain of Draft (CoD)

Особенности: Упрощенная версия CoT, использующая минималистичные, но информативные промежуточные рассуждения (около 5 слов на шаг).

Применение: Достигает точности, сравнимой с CoT, но использует всего ~8% токенов, что снижает стоимость и задержку. **Пример промпта:**

Реши следующую математическую задачу, используя подход Chain of Draft.

Для каждого шага рассуждения используй не более 5 слов.

Задача: Компания производит товар, себестоимость которого 450 рублей. Наценка составляет 30%. Магазин делает дополнительную наценку 25%. Какова конечная цена товара для покупателя?

Инструкция: Думай пошагово, но записывай только краткие черновые мысли для каждого шага, максимум 5 слов на шаг. После рассуждений дай финальный ответ.

4. Chain of Reasoning (CoR)

Особенности: Интегрирует множественные парадигмы рассуждения: естественно-языковую (NLR), алгоритмическую (AR) и символическую (SR) для решения математических задач.

Применение: Особенно эффективен для сложных математических задач, требующих разнообразных подходов. **Пример промпта:**

Реши следующую математическую задачу, используя подход Chain of Reasoning (CoR).

Проведи рассуждение в три этапа:

1. Сначала используй естественно-языковое рассуждение (NLR): опиши своими словами, как ты понимаешь задачу, какие концепции здесь применимы, и наметь общий план решения.

2. Затем примени алгоритмическое рассуждение (AR): представь решение в виде структурированного алгоритма или последовательности шагов, которые нужно выполнить.

3. Наконец, используй символическое рассуждение (SR): запиши и решай уравнения или формулы, необходимые для получения точного ответа.

Задача: [текст математической задачи]

5. Thought Tracing

Особенности: Метод для отслеживания и вывода ментальных состояний агентов в тексте, основанный на принципах байесовской теории разума и алгоритме Sequential Monte Carlo. **Применение:** Особенно полезен для анализа литературных произведений и понимания мотиваций персонажей. **Пример промпта:**

Проанализируй следующий отрывок из романа, используя метод Thought Tracing:

[ТЕКСТ ОТРЫВКА]

Инструкции:

1. Разбей текст на последовательность состояний и действий каждого ключевого персонажа
2. Для каждого персонажа сгенерируй 3-4 возможные гипотезы о его текущих мыслях, убеждениях и намерениях в каждой ключевой точке повествования
3. Оцени вероятность каждой гипотезы, основываясь на наблюдаемых действиях персонажа
4. Для наиболее вероятных гипотез опиши, как они объясняют последующие действия персонажа
5. В заключении представь наиболее правдоподобную траекторию мыслей каждого персонажа на протяжении всего отрывка

6. Self-Refine

Особенности: Итеративное улучшение собственных ответов через критический анализ. **Применение:** Может использоваться в сочетании с CoT для повышения точности рассуждений. **Пример промпта:**

Реши задачу, используя комбинацию Chain of Thought и Self-Refine:

Задача: [текст задачи]

Этап 1: Первое решение

Реши задачу, рассуждая шаг за шагом.

Этап 2: Критический анализ

Проанализируй свое решение, выяви слабые места и возможные ошибки. Какие шаги могут быть улучшены?

Этап 3: Улучшенное решение

Предоставь улучшенное решение с учетом выявленных недостатков, снова рассуждая шаг за шагом.

7. Chain of Verification (CoV)

Особенности: Фокусируется на систематической проверке рассуждений и результатов. **Применение:** Особенно полезен для снижения вероятности ошибок в сложных задачах. **Пример промпта:**

Реши задачу и проведи верификацию, используя Chain of Verification:

Задача: [текст задачи]

Часть 1: Решение

Реши задачу, показывая каждый шаг своего рассуждения.

Часть 2: Верификация

1. Проверь, все ли данные из условия использованы корректно
2. Проверь каждый математический шаг на наличие ошибок в вычислениях
3. Проверь, соответствует ли ответ исходному вопросу
4. Проверь размерности и единицы измерения
5. Проверь, соответствует ли ответ здравому смыслу и обычным значениям

Часть 3: Исправление

Если обнаружены ошибки, исправь их и предоставь корректное решение.

Интеграция с другими методами промпт-инжиниринга

Chain of Thought можно эффективно комбинировать с другими методами промпт-инжиниринга:

1. Комбинация с декомпозицией задач

Реши задачу, сочетая декомпозицию и пошаговое рассуждение:

Задача: [сложная задача]

Этап 1: Декомпозиция

Раздели исходную задачу на более простые подзадачи.

Этап 2: Последовательное решение

Для каждой подзадачи:

- Покажи цепочку рассуждений шаг за шагом
- Проверь промежуточный результат
- Используй его в следующей подзадаче

Этап 3: Интеграция

Объедини результаты подзадач для получения окончательного решения.

2. Комбинация с форматированием вывода

Реши задачу, используя Chain of Thought, и структурируй ответ в определенном формате:

Задача: [текст задачи]

Процесс рассуждения:

1. Сначала проанализируй условие и определи ключевые переменные
2. Определи применимые формулы и концепции
3. Проведи необходимые вычисления шаг за шагом
4. Проверь результат на разумность и соответствие условиям

Формат ответа:

```
{  
  "исходные_данные": {...},  
  "промежуточные_вычисления": [...],  
  "итоговый_ответ": "...",  
  "проверка": "..."  
}
```

Заключение

Метод Chain of Thought представляет собой мощный инструмент промпт-инжиниринга, который значительно улучшает способность языковых моделей к рассуждению и решению сложных задач. Этот подход имеет солидную научную базу и множество вариаций и расширений, предназначенных для различных типов задач.

Практическая ценность CoT заключается в том, что он:

1. Повышает точность ответов (особенно в задачах, требующих многоэтапного рассуждения)
2. Делает процесс рассуждения прозрачным и понятным
3. Снижает вероятность ошибок

4. Позволяет модели решать более сложные задачи, с которыми она не справилась бы без структурированного подхода

Выбор конкретной вариации метода CoT должен зависеть от типа задачи, требуемой точности, ограничений на длину ответа и специфики предметной области.