

Применение больших языковых моделей для иерархической суммаризации текстов научных публикаций

Соболевский Федор

Московский физико-технический институт

Кафедра интеллектуальных систем ФПМИ МФТИ

Научный руководитель: д. ф.-м. н. К. В. Воронцов

2024

Цели исследования

- ▶ Формализовать задачу автоматического построения интеллект-карт по научным текстам и предложить информативные метрики оценивания таких карт;
- ▶ Разработать методику иерархической суммаризации по научным текстам экспертами с целью формирования выборки для автоматической генерации интеллект-карт и выработки четких требований к генерируемым картам;
- ▶ Применить большие языковые модели (БЯМ) для генерации интеллект-карт по текстам научных статей и определить оптимальные стратегии промптинга, позволяющие максимизировать качество иерархической суммаризации.

Основная идея

Предположение: можно использовать БЯМ для автоматического создания иерархических карт по научным статьям, позволяющих двигаться от главного к деталям.

Проблематика: для данной задачи нет ни данных, ни метрик, позволяющих автоматически оценить реальные аспекты качества генерируемых карт.

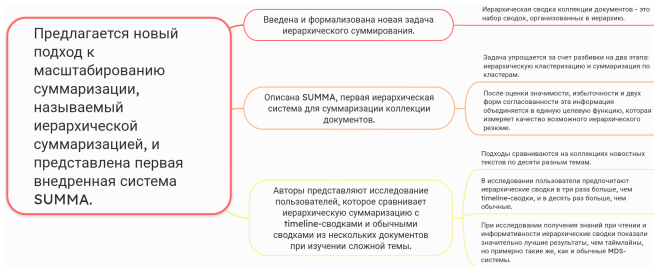


Рис.: Пример карты по статье об иерархической суммаризации

Christensen J., Soderland S., Bansal G., et al. Hierarchical summarization: Scaling up multi-document summarization, 2014

- ▶ *Christensen J., Soderland S., Bansal G., et al.* Hierarchical summarization: Scaling up multi-document summarization, 2014
- ▶ *Wei Y., Guo H., Wei J.-M., Su Z.* Revealing semantic structures of texts: multi-grained framework for automatic mind-map generation, 2019
- ▶ *Hu M., Guo H., Zhao S., Gao H., Su Z.* Efficient mind-Map generation via Sequence-to-Graph and reinforced graph refinement, 2021
- ▶ *Zhang Z., Hu M., Bai Y., Zhang Z.* Coreference graph guidance for mind-map generation, 2024
- ▶ *Guerrero J., Ramos P.* Mind mapping for reading and understanding scientific literature, 2015

Постановка задачи: обычная суммаризация

- ▶ Пусть дан документ (или коллекция документов) \mathcal{D} — упорядоченный набор предложений, составленных из слов некоторого словаря V :

$$\mathcal{D} = (s_i)_{i=1}^{|\mathcal{D}|}, \quad \text{где } \forall i = 1, \dots, |\mathcal{D}| \quad s_i = (w_{ij})_{j=1}^{l_i}, \quad w_{ij} \in V,$$

а также референсная сводка этого документа \mathcal{S}^* и метрика качества $\mathcal{I} : (\mathcal{S}, \mathcal{D}, \mathcal{S}^*) \rightarrow \mathbb{R}$.

- ▶ Требуется найти отображение $f^* : \mathcal{D} \rightarrow \mathcal{S}$, максимизирующее данную метрику качества \mathcal{I} , где $\mathcal{S} = (s'_i)_{i=1}^{|\mathcal{S}|}$ — краткая сводка (summary) документа, состоящая из некоторых новых предложений из слов словаря V :

$$f^* = \arg \max_f \mathcal{I}(f(\mathcal{D}), \mathcal{D}, \mathcal{S}^*).$$

Постановка задачи: иерархическая суммаризация

- ▶ Пусть даны документ \mathcal{D} — упорядоченный набор предложений из слова словаря V , референсная карта $\mathcal{M}^* = (\mathcal{S}^*, E^*)$ и метрика качества $\mathcal{I} : (\mathcal{M}, \mathcal{D}, \mathcal{M}^*) \rightarrow \mathbb{R}$.
- ▶ Требуется найти отображение $f^* : \mathcal{D} \rightarrow \mathcal{M} = (\mathcal{S}, E)$, максимизирующее данную метрику качества \mathcal{I} , где \mathcal{M} — древовидная **иерархическая карта** (*интеллект-карта, карта знаний, salient sentence-based mind map*), \mathcal{S} — набор предложений, являющихся вершинами \mathcal{M} и составленных из слов словаря V , $E \in \mathcal{S}^2$ — направленные иерархические связи между предложениями из \mathcal{S} , то есть ребра направленного графа \mathcal{M} :

$$f^* = \arg \max_f \mathcal{I}(f(\mathcal{D}), \mathcal{D}, \mathcal{M}^*).$$

Постановка задачи оптимизации промптинга

- ▶ Пусть дана выборка документов \mathbf{X} , языковая модель f , карта-стандарт \mathcal{M}^* для заданной цели создания карты и некоторая метрика качества \mathcal{I} . Пусть также задано множество возможных запросов \mathcal{Q} , таких что вывод модели для каждого $(\mathcal{D}, Q) \in \mathbf{X} \times \mathcal{Q}$ соответствует требуемому формату, и содержащих формулировку цели, *общую для модели и экспертов - создателей \mathcal{M}^** .
- ▶ Требуется найти оптимальный запрос $Q^* \in \mathcal{Q}$, такой что вывод модели при входе (\mathcal{D}, Q^*) максимизирует метрику \mathcal{I} по выборке \mathbf{X} :

$$Q^* = \arg \max_{Q \in \mathcal{Q}} \frac{1}{|\mathbf{X}|} \sum_{\mathcal{D} \in \mathbf{X}} \mathcal{I}(f(\mathcal{D}, Q), \mathcal{D},).$$

- ▶ Для эффективного поиска оптимального запроса (*промптинга*) требуется также задать полное и неизбыточное множество запросов \mathcal{Q} и эффективную стратегию поиска оптимального запроса в \mathcal{Q} .

Многокритериальное оценивание интеллект-карт

- ▶ *Этап 1.* Пусть мы имеем сгенерированную моделью по документу \mathcal{D} карту знаний \mathcal{M} и карту-стандарт \mathcal{M}^* по тому же документу, созданную экспертами.
- ▶ Требуется определить критерии $\mathcal{I}_k : (\mathcal{M}, \mathcal{D}, \mathcal{M}^*) \rightarrow \mathbb{R}$ для автоматического оценивания интеллект-карт, отражающие интересующие нас аспекты качества генерации иерархического представления \mathcal{M} относительно исходного документа \mathcal{D} и карты-стандарта \mathcal{M}^* .
- ▶ Мера качества критерия — коэффициент корреляции с экспертной метрикой \mathcal{I}_k^* оценки соответствующего аспекта качества по некоторой выборке карт **X**.
- ▶ Примеры реальных аспектов качества карты знаний:
 - ▶ *соответствие цели* генерации карты;
 - ▶ *полнота* карты относительно документа;
 - ▶ *непротиворечивость*;
 - ▶ *связность и неизбыточность*;
 - ▶ *логичность*.

Многокритериальное оценивание интеллект-карт

- ▶ *Проблема:* количество экспертных карт и скорость их создания сильно ограничены, нужно научиться оценивать карты без стандартов.
- ▶ *Этап 2.* Пусть мы имеем только документ \mathcal{D} и сгенерированную по нему моделью карту знаний \mathcal{M} .
- ▶ Требуется определить критерии $\mathcal{I}_k : (\mathcal{M}, \mathcal{D}) \rightarrow \mathbb{R}$, отражающие качество генерации иерархического представления \mathcal{M} исходного документа \mathcal{D} самого по себе, без сравнения с другими картами.
- ▶ Мерой качества автоматического критерия, помимо степени скоррелированности с экспертными критериями, является также результат оценивания с помощью него экспертных карт \mathcal{M}^* , принимаемых за стандарт.

Методы исследования

- ▶ Метод сбора данных — собственная работа и работа привлеченных экспертов по построению иерархических сводок научных статей.
- ▶ Метод агрегации экспертных мнений: проведение научных семинаров в формате обсуждения интеллект-карт по статьям с последующим построением общей карты. Пусть мы собрали N экспертов, тогда на выходе мы имеем по каждой обработанной статье $N + 1$ карт, одна из которых является золотым стандартом для данной статьи.
- ▶ Метод отбора критериев: сбор на вышеупомянутых семинарах экспертных оценок аспектов качества сгенерированных искусственно интеллект-карт по рассматриваемым статьям, затем анализ корреляций экспертных оценок и значений автоматических критериев.

Этапы эксперимента

- ▶ *Текущий этап:* отработка методологии построения интеллект-карт по научным статьям с привлечением экспертов для сбора тестовых данных и валидации метрик качества;
- ▶ Разработка и тестирование стратегий промптинга БЯМ для задачи иерархической суммаризации, максимизирующих выбранные метрики качества по полученным данным;
- ▶ Полномасштабное тестирование современных БЯМ на полученных данных при помощи выработанных стратегий промптинга и анализ результатов генерации.