

MeaCap: Memory-Augmented Zero-shot Image Captioning

Zequn Zeng*, Yan Xie*, Hao Zhang†, Chiyu Chen, Bo Chen

National Key Laboratory of Radar Signal Processing, Xidian University, Xi'an, 710071, China

{zzequn99, yanxie0904, zhanghao_xidian}@163.com, {chenchiyu, bchen}@mail.xidian.edu.cn

Zhengjue Wang

State Key Laboratory of Integrated Service Networks, Xidian University, Xi'an, 710071, China

wangzhengjue@xidian.edu.cn

Abstract



*Zero-shot image captioning (IC) without well-paired image-text data can be divided into two categories, training-free and text-only-training. Generally, these two types of methods realize zero-shot IC by integrating pre-trained vision-language models like CLIP for image-text similarity evaluation and a pre-trained language model (LM) for caption generation. The main difference between them is whether using a textual corpus to train the LM. Though achieving attractive performance w.r.t. some metrics, existing methods often exhibit some common drawbacks. Training-free methods tend to produce hallucinations, while text-only-training often lose generalization capability. To move forward, in this paper, we propose a novel **Memory-Augmented zero-shot image Captioning framework (MeaCap)**. Specifically, equipped with a textual memory, we introduce a retrieve-then-filter module to get key concepts that are highly related to the image. By deploying our proposed memory-augmented visual-related fusion score in a keywords-to-sentence LM, MeaCap can generate concept-centered captions that keep high consistency with the image with fewer hallucinations and more world-knowledge. The framework of MeaCap achieves the state-of-the-art performance on a series of zero-shot IC settings. Our code is available at <https://github.com/joeyz0z/MeaCap>.*

1. Introduction



Image captioning (IC) aims to understand visual content and generate text descriptions. Using well-annotated image-text pairs, supervised models [7, 17, 23, 34, 39, 41, 48, 49, 56] have achieved promising results on typical IC benchmarks [1, 25, 32, 63]. Due to the high costs of annotation, the training sets of these benchmarks often involve limited image styles/contents, which is a hard obsta-

*Equal contribution.

†Corresponding author

	Text-only-training	CLIP Score	BLIP-2 Score
	MAGIC: A plate topped with cake and spoon.	0.76	0.89
	DeCap: A piece of cake on a white plate with a spoon.	0.77	0.87
	ViECap: Cake with white frosting on a white plate on a table.	0.75	0.73
	MeaCap_{ToF} : concepts: [slice lemon pie, serving plate] caption: A slice of lemon pie with spoon on serving plate on table.	0.83	0.83
	Training-free		
	ZeroCap: A large dessert eaten in the 2016 New Hampshire State Hotel.	0.87	0.75
	ConZIC: A butter pie served at the famous Mary Teresa restaurant.	1.00	0.77
	MeaCap_{ToF} : concepts: [slice lemon pie, serving plate] caption: A slice of lemon pie with a spoon on a serving plate.	0.84	0.82

(a) Hallucination phenomenon.

	Text-only-training	CLIP Score	BLIP-2 Score
	MAGIC: A red and white locomotive is being docked.	0.32	0.30
	DeCap: A person that is on the ground and is holding his device.	0.51	0.22
	ViECap: Before and after shots of a man in a suit and tie.	0.42	0.31
	MeaCap_{ToF} : concepts: [spiderman] caption: A picture of a spiderman comics.	0.68	0.65
	Training-free		
	ZeroCap: Image of a Web Hero.	0.74	0.27
	ConZIC: A very attractive spiderman typical marvel definition.	0.82	0.59
	MeaCap_{ToF} : concepts: [spiderman] caption: A comic book superhero called spiderman.	0.77	0.68

(b) Image contains world knowledge.

Figure 1. The motivation of our proposed MeaCap where the **red is incorrect** and **green is correct**. (a) Training-free methods associate the *pie* with incorrect location information, which actually get high marks in CLIPscore. This might be due to the fact that CLIP is trained on web-scale noisy image-text data. (b) Existing text-only-training (ToT) methods fail to generate *spiderman* as some training-free methods do, but the ToT version of our method (MeaCap_{ToF}) can also do that.

cle for those supervised models to be generalized to images in the wild. To realize IC without human-annotated image-text pairs, recently, zero-shot IC has drawn increasing attention. Existing works can be mainly divided into two groups, training-free methods and text-only-training methods. Training-free approaches [53, 54, 64] realize zero-shot image-to-text generation using pre-trained models without fine-tuning. Specifically, they employ a pre-trained vision-language model like CLIP to guide a pre-trained language model (LM), such as BERT [8] or GPT-2 [44], to generate sentences that match the given image. With iterative inferences, this line of work does not require any training. Though having achieved superior generalization ability and higher CLIPscore [16], these methods show extrinsic hal-

MeaCap: Chú thích hình ảnh Zero-shot được tăng cường bộ nhớ

Zequn Zeng*, Yan Xie*, Hao Zhang†, Chiyu Chen, Bo Chen

Phòng thí nghiệm trọng điểm quốc gia về xử lý tín hiệu radar, Đại học Xidian, Tây An, 710071, Trung Quốc

{zzequn99, yanxie0904, zhanghao_xidian}@163.com, {chenchiyu, bchen}@mail.xidian.edu.cn

Vương Chính Giác

Phòng thí nghiệm trọng điểm nhà nước về mạng lưới dịch vụ tích hợp, Đại học Xidian, Tây An, 710071, Trung Quốc

wangzhengjue@xidian.edu.cn

Tóm tắt

Chú thích hình ảnh không cần chụp (IC) mà không cần ghép nối tốt

dữ liệu hình ảnh-văn bản có thể được chia thành hai loại,

đào tạo không cần đào tạo và đào tạo chỉ có văn bản. Nhìn chung, hai

các loại phương pháp thực hiện IC không bản bằng cách tích hợp các mô

hình ngôn ngữ thị giác được đào tạo trước như CLIP cho hình ảnh-văn bản

đánh giá sự tương đồng và mô hình ngôn ngữ được đào tạo trước

(LM) để tạo chú thích. Sự khác biệt chính giữa chúng là liệu có sử dụng

ngữ liệu văn bản để đào tạo

LM. Mặc dù đạt được hiệu suất hấp dẫn wrt

một số số liệu, các phương pháp hiện có thường thể hiện một số nhược điểm

chung. Các phương pháp không cần đào tạo có xu hướng tạo ra

ảo giác, trong khi đào tạo chỉ bằng văn bản thường mất khả năng khái quát

hóa. Để tiến lên, trong bài báo này,

chúng tôi đề xuất một hình ảnh zero-shot tăng cường bộ nhớ mới lạ

Khung chú thích (MeaCap). Cụ thể, được trang bị

với bộ nhớ văn bản, chúng tôi giới thiệu một phương pháp lấy-rời-lọc

mô-đun để có được các khái niệm chính có liên quan cao đến

hình ảnh. Bằng cách triển khai bộ nhớ tăng cường được đề xuất của chúng tôi

điểm số hợp nhất liên quan đến hình ảnh trong LM từ khóa thành câu,

MeaCap có thể tạo ra các chú thích tập trung vào khái niệm giúp duy trì

tính nhất quán cao với hình ảnh với ít ảo giác hơn và nhiều kiến thức về

thế giới hơn. Khung của Mea-Cap đạt được hiệu suất tiên tiến trên một

loạt các thiết lập IC không có cú đánh. Mã của chúng tôi có sẵn tại

<https://github.com/joeyz0z/MeaCap>.

1. Giới thiệu

Chú thích hình ảnh (IC) nhằm mục đích hiểu nội dung trực quan và tạo ra

các mô tả văn bản. Sử dụng chú thích tốt

cặp hình ảnh-văn bản, mô hình có giám sát [7, 17, 23, 34, 39, 41,

48, 49, 56] đã đạt được kết quả khả quan trên IC điển hình



chuẩn mực [1, 25, 32, 63]. Do chi phí cao của ký hiệu, các bộ đào tạo của

các chuẩn mực này thường liên quan đến các kiểu/nội dung hình ảnh hạn chế,



đây là một trở ngại khó khăn

*Đóng góp ngang nhau.

†Tác giả liên hệ

	Đào tạo chỉ có văn bản	CLIP Score	BLIP-2 Score
	MAGIC: Một chiếc đĩa đựng bánh và thìa.	0.76	0.89
	DeCap: Một miếng bánh trên đĩa trắng có kèm theo thìa.	0.77	0.87
	ViECap: Một chiếc đĩa đựng bánh và thìa.	0.75	0.73
	MeaCap_{ToF} : concepts: [slice lemon pie, serving plate] caption: A slice of lemon pie with spoon on serving plate on table.	0.83	0.83
	Training-free		
	ZeroCap: Một loại bánh bị được phục vụ tại nhà hàng nổi tiếng Mary Teresa.	0.87	0.75
	ConZIC: Một món tráng miệng ăn được ăn tại khách sạn New Hampshire State năm 2016.	1.00	0.77
	MeaCap_{ToF} : concepts: [slice lemon pie, serving plate] caption: A slice of lemon pie with a spoon on a serving plate.	0.84	0.82

(a) Hiện tượng ảo giác.

	Đào tạo chỉ có văn bản	CLIP Score	BLIP-2 Score
	MAGIC: Một chiếc đĩa đựng bánh và thìa.	0.32	0.30
	DeCap: Một người nằm trên mặt đất và cầm thiết bị của mình.	0.51	0.22
	ViECap: Trước và sau của một người đàn ông mặc vest và cà vạt.	0.42	0.31
	MeaCap_{ToF} : concepts: [spiderman] caption: A picture of a spiderman comics.	0.68	0.65
	Training-free		
	ZeroCap: Hình ảnh của một anh hùng.	0.74	0.27
	ConZIC: Một định nghĩa điển hình rất hấp dẫn về người nhện của Marvel.	0.82	0.59
	MeaCap_{ToF} : concepts: [spiderman] caption: A comic book superhero called spiderman.	0.77	0.68

(b) Hình ảnh chứa đựng kiến thức thế giới.

Hình 1. Động lực của MeaCap được đề xuất của chúng tôi, nơi màu **đỏ là không chính xác** và **màu xanh lá cây là đúng**. (a) Các phương pháp không cần đào tạo liên kết hình tròn với thông tin vị trí không chính xác, thực tế là đạt điểm cao trong CLIPscore. Điều này có thể là do thực tế là CLIP được đào tạo trên dữ liệu hình ảnh-văn bản nhiều theo quy mô web. (b) Các phương pháp đào tạo chỉ văn bản (ToT) hiện có không tạo ra được người nhện như một số phương pháp không cần đào tạo thì có, nhưng phiên bản ToT của phương pháp của chúng tôi (MeaCapToT) cũng có thể làm được điều đó.

cle cho những mô hình được giám sát đó được khái quát thành hình ảnh trong tự nhiên. Để hiện thực hóa IC mà không cần cặp hình ảnh-văn bản do con người chú thích, gần đây, IC zero-shot đã thu hút sự chú ý ngày càng tăng. Các tác phẩm hiện có chủ yếu có thể được chia thành hai nhóm, phương pháp không cần đào tạo và phương pháp đào tạo chỉ có văn bản. Các phương pháp không cần đào tạo [53, 54, 64] thực hiện zero-shot tạo hình ảnh thành văn bản bằng cách sử dụng các mô hình được đào tạo trước mà không cần tinh chỉnh. Cụ thể, họ sử dụng một mô hình ngôn ngữ thị giác được đào tạo trước như CLIP để hướng dẫn một ngôn ngữ được đào tạo trước (LM), chẳng hạn như BERT [8] hoặc GPT-2 [44], để tạo ra các câu phù hợp với hình ảnh đã cho. Với lặp đi lặp lại suy ra, công việc này không đòi hỏi bất kỳ sự đào tạo nào. Mặc dù đã đạt được khả năng khái quát hóa cao hơn và điểm CLIPscore cao hơn [16], các phương pháp này cho thấy các yếu tố bên ngoài

lucination phenomenon, *i.e.*, they tend to generate a story containing imaginary information that may not exist in the given image, as shown in Fig. 1a.

To alleviate this issue, another line of works trains or fine-tunes the text decoder based on high-quality text data without corresponding images, termed as text-only-training methods [12, 29, 40, 51, 55]. For testing images containing objects described in the training corpus, text-only-training methods generate captions objectively, achieving significant improvements w.r.t. reference-based scores such as BLEU [42], METEOR [4], and CIDEr [57]. However, due to the limited training corpus, the knowledge contained in the pre-trained LM is gradually forgotten during training, resulting in severe performance degradation on out-of-domain data, as shown in Fig. 1b. Although training on web-scale high-quality corpus is a potential solution, which hence produces extremely high computational costs.

To maintain good generalization ability to images in the wild and to get rid of unreasonable imagination, this paper proposes a novel **Memory-Augmented** zero-shot image **C**aptioning framework, namely **MeaCap**, based on the memory-guided mechanism, which provides an alternative scheme to use captioning corpus rather than using it to train the LM. Specifically, from an external textual memory, we develop a retrieve-then-filter module to find key concepts that are highly related to the given image. Introducing our proposed memory-augmented visual-related fusion score to a keywords-to-sentence LM, CBART [15], MeaCap can generate concept-centered captions that keep high consistency with the images. This new visual-related score not only considers image-text cross-modal similarity as most zero-shot IC methods [51, 53–55, 64] do by CLIP but also considers text-text in-modal similarity by evaluating the similarity between captions and retrieved image-related memory. Our proposed MeaCap can be either training-free named **MeaCap_{TF}** or text-only-training named **MeaCap_{TOT}** by fine-tuning CBART.

Our contributions are summarized as follows:

- We employ the text-only captioning corpus as the external memory to enhance training-free zero-shot IC. To this end, We introduce a retrieve-then-filter module to extract key concepts from the memory and perform concept-centered generations by CBART to alleviate the hallucination issue of previous training-free methods.
- Based on the retrieved textual memory, we develop a memory-augmented visual-related fusion score into CBART, improving the correlation between image and generated captions while reserving the world-knowledge.
- Extensive experiments under zero-shot, in-domain, and cross-domain scenarios demonstrate our proposed memory-augmented design can significantly improve the consistency with image content in both the training-free and text-only-training settings.

2. Related work

2.1. Supervised image captioning

Supervised IC typically uses well-aligned image-text pairs and trains an encoder-decoder model. For example, some early attempts [9, 13, 58, 60] construct CNN-based encoder to extract visual features and RNN/LSTM-based decoder to generate output sentence. For better visual understanding, some methods [3, 7, 17, 18, 26, 43, 59] employ an object detector to extract attentive image regions. To encourage more interactions between two modalities, attention mechanism [7, 17, 39, 41, 48, 49] and graph neural network [61, 62] have been widely adopted.

2.2. Zero-shot image captioning

Recently, zero-shot IC has gained more and more attention, which targets at generating image captions under two cases: *i)* without any data for training named *training-free* zero-shot IC; *ii)* just using text from the captioning dataset to train the LM named *text-only-training* zero-shot IC.

Training-free methods realizes the zero-shot IC via the pre-trained vision-language model [45], to guide the generation of a pre-trained LM. Specifically, ZeroCap [54] and its extension [53] for video captioning are proposed based on the gradient-search iteration. To make the zero-shot IC controllable, ConZIC [64] is proposed by combining Gibbs-sampling with a non-autoregressive LM, improving the diversity and inference speed of IC. Although they achieve superior generalization ability with higher CLIPscore [16], they may generate some descriptions that do not appear in the image, called hallucination as shown in Fig. 1a.

Text-only-training methods train or fine-tune the text decoder just using the corpus from the captioning dataset. Concretely, after fine-tuning the off-the-shelf simCTG [52] directly on the specific corpus, MAGIC [51] and ZERO-GEN [55] are proposed by introducing a CLIP-induced score to regularizes the generated process of simCTG, making the caption semantically related to a given image. By regarding the original sentence or sentence embedding as the prompt to train a LM, DeCap [29], CapDec [40] and ViECap [12] are developed by mapping the visual feature to the text feature, which is then fed into the this LM for caption generation.

Our proposed MeaCap can perform both training-free and text-only-training zero-shot IC. For the training-free setting, because we introduce the memory mechanism for key concept identification (Sec. 3.1) and guidance for LM generation (Sec. 3.3), our method can generate more accurate captions with less hallucination. For text-only-training setting, the use of the corpus as the external memory in our method can alleviate the problem of existing methods that forget the world-knowledge learned by pre-trained LM due to the corpus-specific fine-tuning.

hiện tượng lucination, tức là, họ có xu hướng tạo ra một câu chuyện

chứa thông tin tưởng tượng có thể không tồn tại trong

hình ảnh cho sẵn, như thể hiện trong Hình 1a.

Để giảm bớt vấn đề này, một tuyến đường sắt khác sẽ đào tạo hoặc

tinh chỉnh bộ giải mã văn bản dựa trên dữ liệu văn bản chất lượng cao

không có hình ảnh tương ứng, được gọi là đào tạo chỉ có văn bản

phương pháp [12, 29, 40, 51, 55]. Để kiểm tra hình ảnh chứa các đối

tượng được mô tả trong ngữ liệu đào tạo, các phương pháp đào tạo chỉ có

văn bản tạo ra chú thích một cách khách quan, đạt được

cải thiện đáng kể về điểm số dựa trên tham chiếu như

như BLEU [42], METEOR [4] và CIDEr [57]. Tuy nhiên,

do khối lượng đào tạo hạn chế, kiến thức chứa đựng

trong LM được đào tạo trước dần dần bị lãng quên trong quá trình đào

tạo, dẫn đến suy giảm hiệu suất nghiêm trọng trên dữ liệu ngoài miền,

như thể hiện trong Hình 1b. Mặc dù đào tạo trên

ngữ liệu chất lượng cao trên web là một giải pháp tiềm năng,

do đó tạo ra chi phí tính toán cực kỳ cao.

Để duy trì khả năng khái quát tốt cho hình ảnh trong

hoang dã và để thoát khỏi trí tưởng tượng vô lý, bài báo này đề xuất một

khuôn khổ chú thích hình ảnh zero-shot tăng cường trí nhớ mới , cụ thể

là MeaCap, dựa trên

cơ chế hướng dẫn bộ nhớ, cung cấp một giải pháp thay thế

kế hoạch sử dụng ngữ liệu phụ đề thay vì sử dụng nó để

đào tạo LM. Cụ thể, từ bộ nhớ văn bản bên ngoài, chúng tôi phát triển

một mô-đun lấy-sau-lọc để tìm khóa

các khái niệm có liên quan cao đến hình ảnh đã cho. Giới thiệu về hình

ảnh liên quan đến trí nhớ được tăng cường của chúng tôi

điểm hợp nhất cho từ khóa thành câu LM, CBART [15].

MeaCap có thể tạo ra các chú thích tập trung vào khái niệm giúp duy trì

tính nhất quán cao với hình ảnh. Hình ảnh mới này liên quan đến

điểm không chỉ xem xét sự tương đồng giữa hình ảnh và văn bản giữa các phương

thức như hầu hết các phương pháp IC không có cú đánh nào [51, 53–55, 64] thực hiện

CLIP nhưng cũng xem xét sự tương đồng trong phương thức văn bản-văn bản bằng

đánh giá sự giống nhau giữa chú thích và nội dung đã lấy được

bộ nhớ liên quan đến hình ảnh. MeaCap được đề xuất của chúng tôi có thể

là MeaCapTF không cần đào tạo hoặc đào tạo chỉ bằng văn bản

được đặt tên là MeaCapTOT bằng cách tinh chỉnh CBART.

Những đóng góp của chúng tôi được tóm tắt như sau:

- Chúng tôi sử dụng tập hợp chú thích chỉ có văn bản làm bộ nhớ ngoài để tăng cường IC không cần đào tạo. Để
Với mục đích này, chúng tôi giới thiệu một mô-đun truy xuất rồi lọc
để trích xuất các khái niệm chính từ bộ nhớ và thực hiện các thể hệ
tập trung vào khái niệm bằng CBART để giảm bớt vấn đề ảo giác của các
phương pháp không cần đào tạo trước đây.
- Dựa trên bộ nhớ văn bản đã thu thập được, chúng tôi phát triển
một điểm số hợp nhất liên quan đến thị giác được tăng cường trí nhớ vào
CBART, cải thiện mối tương quan giữa hình ảnh và
tạo chú thích trong khi vẫn giữ lại kiến thức của thể giới.
- Các thí nghiệm mở rộng dưới điều kiện không có phát bắn, trong miền,
và các kịch bản liên miền chứng minh đề xuất của chúng tôi
thiết kế tăng cường bộ nhớ có thể cải thiện đáng kể
sự nhất quán với nội dung hình ảnh trong cả hai chương trình đào tạo miễn phí
và cài đặt đào tạo chỉ có văn bản.

2. Công việc liên quan

2.1. Chú thích hình ảnh có giám sát

IC được giám sát thường sử dụng các cặp hình ảnh-văn bản được căn chỉnh tốt

và đào tạo một mô hình mã hóa-giải mã. Ví dụ, một số

những nỗ lực ban đầu [9, 13, 58, 60] xây dựng bộ mã hóa dựa trên CNN

để trích xuất các tính năng trực quan và bộ giải mã dựa trên RNN/LSTM

để tạo ra câu đầu ra. Để hiểu trực quan hơn, một số phương pháp [3, 7,

17, 18, 26, 43, 59] sử dụng

máy dò đối tượng để trích xuất các vùng hình ảnh chú ý. Để khuyến khích

những tương tác hơn giữa hai phương thức, cơ chế chú ý [7, 17, 39, 41,

48, 49] và đồ thị thần kinh

mạng [61, 62] đã được áp dụng rộng rãi.

2.2. Chú thích hình ảnh Zero-shot

Gần đây, IC zero-shot ngày càng được chú ý nhiều hơn,

nhằm mục đích tạo chú thích cho hình ảnh trong hai trường hợp:

i) không có dữ liệu nào để đào tạo tên là IC zero-shot không đào tạo;

ii) chỉ sử dụng văn bản từ tập dữ liệu chú thích để

huấn luyện LM có tên là text-only-training zero-shot IC.

Các phương pháp không cần đào tạo hiện thực hóa IC không bản thông qua

mô hình ngôn ngữ thị giác được đào tạo trước [45], để hướng dẫn việc tạo

ra LM được đào tạo trước. Cụ thể, ZeroCap [54] và

phần mở rộng của nó [53] cho phụ đề video được đề xuất dựa trên

trên vòng lặp tìm kiếm gradient. Để tạo IC zero-shot

có thể kiểm soát được, ConZIC [64] được đề xuất bằng cách kết hợp lấy

mẫu Gibbs với LM không tự hồi quy, cải thiện tính đa dạng và tốc độ suy

luận của IC. Mặc dù chúng đạt được

khả năng khái quát hóa cao hơn với CLIPscore cao hơn [16],

họ có thể tạo ra một số mô tả không xuất hiện trong

hình ảnh, được gọi là ảo giác như thể hiện trong Hình 1a.

Phương pháp đào tạo chỉ văn bản đào tạo hoặc tinh chỉnh văn bản

bộ giải mã chỉ sử dụng ngữ liệu từ tập dữ liệu chú thích.

Cụ thể, sau khi tinh chỉnh simCTG có sẵn [52]

trực tiếp trên ngữ liệu cụ thể, MAGIC [51] và ZERO-GEN [55] được đề xuất

bằng cách giới thiệu một CLIP được tạo ra

điểm để điều chỉnh quá trình tạo ra simCTG, làm cho chú thích có liên

quan về mặt ngữ nghĩa với một hình ảnh nhất định. Bằng cách

liên quan đến câu gốc hoặc câu nhúng như

lời nhắc nhở để đào tạo một LM, DeCap [29], CapDec [40] và

ViECap [12] được phát triển bằng cách lập bản đồ đặc điểm trực quan

đến tính năng văn bản, sau đó được đưa vào LM này để

tạo chú thích.

MeaCap được đề xuất của chúng tôi có thể thực hiện cả hai chức năng không cần đào tạo

và IC zero-shot đào tạo chỉ có văn bản. Đối với đào tạo không có

thiết lập, vì chúng tôi giới thiệu cơ chế bộ nhớ cho

xác định khái niệm chính (Phần 3.1) và hướng dẫn cho LM

thế hệ (Phần 3.3), phương pháp của chúng tôi có thể tạo ra các chú thích

chính xác hơn với ít ảo giác hơn. Đối với đào tạo chỉ có văn bản

thiết lập, việc sử dụng ngữ liệu như bộ nhớ ngoài trong chúng ta

phương pháp có thể làm giảm bớt vấn đề của các phương pháp hiện có

quên đi kiến thức thế giới được học bởi LM được đào tạo trước

để điều chỉnh chính xác từng ngữ liệu.

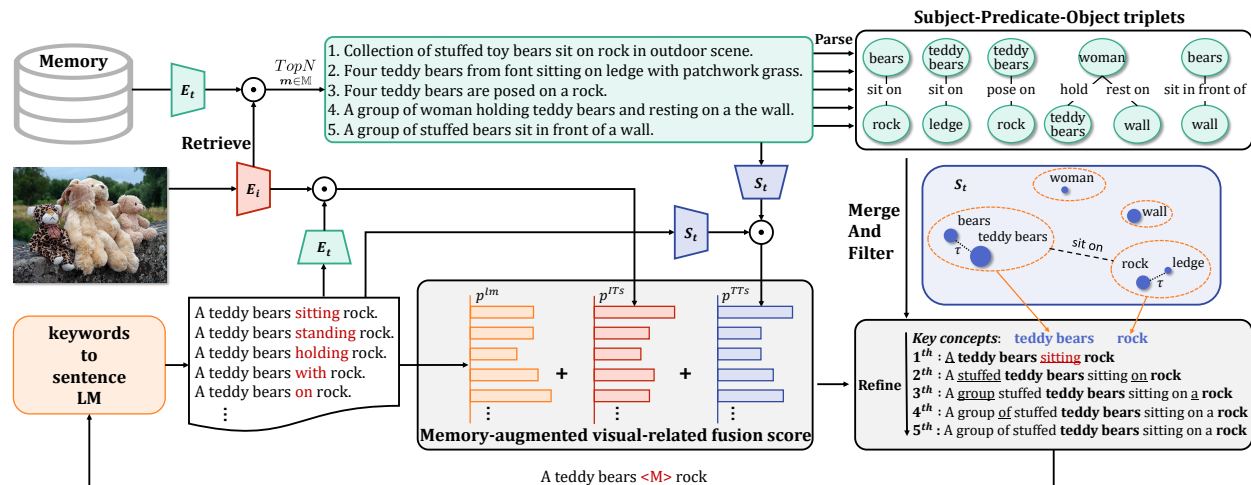


Figure 2. Overview of our proposed **MeaCap**. The overall data flow is clockwise. *i)* Given an image, we first *retrieve* Top- N relevant descriptions from the memory, which is transformed to the subject-predicate-object triplets; we merge and filter nodes to get the key concepts Sec. 3.1. *ii)* With the memory-augmented visual-related fusion score (Sec. 3.3), starting from key concepts, the keywords-to-sentence LM can complete the image description by iterative refining (Sec. 3.2). E_t, E_l, S_t are CLIP visual encoder, CLIP text encoder, and Sentence-BERT text encoder, respectively. \odot denotes the cosine similarity. The p^{lm}, p^{TTs}, p^{TTs} are fluent score in Eq. (7), image-caption cross-modal similarity Eq. (8), and memory-caption in-modal similarity Eq. (9), respectively.

2.3. External memory in image captioning

It has been proven that introducing external memory is useful for various visual and language tasks, like natural language process [6, 14, 21, 22, 37], visual recognition [33, 35], image synthesis [5, 10], open-domain question-answering [20, 27], and IC included [29, 46]. For instance, SmallCap [46] is a supervised IC method that utilizes CLIP to retrieve a few relevant captions and then takes these captions as the prompt for the LM, demonstrating the memory can help LM to generate accurate captions with fewer training parameters. In zero-shot captioning, DeCap [29] trains a LM to invert the CLIP text embeddings to the corresponding sentence. It projects the CLIP visual embeddings into a weighted sum of the textual memory embeddings and takes the final textual embedding as a soft prompt to the LM to guide caption generation.

Compared with DeCap and SmallCap, which leverage the whole memory sentence as a prompt to guide generation, we propose a training-free filter that removes the noisy information to get the key concepts from retrieved textual memory. Unlike the memory in DeCap is only designed for text-only-training methods, our explicit memory design can be applied to both training-free and text-only-training scenarios and shows superior capability to generate more accurate captions.

3. MeaCap

For better zero-shot IC with less hallucination and reserving more world-knowledge, as shown in Fig. 2, we propose a novel framework called MeaCap. *i)* To solve the prob-

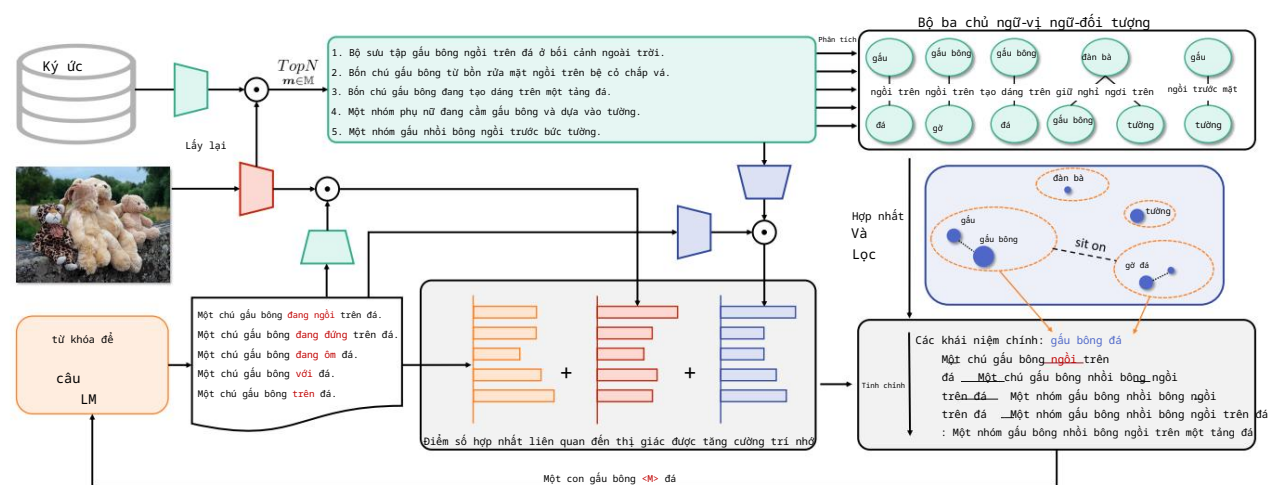
lem of existing training-free methods [53, 54, 64] that may bring hallucination in the captions, MeaCap identifies some key concepts from the retrieved textual memory which is highly related to the image, and performs concept-centered captioning (Sec. 3.1). *ii)* We develop a memory-augmented visual-related fusion score (Sec. 3.3), considering both image-text cross-modal similarity and text-text in-modal similarity (between textual memory and captions), which is introduced to the keywords-to-sentence LM, CBART [15] (Sec. 3.2), improving the image-caption correlations.

3.1. Retrieve-then-filter to get key concepts

The existing text-only-training zero-shot IC methods [12, 29, 40, 51, 55] usually train or fine-tune a LM on the texts from the captioning dataset, which brings more suitable descriptions with less hallucination. However, such methods make the generated captions overfit to a specific corpus, lacking the out-of-distribution generalization. Motivated by this phenomenon, instead of training or fine-tuning a LM on the texts, we just build an augmented textual memory to get the key concepts, which can then guide the zero-shot IC.

Build augmented memory. For this end, we firstly construct a large textual memory \mathbb{M} which contains various visual-related sentences with abundant visual concepts. This memory is significant for removing the hallucination for the training-free case and can alleviate the knowledge-forgotten for the text-only-training case.

Retrieve image-related descriptions. Having obtained the memory, given an image I , we use CLIP for the evaluation of image-text similarity to retrieve Top- N image-



Hình 2. Tổng quan về MeaCap được đề xuất của chúng tôi. Luồng dữ liệu tổng thể theo chiều kim đồng hồ. i) Cho một hình ảnh, trước tiên chúng tôi lấy các mô tả có liên quan Top-N từ bộ nhớ, được chuyển đổi thành bộ ba chủ ngữ-vị ngữ-đối tượng; chúng tôi hợp nhất và lọc các nút để có được các khái niệm chính Mục 3.1. ii) Với điểm số hợp nhất liên quan đến hình ảnh được tăng cường trí nhớ (Mục 3.3), bắt đầu từ các khái niệm chính, LM từ khóa thành câu có thể hoàn thiện mô tả hình ảnh bằng cách tính chính lặp lại (Mục 3.2). E_t, E_l, S_t là bộ mã hóa hình ảnh CLIP, bộ mã hóa văn bản CLIP, biểu thị độ tương tự BERT, tương ứng là điểm số lưu trữ trong Công thức (7), p^{lm} là điểm số liên quan đến thị giác được tăng cường trí nhớ (8) và độ tương tự trong phương thức của chủ thích-bộ nhớ Công thức (9), tương ứng.

2.3. Bộ nhớ ngoài trong chú thích hình ảnh

Người ta đã chứng minh rằng việc đưa bộ nhớ ngoài vào rất hữu ích cho nhiều tác vụ ngôn ngữ và thị giác khác nhau, như quá trình ngôn ngữ tự nhiên [6, 14, 21, 22, 37], nhận dạng thị giác [33, 35], tổng hợp hình ảnh [5, 10], trả lời câu hỏi miền mở [20, 27] và bao gồm IC [29, 46]. Ví dụ, SmallCap [46] là phương pháp IC có giám sát sử dụng CLIP để truy xuất một số chủ thích có liên quan, sau đó lấy các chủ thích này làm lời nhắc cho LM, chứng minh rằng bộ nhớ có thể giúp LM tạo ra các chủ thích chính xác với ít tham số đào tạo hơn. Trong chủ thích không cảnh, DeCap [29] đào tạo LM để đảo ngược nhúng văn bản CLIP thành câu tương ứng. Nó chiếu nhúng trực quan CLIP thành tổng có trọng số của những bộ nhớ văn bản và lấy những văn bản cuối cùng làm lời nhắc mềm cho LM để hướng dẫn tạo chủ thích.

Sao với DeCap và SmallCap, tận dụng toàn bộ câu nhớ như một lời nhắc để hướng dẫn tạo ra, chúng tôi đề xuất một bộ lọc không cần đào tạo loại bỏ thông tin nhiễu để lấy các khái niệm chính từ bộ nhớ văn bản đã lấy được. Không giống như bộ nhớ trong DeCap chỉ được thiết kế cho các phương pháp đào tạo chỉ có văn bản, thiết kế bộ nhớ rõ ràng của chúng tôi có thể được áp dụng cho cả các tình huống đào tạo không cần đào tạo và chỉ có văn bản và cho thấy khả năng vượt trội trong việc tạo ra các chủ thích chính xác hơn.

3. Thuốc MeaCap

Để có IC không cần tốt hơn với ít ảo giác hơn và lưu giữ nhiều kiến thức thể giới hơn, như thể hiện trong Hình 2, chúng tôi đề xuất một khuôn khổ mới gọi là MeaCap. i) Để giải quyết vấn đề

lem của các phương pháp không cần đào tạo hiện có [53, 54, 64] có thể gây ảo giác trong chủ thích, MeaCap xác định một số khái niệm chính từ bộ nhớ văn bản được truy xuất có liên quan cao đến hình ảnh và thực hiện chủ thích tập trung vào khái niệm (Phần 3.1). ii) Chúng tôi phát triển một điểm số hợp nhất liên quan đến hình ảnh được tăng cường trí nhớ (Phần 3.3), xem xét cả sự tương đồng giữa hình ảnh và văn bản và sự tương đồng giữa văn bản và văn bản trong phương thức (giữa bộ nhớ văn bản và chủ thích), được giới thiệu trong LM từ khóa đến câu, CBART [15]

(Phần 3.2), cải thiện mối tương quan giữa hình ảnh và chủ thích.

3.1. Lấy-sau-lọc để có được các khái niệm chính

Các phương pháp IC zero-shot huấn luyện chỉ văn bản hiện có [12, 29, 40, 51, 55] thường huấn luyện hoặc tinh chỉnh LM trên các văn bản từ tập dữ liệu chủ thích, mang lại các mô tả phù hợp hơn với ít ảo giác hơn. Tuy nhiên, các phương pháp như vậy làm cho các chủ thích được tạo ra quá khớp với một ngữ liệu cụ thể, thiếu khái quát hóa ngoài phân phối. Được thúc đẩy bởi hiện tượng này, thay vì huấn luyện hoặc tinh chỉnh LM trên các văn bản, chúng tôi chỉ xây dựng một bộ nhớ văn bản tăng cường để có được các khái niệm chính, sau đó có thể hướng dẫn IC zero-shot.

Xây dựng bộ nhớ tăng cường. Để đạt được mục đích này, trước tiên chúng ta xây dựng một bộ nhớ văn bản lớn M chứa nhiều câu liên quan đến hình ảnh với nhiều khái niệm hình ảnh. Ký ức này có ý nghĩa quan trọng trong việc loại bỏ ảo giác đối với trường hợp không được đào tạo và có thể làm giảm bớt kiến thức bị quên đối với trường hợp chỉ được đào tạo bằng văn bản.

Lấy lại các mô tả liên quan đến hình ảnh. Sau khi có được bộ nhớ, cho một hình ảnh I , chúng tôi sử dụng CLIP để đánh giá độ tương đồng giữa hình ảnh và văn bản để lấy lại Top- N hình ảnh-

related descriptions from the memory as $\{m_n\}_{n=1}^{N_d}$:

$$\{m_n\}_{n=1}^{N_d} = \text{Top}N[\cos(E_i(\mathbf{I}), E_t(\mathbf{m}))], \quad (1)$$

where $E_i(\cdot)$ and $E_t(\cdot)$ denote the image and text encoder in the CLIP, respectively; $\cos(\cdot, \cdot)$ is the cosine similarity.

Subject-Predicate-Object triplets. To further reduce the impact of some less-information words in the image-related descriptions $\{m_n\}_{n=1}^{N_d}$, such as article and preposition, we use an off-the-shelf textual parser, TextGraph-Parser [31], to transform each description m_n to a text-graph g_n including multiple subject-predicate-object triplets, where subjects and objects are nodes while predicates are the relation. These nodes are regarded as candidate concepts which will be filtered and merged to form a set of the key concepts. The relations will decide the order between two concepts. We define $\{v_n\}_{n=1}^{N_d}$ as the set of all nodes from all N_d text graphs $\{g_n\}_{n=1}^{N_d}$.

Merge and filter to obtain the key concepts. As shown in Fig. 2, some nodes denoting concepts may represent the same object in the image (e.g., "bear" and "teddy bear"), while some ones may be irrelevant to the image (e.g., "woman"), which should be merged and filtered before getting the key concepts.

i) Merge. With the help of text encoder from Sentence-BERT [47], $S_t(\cdot)$, we can obtain the concept embedding set $\{\mathbf{f}_n^c\}_{n=1}^{N_c}$ as $\mathbf{f}_n^c = S_t(v_n)$. Then we evaluate the similarity between any two concept embeddings as

$$d_{ij} = \cos(\mathbf{f}_i^c, \mathbf{f}_j^c); i, j = 1, \dots, N_c. \quad (2)$$

Then, we set a hyper-parameter τ as the threshold, where $d_{ij} > \tau$ denotes that i -th concept and j -th concept belong to the same cluster. After this, totally we have N_v concept clusters as $\{c_n = \{v_i\}_{i=1}^{N_{c_n}}\}_{n=1}^{N_v}$, where N_{c_n} denotes the number of nodes in n -th concept cluster c_n .

2) Filter. In this step, we need to decide whether the n -th concept cluster c_n is removed or reserved. For this end, a reasonable assumption is that the word irrelevant to the image has a lower appearance in the retrieved descriptions $\{m_n\}_{n=1}^{N_d}$ in Eq. (1). Therefore, we calculate the concept-cluster frequency $CF(c_n)$ by gradually seeing whether v_i from c_n appearing in m_k as

$$CF(c_n) = \frac{\sum_{i=1}^{N_{c_n}} \sum_{k=1}^{N_d} \delta(v_i \in m_k)}{N_d} \quad (3)$$

$$\delta(v_i \in m_k) = \begin{cases} 1 & v_i \in m_k \\ 0 & v_i \notin m_k \end{cases}.$$

where $CF(c_n)$ indicates the frequency of the n -th cluster appearing in the retrieved descriptions $\{m_n\}_{n=1}^{N_d}$. Empirically, if $CF(c_n) > 0.5$, we reserve this cluster c_n and otherwise delete it. Finally, we filter out n_v key concept clusters from original N_v ones, which are highly related to images.

3) Find key concepts. Having obtained n_v key concept clusters $\{c_n\}_{n=1}^{n_v}$ where each cluster may contain multiple similar concepts, we need to identify one concept to represent this cluster. For this target, we use CLIP to select one concept from one cluster by finding the maximum image-concept similarity as

$$c_n^{key} = \max_{v_j \in c_n} [\cos(E_i(\mathbf{I}), E_t(v_j))]; n = 1, \dots, n_v, \quad (4)$$

where c_n^{key} is the selected concept for the cluster c_n .

After these three steps, we have the set of key concepts as $\{c_n^{key}\}_{n=1}^{n_v}$ that is highly visual-related. Before using these concepts to generate captions by the following keywords-to-sentence LM, we need to decide their orders, which is realized by the relations in subject-predicate-object triplets.

3.2. Keywords-to-sentence LM

To generate a fluent visual-related caption starting from key concepts $\{c_n^{key}\}_{n=1}^{n_v}$, we employ a pre-trained lexically constrained language model, CBART [15]. Specifically, CBART is developed to generate a sentence $S = (x_1, \dots, x_n)$ given the ordered K keywords $\{c_i\}_{i=1}^K$ by maximizing the conditional probability.

$$S = \arg \max_S P(x_1, \dots, x_n | \{c_i\}_{i=1}^T), \quad (5)$$

where x_1, \dots, x_n are words. To this end, CBART has an action encoder and a language decoder for iteratively refining the sentence starting from keywords. At t -th iteration, the encoder is responsible for predicting which word-level action (*copy*, *replacement*, and *insertion*) should be taken. In other words, the encoder takes an incomplete sentence S_t having n' words as input and outputs the corresponding action sequence $L_t = \{l_{t,1}, \dots, l_{t,n'}\}$, where $l_{t,i}$ denotes the action of i -th word at t -th iteration.

i) Copy. Copy means current word remains unchanged.

ii) Replacement. Replacement suggests the current word should be replaced. Specifically, CBART uses a mask token $<M>$ to replace current word and sample a new word based on the conditional probability $p^{lm}(x_{<M>} | x_{-<M>})$, where $x_{-<M>}$ denotes unmasked tokens.

iii) Insertion. Insertion indicates the decoder should insert a word before the current word. Similar to the replacement action, CBART inserts a $<M>$ token before the current word and then samples a word from $p^{lm}(x_{<M>} | x_{-<M>})$.

Accordingly, the decoder can refine the sentence from S_t to S_{t+1} . Therefore, the complete encoder-decoder sentence refinement by CBART at t -th iteration can be formulated as

$$\begin{aligned} L_t &= \text{LM}_{\text{Encoder}}(S_t) \\ S_{t+1} &= \text{LM}_{\text{Decoder}}(S_t, L_t). \end{aligned} \quad (6)$$

mô tả liên quan từ bộ nhớ như {mn} Nd n=1:

(1)

trong đó Ei(·) và Et(·) biểu thị bộ mã hóa hình ảnh và văn bản trong CLIP, tương ứng; cos(·, ·) là độ tương tự cosin.

Bộ ba chủ ngữ-vị ngữ-đối tượng. Để giảm thêm tác động của một số từ ít thông tin trong hình ảnh- Nd

mô tả liên quan {mn} n=1, chẳng hạn như mạo từ và giới từ vị trí, chúng tôi sử dụng một trình phân tích cú pháp văn bản có sẵn, TextGraph-Parser [31], để chuyển đổi từng mô tả mn thành một

đồ thị văn bản gn bao gồm nhiều chủ ngữ-vị ngữ-đối tượng bộ ba, trong đó chủ ngữ và tân ngữ là các nút trong khi các vị ngữ là mối quan hệ. Các nút này được coi là các khái niệm ứng viên sẽ được lọc và hợp nhất để tạo thành một tập hợp các khái niệm chính. Các mối quan hệ sẽ quyết định thứ tự giữa hai khái niệm. Chúng tôi định nghĩa {vn}n=1 NC như tập hợp của tất cả các nút từ tất cả các đồ thị văn bản Nd {gn}n=1 Nd.

Kết hợp và lọc để có được các khái niệm chính. Như đã hiển thị trong Hình 2, một số nút biểu thị các khái niệm có thể biểu diễn cùng một vật thể trong hình ảnh (ví dụ, "gấu" và "gấu bông"), trong khi một số có thể không liên quan đến hình ảnh (ví dụ, "phụ nữ"), cần được hợp nhất và lọc trước khi lấy được các khái niệm chính.

i) Hợp nhất. Với sự trợ giúp của bộ mã hóa văn bản từ Sentence-BERT [47], St(·), chúng ta có thể thu được tập nhúng khái niệm {v N} n=1 NC như f N C = St(vn). Sau đó chúng ta đánh giá độ tương đồng giữa bất kỳ hai khái niệm nhúng nào như

(2)

Sau đó, chúng tôi đặt siêu tham số τ làm ngưỡng, trong đó dij > τ biểu thị rằng khái niệm thứ i và khái niệm thứ j thuộc về đến cùng một cụm. Sau đó, tổng cộng chúng ta có Nv con- Ncn Nv chấp nhận các cụm như cn = {vi}i=1 Ncn nơi Ncn biểu thị số lượng nút trong cụm khái niệm thứ n cn. 2) Lọc. Trong bước này, chúng ta cần quyết định xem cụm khái niệm thứ n cn có bị xóa hay được giữ lại không. Vì mục đích này, một giả định hợp lý là từ không liên quan đến hình ảnh có vẻ ngoài thấp hơn trong các mô tả được lấy lại {phút} n=1 Nd trong Phương trình (1). Do đó, chúng tôi tính toán tần số cụm khái niệm CF(cn) bằng cách dần dần xem liệu vi từ cn xuất hiện trong mk như

trong đó CF(cn) biểu thị tần số của cụm thứ n xuất hiện trong các mô tả đã truy xuất {mn} Nd n=1. Theo kinh nghiệm, nếu CF(cn) > 0,5, chúng tôi sẽ giữ lại cụm này cn và nếu không thì xóa nó. Cuối cùng, chúng tôi lọc ra các cụm khái niệm khóa nv từ những bản gốc , có liên quan chặt chẽ đến hình ảnh.

3) Tìm các khái niệm chính. Có được khái niệm chính nv NV n=1 trong đó mỗi cụm có thể chứa nhiều các khái niệm tương tự, chúng ta cần xác định một khái niệm đại diện cho cụm này. Đối với mục tiêu này, chúng ta sử dụng CLIP để chọn một khái niệm từ một cụm bằng cách tìm ra sự tương đồng tối đa giữa hình ảnh và khái niệm

(4)

nơi c N Ncn là khái niệm được chọn cho cụm cn. Sau ba bước này, chúng ta có tập hợp các khái niệm chính như sau {pnim c} n=1 NV có liên quan rất nhiều đến thị giác. Trước khi sử dụng những các khái niệm để tạo chú thích bằng các từ khóa sau thành câu LM, chúng ta cần quyết định thứ tự của chúng, đó là được thực hiện bởi các mối quan hệ trong bộ ba chủ ngữ-vị ngữ-tân ngữ.

3.2. Từ khóa thành câu LM

Để tạo chú thích liên quan đến hình ảnh trôi chảy bắt đầu từ các khái niệm chính {cnkey} n=1 NV, chúng tôi sử dụng một mô hình ngôn ngữ bị ràng buộc về mặt từ vựng được đào tạo trước, CBART [15]. Cụ thể, CBART được phát triển để tạo ra một câu S = (x1, ..., xn) cho K từ khóa được sắp xếp {ci} K i=1 bởi max-mô phỏng xác suất có điều kiện.

(5)

trong đó x1, ..., xn là các từ. Để đạt được mục đích này, CBART có một bộ mã hóa hành động và một bộ giải mã ngôn ngữ để tính chính lặp đi lặp lại câu bắt đầu từ các từ khóa. Tại lần lặp t, bộ mã hóa có trách nhiệm dự đoán hành động nào ở cấp độ từ (sao chép, thay thế và chèn) nên được thực hiện. Trong nói cách khác, bộ mã hóa lấy một câu không đầy đủ St có n các từ làm đầu vào và đầu ra tương ứng ac-, lt,n'}, trong trình tự tion Lt = {lt,1, ..., đó lt,i biểu thị hành động của từ thứ i ở lần lặp thứ t.

i) Sao chép. Sao chép có nghĩa là từ hiện tại vẫn không thay đổi. ii) Thay thế. Thay thế gợi ý từ hiện tại nên được thay thế. Cụ thể, CBART sử dụng mặt nạ to-ken <M> để thay thế từ hiện tại và lấy mẫu từ mới dựa trên xác suất có điều kiện p lm(x<M>|x -<M>), trong đó x -<M> biểu thị các mã thông báo không được che dấu. iii) Chèn. Chèn chỉ ra bộ giải mã nên chèn một từ trước từ hiện tại. Tương tự như hành động thay thế, CBART chèn một mã thông báo <M> trước từ hiện tại và sau đó lấy mẫu một từ từ plm(x<M>|x -<M>).

Theo đó, bộ giải mã có thể tính chính câu từ St. đến St+1. Do đó, câu mã hóa-giải mã hoàn chỉnh sự tính chính của CBART ở lần lặp thứ t có thể được xây dựng như sau

After a few iterations, CBART will terminate the refinement when the encoder outputs a full-copy action sequence.

According to the above introduction, existing CBART does not meet our needs because for replacement and insertion actions, the word only drawn from probability by pre-trained LM $p^{lm}(x_{<M>}|x_{-<M>})$, which just ensures the fluency but does not consider the visual-text relations.

3.3. Memory-augmented visual-related fusion score

To make the captions highly-related to the given image **I**, we need a visual guidance for the generation of words in the action of insertion and replacement. Motivated by the widely-used CLIP contrastive score for evaluating the visual-text similarity, we develop a memory-augmented visual-related fusion score to adapt the original word prediction distribution of CBART to tie with the given image, considering both *i) image-text cross-modal* similarity and *ii) text-text in-modal* similarity.

Specifically, when sampling¹ a word x_i at position i , CBART first predicts a conditional probability p^{lm} and select top- K_w candidate words $\{x_{ik}\}_{k=1}^{K_w}$ with the corresponding fluent score, as:

$$p^{lm}(x_{ik}) = p^{LM}(x_{ik}|x_{-i}), k = 1, \dots, K_w \quad (7)$$

Then K_w candidate sentences $\{s_k = (x_1, \dots, x_{ik}, \dots, x_n)\}_{k=1}^{K_w}$ are formed by combining candidate word x_{ik} with the context x_{-i} .

i) image-text cross-modal similarity. This similarity is denoted as p^{ITs} , which can be computed by taking candidate sentences $\{s_k\}_{k=1}^{K_w}$ and the image **I** as input to calculate the CLIP cross-modality similarity as

$$p^{ITs}(x_{ik}) = \cos(E_i(\mathbf{I}), E_t(s_k)). \quad (8)$$

ii) text-text in-modal similarity. Notice that the retrieved memory $\{m_n\}_{n=1}^{N_d}$ in Eq. (1) is also image related. Therefore, we introduce a memory-augmented visual-related similarity as p^{TTs} to further improve the image-caption correlation by using Sentence-BERT text encoder S_t to evaluate the similarity between $\{s_k\}_{k=1}^{K_w}$ and $\{m_n\}_{n=1}^{N_d}$ as

$$p^{TTs}(x_{ik}) = \frac{1}{N_d} \sum_{n=1}^{N_d} \cos(S_t(m_n), S_t(s_k)). \quad (9)$$

Finally, after a weighted sum of Eq. (7), Eq. (8) and Eq. (9), we have the memory-augmented visual-related fusion score as

$$p^{fusion} = \alpha p^{lm} + \beta p^{ITs} + \gamma p^{TTs} \quad (10)$$

As a result, when sampling i -th word for replacement or insertion in CBART for our model, we select the candidate word with the highest fusion score as

$$x_i = \arg \max_{x_{ik}} p^{fusion}(x_{ik}), k = 1, \dots, K_w \quad (11)$$

Up to now, our proposed MeaCap can achieve training-free zero-shot IC with less hallucination, which is named as **MeaCap_{TF}** in the experiments.

Moreover, Like most of text-only-training zero-shot IC models [51, 55] that just use text to fine-tune the language model, we can also fine-tune the CBART firstly and then perform text-only zero-shot IC, which is named as **MeaCap_{ToT}** in the experiments.

4. Experiments

To demonstrate that **MeaCap** can efficiently achieve impressive performance in different zero-shot settings, we follow the previous works [12, 29] to conduct comprehensive experiments on *Task One*: zero-shot IC in Sec. 4.1, and *Task Two*: unpaired IC in Sec. 4.2. For each setting, we report both results of training-free version **MeaCap_{TF}** and the text-only-training version **MeaCap_{ToT}**. In Sec. 4.3, we further evaluate the validity of our proposed memory-based zero-shot IC framework with other LM. In Sec. 4.4, we conduct detailed ablation studies for MeaCap.

Dataset. We conduct experiments on three widely used image captioning benchmarks, *i.e.* MSCOCO [32], Flickr30K [63], and NoCaps [1]. For MSCOCO and Flickr30K dataset, we follow previous works [7, 11, 12, 29] and use Karpathy split [19]. We use the validation set of NoCaps to evaluate the transferability of IC models trained on other datasets. Besides, for Task One, we follow previous works [29] that transfer the model from a web-scale corpus CC3M [50] to MSCOCO and NoCaps. CC3M contains three million image-description pairs collected from the web and we only use the text for building the memory or finetuning the LM.

Implementation Details. There are various pre-trained modules used in MeaCap. *i) CLIP*: we use the pre-trained ViT-B/32 CLIP. *ii) Sentence-BERT*: we use the pre-trained model from HuggingFace². *iii) CBART*: we use the pre-trained model on One-Billion-Word corpus³. *iv) TextGraphParser*: we use the off-the-shelf textual scene graph extractor [31]. For the training-free version MeaCap_{TF}, we concat a prefix “The image above depicts that” at the start position of the sentence. For the text-only-training version MeaCap_{ToT}, we further fine-tune the CBART on the corresponding training corpus with AdamW [24] optimizer. For Task One, we use CC3M to serve as the memory, while for Task Two, we use the training corpus of the source dataset as the memory. More experiments with other textual memory are presented in Appendix C. We set the concept similarity threshold $\tau = 0.55$

²<https://huggingface.co/sentence-transformers/all-MiniLM-L6-v2>

³<https://www.statmt.org/lm-benchmark/>

Sau một vài lần lặp lại, CBART sẽ chấm dứt quá trình tinh chỉnh

khi bộ mã hóa đưa ra chuỗi hành động sao chép đầy đủ.

Theo phần giới thiệu ở trên, CBART hiện tại không đáp ứng nhu cầu của chúng tôi vì đối với các hành động thay thế và chèn, từ chỉ được rút ra từ xác suất theo LM $p^{lm}(x_{<M>}|x_{-<M>})$ được đào tạo trước), điều này chỉ đảm bảo sự trôi chảy nhưng không xem xét mối quan hệ giữa hình ảnh và văn bản.

3.3. Điểm số hợp nhất liên quan đến thị giác tăng cường trí nhớ

Để làm cho các chú thích có liên quan cao đến hình ảnh đã cho Tôi, chúng ta cần một hướng dẫn trực quan để tạo ra các từ trong hành động chèn và thay thế. Được thúc đẩy bởi điểm số tương phản CLIP được sử dụng rộng rãi để đánh giá sự tương đồng giữa hình ảnh và văn bản, chúng tôi phát triển một bộ nhớ tăng cường điểm số hợp nhất liên quan đến thị giác để điều chỉnh phân phối dự đoán từ gốc của CBART để liên kết với hình ảnh đã cho, xem xét cả i) sự tương đồng giữa hình ảnh và văn bản giữa các phương thức và ii) sự tương đồng trong phương thức giữa văn bản-văn bản.

Cụ thể, khi lấy mẫu 1 một từ x_i ở vị trí i , CBART đầu tiên dự đoán một xác suất có điều kiện $p^{lm}(x_{ik}|x_{-i})$ và chọn từ ứng viên top- K_w $\{x_{ik}\}_{k=1}^{K_w}$ với điểm trôi chảy tương ứng như sau:

(7)

Sau đó ứng cử viên K_w $\{s_k = (x_1, \dots, x_{ik}, \dots, x_n)\}_{k=1}^{K_w}$ được hình thành bằng cách kết hợp từ ứng viên x_{ik} với ngữ cảnh x_{-i} .

i) sự tương đồng giữa hình ảnh và văn bản. Sự tương đồng này là được biểu thị là p^{ITs} , có thể được tính toán bằng cách lấy ứng cử viên câu ngày tháng $\{s_k\}_{k=1}^{K_w}$ và hình ảnh **I** làm đầu vào để tính toán sự tương đồng giữa các phương thức CLIP như

(8)

ii) sự tương đồng trong phương thức văn bản-văn bản. Lưu ý rằng đã lấy được bộ nhớ $\{m_n\}_{n=1}^{N_d}$ trong Eq. (1) cũng liên quan đến hình ảnh. Do đó, chúng tôi giới thiệu một mô phỏng liên quan đến hình ảnh được tăng cường trí ilarity như p^{TTs} là nhờ để cải thiện hơn nữa sự tương quan giữa hình ảnh và chú thích lation bằng cách sử dụng bộ mã hóa văn bản Sentence-BERT S_t để đánh giá sự giống nhau giữa $\{s_k\}_{k=1}^{K_w}$ và $\{m_n\}_{n=1}^{N_d}$ bằng

(9)

Cuối cùng, sau tổng có trọng số của Phương trình (7), Phương trình (8) và Phương trình (9), chúng ta có điểm số hợp nhất liên quan đến thị giác được tăng cường trí nhớ là

(10)

Kết quả là, khi lấy mẫu từ thứ i để thay thế hoặc chèn vào CBART cho mô hình của chúng tôi, chúng tôi chọn ứng viên từ có điểm hợp nhất cao nhất là

1 Bất kể thay thế hay chèn vào thì bản chất vẫn như nhau, tức là, lấy mẫu một từ để thay thế mặt nạ.

(11)

Cho đến nay, MeaCap mà chúng tôi đề xuất có thể đạt được IC không cần đào tạo với ít ảo giác hơn, được gọi là

MeaCapTF trong các thí nghiệm.

Hơn nữa, giống như hầu hết các IC zero-shot đào tạo chỉ có văn bản các mô hình [51, 55] chỉ sử dụng văn bản để tinh chỉnh mô hình ngôn ngữ, trước tiên chúng ta cũng có thể tinh chỉnh CBART và sau đó thực hiện IC zero-shot chỉ có văn bản, được gọi là MeaCapToT trong các thí nghiệm.

4. Thí nghiệm

Để chứng minh rằng MeaCap có thể đạt được hiệu suất ấn tượng một cách hiệu quả trong các cài đặt zero-shot khác nhau, chúng tôi thực hiện theo các công trình trước đây [12, 29] để tiến hành toàn diện các thí nghiệm về Nhiệm vụ Một: IC không bắn trong Mục 4.1 và Nhiệm vụ hai: IC không ghép nối trong Mục 4.2. Đối với mỗi cài đặt, chúng tôi báo cáo cả hai kết quả của phiên bản không đào tạo MeaCapTF và phiên bản đào tạo chỉ có văn bản MeaCapToT. Trong Phần 4.3, chúng tôi đánh giá thêm tính hợp lệ của bộ nhớ dựa trên đề xuất của chúng tôi khung IC zero-shot với LM khác. Trong Phần 4.4, chúng tôi tiến hành các nghiên cứu cắt bỏ chi tiết cho MeaCap.

Bộ dữ liệu. Chúng tôi tiến hành thí nghiệm trên ba sử dụng các tiêu chuẩn chú thích hình ảnh, tức là MSCOCO [32], Flickr30K [63] và NoCaps [1]. Đối với MSCOCO và Bộ dữ liệu Flickr30K, chúng tôi theo dõi các công trình trước đây [7, 11, 12, 29] và sử dụng Karpathy split [19]. Chúng tôi sử dụng bộ xác thực của NoCaps để đánh giá khả năng chuyển giao của các mô hình IC được đào tạo trên các tập dữ liệu khác. Bên cạnh đó, đối với Nhiệm vụ Một, chúng tôi tuân theo các công trình trước đó [29] chuyển mô hình từ quy mô web corpus CC3M [50] cho MSCOCO và NoCaps. CC3M chứa ba triệu cặp hình ảnh-mô tả được thu thập từ web và chúng tôi chỉ sử dụng văn bản để xây dựng bộ nhớ hoặc tinh chỉnh LM.

Chi tiết triển khai. Có nhiều chương trình được đào tạo trước các mô-đun được sử dụng trong MeaCap. i) CLIP: chúng tôi sử dụng CLIP ViT-B/32 được đào tạo trước. ii) Sentence-BERT: chúng tôi sử dụng mô hình được đào tạo trước từ HuggingFace². iii) CBART: chúng tôi sử dụng mô hình được đào tạo trước trên ngữ liệu Một tỷ từ³. iv) TextGraphParser: chúng tôi sử dụng văn bản có sẵn trích xuất đồ thị cảnh [31]. Đối với phiên bản không cần đào tạo MeaCapTF, chúng tôi nối một tiền tố “Hình ảnh trên mô tả điều đó” ở vị trí bắt đầu của câu. Đối với phiên bản đào tạo chỉ văn bản MeaCapToT, chúng tôi tiếp tục tinh chỉnh CBART trên tập dữ liệu đào tạo tương ứng với AdamW [24] trình tối ưu hóa. Đối với Nhiệm vụ Một, chúng tôi sử dụng CC3M để đóng vai trò là bộ nhớ, trong khi đối với Nhiệm vụ Hai, chúng tôi sử dụng ngữ liệu đào tạo của tập dữ liệu nguồn làm bộ nhớ. Nhiều thí nghiệm hơn với bộ nhớ văn bản khác được trình bày trong Phụ lục C. Chúng tôi đặt ngưỡng tương đồng khái niệm $\tau = 0.55$

²<https://huggingface.co/sentence-transformers/all-MiniLM-L6-v2>

³<https://www.statmt.org/lm-benchmark/>

Methods	Text Corpus		MSCOCO						NoCap val (CIDEr)			
	Training	Memory	B@4	M	C	S	CLIP-S	BLIP2-S	In	Near	Out	Overall
ZeroCap [54]	X	X	2.6	11.5	14.6	5.5	<u>0.87</u>	0.70	13.3	14.9	19.7	16.6
Tewel <i>et al.</i> [53]	X	X	2.2	12.7	17.2	7.3	0.74	0.68	13.7	15.8	18.3	16.9
ConZIC [64]	X	X	1.3	11.2	13.3	5.0	1.00	<u>0.76</u>	15.4	16.0	20.3	17.5
CLIPRe [29]	X	CC3M	4.6	13.3	25.6	9.2	0.84	0.70	23.3	26.8	36.5	28.2
DeCap [29]	CC3M	CC3M	<u>8.8</u>	16.0	42.1	10.9	0.76	-	34.8	37.7	<u>49.9</u>	39.7
MeaCap _{TF}	X	CC3M	7.1	<u>16.6</u>	<u>42.5</u>	<u>11.8</u>	0.84	0.81	<u>35.3</u>	<u>39.0</u>	45.1	<u>40.2</u>
MeaCap _{ToT}	CC3M	CC3M	9.0	17.8	48.3	12.7	0.79	0.75	38.5	43.6	50.0	45.1

Table 1. Zero-shot captioning results on MSCOCO Karpathy-test split and NoCaps validations set. In, Near, and Out denote in-domain, near domain, and out-of-domain. MeaCap_{TF} is the training-free version and MeaCap_{ToT} is text-only training version.

Methods	MSCOCO				Flickr30K			
	B@4	M	C	S	B@4	M	C	S
	Training on image-text pairs							
Bottom-Up [3]	36.2	27.0	113.5	20.3	27.3	21.7	56.6	16.0
OSCAR [30]	36.5	30.3	123.7	23.1	-	-	-	-
VinVL [65]	40.9	30.9	140.6	25.1	-	-	-	-
ClipCap [38]	33.5	27.5	113.1	21.1	-	-	-	-
SmallCap [46]	37.0	27.9	119.7	21.3	-	-	-	-
I-Tuning [36]	34.8	28.3	116.7	21.8	25.2	22.8	61.5	16.9
	Text-only-training, zero-shot inference							
ZeroCap† [54]	7.0	15.4	49.3	9.2	5.4	11.8	16.8	6.2
MAGIC [51]	12.9	17.4	49.3	11.3	6.4	13.1	20.4	7.1
ZEROGEN [55]	<u>15.5</u>	18.7	55.4	12.1	<u>13.1</u>	15.2	26.4	8.3
CLIPRe [29]	12.4	20.4	53.4	14.8	9.8	18.2	31.7	12.0
MeaCap _{TF}	9.1	<u>20.6</u>	<u>56.9</u>	<u>15.5</u>	7.2	17.8	<u>36.5</u>	<u>13.1</u>
MeaCap _{ToT}	17.7	24.3	84.8	18.7	15.3	20.6	50.2	14.5

Table 2. In-domain captioning results on MSCOCO Karpathy-test split and Flickr30K Karpathy-test split. † means text-only re-implemented version from [51].

for CC3M memory and $\tau = 0.6$ for other memories. $N_d, K_w, \alpha, \beta, \gamma$ are set as 5, 200, 0.1, 0.4, 0.2 among all experiments. All experiments are conducted on a single RTX3090 GPU. We preprocess the textual corpus into text embeddings by CLIP text encoder and store text embeddings as our memory for fast retrieval. For example, retrieval on CC3M costs an average of 0.05s on RTX3090 GPU or an average of 1s on CPU. More analysis of computation costs is shown in Appendix E.

Metrics. To evaluate the accuracy of the generated caption, we use the traditional supervised metrics BLEU (B@n) [42], METEOR (M) [4], CIDEr (C) [57], and SPICE (S) [2] which compute the similarity between candidate sentences and human references. As for training-free methods, we use the CLIPScore (CLIP-S) [16] to measure the image-text similarity. Additionally, considering that CLIP-S is insensitive to the hallucination of those CLIP-based methods as shown in Fig. 1b, we employ another pre-trained large model BLIP-2 [28] to evaluate image-text similarity, *i.e.* BLIP2Score (BLIP2-S). More details are in Appendix D.

Methods	MSCOCO → Flickr30k				Flickr30k→MSCOCO			
	B@4	M	C	S	B@4	M	C	S
MAGIC [51]	6.2	12.2	17.5	5.9	5.2	12.5	18.3	5.7
CLIPRe [29]	<u>9.8</u>	<u>16.7</u>	30.1	10.3	6.0	16.0	26.5	10.2
MeaCap _{TF}	7.1	16.6	<u>34.4</u>	<u>11.4</u>	<u>7.4</u>	<u>16.2</u>	46.4	<u>11.2</u>
MeaCap _{ToT}	13.4	18.5	40.3	12.1	9.8	17.4	51.7	12.0

Table 3. Cross domain captioning results on MSCOCO and Flickr30K Karpathy-test split.

4.1. Zero-shot image captioning

In this section, we conduct zero-shot IC experiments to evaluate the ability of models to transfer from a general web-collected corpus to different downstream IC datasets.

Baselines. In this study, we compare two types of baselines. *i)* Training-free methods: ZeroCap [54], Tewel *et al.* [53] and ConZIC [64]. Those methods leverage pre-trained CLIP and freezed LM (BERT or GPT-2) to achieve zero-shot IC. *ii)* Text-only-training methods⁴: DeCap [29], which is also a memory-based method discussed in Sec. 2.3. Instead of using pre-trained LM, DeCap trains a language decoder from scratch. Besides, authors of Decap set up a baseline called CLIPRe, which generate image descriptions by retrieving the most relevant texts from memory directly. Following Decap, for MeaCap_{TF}, we just use CC3M as the memory, and for MeaCap_{ToT}, we use CC3M as the memory and also tuning the CBART. Tab. 1 shows the results on MSCOCO and NoCaps, and MeaCap achieves new state-of-the-art results. **Training-free Results.** Concretely, our training-free version MeaCap_{TF} has shown superior performance on reference-based metric (B@4, M, C, S) than all previous training-free baselines, ZeroCap, Tewel *et al.* and ConZIC on both MSCOCO and NoCaps datasets by a large margin, demonstrating the effectiveness of our memory-augmented design. For reference-free metrics (CLIP-S and BLIP2-S), MeaCap_{TF} achieves better results on BLIP2-S and is inferior on CLIP-S. As discussed in the introduction, previous training-free methods are favored by CLIP-S because of the hallucination phenomenon. Besides, Our MeaCap_{TF} also surpasses the retrieval-based

⁴Other text-only-training methods except DeCap do not have experimented in this setting, we compared them in Task Two (Sec. 4.2)

Phương pháp	Văn bản Corpus		MSCOCO						NoCap giá trị (CIDEr)			
	Rèn luyện trí nhớ	B@4	MC	S	CLIP-S	BLIP2-S	Trong Gắn Ra Tổng	Thế				
Không có nắp [54]			2.6	11,5	14,6	5,5	<u>0,87</u>	<u>0,70</u>	13,3	14,9	19,7	16,6
Tewel và cộng sự [53]			2.2	12,7	17,2	7,3	<u>0,74</u>	<u>0,68</u>	13,7	15,8	18,3	16,9
ConZIC [64]			1.3	11.2	13.3	5.0	<u>1,00</u>	<u>0,76</u>	15,4	16,0	20,3	17,5
CLIPRe [29]		CC3M 4.6		13.3	25.6	9.2	<u>0,84</u>	<u>0,70</u>	23,3	26,8	36,5	28.2
DeCap [29]		CC3M CC3M 8.8		16.0	42.1	10.9	<u>0,76</u>	-	34,8	37,7	49,9	39,7
MeaCapTF		CC3M 7.1		16,6	42,5	11,8	<u>0,84</u>	<u>0,81</u>	35,3	39,0	45,1	<u>40,2</u>
MeaCapToT		CC3M CC3M 9.0		17,8	48,3	12,7	<u>0,79</u>	<u>0,75</u>	38,5	43,6	50,0	45,1

Bảng 1. Kết quả chú thích Zero-shot trên MSCOCO Karpathy-test split và NoCaps được thiết lập. In, Near và Out biểu thị trong miền, gần miền và ngoài miền. MeaCapTF là phiên bản không đào tạo và MeaCapToT là phiên bản đào tạo chỉ có văn bản.

Phương pháp	MSCOCO			Flickr30K				
	B@4	MC	SB@4	MCS				
	Đào tạo về cặp hình ảnh-văn bản							
Từ dưới lên [3]	36,2	27,0	113,5	20,3	27,3	21,7	56,6	16,0
OSCAR [30]	36,5	30,3	123,7	23,1	40,9	-	-	-
VinVL [65]	30,9	140,6	25,1	33,5	27,5	-	-	-
ClipCap [38]	113,1	21,1	37,0	27,9	119,7	-	-	-
Vốn hóa nhỏ [46]	21,3	34,8	28,3	116,7	21,8	-	-	-
Điều chỉnh I [36]	25,2	22,8	61,5	16	.9	-	-	-
	Đào tạo chỉ văn bản, suy luận không có cú đánh nào							
ZeroCap† [54]	15,4	40,8	11,8	16,8	6,2	9,2	5,4	
PHÉP THUẬT [51]	12,9	17,4	49,3	13,1	20,4	7,1	6,4	
KHÔNG GÂY RA [55]	15,5	18,7	55,4	12,1	13,1	15,2	26,4	8,3
CLIPRe [29]	12,4	20,4	53,4	14,8	18,2	31,7	12,0	9,8
MeaCapTF	9,1	20,6	56,9	17,8	36,5	13,1	7,2	
MeaCapToT	17,7	24,3	84,8	18,7	15,3	20,6	50,2	14,5

Bảng 2. Kết quả chú thích trong miền trên phân tách thử nghiệm Karpathy của MSCOCO và phân tách thử nghiệm Karpathy của Flickr30K. † có nghĩa là phiên bản chỉ có văn bản được triển khai lại từ [51].

đối với bộ nhớ CC3M và $\tau = 0.6$ đối với các bộ nhớ khác. Nd, Kw, α , β , γ được đặt là 5, 200, 0.1, 0.4, 0.2 trong số tất cả thí nghiệm. Tất cả các thí nghiệm được tiến hành trên một GPU RTX3090. Chúng tôi xử lý trước văn bản thành văn bản nhúng bằng bộ mã hóa văn bản CLIP và lưu trữ những văn bản làm bộ nhớ của chúng tôi để truy xuất nhanh. Ví dụ, truy xuất lại trên CC3M tốn trung bình 0,05 giây trên RTX3090 GPU hoặc trung bình 1 giây trên CPU. Phân tích chi phí tính toán chi tiết hơn được trình bày trong Phụ lục E.

Số liệu. Để đánh giá độ chính xác của dữ liệu được tạo ra chú thích, chúng tôi sử dụng số liệu giám sát truyền thống BLEU (B@n) [42], METEOR (M) [4], CIDEr (C) [57], và SPICE (S) [2] tính toán sự giống nhau giữa các câu ứng viên và các tham chiếu của con người. Đối với các phương pháp không cần đào tạo, chúng tôi sử dụng CLIPScore (CLIP-S) [16] để đo độ tương đồng giữa hình ảnh và văn bản. Ngoài ra, xét đến việc CLIP-S không nhạy cảm với ảo giác của các phương pháp dựa trên CLIP đó

như thể hiện trong Hình 1b, chúng tôi sử dụng một lớn được đào tạo trước khác mô hình BLIP-2 [28] để đánh giá độ tương đồng giữa hình ảnh và văn bản, tức là BLIP2Score (BLIP2-S). Chi tiết hơn có trong Phụ lục D.

Phương pháp	MSCOCO			Flickr30k			Flickr30k MSCOCO		
	B@4	MCS	B@4	MCS					
PHÉP THUẬT [51]	6.2	12.2	17.5	5.9	5.2	12,5	18,3	5,7	
CLIPRe [29]	<u>9.8</u>	<u>16.7</u>	<u>30.1</u>	<u>10.3</u>	6.0	<u>16.0</u>	<u>26.5</u>	<u>10.2</u>	
MeaCapTF 7.1		16,6	<u>34.4</u>	<u>11.4</u>	7,4		<u>16,2</u>	<u>46,4</u>	<u>11,2</u>
MeaCapToT 13,4	18,5	40,3	12,1		9,8	17,4	51,7	12,0	

Bảng 3. Kết quả chú thích miền chéo trên MSCOCO và Flickr30K Phân chia thử nghiệm Karpathy.

4.1. Chú thích hình ảnh Zero-shot

Trong phần này, chúng tôi tiến hành các thí nghiệm IC không bắn để đánh giá khả năng của các mô hình chuyển từ một tổng thể ngữ liệu được thu thập trên web cho các tập dữ liệu IC hạ lưu khác nhau. Đường cơ sở. Trong nghiên cứu này, chúng tôi so sánh hai loại đường cơ sở. i) Các phương pháp không cần đào tạo: ZeroCap [54], Tewel et al. [53] và ConZIC [64]. Các phương pháp đó tận dụng CLIP được đào tạo trước và LM đông lạnh (BERT hoặc GPT-2) để đạt được IC không bắn. ii) Phương pháp đào tạo chỉ bằng văn bản4 : DeCap [29], đây cũng là phương pháp dựa trên trí nhớ được thảo luận ở Mục 2.3. Thay vì sử dụng LM được đào tạo trước, DeCap đào tạo một ngôn ngữ bộ giải mã từ đầu. Bên cạnh đó, tác giả của Decap thiết lập một đường cơ sở được gọi là CLIPRe, tạo ra các mô tả hình ảnh bằng cách lấy các văn bản có liên quan nhất từ bộ nhớ trực tiếp. Tiếp theo Decap, đối với MeaCapTF, chúng ta chỉ sử dụng CC3M là bộ nhớ và đối với MeaCapToT, chúng tôi sử dụng CC3M như bộ nhớ và cũng điều chỉnh CBART. Tab. 1 hiển thị kết quả trên MSCOCO và NoCaps, và MeaCap đạt được kết quả mới nhất. Kết quả không cần đào tạo. Cụ thể, phiên bản không cần đào tạo MeaCapTF của chúng tôi đã cho thấy hiệu suất vượt trội trên số liệu tham chiếu (B@4, M, C, S) hơn tất cả các đường cơ sở không cần đào tạo trước đó, ZeroCap, Tewel et al. và ConZIC trên cả MSCOCO và NoCaps bộ dữ liệu với biên độ lớn, chứng minh tính hiệu quả của thiết kế tăng cường bộ nhớ của chúng tôi. Đối với các số liệu không tham chiếu (CLIP-S và BLIP2-S), MeaCapTF đạt được kết quả tốt hơn trên BLIP2-S và kém hơn trên CLIP-S. Như đã thảo luận trong phần giới thiệu, các phương pháp không cần đào tạo trước đây được CLIP-S ưa chuộng vì hiện tượng ảo giác. Bên cạnh đó, MeaCapTF của chúng tôi cũng vượt trội hơn dựa trên truy xuất

⁴Các phương pháp đào tạo chỉ có văn bản khác ngoại trừ DeCap không có kinh nghiệm được đề cập trong bối cảnh này, chúng tôi đã so sánh chúng trong Nhiệm vụ Hai (Phần 4.2)

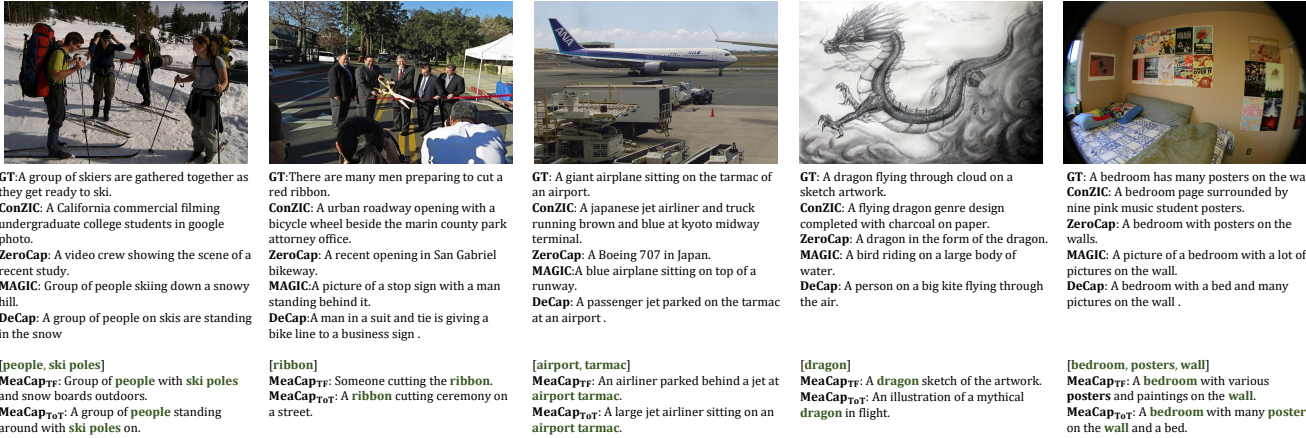


Figure 3. Examples of zero-shot IC compared with other zero-shot baselines. GT denotes the Ground Truth. ConZIC and ZeroCap are training-free, while MAGIC and DeCap are text-only-training. MeaCap displays the extracted concepts in green and generated caption.



Figure 4. Examples of real-world knowledge. MeaCap_{ToT} can alleviate the world-knowledge-forgotten problem of existing text-only-training methods, such as "batman" in the third image.

baseline CLIPRe by a large margin, indicating that only retrieving the most relevant caption is deficient in accuracy. Moreover, even compared with the text-only-training method Decap, MeaCap_{TF} shows superior or comparable performance on both MSCOCO and NoCap.

Text-only-training Results. To explore the potential of our MeaCap with further text-only-training on the web-scale corpus following DeCap, we also fine-tune CBART on CC3M corpus, *i.e.* MeaCap_{ToT}. It can be observed that MeaCap_{ToT} significantly improves the performance, especially on NoCap. Specifically, under the same training and memory condition, MeaCap_{ToT} surpasses DeCap in both the MSCOCO dataset and the NoCaps dataset, showing the superiority of our method to use the external memory.

Qualitative results. Besides quantitative compare, we visualize the generated captions in Fig. 1, 3, and 4. Clearly,

MeaCap can achieve better captions with more knowledge and less hallucination. More results are in Appendix F.

4.2. Task Two: Unpaired image captioning

4.2.1 In-domain captioning

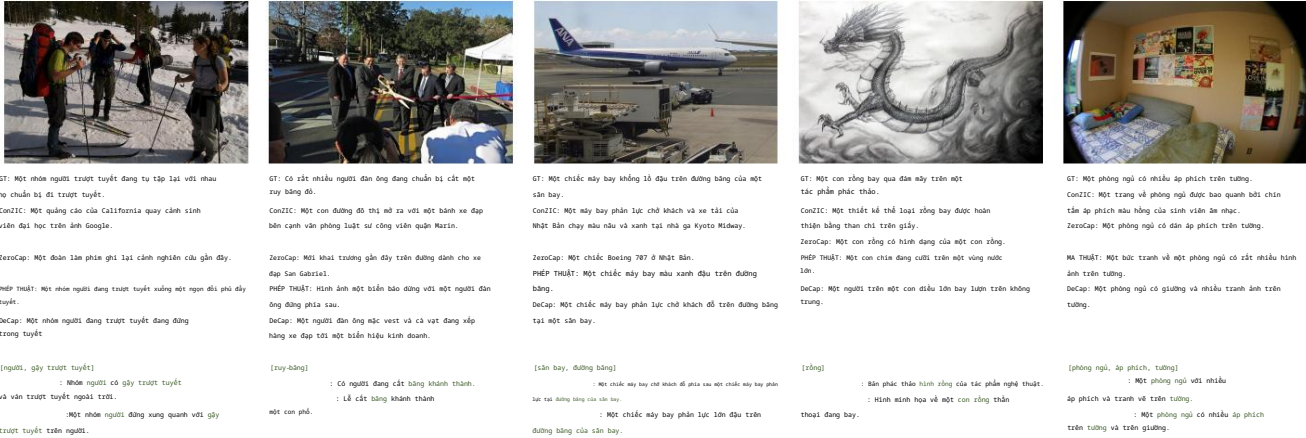
To explore more potential of MeaCap for in-domain setting, where the training data, the memory, and the test set are from the same dataset, but do not use image-text pairs to build the model and memory.

Baselines. In this study, we compare with other text-only-training methods ZeroCap[†] [54], MAGIC [51], and ZEROGEN [55] and a retrieval-based approach CLIPRe. ZeroCap is a training-free method which is extended to text-only-training version ZeroCap[†] [54]. Those methods freeze the CLIP and fine-tune the LM on corresponding training texts. Under the in-domain setting, we also report both the training-free version MeaCap_{TF}, which only employs the training text as memory, and the text-only-training version MeaCap_{ToT} which utilizes the training text to fine-tune CBART and serve as memory as well.

Results. As shown in Tab. 2, MeaCap_{TF} outperforms CLIPRe and other text-only-training baselines on C and S scores. Compared with B@4 and M scores, The C and S scores pay more attention to the accuracy of entities and relationships. The superior performance on these two scores demonstrates the high quality of our proposed memory-based retrieval-then-filter method to get the key concepts. Moreover, MeaCap_{ToT} outperforms all baselines by a large margin, indicating that our proposed method has greater potential with further in-domain training.

4.2.2 Cross-domain captioning

We evaluate the MeaCap for cross-domain IC with training and testing data from different datasets. We use the text from the training set as the memory for MeaCap_{TF} and MeaCap_{ToT}, and fine-tune the CBART for MeaCap_{ToT}.



Hình 3. Ví dụ về IC zero-shot so với các đường cơ sở zero-shot khác. GT biểu thị Ground Truth. ConZIC và ZeroCap là không cần đào tạo, trong khi MAGIC và DeCap chỉ đào tạo văn bản. MeaCap hiển thị các khái niệm đã trích xuất bằng màu xanh lá cây và chú thích được tạo.



Hình 4. Ví dụ về kiến thức thực tế. MeaCap_{ToT} có thể giảm bớt vấn đề kiến thức thế giới bị lãng quên của các phương pháp đào tạo chỉ bằng văn bản hiện có, chẳng hạn như "batman" trong hình ảnh thứ ba.

đường cơ sở CLIPRe với biên độ lớn, chỉ ra rằng chỉ việc lấy lại chú thích có liên quan nhất là thiếu chính xác. Hơn nữa, thậm chí so với đào tạo chỉ có văn bản phương pháp Decap, MeaCap_{TF} cho thấy vượt trội hoặc tương đương hiệu suất trên cả MSCOCO và NoCap.

Kết quả đào tạo chỉ văn bản. Để khám phá tiềm năng của MeaCap của chúng tôi với việc đào tạo chỉ văn bản thêm trên kho dữ liệu quy mô web sau DeCap, chúng tôi cũng tinh chỉnh CBART trên tập hợp CC3M, tức là MeaCap_{ToT}. Có thể quan sát thấy rằng MeaCap_{ToT} cải thiện đáng kể hiệu suất, đặc biệt là trên NoCap. Cụ thể, dưới cùng một quá trình đào tạo và tình trạng bộ nhớ, MeaCap_{ToT} vượt trội hơn DeCap ở cả hai tập dữ liệu MSCOCO và tập dữ liệu NoCaps, cho thấy tính ưu việt của phương pháp sử dụng bộ nhớ ngoài của chúng tôi.

Kết quả định tính. Bên cạnh việc so sánh định lượng, chúng tôi hình dung các chú thích được tạo ra trong Hình 1, 3 và 4. Rõ ràng,

MeaCap có thể tạo ra phụ đề tốt hơn với nhiều kiến thức hơn và ít ảo giác hơn. Thêm nhiều kết quả có trong Phụ lục F.

4.2. Nhiệm vụ thứ hai: Chú thích hình ảnh không ghép đôi

4.2.1 Chú thích trong miền

Để khám phá thêm tiềm năng của MeaCap cho việc thiết lập trong miền, nơi dữ liệu đào tạo, bộ nhớ và bộ kiểm tra được từ cùng một tập dữ liệu, nhưng không sử dụng cặp hình ảnh-văn bản để xây dựng mô hình và bộ nhớ.

Đường cơ sở. Trong nghiên cứu này, chúng tôi so sánh với các phương pháp đào tạo chỉ có văn bản khác là ZeroCap[†] [54], MAGIC [51] và ZEROGEN [55] và phương pháp tiếp cận dựa trên truy xuất CLIPRe. ZeroCap là một phương pháp không cần đào tạo được mở rộng thành phiên bản đào tạo chỉ có văn bản ZeroCap[†] [54]. Các phương pháp đó đóng băng CLIP và tinh chỉnh LM trên đào tạo tương ứng văn bản. Theo thiết lập trong miền, chúng tôi cũng báo cáo cả phiên bản không cần đào tạo MeaCap_{TF}, chỉ sử dụng văn bản đào tạo như bộ nhớ, và phiên bản đào tạo chỉ có văn bản MeaCap_{ToT} sử dụng văn bản đào tạo để tinh chỉnh CBART cũng có chức năng như bộ nhớ.

Kết quả. Như thể hiện trong Tab. 2, MeaCap_{TF} vượt trội hơn CLIPRe và các cơ sở đào tạo chỉ có văn bản khác về C và S điểm. So với điểm B@4 và M, điểm C và S điểm số chủ ý nhiều hơn đến độ chính xác của các thực thể và mối quan hệ. Hiệu suất vượt trội trên hai điểm số này chứng minh chất lượng cao của phương pháp truy xuất sau đó lọc dựa trên bộ nhớ mà chúng tôi đề xuất để có được các khái niệm chính. Hơn nữa, MeaCap_{ToT} vượt trội hơn tất cả các đường cơ sở một cách đáng kể biên độ, cho thấy phương pháp chúng tôi đề xuất có tiềm năng lớn hơn với quá trình đào tạo trong miền sâu hơn.

4.2.2 Chú thích liên miền

Chúng tôi đánh giá MeaCap cho IC đa miền với dữ liệu đào tạo và thử nghiệm từ các tập dữ liệu khác nhau. Chúng tôi sử dụng văn bản từ bộ đào tạo làm bộ nhớ cho MeaCap_{TF} và MeaCap_{ToT} và tinh chỉnh CBART cho MeaCap_{ToT}.

Methods	MSCOCO				Flickr30K			
	B@4	M	C	S	B@4	M	C	S
DeCap [29]	24.7	25.0	91.2	<u>18.7</u>	21.2	<u>21.8</u>	<u>56.7</u>	<u>15.2</u>
CapDec [40]	26.4	25.1	91.8	-	17.7	20.0	39.1	-
ViECap [12]	27.2	<u>24.8</u>	<u>92.9</u>	18.2	<u>21.4</u>	20.1	47.9	13.6
MeaCap _{InvLM}	27.2	25.3	95.4	19.0	22.3	22.3	59.4	15.6
	MSCOCO → Flickr30K				Flickr30K → MSCOCO			
DeCap [29]	16.3	17.9	35.7	11.1	12.1	18.0	44.4	10.9
CapDec [40]	17.3	<u>18.6</u>	35.7	-	9.2	16.3	27.3	-
ViECap [12]	<u>17.4</u>	18.0	<u>38.4</u>	<u>11.2</u>	<u>12.6</u>	<u>19.3</u>	<u>54.2</u>	<u>12.5</u>
MeaCap _{InvLM}	18.5	19.5	43.9	12.8	13.1	19.7	56.4	13.2

Table 4. In-domain and cross-domain captioning results with CLIP-invert language decoder.

Results. We compare MeaCap with the text-only-training baseline MAGIC (fine-tunes GPT-2), and a retrieval-based baseline CLIPRe. Results in Tab. 3 show MAGIC suffers a performance degradation on target data, even worse than the retrieval-based method CLIPRe. Equipped with proposed memory-augmented design, MeaCap_{TF} surpasses the CLIPRe on most metrics and MeaCap_{ToT} outperforms all baselines, demonstrating the effectiveness of the proposed memory-augmented design.

4.3. Flexibility of MeaCap with other LM

Our proposed memory mechanism for finding key concepts in Sec. 3.1 is a plug-and-play module to further improve most of the existing text-only-training SOTA methods [12, 29, 40]. For this end, we just replace the CBART (Sec. 3.2) in MeaCap with another LM used in these methods (do not need fusion score in Sec. 3.3) described as follows.

Baselines. DeCap [29], CapDec [40] and ViECap [12] train a LM from scratch to invert the CLIP text encoder, denoted as InvLM in the following. They project the visual embeddings extracted by the CLIP visual encoder to the text embedding space of the CLIP text encoder. Then, they use InvLM to reconstruct the text from text embeddings. To generate descriptions based on our extracted key concepts, we first use a prompt template as “There are $[c_1, c_2, ..., c_n]$ in the image” to inject the concepts into a concept-aware sentence following ViECap, where c_n are the n -th concepts. After encoding the concept-aware sentence to text embeddings by CLIP text encoder, we get a concept-aware prompt. We concat the concept-aware prompt with textual embeddings as the input of InvLM, named as **MeaCap**_{InvLM}.

Results. Tab. 4 shows that MeaCap_{InvLM} outperforms all baselines on all metrics under in-domain and cross-domain scenarios, demonstrating the effectiveness of our proposed memory-based key concepts, and also indicating its flexibility for various LM and different zero-shot settings, with detailed analysis in the Appendix A.

4.4. Ablation studies

To explore the impact of each key module in MeaCap, *i.e.* the retrieve-then-filter module (**ReF**), the image-text

Methods	ReF	ITs	TTs	MSCOCO			
				B@4	M	C	S
MeaCap _{TF}	✓	✗	✗	5.0	13.3	31.1	5.6
	✗	✓	✗	1.8	9.7	12.7	4.8
	✓	✓	✗	5.7	13.6	38.6	8.5
	✓	✓	✓	7.1	16.6	42.5	11.8
MeaCap _{ToT}	✓	✗	✗	7.9	14.9	37.1	10.4
	✗	✓	✗	3.2	9.9	17.3	5.2
	✓	✓	✗	8.1	15.6	44.7	11.1
	✓	✓	✓	9.0	17.8	48.3	12.7

Table 5. Ablation studies on zero-shot IC. ReF, ITs, TTs denote the retrieve-and-filter module, ITs (8) and TTs (1) are image-text and text-text similarity from memory-augmented visual-related score.

similarity score (**ITs**), and the text-text similarity score (**TTs**), we conduct comprehensive ablation studies on the MSCOCO dataset based on the Task One of zero-shot setting. We evaluate both the training-free version MeaCap_{TF} and the text-only training version MeaCap_{ToT} whose results are provided in Tab. 5. As we can see, only combined with the ReF and original LM (the first row) can surpass the only ITs results in the second row (ITs is the only visual guidance of previous training-free methods by CLIP), indicating the key concepts extracted by the ReF module are critical for zero-shot IC. The third row shows that combining ReF with ITs yields more improvements than individual modules alone. Finally, by incorporating the TTs, the performance is further improved, highlighting the efficacy of the memory-augmented visual-related fusion score. We conduct analysis of the effect of memory in Appendix B.

5. Conclusion

In this paper, we propose a novel memory-augmented zero-shot IC framework, MeaCap. We introduce a retrieve-then-filter module to extract key concepts from external textual memory. Based on the retrieved textual memory, we further develop a memory-augmented visual-related fusion score to guide the generation of captions. Combined with CBART, we can generate concept-centered descriptions to alleviate the hallucination of previous training-free methods and enhance the accuracy of text-only-training methods. Extensive experiments on various zero-shot captioning settings show that MeaCap outperforms previous methods.

6. Acknowledgements

H. Zhang acknowledges the support of NSFC (62301384), and Excellent Young Scientists Fund (Overseas). Z. Wang acknowledges the support of NSFC (62301407). B. Chen acknowledges the support of the NSFC (U21B2006); Shaanxi Youth Innovation Team Project; 111 Project Grant (B18039); Fundamental Research Funds for the Central Universities QTZX22160.

Phương pháp	MSCOCO				Flickr30K			
	B@4	MC	SB@4	MCS	B@4	MC	SB@4	MCS
DeCap [29]	24,7	25,0	91,2	18,7	21,2	21,8	56,7	15,2
CapDec [40]	26,4	25,1	91,8	ViECap	-	17,7	20,0	39,1
[12]	27,2	24,8	92,9	18,2	21,4	20,1	47,9	13,6
MeaCapInvLM	27,2	25,3	95,4	19,0	22,3	22,3	59,4	15,6
	MSCOCO	Flickr30K	Flickr30K	MSCOCO				
DeCap [29]	16,3	17,9	35,7	11,1	12,1	CapDec [40]	18,0	44,4
CapDec [40]	17,3	18,6	35,7	-	11,2	-	9,2	16,3
ViECap [12]	17,4	18,0	38,4	11,2	-	-	27,3	-
MeaCapInvLM	18,5	19,5	43,9	12,8	13,1	19,7	56,4	13,2

Bảng 4. Kết quả chú thích trong miền và xuyên miền với Bộ giải mã ngôn ngữ đảo ngược CLIP.

Kết quả. Chúng tôi so sánh MeaCap với MAGIC cơ sở đào tạo chỉ có văn bản (điều chỉnh GPT-2) và CLIPRe. cơ sở truy xuất dựa trên. Kết quả trong Tab. 3 hiển thị MAGIC bị suy giảm hiệu suất trên dữ liệu mục tiêu, thậm chí còn tệ hơn phương pháp dựa trên truy xuất CLIPRe. Được trang bị thiết kế tăng cường bộ nhớ được đề xuất, MeaCapTF vượt trội hơn CLIPRe về hầu hết các số liệu và MeaCapToT vượt trội hơn tất cả các đường cơ sở, chứng minh hiệu quả của thiết kế tăng cường trí nhớ được đề xuất.

4.3. Tính linh hoạt của MeaCap với các LM khác

Cơ chế bộ nhớ được đề xuất của chúng tôi để tìm các khái niệm chính trong Mục 3.1 là một mô-đun cắm và chạy để cải thiện hơn nữa hầu hết các phương pháp SOTA đào tạo chỉ bằng văn bản hiện có [12, 29, 40]. Vì mục đích này, chúng ta chỉ cần thay thế CBART (Mục 3.2) trong MeaCap với một LM khác được sử dụng trong các phương pháp này (không cần điểm hợp nhất trong Mục 3.3) được mô tả như sau.

Đường cơ sở. DeCap [29], CapDec [40] và ViECap [12] đào tạo LM từ đầu để đảo ngược bộ mã hóa văn bản CLIP, được biểu thị là InvLM trong phần sau. Chúng chiếu hình ảnh nhúng được trích xuất bởi bộ mã hóa hình ảnh CLIP vào văn bản nhúng không gian của bộ mã hóa văn bản CLIP. Sau đó, họ sử dụng InvLM để tái tạo văn bản từ các văn bản nhúng. Để tạo ra các mô tả dựa trên các khái niệm chính đã trích xuất của chúng tôi, đầu tiên chúng ta sử dụng mẫu nhắc nhớ như “Có [c1, c2, ..., cn] trong hình ảnh” để đưa các khái niệm vào một khái niệm nhận thức câu theo sau ViECap, trong đó cn là khái niệm thứ n. Sau khi mã hóa câu nhận biết khái niệm thành văn bản nhúng bằng bộ mã hóa văn bản CLIP, chúng ta sẽ nhận được lời nhắc nhận biết khái niệm. Chúng tôi kết hợp lời nhắc nhận biết khái niệm với các đoạn nhúng văn bản làm đầu vào của InvLM, được đặt tên là MeaCapInvLM.

Kết quả. Tab. 4 cho thấy MeaCapInvLM vượt trội hơn tất cả các đường cơ sở trên tất cả các số liệu trong các kịch bản trong miền và liên miền, chứng minh tính hiệu quả của chúng tôi đề xuất các khái niệm chính dựa trên bộ nhớ và cũng chỉ ra tính linh hoạt của nó đối với nhiều LM và các thiết lập zero-shot khác nhau, với phân tích chi tiết trong Phụ lục A.

4.4. Nghiên cứu cắt bỏ

Để khám phá tác động của từng mô-đun chính trong MeaCap, tức là mô-đun lấy-rời-lọc (ReF), hình ảnh-văn bản

Phương pháp	ReF	IT	TTs	MSCOCO			
				B@4	MCS		
MeaCapTF	1,8	5,0	5,7	13.3	31.1	5.6	
				9,7	12,7	4,8	
				13,6	38,6	8,5	
				16,6	42,5	11,8	
MeaCapToT	3,2	7,9	8,1	14,9	37,1	10,4	
				9,9	17,3	5,2	
				15,6	44,7	11,1	
				17,8	48,3	12,7	

Bảng 5. Nghiên cứu cắt bỏ trên IC không bản. ReF, IT, TT biểu thị mô-đun lấy và lọc, IT (8) và TT (1) là hình ảnh-văn bản và độ tương đồng giữa văn bản và văn bản từ điểm số liên quan đến hình ảnh được tăng cường trí nhớ.

điểm tương đồng (ITs) và điểm tương đồng văn bản-văn bản (TTs), chúng tôi tiến hành các nghiên cứu cắt bỏ toàn diện trên Bộ dữ liệu MSCOCO dựa trên Nhiệm vụ Một của việc thiết lập không có cú đánh. Chúng tôi đánh giá cả phiên bản không đào tạo MeaCapTF và phiên bản đào tạo chỉ có văn bản MeaCapToT có kết quả được cung cấp trong Tab. 5. Như chúng ta có thể thấy, chỉ kết hợp với ReF và LM ban đầu (hàng đầu tiên) có thể vượt qua chỉ có kết quả của IT ở hàng thứ hai (IT là kết quả trực quan duy nhất hướng dẫn của các phương pháp đào tạo miễn phí trước đây của CLIP), chỉ ra các khái niệm chính được trích xuất bởi mô-đun ReF là quan trọng đối với IC zero-shot. Hàng thứ ba cho thấy việc kết hợp ReF với IT mang lại nhiều cải tiến hơn so với các mô-đun riêng lẻ. Cuối cùng, bằng cách kết hợp các TT, hiệu suất được cải thiện hơn nữa, làm nổi bật hiệu quả của điểm số hợp nhất liên quan đến thị giác được tăng cường trí nhớ. Chúng tôi tiến hành phân tích tác động của trí nhớ trong Phụ lục B.

5. Kết luận

Trong bài báo này, chúng tôi đề xuất một khuôn khổ IC zero-shot tăng cường bộ nhớ mới, MeaCap. Chúng tôi giới thiệu một mô-đun truy xuất rời lọc để trích xuất các khái niệm chính từ văn bản bên ngoài bộ nhớ. Dựa trên bộ nhớ văn bản đã thu thập được, chúng tôi tiếp tục phát triển một điểm số hợp nhất liên quan đến thị giác được tăng cường trí nhớ để hướng dẫn việc tạo phụ đề. Kết hợp với CBART, chúng ta có thể tạo ra các mô tả tập trung vào khái niệm để giảm bớt ảo giác của các phương pháp không đào tạo trước đây và tăng cường độ chính xác của các phương pháp đào tạo chỉ có văn bản. Các thí nghiệm mở rộng trên nhiều cài đặt chú thích không có cảnh quay chứng minh rằng MeaCap vượt trội hơn các phương pháp trước đây.

6. Lời cảm ơn

H. Zhang ghi nhận sự hỗ trợ của NSFC (62301384), và Quý Nhà khoa học trẻ xuất sắc (ở nước ngoài). Z. Wang ghi nhận sự hỗ trợ của NSFC (62301407). B. Chen ghi nhận sự hỗ trợ của NSFC (U21B2006); Dự án Đội sáng tạo thanh niên Thiểm Tây; Khoản tài trợ cho dự án 111 (B18039); Quỹ nghiên cứu cơ bản cho Trung ương Đại học QTZX22160.

References

- [1] Harsh Agrawal, Karan Desai, Yufei Wang, Xinlei Chen, Rishabh Jain, Mark Johnson, Dhruv Batra, Devi Parikh, Stefan Lee, and Peter Anderson. Nocaps: Novel object captioning at scale. In *Proceedings of the IEEE/CVF international conference on computer vision*, pages 8948–8957, 2019. [1](#), [5](#)
- [2] Peter Anderson, Basura Fernando, Mark Johnson, and Stephen Gould. Spice: Semantic propositional image caption evaluation. In *European conference on computer vision*, pages 382–398. Springer, 2016. [6](#)
- [3] Peter Anderson, Xiaodong He, Chris Buehler, Damien Teney, Mark Johnson, Stephen Gould, and Lei Zhang. Bottom-up and top-down attention for image captioning and visual question answering. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, pages 6077–6086, 2018. [2](#), [6](#)
- [4] Satanjeev Banerjee and Alon Lavie. Meteor: An automatic metric for mt evaluation with improved correlation with human judgments. In *Proceedings of the acl workshop on intrinsic and extrinsic evaluation measures for machine translation and/or summarization*, pages 65–72, 2005. [2](#), [6](#)
- [5] Andreas Blattmann, Robin Rombach, Kaan Oktay, Jonas Müller, and Björn Ommer. Retrieval-augmented diffusion models. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 35:15309–15324, 2022. [3](#)
- [6] Sebastian Borgeaud, Arthur Mensch, Jordan Hoffmann, Trevor Cai, Eliza Rutherford, Katie Millican, George Bm Van Den Driessche, Jean-Baptiste Lespiau, Bogdan Damoc, Aidan Clark, et al. Improving language models by retrieving from trillions of tokens. In *International conference on machine learning*, pages 2206–2240. PMLR, 2022. [3](#)
- [7] Marcella Cornia, Matteo Stefanini, Lorenzo Baraldi, and Rita Cucchiara. Meshed-memory transformer for image captioning. In *Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition*, pages 10578–10587, 2020. [1](#), [2](#), [5](#)
- [8] Jacob Devlin, Ming-Wei Chang, Kenton Lee, and Kristina Toutanova. Bert: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding. *arXiv preprint arXiv:1810.04805*, 2018. [1](#)
- [9] Jeffrey Donahue, Lisa Anne Hendricks, Sergio Guadarrama, Marcus Rohrbach, Subhashini Venugopalan, Kate Saenko, and Trevor Darrell. Long-term recurrent convolutional networks for visual recognition and description. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, pages 2625–2634, 2015. [2](#)
- [10] Zhibin Duan, Lv Zhiyi, Chaojie Wang, Bo Chen, Bo An, and Mingyuan Zhou. Few-shot generation via recalling brain-inspired episodic-semantic memory. In *Thirty-seventh Conference on Neural Information Processing Systems*, 2023. [3](#)
- [11] Zhiyuan Fang, Jianfeng Wang, Xiaowei Hu, Lin Liang, Zhe Gan, Lijuan Wang, Yezhou Yang, and Zicheng Liu. Injecting semantic concepts into end-to-end image captioning. In *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pages 18009–18019, 2022. [5](#)

- [12] Junjie Fei, Teng Wang, Jinrui Zhang, Zhenyu He, Chengjie Wang, and Feng Zheng. Transferable decoding with visual entities for zero-shot image captioning. In *Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision*, pages 3136–3146, 2023. [2](#), [3](#), [5](#), [8](#)
- [13] Jiuxiang Gu, Gang Wang, Jianfei Cai, and Tsuhan Chen. An empirical study of language cnn for image captioning. In *Proceedings of the IEEE international conference on computer vision*, pages 1222–1231, 2017. [2](#)
- [14] Kelvin Guu, Kenton Lee, Zora Tung, Panupong Pasupat, and Mingwei Chang. Retrieval augmented language model pre-training. In *International conference on machine learning*, pages 3929–3938. PMLR, 2020. [3](#)
- [15] Xingwei He. Parallel refinements for lexically constrained text generation with bart. *arXiv preprint arXiv:2109.12487*, 2021. [2](#), [3](#), [4](#)
- [16] Jack Hessel, Ari Holtzman, Maxwell Forbes, Ronan Le Bras, and Yejin Choi. Clipscore: A reference-free evaluation metric for image captioning. *arXiv preprint arXiv:2104.08718*, 2021. [1](#), [2](#), [6](#)
- [17] Lun Huang, Wenmin Wang, Jie Chen, and Xiao-Yong Wei. Attention on attention for image captioning. In *Proceedings of the IEEE/CVF international conference on computer vision*, pages 4634–4643, 2019. [1](#), [2](#)
- [18] Lun Huang, Wenmin Wang, Yaxian Xia, and Jie Chen. Adaptively aligned image captioning via adaptive attention time. *Advances in neural information processing systems*, 32, 2019. [2](#)
- [19] Andrej Karpathy and Li Fei-Fei. Deep visual-semantic alignments for generating image descriptions. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, pages 3128–3137, 2015. [5](#)
- [20] Vladimir Karpukhin, Barlas Oğuz, Sewon Min, Patrick Lewis, Ledell Wu, Sergey Edunov, Danqi Chen, and Wen-tau Yih. Dense passage retrieval for open-domain question answering. *arXiv preprint arXiv:2004.04906*, 2020. [3](#)
- [21] Urvashi Khandelwal, Omer Levy, Dan Jurafsky, Luke Zettlemoyer, and Mike Lewis. Generalization through memorization: Nearest neighbor language models. *arXiv preprint arXiv:1911.00172*, 2019. [3](#)
- [22] Urvashi Khandelwal, Angela Fan, Dan Jurafsky, Luke Zettlemoyer, and Mike Lewis. Nearest neighbor machine translation. *arXiv preprint arXiv:2010.00710*, 2020. [3](#)
- [23] Wonjae Kim, Bokyung Son, and Ildoo Kim. Vilt: Vision-and-language transformer without convolution or region supervision. In *International Conference on Machine Learning*, pages 5583–5594. PMLR, 2021. [1](#)
- [24] Diederik P Kingma and Jimmy Ba. Adam: A method for stochastic optimization. *arXiv preprint arXiv:1412.6980*, 2014. [5](#)
- [25] Ranjay Krishna, Yuke Zhu, Oliver Groth, Justin Johnson, Kenji Hata, Joshua Kravitz, Stephanie Chen, Yannis Kalantidis, Li-Jia Li, David A Shamma, et al. Visual genome: Connecting language and vision using crowdsourced dense image annotations. *International journal of computer vision*, 123(1):32–73, 2017. [1](#)

Tài liệu tham khảo

- [1] Agrawal khắc nghiệt, Karan Desai, Yufei Wang, Xinlei Chen, Rishabh Jain, Mark Johnson, Dhruv Batra, Devi Parikh, Ste-fan Lee và Peter Anderson. Nocaps: Chú thích đối tượng mới lạ ở quy mô lớn. Trong Biên bản báo cáo của IEEE/CVF quốc tế hội nghị về tầm nhìn máy tính, trang 8948-8957, 2019. [1](#), [5](#)
- [2] Peter Anderson, Basura Fernando, Mark Johnson và Stephen Gould. Spice: Đánh giá chú thích hình ảnh mệnh đề ngữ nghĩa. Trong hội nghị châu Âu về tầm nhìn máy tính, trang 382-398. Springer, 2016. [6](#)
- [3] Peter Anderson, Xiaodong He, Chris Buehler, Damien Teney, Mark Johnson, Stephen Gould và Lei Zhang. Sự chú ý từ dưới lên và từ trên xuống cho chú thích hình ảnh và trả lời câu hỏi trực quan. Trong Biên bản báo cáo của hội nghị IEEE về tầm nhìn máy tính và nhận dạng mẫu, các trang 6077-6086, 2018. [2](#), [6](#)
- [4] Satanjeev Banerjee và Alon Lavie. Thiên thạch: Một thước đo để đánh giá mt với mối tương quan được cải thiện với các phán đoán của con người. Trong Biên bản hội thảo acl về các biện pháp đánh giá bên trong và bên ngoài để dịch máy và/hoặc tóm tắt, trang 65-72, 2005. [2](#), [6](#)
- [5] Andreas Blattmann, Robin Rombach, Kaan Oktay, Jonas Muller và Bj orn Ommer. Các mô hình khuếch tán tăng cường truy xuất. Những tiến bộ trong hệ thống xử lý thông tin thần kinh, 35:15309-15324, 2022. [3](#)
- [6] Sebastian Borgeaud, Arthur Mensch, Jordan Hoffmann, Trevor Cai, Eliza Rutherford, Katie Millican, George Bm Van Den Driessche, Jean-Baptiste Lespiau, Bogdan Damoc, Aidan Clark, et al. Cải thiện các mô hình ngôn ngữ bằng cách lấy từ hàng nghìn tỷ mã thông báo. Trong hội nghị quốc tế về học máy, trang 2206-2240. PMLR, 2022. [3](#)
- [7] Marcella Cornia, Matteo Stefanini, Lorenzo Baraldi, và Rita Cucchiara. Bộ biến đổi bộ nhớ dạng lưới để chú thích hình ảnh. Trong Biên bản báo cáo của hội nghị IEEE/CVF về tầm nhìn máy tính và nhận dạng mẫu, trang 10578-10587, 2020. [1](#), [2](#), [5](#)
- [8] Jacob Devlin, Ming-Wei Chang, Kenton Lee và Kristina Toutanova. Bert: Đào tạo trước về song hướng sâu máy biến áp để hiểu ngôn ngữ. bản in trước arXiv arXiv:1810.04805, 2018. [1](#)
- [9] Jeffrey Donahue, Lisa Anne Hendricks, Sergio Guadarrama, Marcus Rohrbach, Subhashini Venugopalan, Kate Saenko, và Trevor Darrell. Các mạng lưới tích chập hồi quy dài hạn để nhận dạng và mô tả trực quan. Trong Biên bản báo cáo của hội nghị IEEE về thị giác máy tính và mẫu nhận dạng, trang 2625-2634, 2015. [2](#)
- [10] Zhibin Duan, Lv Zhiyi, Chaojie Wang, Bo Chen, Bo An, và Mingyuan Zhou. Tạo ra ít ảnh thông qua việc nhớ lại trí nhớ ngữ nghĩa theo từng giai đoạn lấy cảm hứng từ não. Trong Hội nghị lần thứ ba mươi bảy về Hệ thống xử lý thông tin thần kinh, 2023. [3](#)
- [11] Zhiyuan Fang, Jianfeng Wang, Xiaowei Hu, Lin Liang, Zhe Gan, Lijuan Wang, Yezhou Yang và Zichen Liu. tiêm chích các khái niệm ngữ nghĩa vào chú thích hình ảnh đầu cuối. Trong Biên bản báo cáo của Hội nghị IEEE/CVF về Tầm nhìn máy tính và Nhận dạng Mẫu, trang 18009-18019, 2022. [5](#)

- [12] Junjie Fei, Teng Wang, Jinrui Zhang, Zhenyu He, Chengjie Wang và Feng Zheng. Giải mã có thể chuyển giao bằng hình ảnh các thực thể cho chú thích hình ảnh không có cảnh quay. Trong Biên bản Hội nghị quốc tế IEEE/CVF về tầm nhìn máy tính, trang 3136-3146, 2023. [2](#), [3](#), [5](#), [8](#)
- [13] Jiuxiang Gu, Gang Wang, Jianfei Cai và Tsuhan Chen. Một nghiên cứu thực nghiệm về ngôn ngữ cnn cho chú thích hình ảnh. Trong Biên bản báo cáo hội nghị quốc tế IEEE về tầm nhìn máy tính, trang 1222-1231, 2017. [2](#)
- [14] Kelvin Guu, Kenton Lee, Zora Tung, Panupong Pasupat, và Mingwei Chang. Đào tạo trước mô hình ngôn ngữ tăng cường truy xuất. Trong hội nghị quốc tế về học máy, trang 3929-3938. PMLR, 2020. [3](#)
- [15] Xingwei He. Cải tiến song song cho từ vựng bị hạn chế tạo văn bản với bart. bản in trước arXiv arXiv:2109.12487, 2021. [2](#), [3](#), [4](#)
- [16] Jack Hessel, Ari Holtzman, Maxwell Forbes, Ronan Le Bras, và Yejin Choi. Clipscore: Một thước đo đánh giá không tham chiếu cho chú thích hình ảnh. Bản in trước arXiv arXiv:2104.08718, 2021. [1](#), [2](#), [6](#)
- [17] Luân Hoàng, Wenmin Wang, Jie Chen, và Xiao-Yong Wei. Chú ý đến chú ý cho chú thích hình ảnh. Trong Biên bản của hội nghị quốc tế IEEE/CVF về tầm nhìn máy tính, trang 4634-4643, 2019. [1](#), [2](#)
- [18] Luân Hoàng, Văn Dân Vương, Yaxian Xia, và Jie Chen. Chú thích hình ảnh được căn chỉnh thích ứng thông qua sự chú ý thích ứng thời gian. Những tiến bộ trong hệ thống xử lý thông tin thần kinh, 32, 2019. [2](#)
- [19] Andrej Karpathy và Li Fei-Fei. Sự liên kết ngữ nghĩa thị giác sâu sắc để tạo ra các mô tả hình ảnh. Trong Biên bản hội nghị IEEE về tầm nhìn máy tính và nhận dạng mẫu, trang 3128-3137, 2015. [5](#)
- [20] Vladimir Karpukhin, Barlas Oguz, Sewon Min, Patrick Lewis, Ledell Wu, Sergey Edunov, Danqi Chen và Wen-tau Yih. Truy xuất đoạn văn đặc cho câu hỏi miễn mở trả lời. bản in trước arXiv arXiv:2004.04906, 2020. [3](#)
- [21] Urvashi Khandelwal, Omer Levy, Dan Jurafsky, Luke Zettlemoyer và Mike Lewis. Tổng quát hóa thông qua ghi nhớ: Mô hình ngôn ngữ láng giềng gần nhất. Bản in trước arXiv arXiv:1911.00172, 2019. [3](#)
- [22] Urvashi Khandelwal, Angela Fan, Dan Jurafsky, Luke Zettlemoyer và Mike Lewis. Bản dịch máy láng giềng gần nhất. Bản in trước arXiv arXiv:2010.00710, 2020. [3](#)
- [23] Wonjae Kim, Bokyung Son và Ildoo Kim. Vilt: Bộ chuyển đổi tầm nhìn và ngôn ngữ không có tích chập hoặc giám sát vùng. Trong Hội nghị quốc tế về học máy, trang 5583-5594. PMLR, 2021. [1](#)
- [24] Diederik P Kingma và Jimmy Ba. Adam: Một phương pháp cho tối ưu hóa ngẫu nhiên. bản in trước arXiv arXiv:1412.6980, 2014. [5](#)
- [25] Ranjay Krishna, Yuke Zhu, Oliver Groth, Justin Johnson, Kenji Hata, Joshua Kravitz, Stephanie Chen, Yannis Kalantidis, Li-Jia Li, David A Shamma, và những người khác. Bộ gen thị giác: Kết nối ngôn ngữ và tầm nhìn bằng cách sử dụng crowdsourced thick chú thích hình ảnh. Tạp chí quốc tế về thị giác máy tính, 123(1):32-73, 2017. [1](#)

[26] Chia-Wen Kuo and Zsolt Kira. Beyond a pre-trained object detector: Cross-modal textual and visual context for image captioning. In *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pages 17969–17979, 2022. [2](#)

[27] Kenton Lee, Ming-Wei Chang, and Kristina Toutanova. Latent retrieval for weakly supervised open domain question answering. *arXiv preprint arXiv:1906.00300*, 2019. [3](#)

[28] Junnan Li, Dongxu Li, Silvio Savarese, and Steven Hoi. Blip-2: Bootstrapping language-image pre-training with frozen image encoders and large language models. *arXiv preprint arXiv:2301.12597*, 2023. [6](#)

[29] Wei Li, Linchao Zhu, Longyin Wen, and Yi Yang. Decap: Decoding clip latents for zero-shot captioning via text-only training. *arXiv preprint arXiv:2303.03032*, 2023. [2](#), [3](#), [5](#), [6](#), [8](#)

[30] Xiujun Li, Xi Yin, Chunyuan Li, Pengchuan Zhang, Xiaowei Hu, Lei Zhang, Lijuan Wang, Houdong Hu, Li Dong, Furu Wei, et al. Oscar: Object-semantics aligned pre-training for vision-language tasks. In *European Conference on Computer Vision*, pages 121–137. Springer, 2020. [6](#)

[31] Zhuang Li, Yuyang Chai, Terry Zhuo Yue, Lizhen Qu, Gholamreza Haffari, Fei Li, Donghong Ji, and Quan Hung Tran. Factual: A benchmark for faithful and consistent textual scene graph parsing. *arXiv preprint arXiv:2305.17497*, 2023. [4](#), [5](#)

[32] Tsung-Yi Lin, Michael Maire, Serge Belongie, James Hays, Pietro Perona, Deva Ramanan, Piotr Dollár, and C Lawrence Zitnick. Microsoft coco: Common objects in context. In *European conference on computer vision*, pages 740–755. Springer, 2014. [1](#), [5](#)

[33] Ziwei Liu, Zhongqi Miao, Xiaohang Zhan, Jiayun Wang, Boqing Gong, and Stella X Yu. Large-scale long-tailed recognition in an open world. In *Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition*, pages 2537–2546, 2019. [3](#)

[34] Ze Liu, Yutong Lin, Yue Cao, Han Hu, Yixuan Wei, Zheng Zhang, Stephen Lin, and Baining Guo. Swin transformer: Hierarchical vision transformer using shifted windows. In *Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision*, pages 10012–10022, 2021. [1](#)

[35] Alexander Long, Wei Yin, Thalaiyasingam Ajanthan, Vu Nguyen, Pulak Purkait, Ravi Garg, Alan Blair, Chunhua Shen, and Anton van den Hengel. Retrieval augmented clas-sification for long-tail visual recognition. In *Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition*, pages 6959–6969, 2022. [3](#)

[36] Ziyang Luo, Zhipeng Hu, Yadong Xi, Rongsheng Zhang, and Jing Ma. I-tuning: Tuning frozen language models with image for lightweight image captioning. In *ICASSP 2023- IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*, pages 1–5. IEEE, 2023. [6](#)

[37] Yuxian Meng, Shi Zong, Xiaoya Li, Xiaofei Sun, Tianwei Zhang, Fei Wu, and Jiwei Li. Gnn-lm: Language modeling based on global contexts via gnn. *arXiv preprint arXiv:2110.08743*, 2021. [3](#)

[38] Ron Mokady, Amir Hertz, and Amit H Bermano. Clip-cap: Clip prefix for image captioning. *arXiv preprint arXiv:2111.09734*, 2021. [6](#)

[39] Van-Quang Nguyen, Masanori Suganuma, and Takayuki Okatani. Grit: Faster and better image captioning trans-former using dual visual features. In *European Conference on Computer Vision*, pages 167–184. Springer, 2022. [1](#), [2](#)

[40] David Nukrai, Ron Mokady, and Amir Globerson. Text-only training for image captioning using noise-injected clip. *arXiv preprint arXiv:2211.00575*, 2022. [2](#), [3](#), [8](#)

[41] Yingwei Pan, Ting Yao, Yehao Li, and Tao Mei. X-linear attention networks for image captioning. In *Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition*, pages 10971–10980, 2020. [1](#), [2](#)

[42] Kishore Papineni, Salim Roukos, Todd Ward, and Wei-Jing Zhu. Bleu: a method for automatic evaluation of machine translation. In *Proceedings of the 40th annual meeting of the Association for Computational Linguistics*, pages 311–318, 2002. [2](#), [6](#)

[43] Yu Qin, Jiajun Du, Yonghua Zhang, and Hongtao Lu. Look back and predict forward in image captioning. In *Proceed-ings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition*, pages 8367–8375, 2019. [2](#)

[44] Alec Radford, Jeffrey Wu, Rewon Child, David Luan, Dario Amodei, Ilya Sutskever, et al. Language models are unsu-pervised multitask learners. *OpenAI blog*, 1(8):9, 2019. [1](#)

[45] Alec Radford, Jong Wook Kim, Chris Hallacy, Aditya Ramesh, Gabriel Goh, Sandhini Agarwal, Girish Sastry, Amanda Askell, Pamela Mishkin, Jack Clark, et al. Learn-ing transferable visual models from natural language super-vision. In *International Conference on Machine Learning*, pages 8748–8763. PMLR, 2021. [2](#)

[46] Rita Ramos, Bruno Martins, Desmond Elliott, and Yova Ke-mentchedjhieva. Smallcap: lightweight image captioning prompted with retrieval augmentation. In *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pages 2840–2849, 2023. [3](#), [6](#)

[47] Nils Reimers and Iryna Gurevych. Sentence-bert: Sentence embeddings using siamese bert-networks. In *Proceedings of the 2019 Conference on Empirical Methods in Natural Lan-guage Processing*. Association for Computational Linguis-tics, 2019. [4](#)

[48] Idan Schwartz, Alexander Schwing, and Tamir Hazan. High-order attention models for visual question answering. *Ad-vances in Neural Information Processing Systems*, 30, 2017. [1](#), [2](#)

[49] Idan Schwartz, Alexander G Schwing, and Tamir Hazan. A simple baseline for audio-visual scene-aware dialog. In *Pro-ceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pages 12548–12558, 2019. [1](#), [2](#)

[50] Piyush Sharma, Nan Ding, Sebastian Goodman, and Radu Soricut. Conceptual captions: A cleaned, hypernymed, im-age alt-text dataset for automatic image captioning. In *Pro-ceedings of the 56th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (Volume 1: Long Papers)*, pages 2556–2565, 2018. [5](#)

[26] Chia-Wen Kuo và Zsolt Kira. Ngoài một trình phát hiện đối tượng được đào tạo trước: Ngữ cảnh trực quan và văn bản liên phương thức cho chú thích hình ảnh. Trong Biên bản báo cáo Hội nghị IEEE/CVF về Thị giác máy tính và Nhận dạng mẫu, trang 17969-17979, 2022. [2](#) [27] Kenton Lee, Ming-Wei Chang và Kristina Toutanova. Truy xuất trễ để trả lời câu hỏi miền mở được giám sát yếu. Bản in trước arXiv arXiv:1906.00300, 2019. [3](#) [28] Junnan Li, Dongxu Li, Silvio Savarese và Steven Hoi. Blip-2: Khởi động quá trình đào tạo trước ngôn ngữ-hình ảnh với bộ mã hóa hình ảnh đồng lạnh và các mô hình ngôn ngữ lớn. Bản in trước arXiv arXiv:2301.12597, 2023. [6](#) [29] Wei Li, Linchao Zhu, Longyin Wen và Yi Yang. Decap: Giải mã các đoạn clip tiềm ẩn cho chú thích không có cảnh quay nào thông qua đào tạo chỉ có văn bản. Bản in trước arXiv arXiv:2303.03032, 2023. [2](#), [3](#), [5](#), [6](#), [8](#)

[30] Xiujun Li, Xi Yin, Chunyuan Li, Pengchuan Zhang, Xiaowei Hu, Lei Zhang, Lijuan Wang, Houdong Hu, Li Dong, Furu Wei, et al. Oscar: Đào tạo trước theo ngữ nghĩa đối tượng cho các tác vụ ngôn ngữ thị giác. Trong Hội nghị Châu Âu về Thị giác máy tính, trang 121-137. Springer, 2020. [6](#) [31] Zhuang Li, Yuyang Chai, Terry Zhuo Yue, Lizhen Qu, Gholamreza Haffari, Fei Li, Donghong Ji và Quan Hung Tran. Factual: Điểm chuẩn để phân tích cú pháp đồ thị cảnh văn bản trung thực và nhất quán. Bản in trước arXiv arXiv:2305.17497, 2023. [4](#), [5](#) [32] Tsung-Yi Lin, Michael Maire, Serge Belongie, James Hays, Pietro Perona, Deva Ramanan, Piotr Dollar và C Lawrence Zitnick. Microsoft coco: Các đối tượng chung trong ngữ cảnh. Trong hội nghị châu Âu về thị giác máy tính, trang 740-755. Springer, 2014. [1](#), [5](#)

[33] Ziwei Liu, Zhongqi Miao, Xiaohang Zhan, Jiayun Wang, Boqing Gong và Stella X Yu. Nhận dạng đuôi dài quy mô lớn trong thế giới mở. Trong Biên bản báo cáo hội nghị IEEE/CVF về thị giác máy tính và nhận dạng mẫu, trang 2537-2546, 2019. [3](#)

[34] Ze Liu, Yutong Lin, Yue Cao, Han Hu, Yixuan Wei, Zheng Zhang, Stephen Lin và Baining Guo. Bộ biến đổi Swin: Bộ biến đổi thị giác phân cấp sử dụng của sổ dịch chuyển. Trong Kỳ yếu Hội nghị quốc tế IEEE/CVF về thị giác máy tính, trang 10012-10022, 2021. [1](#) [35] Alexander Long, Wei Yin, Thalaiyasingam Ajanthan, Vu Nguyen, Pulak Purkait, Ravi Garg, Alan Blair, Chunhua Shen và Anton van den Hengel. Phân loại tăng cường truy xuất để nhận dạng hình ảnh đuôi dài. Trong Kỳ yếu Hội nghị IEEE/CVF về thị giác máy tính và nhận dạng mẫu, trang 6959-6969, 2022. [3](#) [36] Ziyang Luo, Zhipeng Hu, Yadong Xi, Rongsheng Zhang và Jing Ma. I-tuning: Điều chỉnh các mô hình ngôn ngữ đồng lạnh với hình ảnh để thêm chú thích cho hình ảnh nhẹ. Trong ICASSP 2023- 2023 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), trang 1-5. IEEE, 2023. [6](#) [37] Yuxian Meng, Shi Zong, Xiaoya Li, Xiaofei Sun, Tianwei Zhang, Fei Wu và Jiwei Li. Gnn-lm: Mô hình hóa ngôn ngữ dựa trên ngữ cảnh toàn cầu thông qua gnn. arXiv preprint arXiv:2110.08743, 2021. [3](#)

[38] Ron Mokady, Amir Hertz và Amit H Bermano. Clip-cap: Tiền tố clip để chú thích hình ảnh. Bản in trước arXiv arXiv:2111.09734, 2021. [6](#) [39] Van-Quang Nguyen, Masanori Suganuma và Takayuki Okatani. Grit: Bộ chuyển đổi chú thích hình ảnh nhanh hơn và tốt hơn bằng cách sử dụng các tính năng trực quan kép. Trong Hội nghị Châu Âu về Thị giác Máy tính, trang 167-184. Springer, 2022. [1](#), [2](#) [40] David Nukrai, Ron Mokady và Amir Globerson. Đào tạo chỉ văn bản để chú thích hình ảnh bằng cách sử dụng clip có chèn nhiễu. Bản in trước arXiv arXiv:2211.00575, 2022. [2](#), [3](#), [8](#)

[41] Yingwei Pan, Ting Yao, Yehao Li, và Tao Mei. Mạng chú ý tuyến tính X cho chú thích hình ảnh. Trong Biên bản báo cáo của hội nghị IEEE/CVF về thị giác máy tính và nhận dạng mẫu, trang 10971-10980, 2020. [1](#), [2](#) [42] Kishore Papineni, Salim Roukos, Todd Ward, và Wei-Jing Zhu. Bleu: một phương pháp đánh giá tự động bản dịch máy. Trong Biên bản báo cáo của cuộc họp thường niên lần thứ 40 của Hiệp hội Ngôn ngữ học tính toán, trang 311-318, 2002. [2](#), [6](#)

[43] Yu Qin, Jiajun Du, Yonghua Zhang và Hongtao Lu. Nhìn lại và dự đoán về phía trước trong chú thích hình ảnh. Trong Biên bản báo cáo của hội nghị IEEE/CVF về thị giác máy tính và nhận dạng mẫu, trang 8367-8375, 2019. [2](#)

[44] Alec Radford, Jeffrey Wu, Rewon Child, David Luan, Dario Amodei, Ilya Sutskever, et al. Các mô hình ngôn ngữ là những người học đa nhiệm không được giám sát. Blog OpenAI, 1(8):9, 2019. [1](#)

[45] Alec Radford, Jong Wook Kim, Chris Hallacy, Aditya Ramesh, Gabriel Goh, Sandhini Agarwal, Girish Sastry, Amanda Askell, Pamela Mishkin, Jack Clark, et al. Học các mô hình trực quan có thể chuyển giao từ tầm nhìn siêu ngôn ngữ tự nhiên. Trong Hội nghị quốc tế về học máy, trang 8748-8763. PMLR, 2021. [2](#)

[46] Rita Ramos, Bruno Martins, Desmond Elliott và Yova Ke-mentchedjhieva. Smallcap: chú thích hình ảnh nhẹ được nhắc đến với sự tăng cường truy xuất. Trong Biên bản báo cáo của Hội nghị IEEE/CVF về Thị giác máy tính và Nhận dạng mẫu, trang 2840-2849, 2023. [3](#), [6](#) [47] Nils Reimers và Iryna Gurevych. Sentence-bert: Những câu bằng mạng siamese bert. Trong Biên bản báo cáo của Hội nghị năm 2019 về Phương pháp thực nghiệm trong Xử lý ngôn ngữ tự nhiên. Hiệp hội Ngôn ngữ học tính toán, 2019. [4](#)

[48] Idan Schwartz, Alexander Schwing và Tamir Hazan. Các mô hình chú ý bậc cao để trả lời câu hỏi trực quan. Những tiến bộ trong Hệ thống xử lý thông tin thần kinh, 30, 2017. [1](#), [2](#)

[49] Idan Schwartz, Alexander G Schwing và Tamir Hazan. Một đường cơ sở đơn giản cho đối thoại nhận biết cảnh bằng âm thanh-hình ảnh. Trong Biên bản báo cáo của Hội nghị IEEE/CVF về Thị giác máy tính và Nhận dạng mẫu, trang 12548-12558, 2019. [1](#), [2](#)

[50] Piyush Sharma, Nan Ding, Sebastian Goodman và Radu Soricut. Chú thích khái niệm: Một tập dữ liệu văn bản thay thế hình ảnh được làm sạch, có siêu âm danh, để chú thích hình ảnh tự động. Trong Biên bản báo cáo của Hội nghị thường niên lần thứ 56 của Hiệp hội Ngôn ngữ học tính toán (Tập 1: Bài báo dài), trang 2556-2565, 2018. [5](#)

[51] Yixuan Su, Tian Lan, Yahui Liu, Fangyu Liu, Dani Yogatama, Yan Wang, Lingpeng Kong, and Nigel Collier. Language models can see: Plugging visual controls in text generation. *arXiv preprint arXiv:2205.02655*, 2022. 2, 3, 5, 6, 7

[52] Yixuan Su, Tian Lan, Yan Wang, Dani Yogatama, Lingpeng Kong, and Nigel Collier. A contrastive framework for neural text generation. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 35:21548–21561, 2022. 2

[53] Yoad Tewel, Yoav Shalev, Roy Nadler, Idan Schwartz, and Lior Wolf. Zero-shot video captioning with evolving pseudo-tokens. *arXiv preprint arXiv:2207.11100*, 2022. 1, 2, 3, 6

[54] Yoad Tewel, Yoav Shalev, Idan Schwartz, and Lior Wolf. Zerocap: Zero-shot image-to-text generation for visual-semantic arithmetic. In *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pages 17918–17928, 2022. 1, 2, 3, 6, 7

[55] Haoqin Tu, Bowen Yang, and Xianfeng Zhao. Zerogen: Zero-shot multimodal controllable text generation with multiple oracles. *arXiv preprint arXiv:2306.16649*, 2023. 2, 3, 5, 6, 7

[56] Ashish Vaswani, Noam Shazeer, Niki Parmar, Jakob Uszko-reit, Llion Jones, Aidan N Gomez, Łukasz Kaiser, and Illia Polosukhin. Attention is all you need. *Advances in neural information processing systems*, 30, 2017. 1

[57] Ramakrishna Vedantam, C Lawrence Zitnick, and Devi Parikh. Cider: Consensus-based image description evaluation. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, pages 4566–4575, 2015. 2, 6

[58] Oriol Vinyals, Alexander Toshev, Samy Bengio, and Dumitru Erhan. Show and tell: A neural image caption generator. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, pages 3156–3164, 2015. 2

[59] Li Wang, Zechen Bai, Yonghua Zhang, and Hongtao Lu. Show, recall, and tell: Image captioning with recall mechanism. In *Proceedings of the AAAI conference on artificial intelligence*, pages 12176–12183, 2020. 2

[60] Kelvin Xu, Jimmy Ba, Ryan Kiros, Kyunghyun Cho, Aaron Courville, Ruslan Salakhudinov, Rich Zemel, and Yoshua Bengio. Show, attend and tell: Neural image caption generation with visual attention. In *International conference on machine learning*, pages 2048–2057. PMLR, 2015. 2

[61] Xu Yang, Kaihua Tang, Hanwang Zhang, and Jianfei Cai. Auto-encoding scene graphs for image captioning. In *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pages 10685–10694, 2019. 2

[62] Ting Yao, Yingwei Pan, Yehao Li, and Tao Mei. Exploring visual relationship for image captioning. In *Proceedings of the European conference on computer vision (ECCV)*, pages 684–699, 2018. 2

[63] Peter Young, Alice Lai, Micah Hodosh, and Julia Hockenmaier. From image descriptions to visual denotations: New similarity metrics for semantic inference over event descriptions. *Transactions of the Association for Computational Linguistics*, 2:67–78, 2014. 1, 5

[64] Zequn Zeng, Hao Zhang, Ruiying Lu, Dongsheng Wang, Bo Chen, and Zhengjue Wang. Conzic: Controllable zero-shot

image captioning by sampling-based polishing. In *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pages 23465–23476, 2023. 1, 2, 3, 6

[65] Pengchuan Zhang, Xiujun Li, Xiaowei Hu, Jianwei Yang, Lei Zhang, Lijuan Wang, Yejin Choi, and Jianfeng Gao. Vinvl: Revisiting visual representations in vision-language models. In *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pages 5579–5588, 2021. 6

[51] Yixuan Su, Tian Lan, Yahui Liu, Fangyu Liu, Dani Yogatama, Yan Wang, Lingpeng Kong và Nigel Collier. Các mô hình ngôn ngữ có thể thấy: Cắm các điều khiển trực quan vào quá trình tạo văn bản. bản in trước arXiv arXiv:2205.02655, 2022. 2, 3, 5, 6, 7

[52] Yixuan Su, Tian Lan, Yan Wang, Dani Yogatama, Lingpeng Kong và Nigel Collier. Một khuôn khổ tương phản cho thần kinh tạo văn bản. Tiến bộ trong xử lý thông tin thần kinh Hệ thống, 35:21548-21561, 2022. 2

[53] Yoad Tewel, Yoav Shalev, Roy Nadler, Idan Schwartz và Lior Wolf. Chú thích video Zero-shot với các mã thông báo giả đang phát triển. Bản in trước arXiv arXiv:2207.11100, 2022. 1, 2, 3, 6

[54] Yoad Tewel, Yoav Shalev, Idan Schwartz và Lior Wolf. Zerocap: Tạo ảnh thành văn bản Zero-shot cho số học ngữ nghĩa thị giác. Trong Biên bản báo cáo của Hội nghị IEEE/CVF về Thị giác máy tính và Nhận dạng mẫu, các trang 17918-17928, 2022. 1, 2, 3, 6, 7

[55] Haoqin Tu, Bowen Yang, và Xianfeng Zhao. Không tạo ra: Tạo văn bản đa phương thức có thể điều khiển bằng Zero-shot với nhiều oracle. Bản in trước arXiv arXiv:2306.16649, 2023. 2, 3, 5, 6, 7

[56] Ashish Vaswani, Noam Shazeer, Niki Parmar, Jakob Uszko-reit, Llion Jones, Aidan N Gomez, Łukasz Kaiser và Illia Polosukhin. Sự chú ý là tất cả những gì bạn cần. Những tiến bộ trong thần kinh hệ thống xử lý thông tin, 30, 2017. 1

[57] Ramakrishna Vedantam, C Lawrence Zitnick và Devi Parikh. Cider: Đánh giá mô tả hình ảnh dựa trên sự đồng thuận. Trong Biên bản báo cáo của hội nghị IEEE về máy tính tầm nhìn và nhận dạng mẫu, trang 4566-4575, 2015. 2, 6

[58] Oriol Vinyals, Alexander Toshev, Samy Bengio và Du-mitru Erhan. Hiện thị và kể: Một máy tạo chú thích hình ảnh thần kinh. Trong Biên bản hội nghị IEEE về máy tính tầm nhìn và nhận dạng mẫu, trang 3156-3164, 2015. 2

[59] Li Wang, Zechen Bai, Yonghua Zhang, và Hongtao Lu. Hiện thị, nhớ lại và kể lại: Chú thích hình ảnh với cơ chế nhớ lại. Trong Biên bản báo cáo của hội nghị AAAI về nhân tạo trí thông minh, trang 12176-12183, 2020. 2

[60] Kelvin Xu, Jimmy Ba, Ryan Kiros, Cho Kyunghyun, Aaron Courville, Ruslan Salakhudinov, Rich Zemel và Yoshua Bengio. Hiện thị, tham dự và kể: Tạo chú thích hình ảnh thần kinh với sự chú ý trực quan. Trong hội nghị quốc tế về học máy, trang 2048-2057. PMLR, 2015. 2

[61] Xu Yang, Kaihua Tang, Hanwang Zhang, và Jianfei Cai. Tự động mã hóa đồ thị cảnh để chú thích hình ảnh. Trong Biên bản báo cáo của Hội nghị IEEE/CVF về Tầm nhìn máy tính và Nhận dạng Mẫu, trang 10685-10694, 2019. 2

[62] Ting Yao, Yingwei Pan, Yehao Li và Tao Mei. Khám phá mối quan hệ trực quan cho chú thích hình ảnh. Trong Biên bản Hội nghị châu Âu về tầm nhìn máy tính (ECCV), các trang 684-699, 2018. 2

[63] Peter Young, Alice Lai, Micah Hodosh và Julia Hockenmaier. Từ mô tả hình ảnh đến biểu thị trực quan: Mối số liệu tương tự cho suy luận ngữ nghĩa trên các mô tả sự kiện. Giao dịch của Hiệp hội tính toán Ngôn ngữ học, 2:67-78, 2014. 1, 5

[64] Zequn Zeng, Hao Zhang, Ruiying Lu, Dongsheng Wang, Bo Chen, và Zhengjue Wang. Conzic: Có thể kiểm soát được cú đánh không

chú thích hình ảnh bằng cách đánh bóng dựa trên mẫu. Trong Biên bản báo cáo của Hội nghị IEEE/CVF về Tầm nhìn máy tính và Nhận dạng mẫu, trang 23465-23476, 2023. 1, 2, 3, 6

[65] Bành Xuyên Zhang, Xiujun Li, Xiaowei Hu, Jianwei Yang, Lôi Chương, Lijuan Wang, Yejin Choi và Jianfeng Gao. Vinvl: Xem lại các biểu diễn trực quan trong ngôn ngữ thị giác mô hình. Trong Biên bản Hội nghị IEEE/CVF về Tầm nhìn máy tính và nhận dạng mẫu, trang 5579-5588, 2021. 6