

第11章 机器翻译

神经机器翻译

张家俊

北京市海淀区中关村东路95号
邮编：100190



电话：+86-10-8254 4588
邮件：jjzhang@nlpr.ia.ac.cn

统计机器翻译

Chinese: 我 在 北京 做了 报告

Phrase Seg:

① 可解释性高

做了 报告

Phrase Trans:

人工设定的模块和特征

gave a talk

② 模块随便加

③ 错误易追踪

English:

I

gave

a

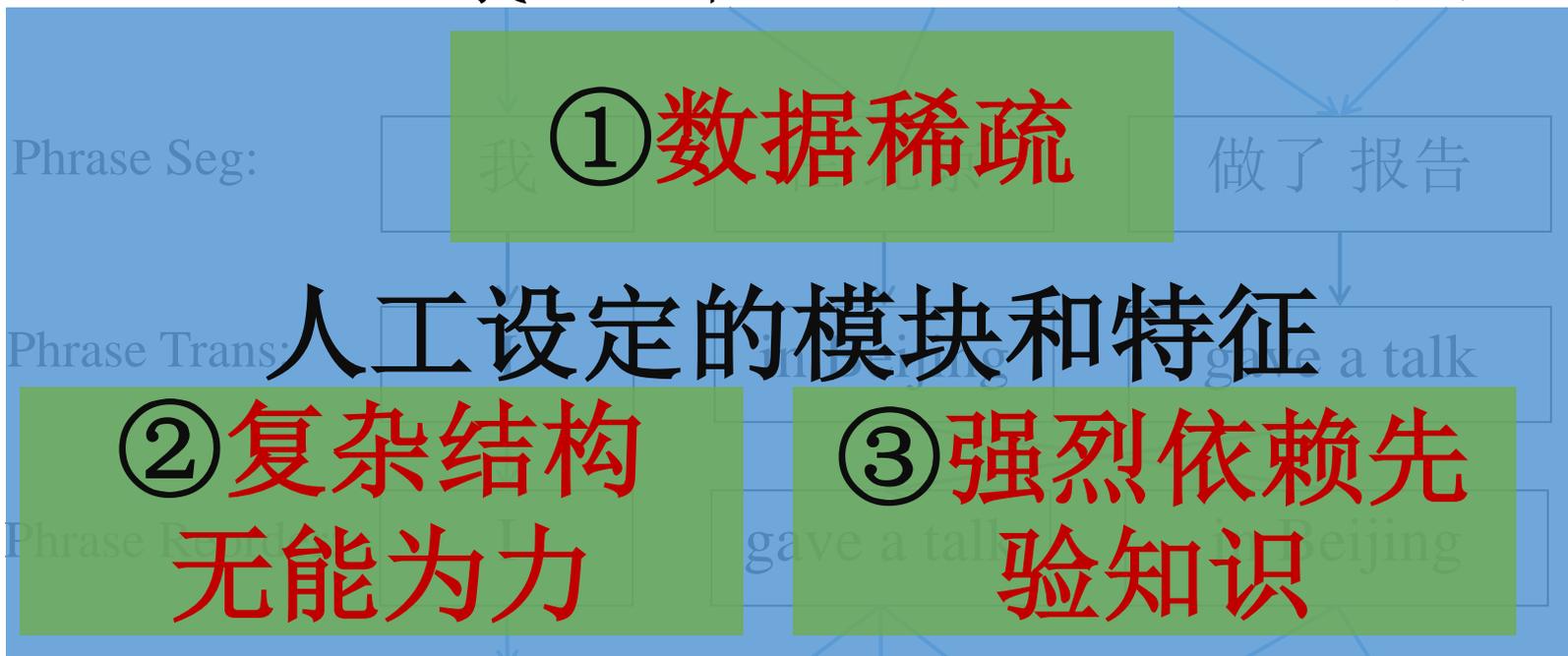
talk

in

Beijing

统计机器翻译

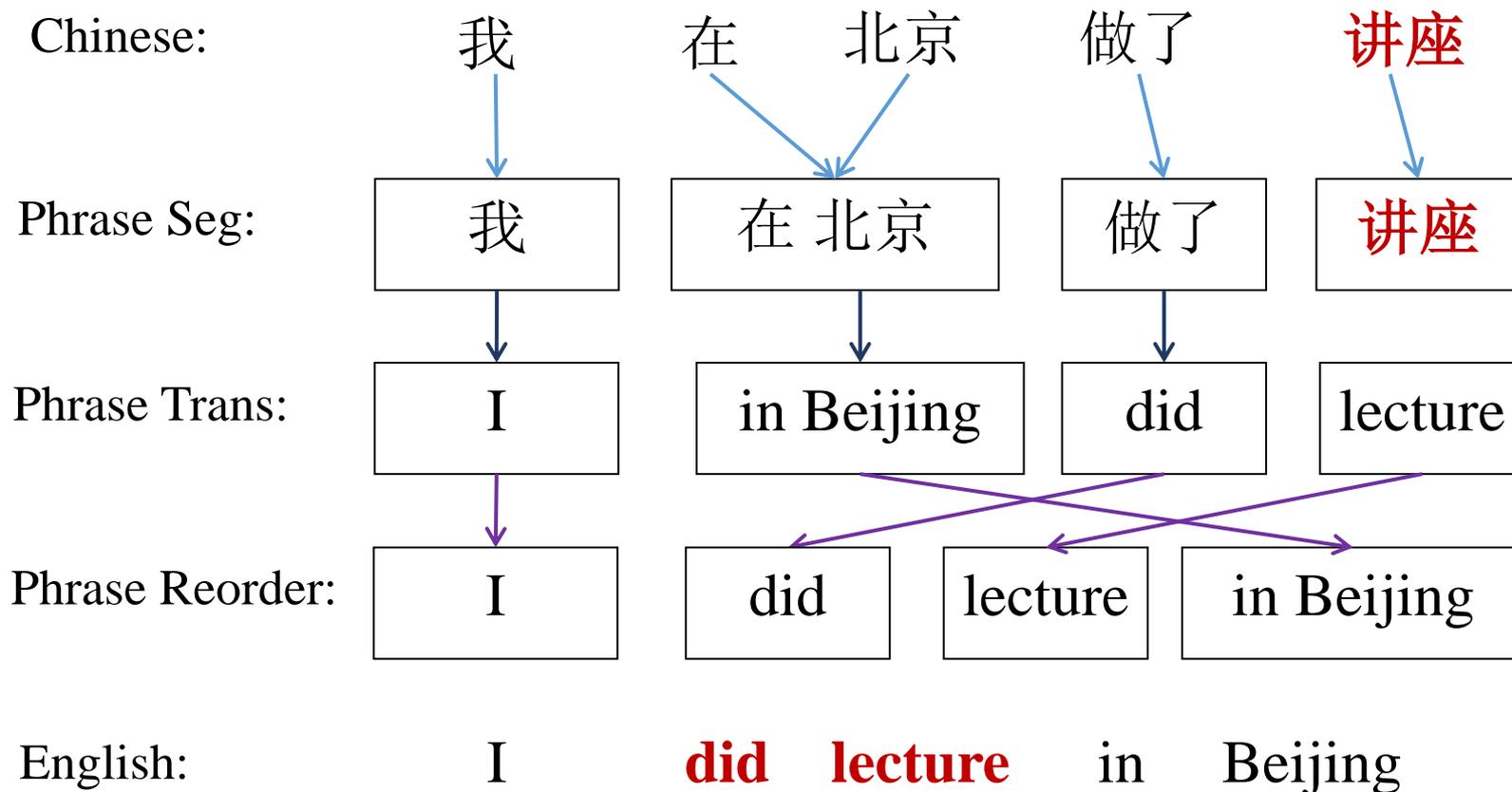
Chinese: 我 在 北京 做了 报告



English: I gave a talk in Beijing



统计机器翻译



① 数据稀疏

统计机器翻译

Chinese

美国总统布什昨天在白宫与以色列总理沙龙就中东局势 ✕
举行了一个小时的会谈。

English

Yesterday, U.S. President George W. Bush at the White House with Israeli Prime Minister Ariel Sharon on the situation in the Middle East held a one-hour talks.

②复杂结构无能为力

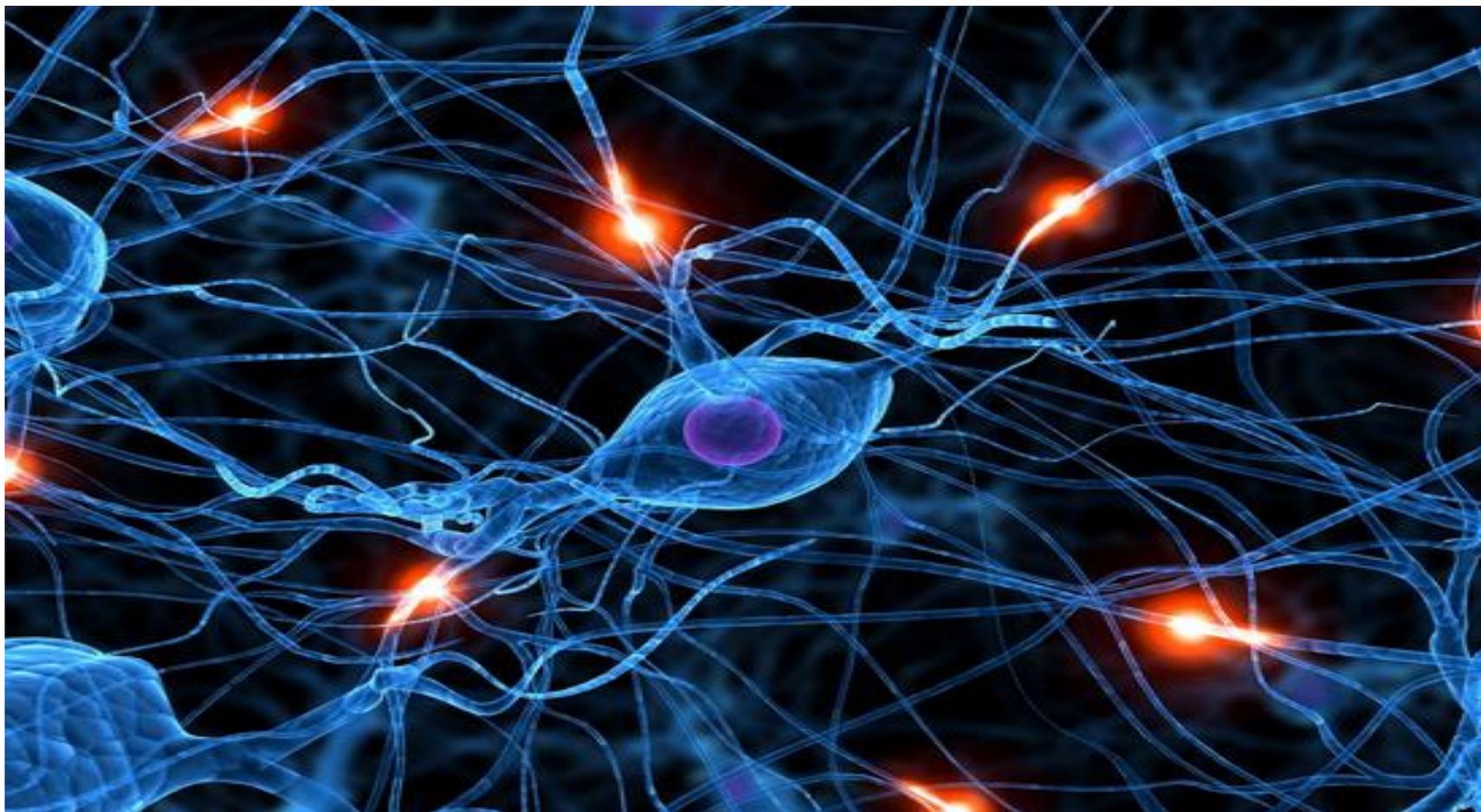
现实世界 VS. 认知世界

- 现实世界：物体相互独立地存在



现实世界 VS. 认知世界

- 认知世界：概念互相联系、语义连续分布



统计机器翻译 → 神经机器翻译

离散符号表示方法 \Rightarrow 连续分布式表示方法

讲座 \otimes 报告 = 0

讲座 \otimes 报告 ≈ 1

$$\begin{bmatrix} 0.48 \\ 0.46 \\ 0.26 \end{bmatrix} \otimes \begin{bmatrix} 0.42 \\ 0.51 \\ 0.21 \end{bmatrix} \approx 1$$

**分布式语义表示
是核心和基础**



低维、稠密的连续实数空间

神经机器翻译

Chinese:

我 在 北京 做了 报告

编码网络

仅需要两个神经网络

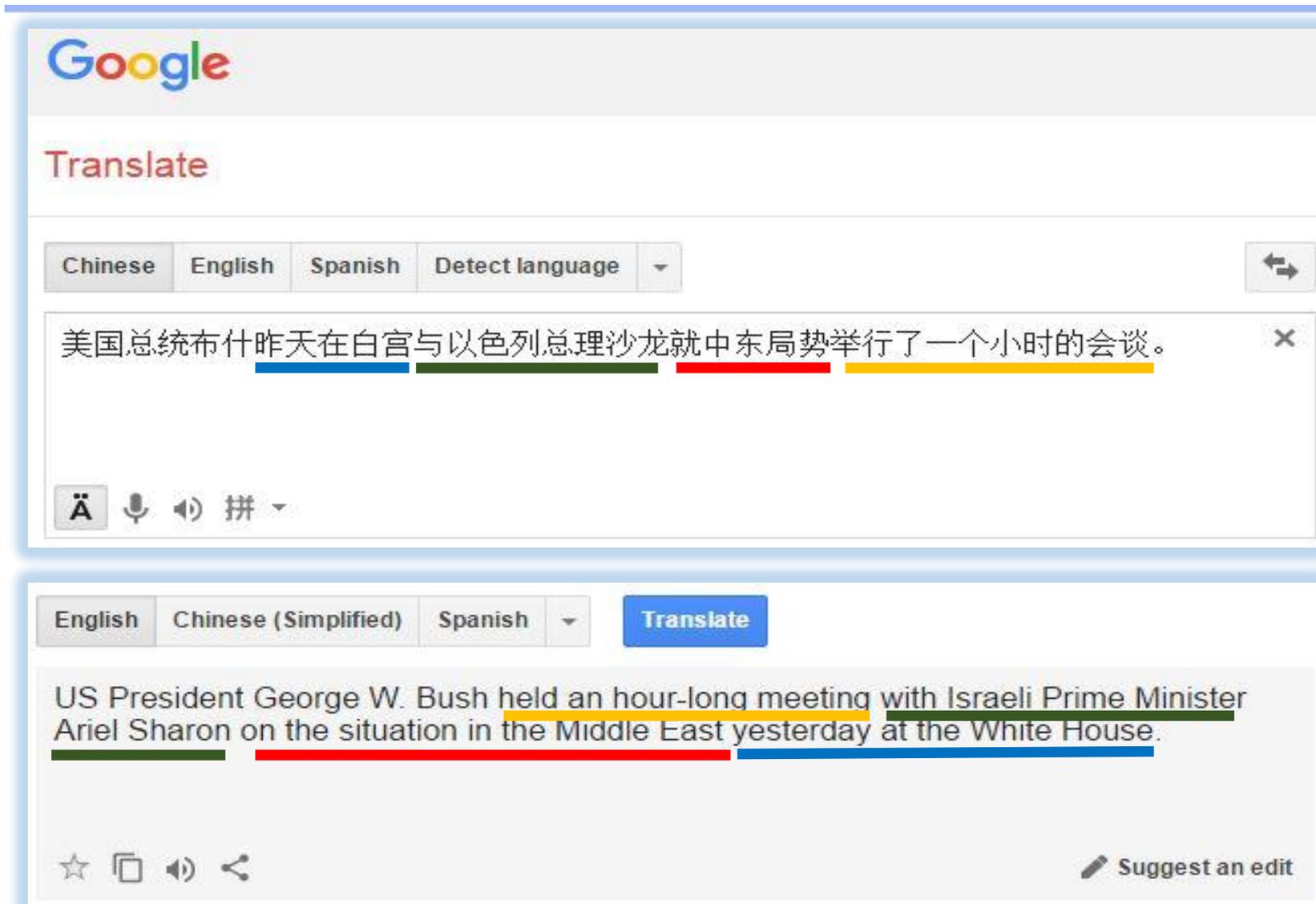
分布式语义表示

解码网络

English:

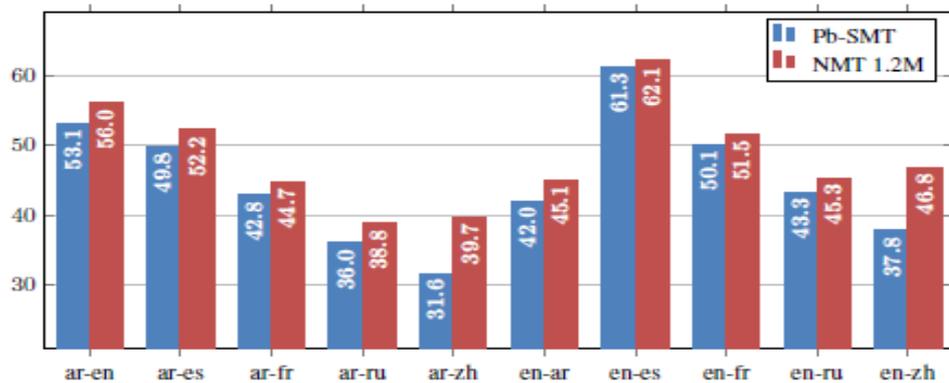
I gave a talk in Beijing

神经机器翻译

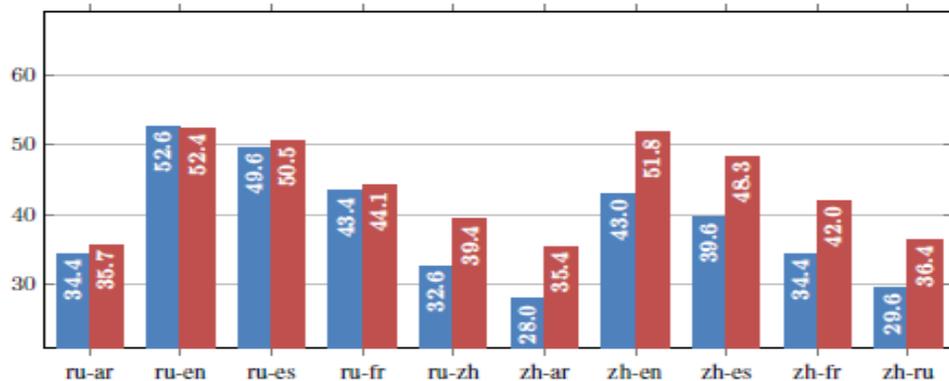
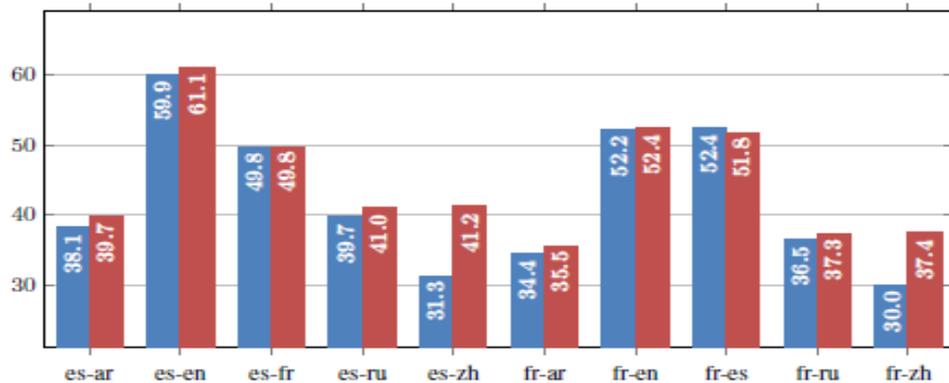


The screenshot displays the Google Translate interface. At the top, the Google logo is visible. Below it, the word "Translate" is written in red. The interface shows a language selection bar with "Chinese", "English", "Spanish", and "Detect language" options. The input text in Chinese is: "美国总统布什昨天在白宫与以色列总理沙龙就中东局势举行了一个小时的会谈。". The output text in English is: "US President George W. Bush held an hour-long meeting with Israeli Prime Minister Ariel Sharon on the situation in the Middle East yesterday at the White House." Colored lines (blue, green, red, yellow) connect corresponding words between the Chinese and English sentences, illustrating word alignment. At the bottom, there are icons for star, copy, speaker, and share, along with a "Suggest an edit" button.

神经机器翻译



神经机器翻译大获全胜！



[Junczys-Dowmunt et al, 2016]

统计机器翻译 → 神经机器翻译

离散符号表示方法 \Rightarrow 连续分布式表示方法

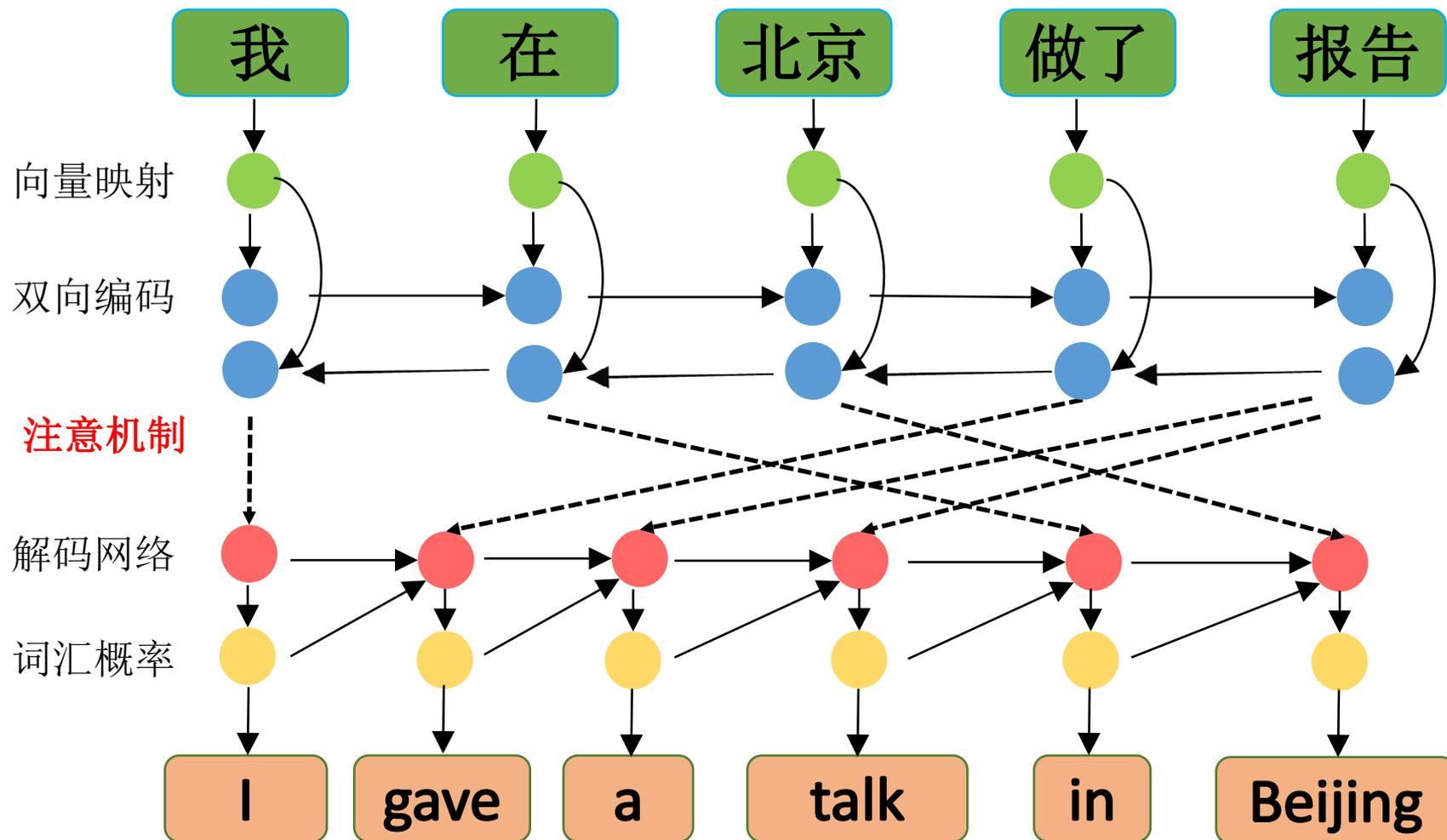
讲座

报告

$$\begin{bmatrix} 0.48 \\ 0.46 \\ 0.26 \end{bmatrix} \otimes \begin{bmatrix} 0.42 \\ 0.51 \\ 0.21 \end{bmatrix} \approx 1$$

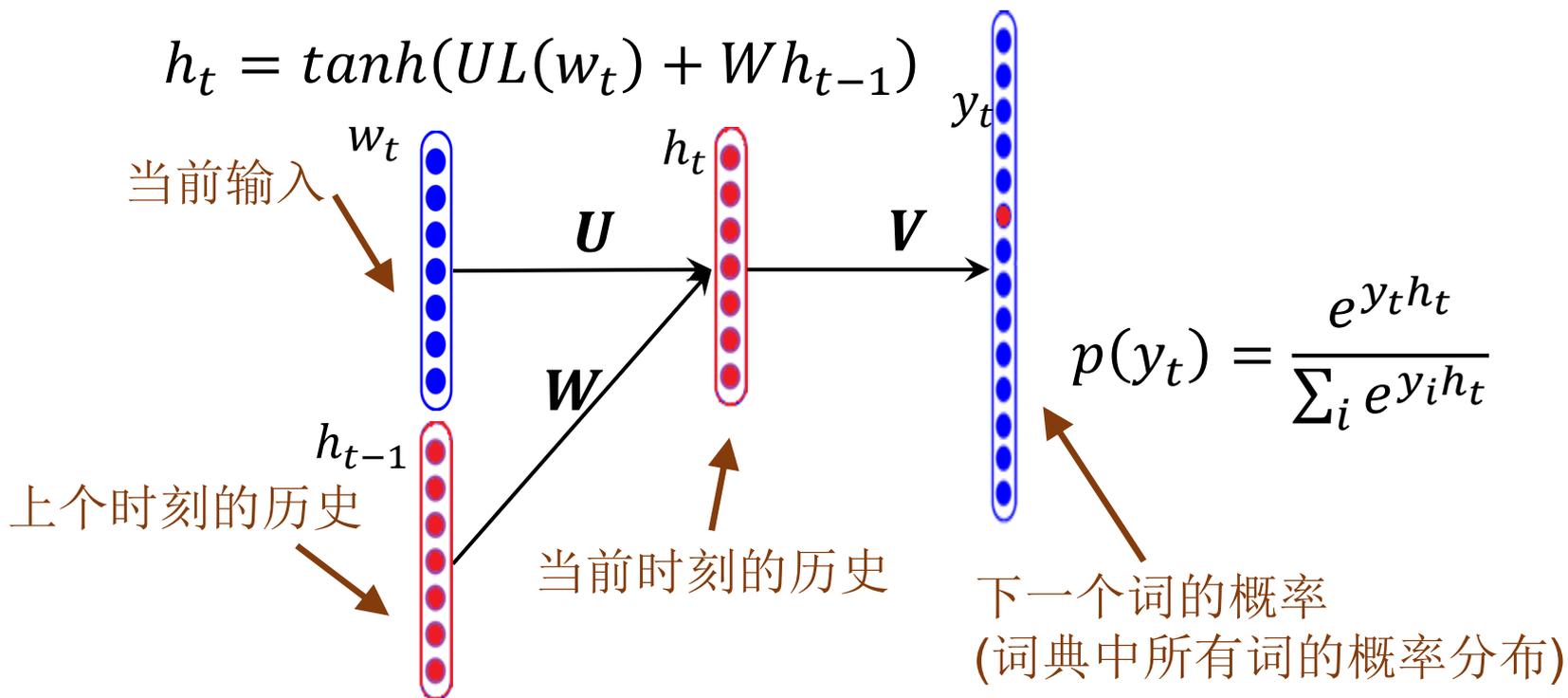
表示是核心
运算是关键

神经机器翻译

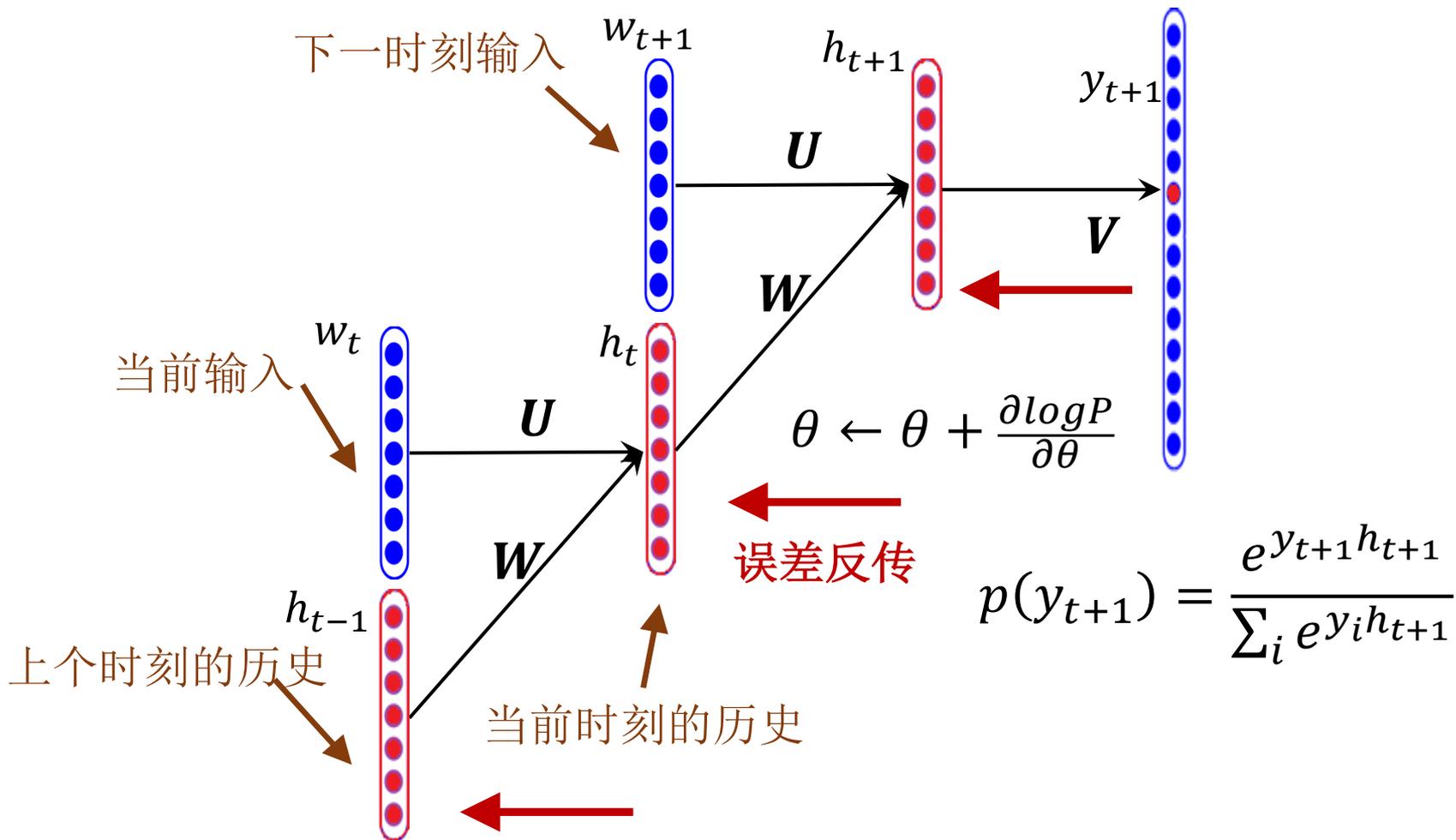


循环神经网络

- 输入: $t - 1$ 时刻历史 h_{t-1} 与 t 时刻输入 w_t
- 输出: t 时刻历史 h_t 与 下个时刻 $t + 1$ 输入 y_t 的概率



循环神经网络



神经机器翻译

$$h_s = \tanh(UL(w_s) + Wh_{s-1})$$

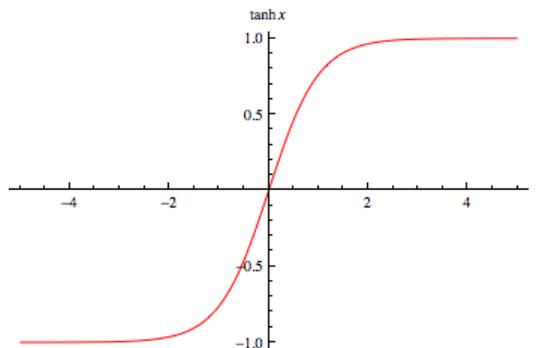
$L(w_s)$: $w_s \longrightarrow \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} \in R^3$ 我 $\longrightarrow \begin{bmatrix} 0.1 \\ 0.9 \\ 0.6 \end{bmatrix}$ 随机初始化

h_{s-1} : 上一时刻的历史信息 $h_0 = \begin{bmatrix} 0.0 \\ 0.0 \\ 0.0 \end{bmatrix}$

$$U = \begin{bmatrix} 0.1 & 0.2 & 0.1 \\ 0.3 & 0.2 & 0.0 \\ 0.4 & 0.0 & 0.2 \end{bmatrix} \in R^{3 \times 3} \quad W = \begin{bmatrix} 0.0 & 0.3 & 0.2 \\ 0.1 & 0.1 & 0.3 \\ 0.0 & 0.4 & 0.1 \end{bmatrix} \in R^{3 \times 3}$$

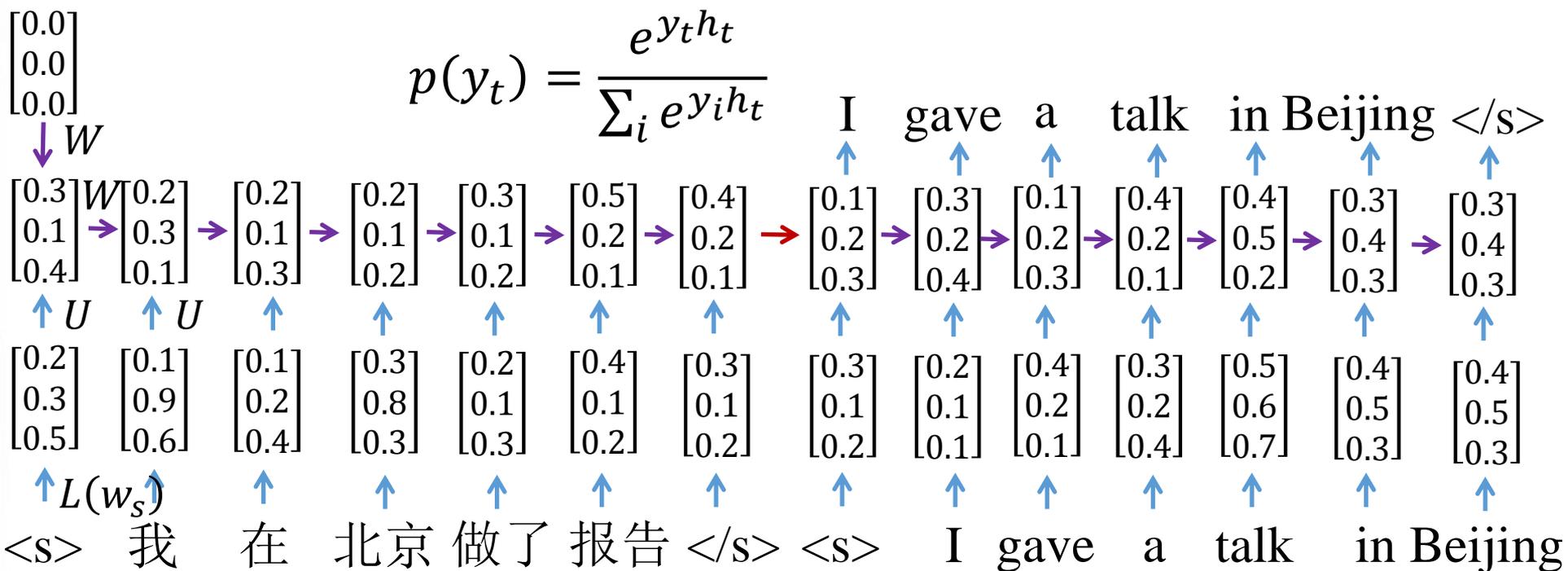
$$z = UL(w_s) + Wh_{s-1} \in R^3$$

$$\tanh(z) = \frac{e^z - e^{-z}}{e^z + e^{-z}} \longrightarrow$$



神经机器翻译

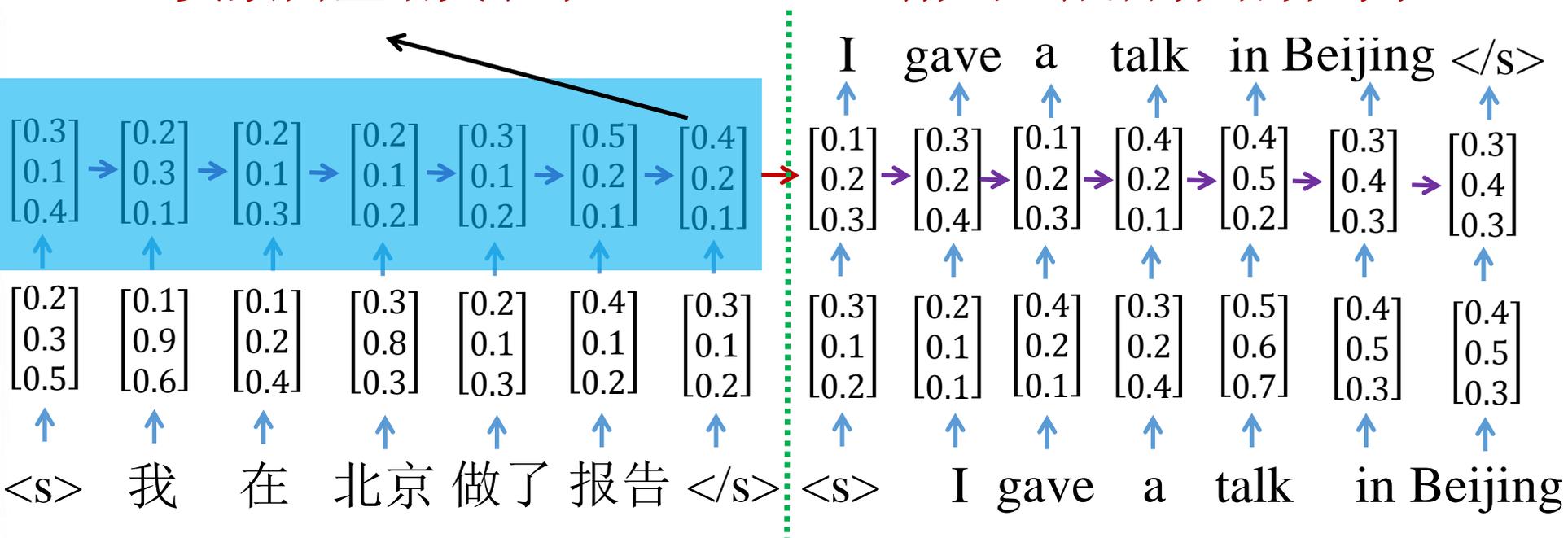
$$h_s = \tanh(UL(w_s) + Wh_{s-1}) \quad h_t = \tanh(UL(w_t) + Wh_{t-1})$$



神经机器翻译

将源语言句子编码成一个
实数向量语义表示

将源语言句子的语义表示
解码生成目标语言句子

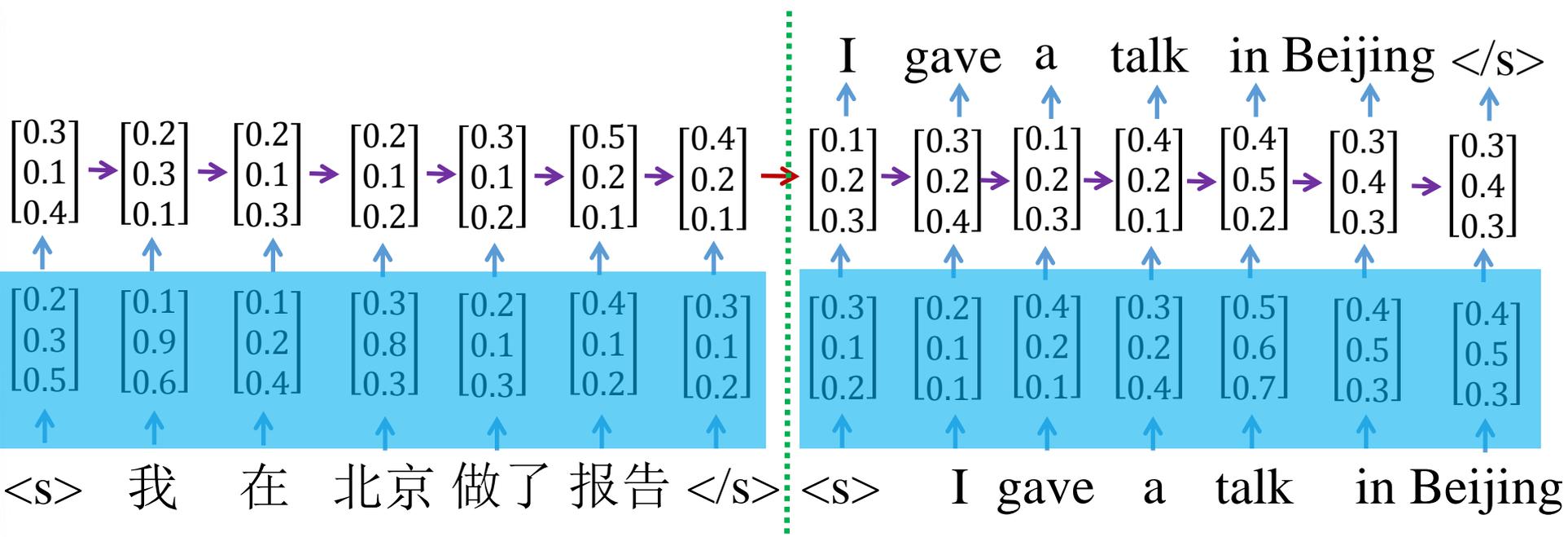


编码器

解码器

神经机器翻译

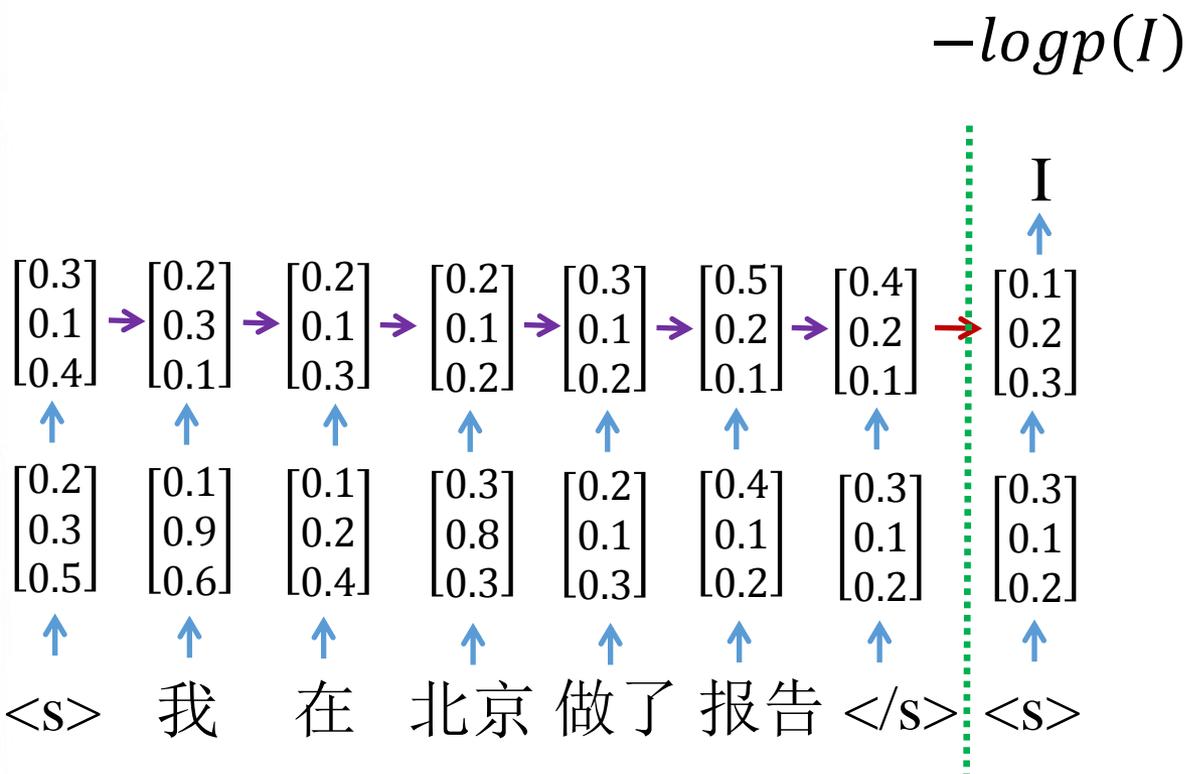
词向量随机初始化，在训练过程中进行优化！



源语言词向量

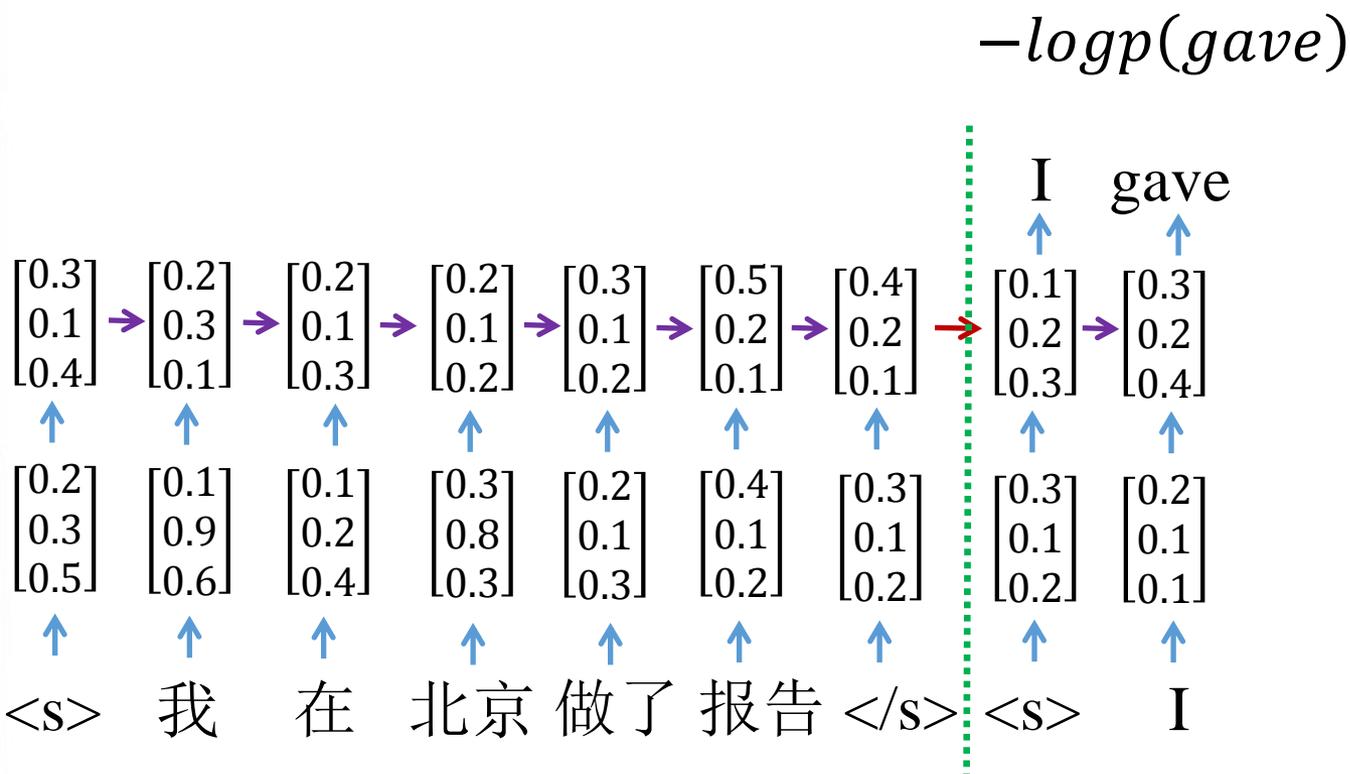
目标语言词向量

神经机器翻译



最大化 $P(\textit{target}|\textit{source})$

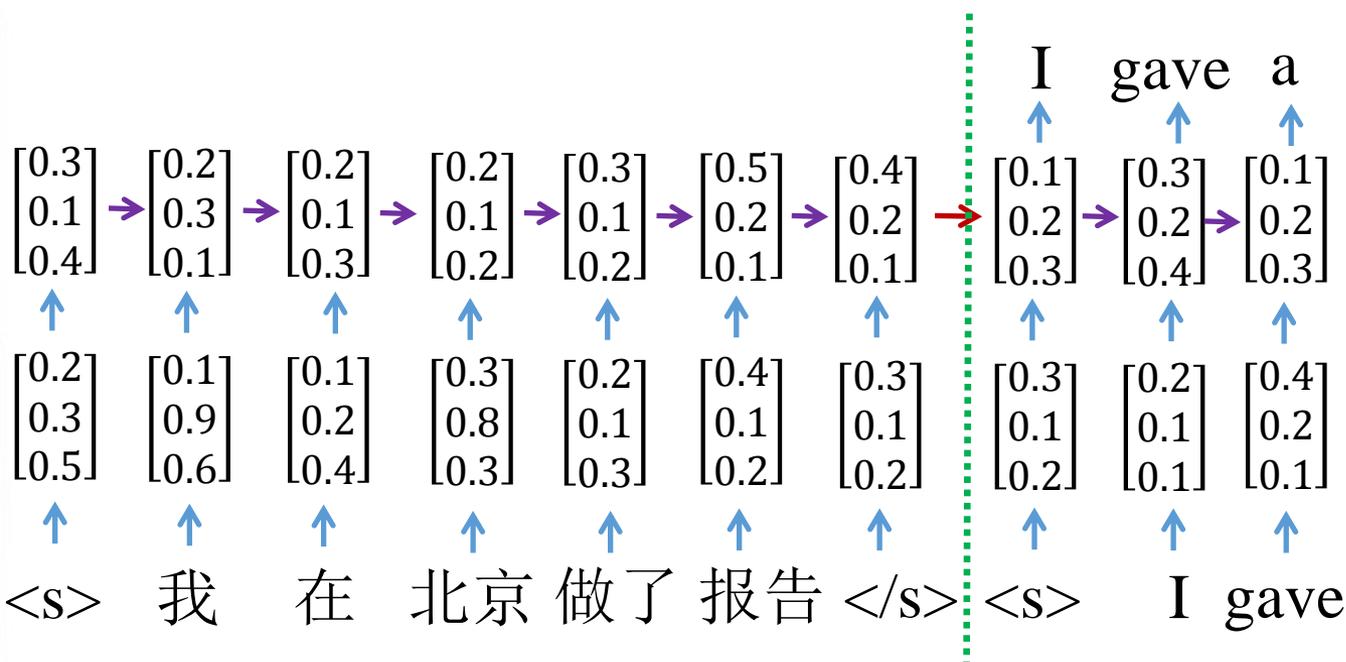
神经机器翻译



最大化 $P(\text{target}|\text{source})$

神经机器翻译

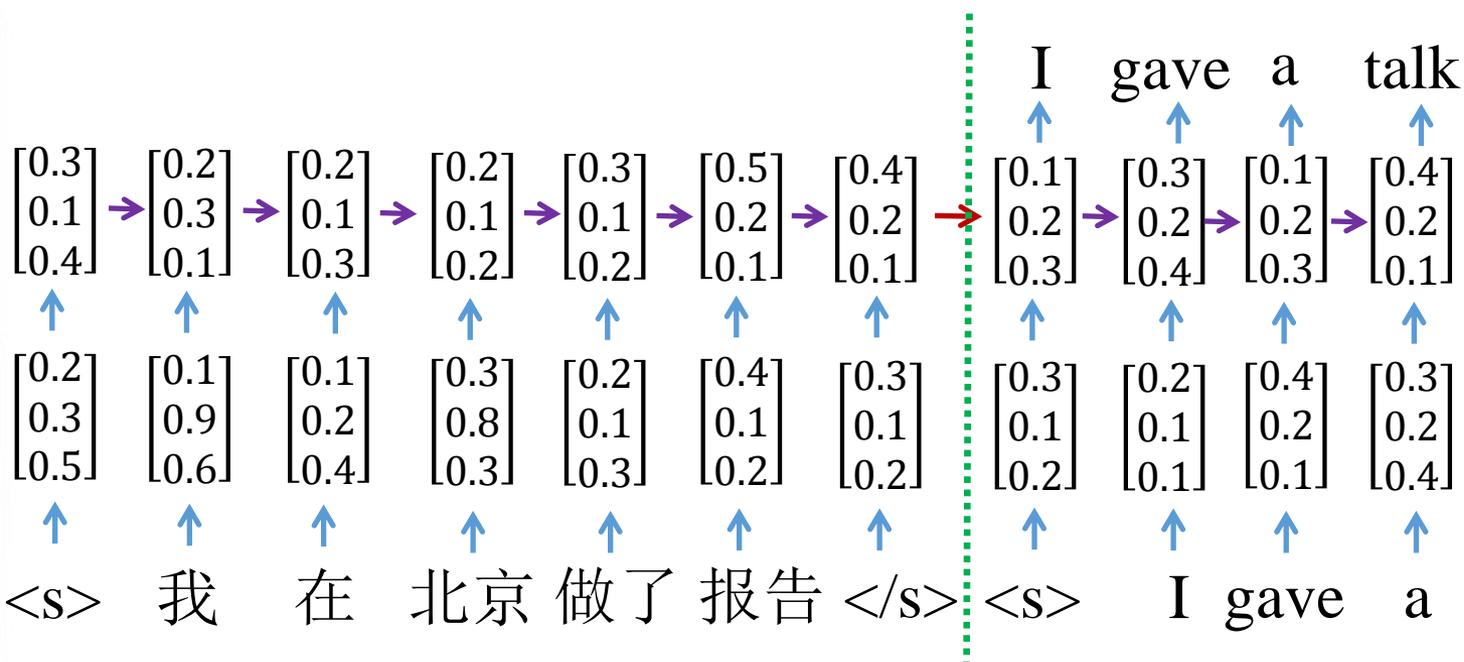
$$-\log p(a)$$



最大化 $P(\text{target}|\text{source})$

神经机器翻译

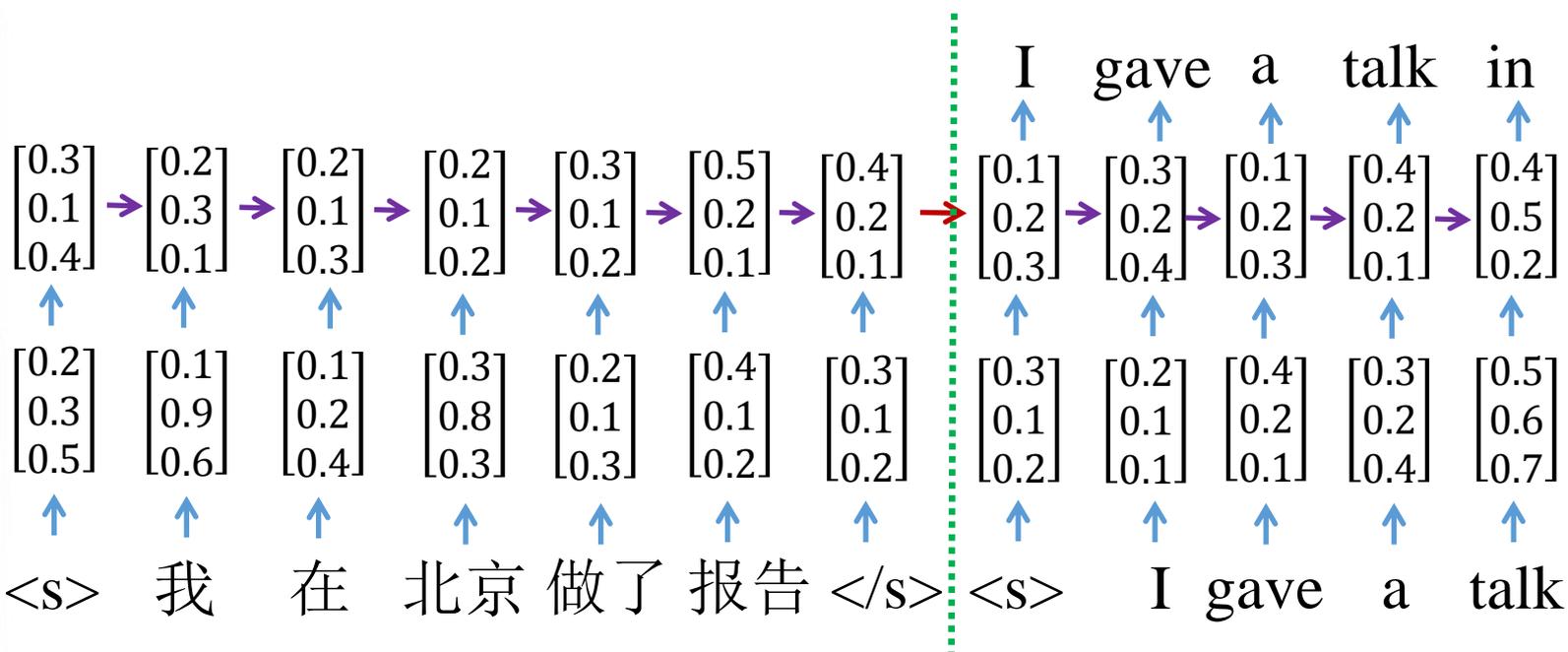
$$-\log p(\text{talk})$$



最大化 $P(\text{target}|\text{source})$

神经机器翻译

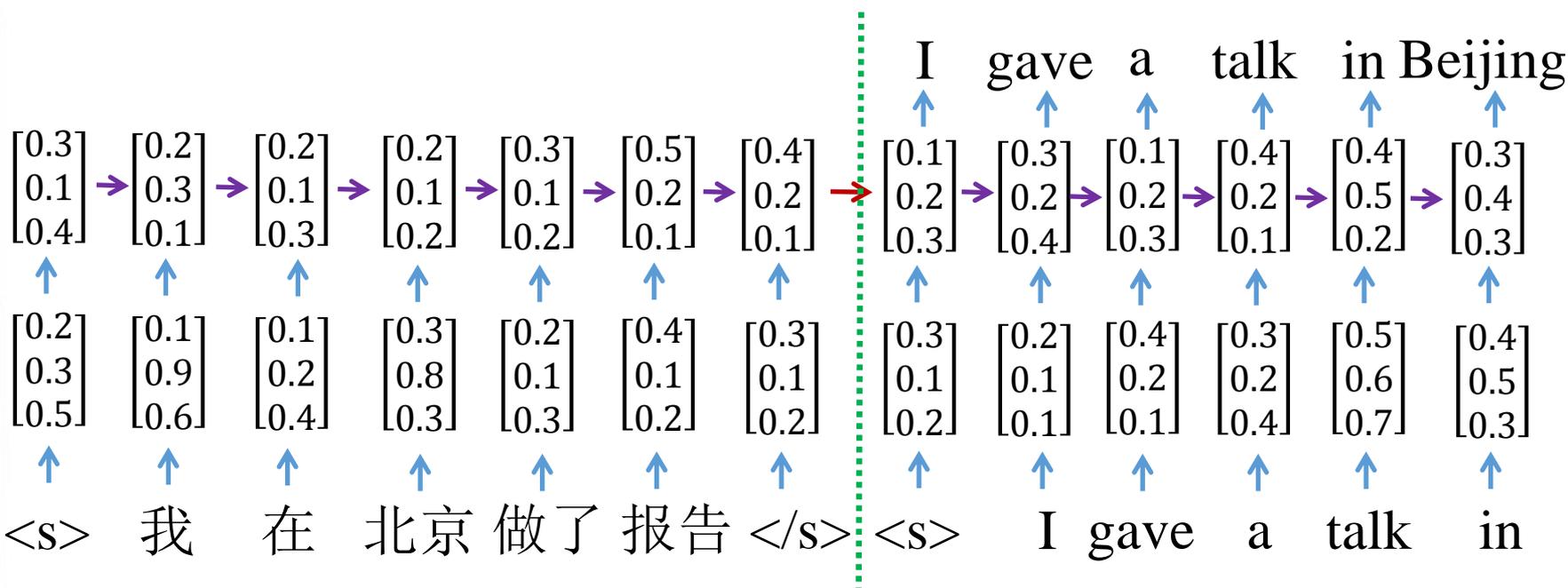
$-\log p(in)$



最大化 $P(\text{target}|\text{source})$

神经机器翻译

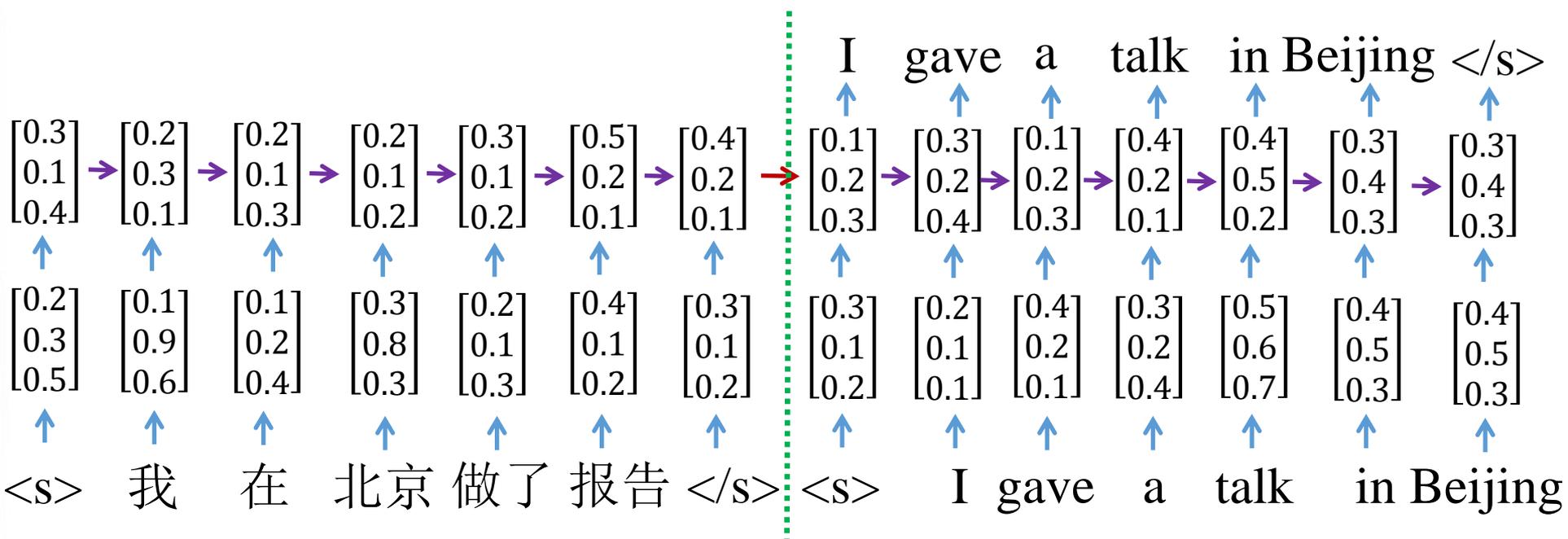
$-\log p(\text{Beijing})$



最大化 $P(\text{target}|\text{source})$

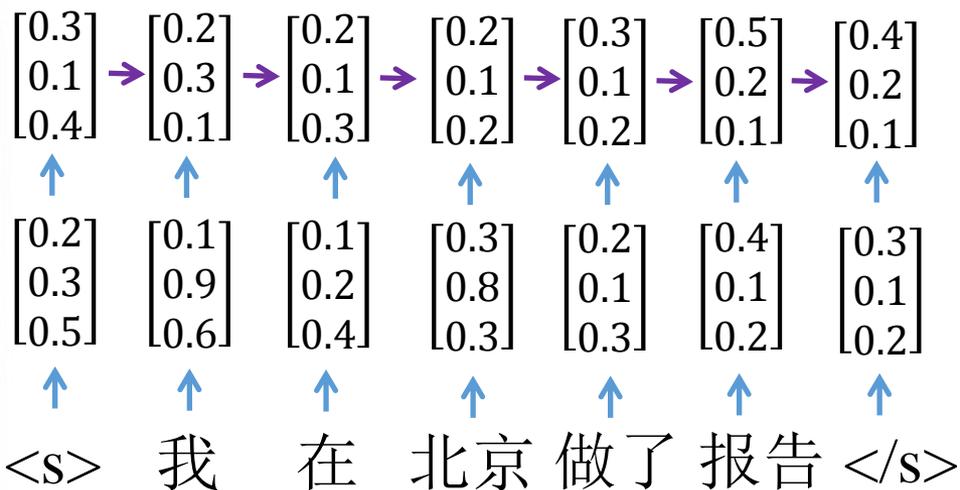
神经机器翻译

$-\log p(\langle /s \rangle)$



最大化 $P(\text{target}|\text{source})$

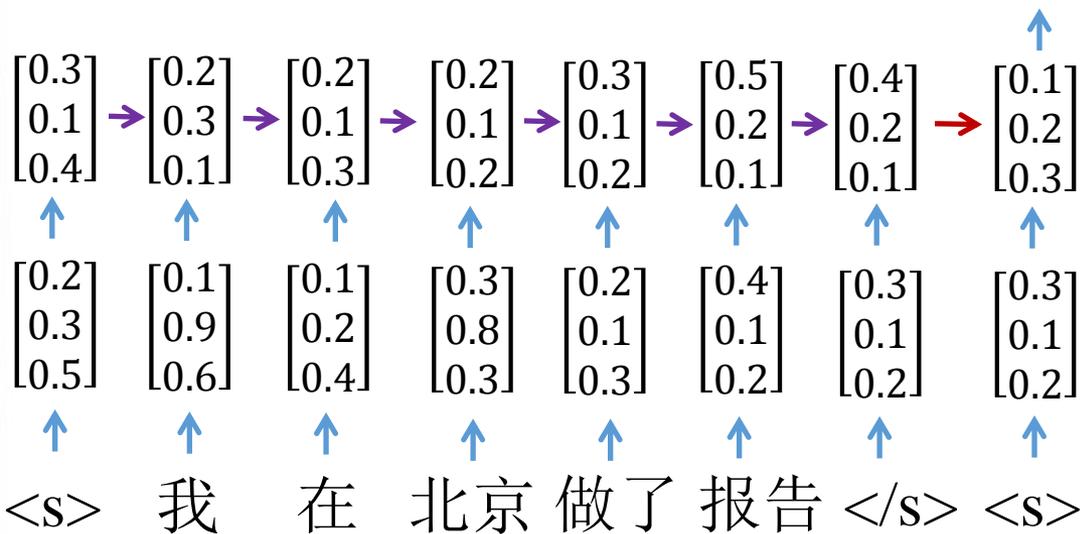
神经机器翻译-测试



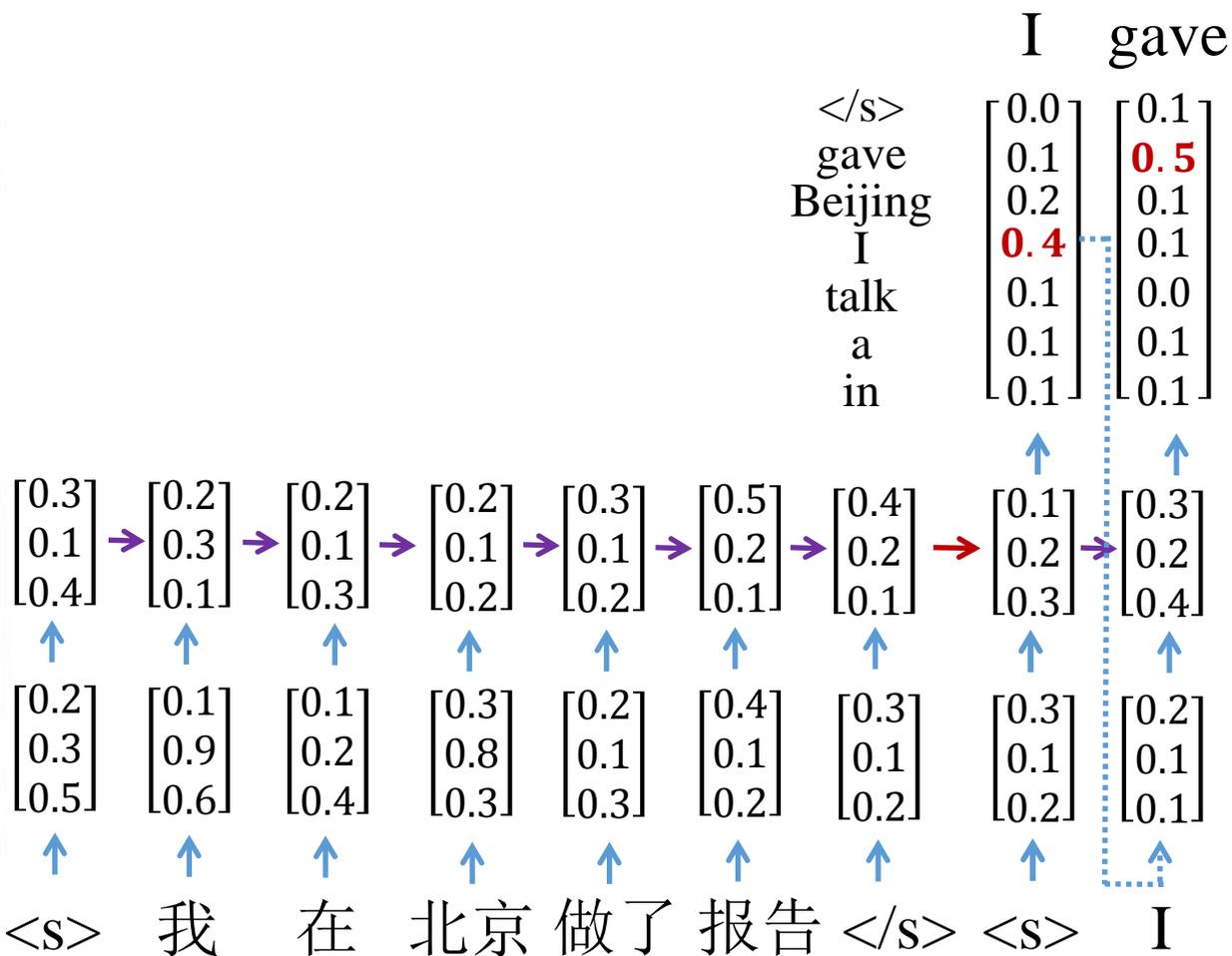
神经机器翻译-测试

$$p(y_t) = \frac{e^{y_t h_t}}{\sum_i e^{y_i h_t}}$$

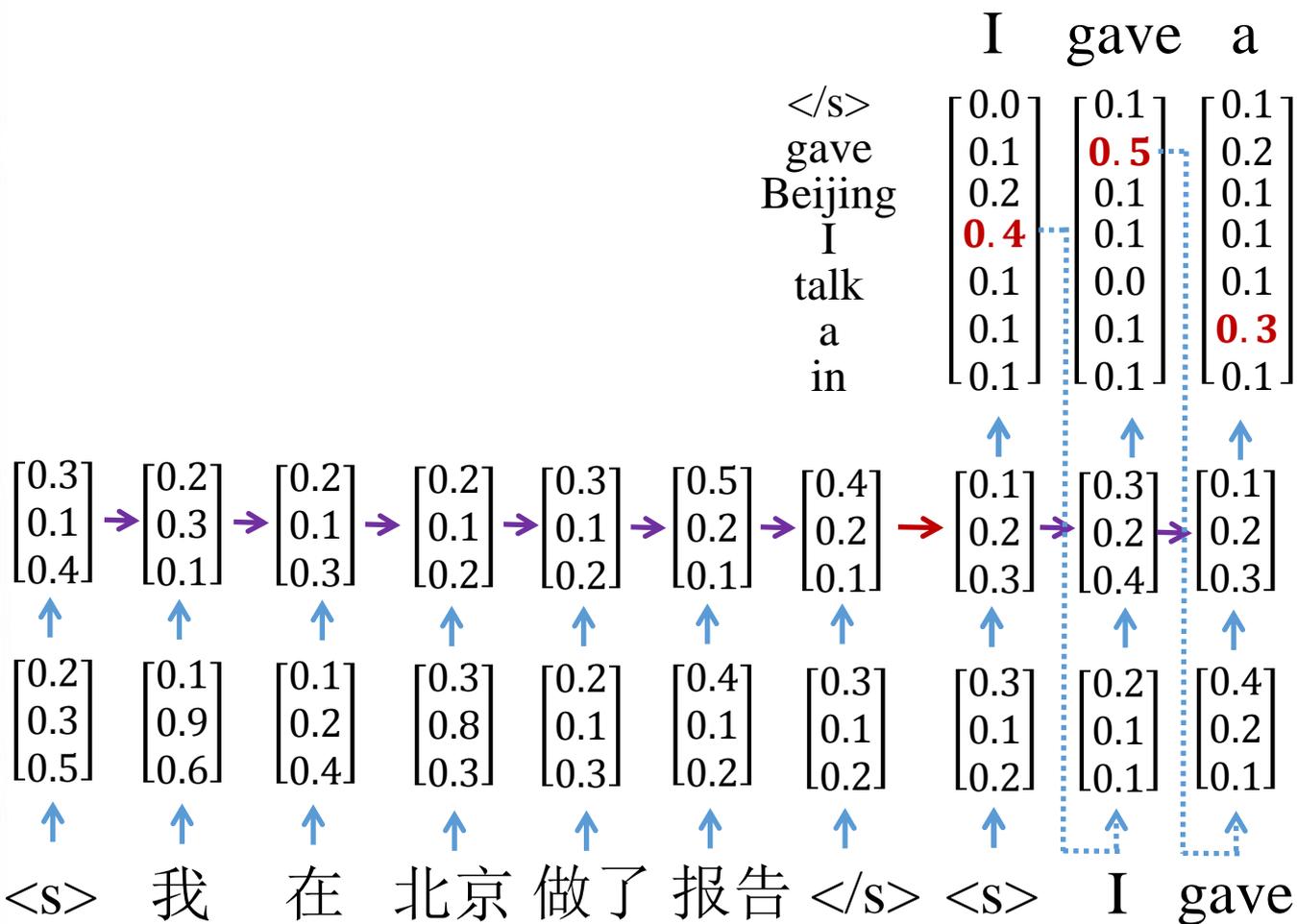
</s>	0.0
gave	0.1
Beijing	0.2
I	0.4
talk	0.1
a	0.1
in	0.1



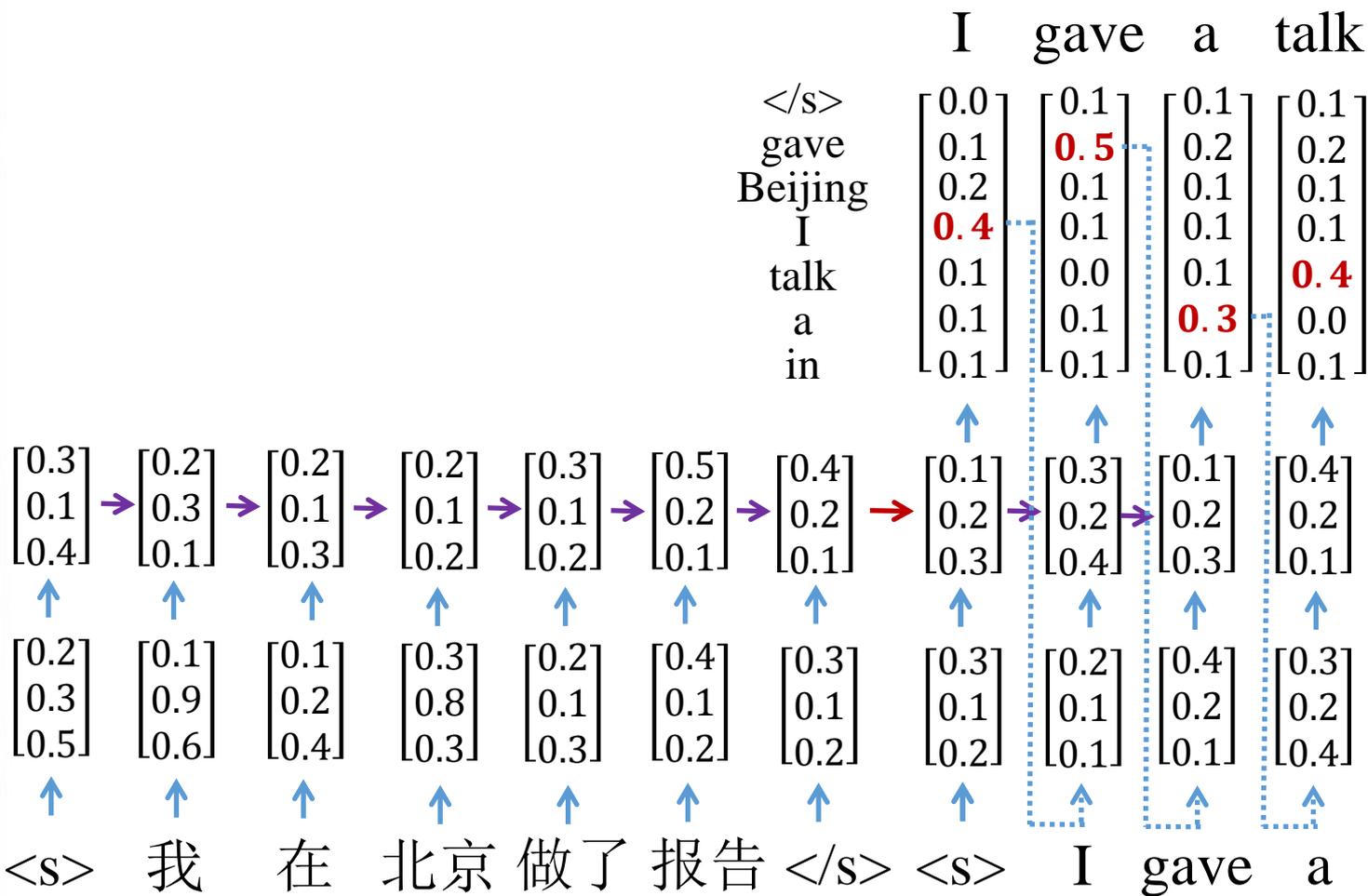
神经机器翻译-测试



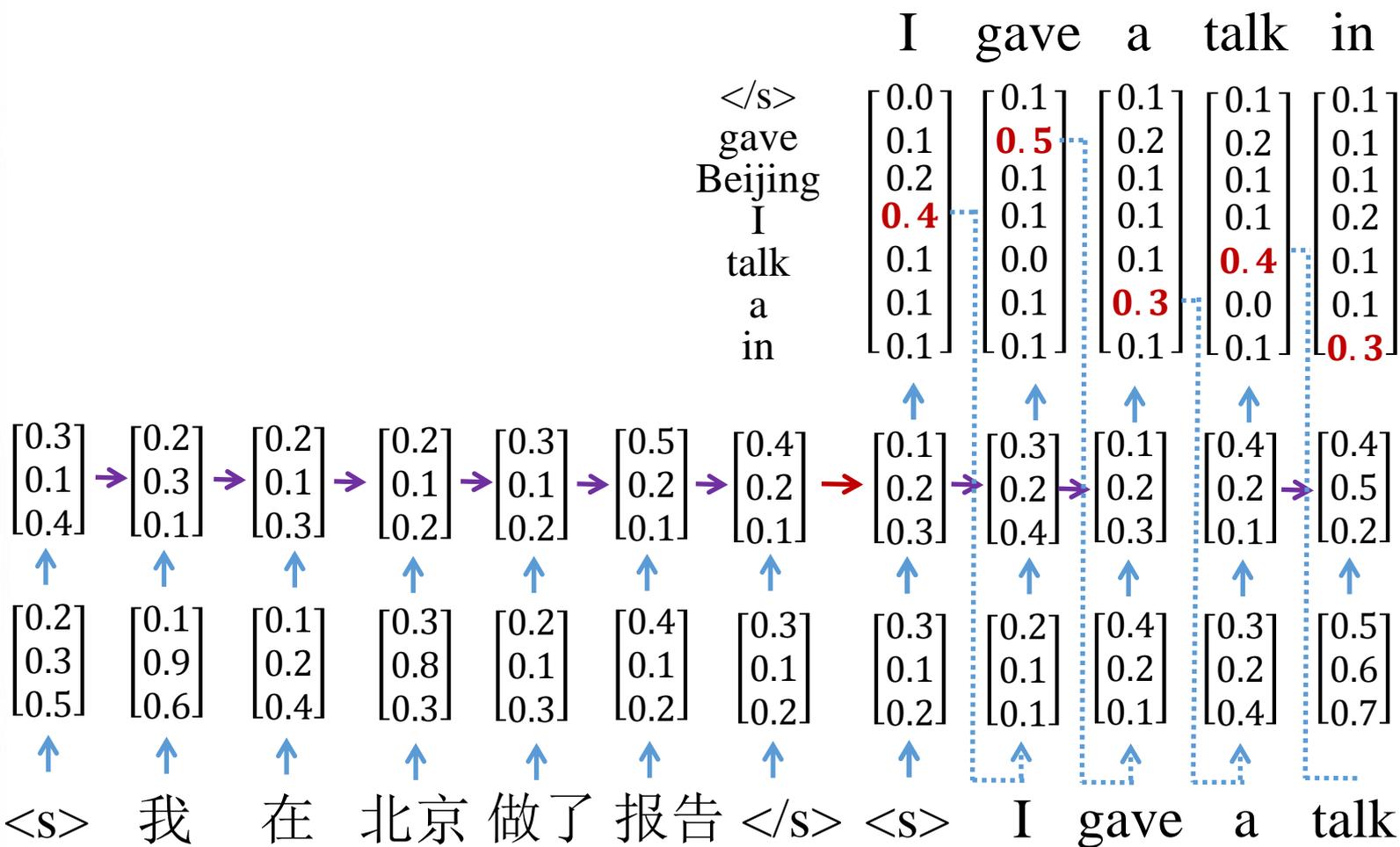
神经机器翻译-测试



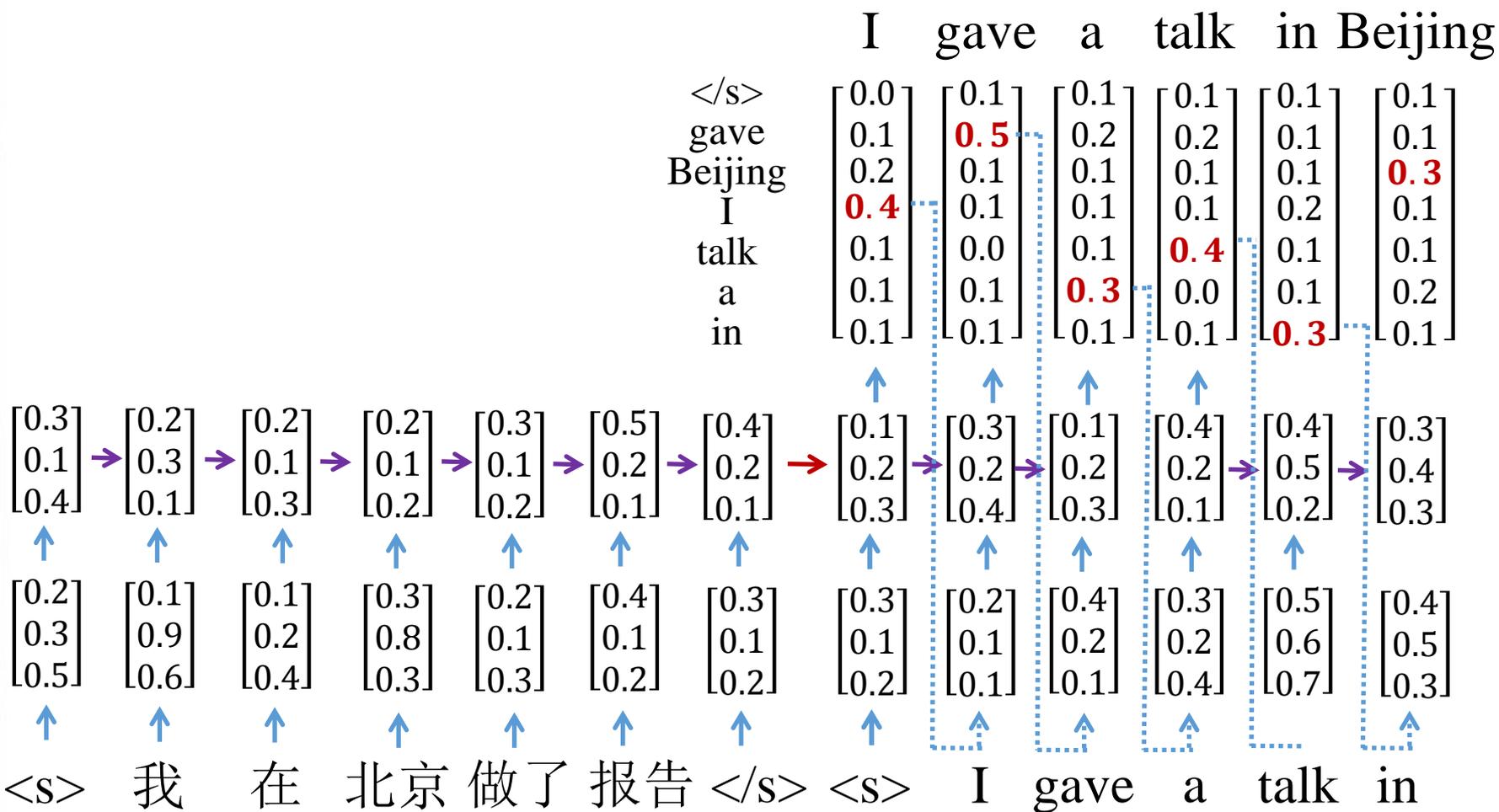
神经机器翻译-测试



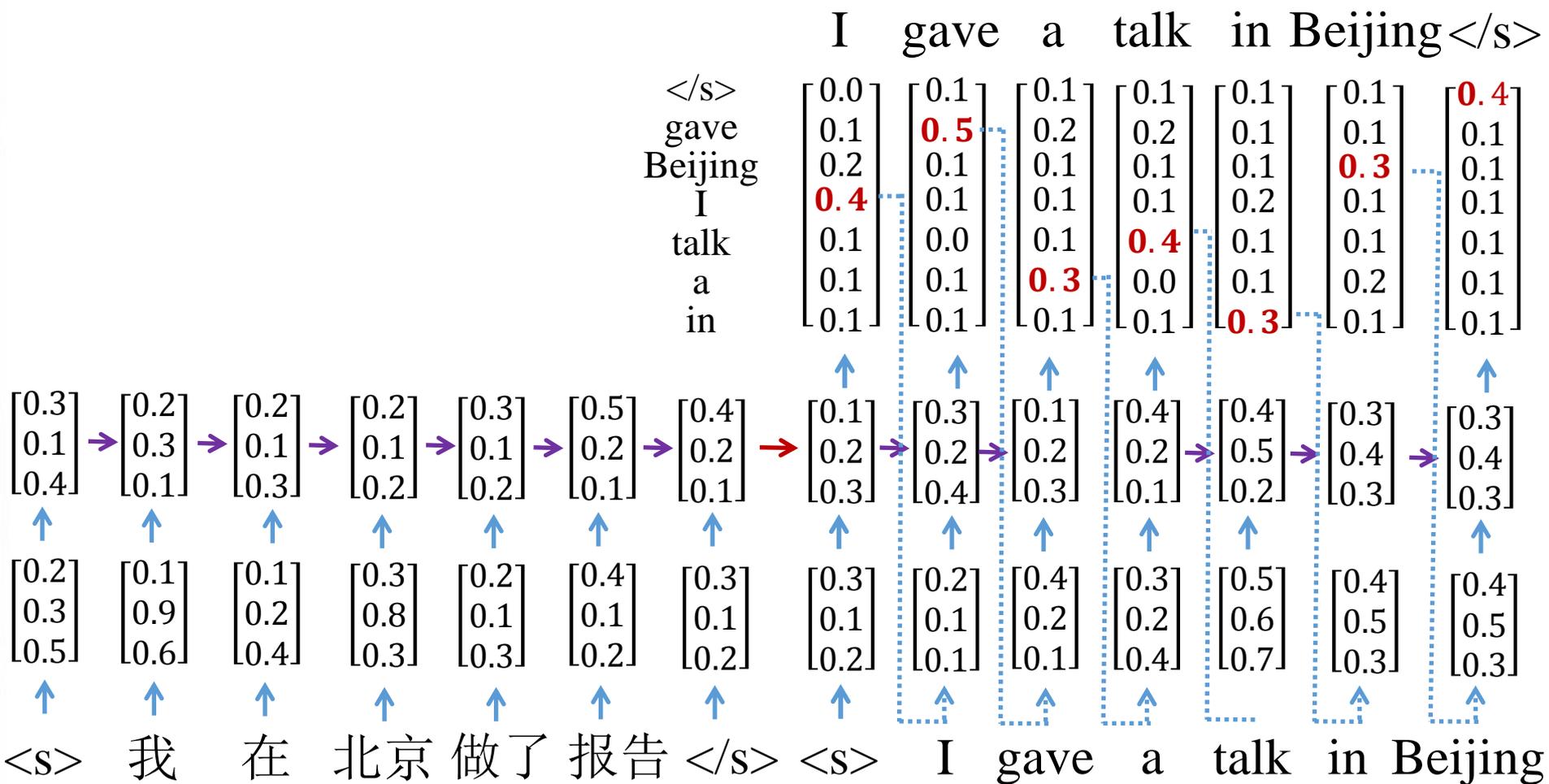
神经机器翻译-测试



神经机器翻译-测试

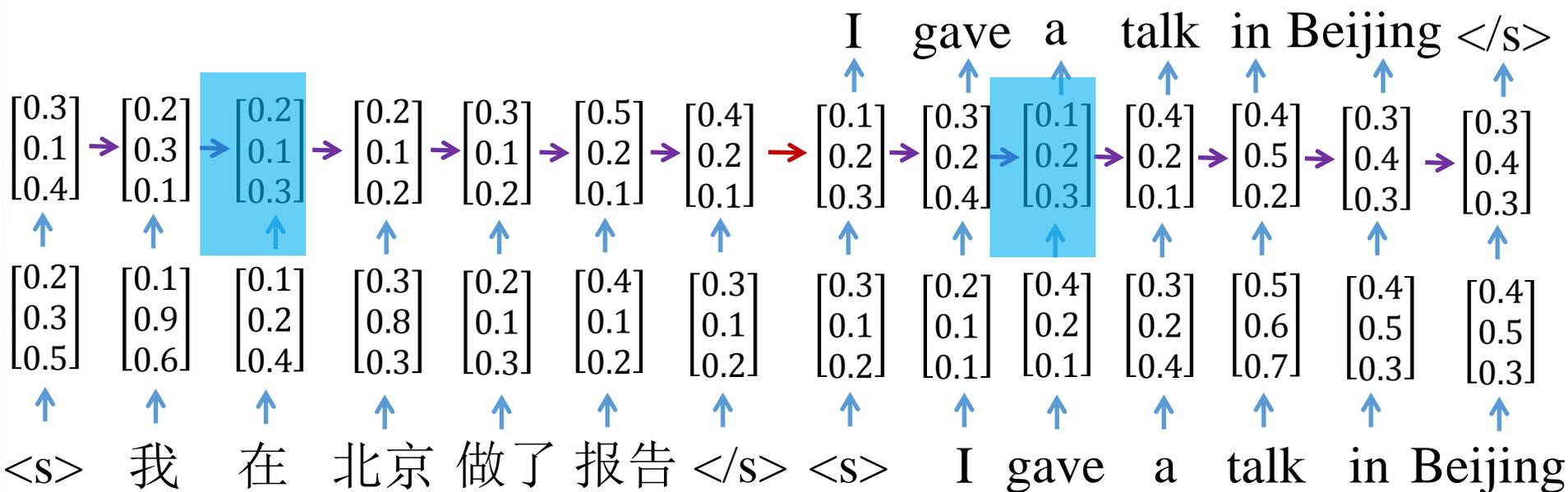


神经机器翻译-测试

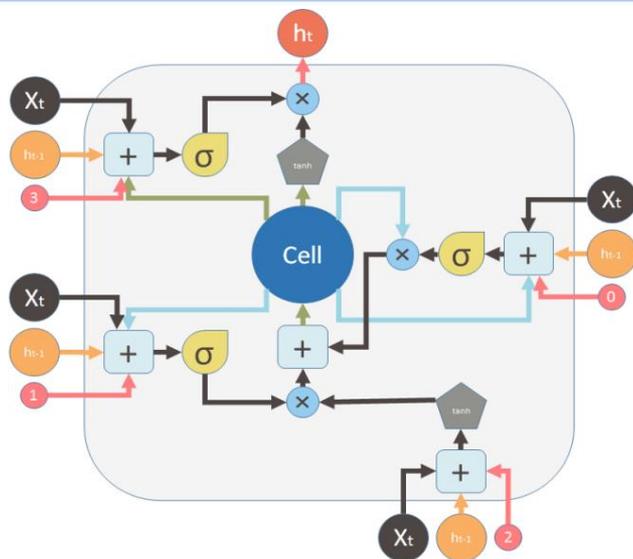


神经机器翻译-计算单元

$$h_s = \tanh(UL(w_s) + Wh_{s-1}) \quad h_t = \tanh(UL(w_t) + Wh_{t-1})$$



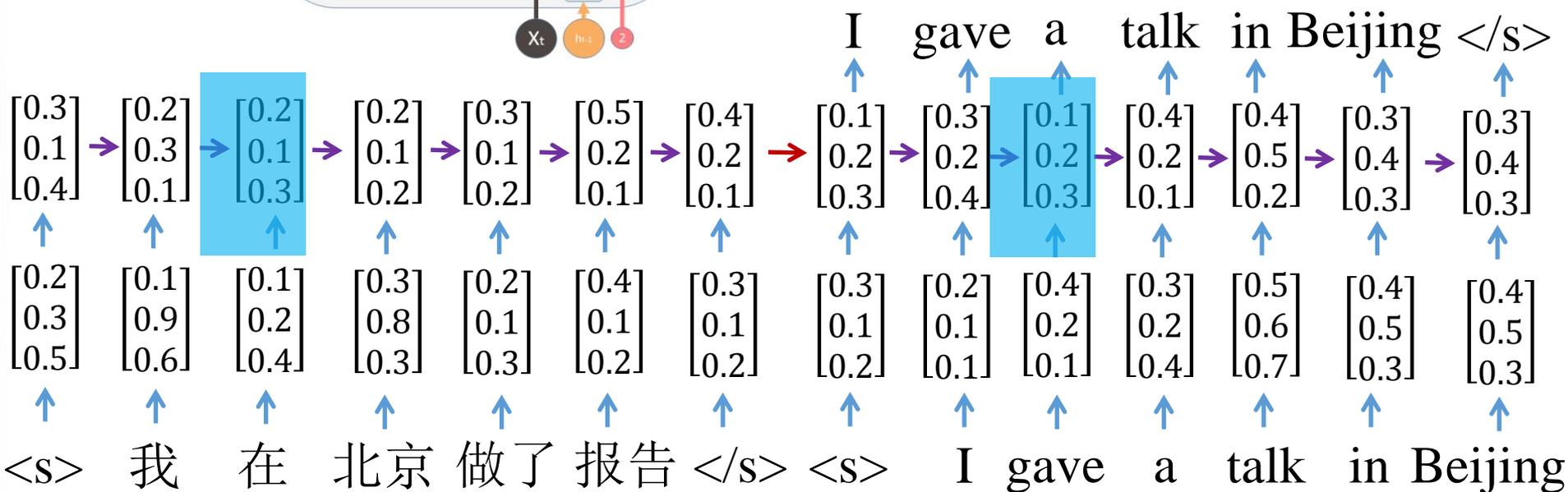
神经机器翻译-计算单元



LSTM计算单元

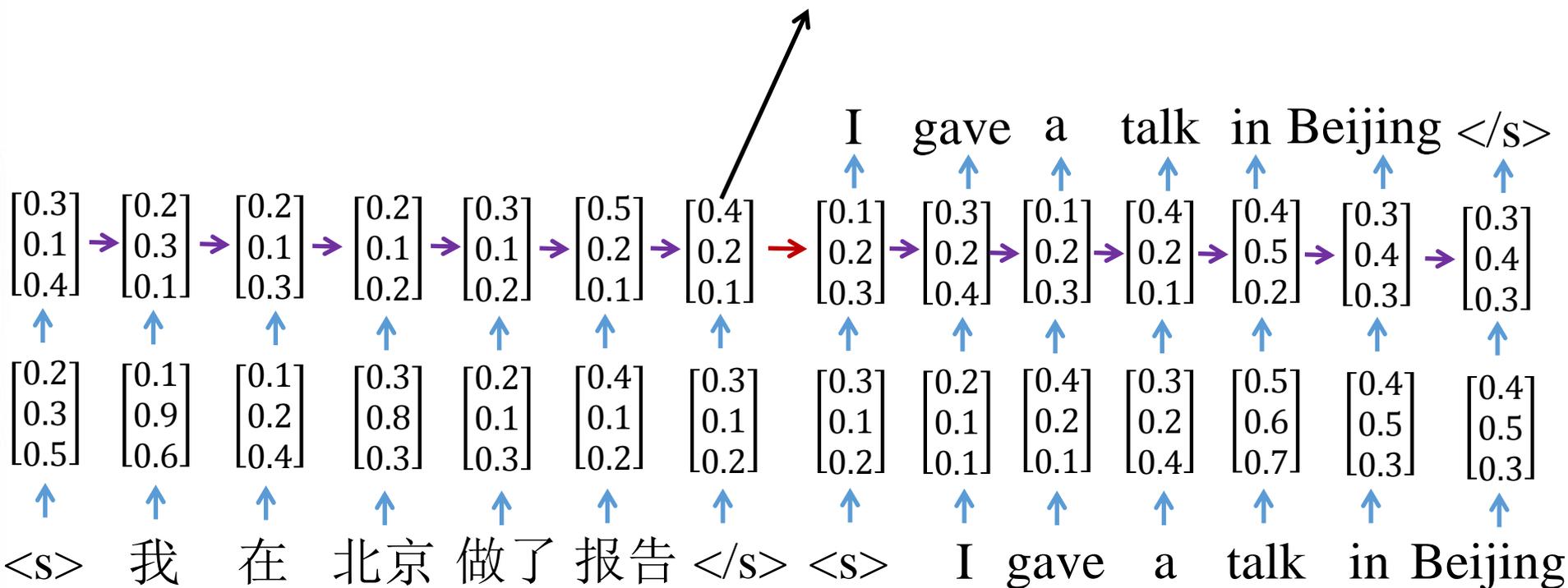
$$h_s = LSTM(w_s, h_{s-1})$$

$$h_t = LSTM(w_t, h_{t-1})$$

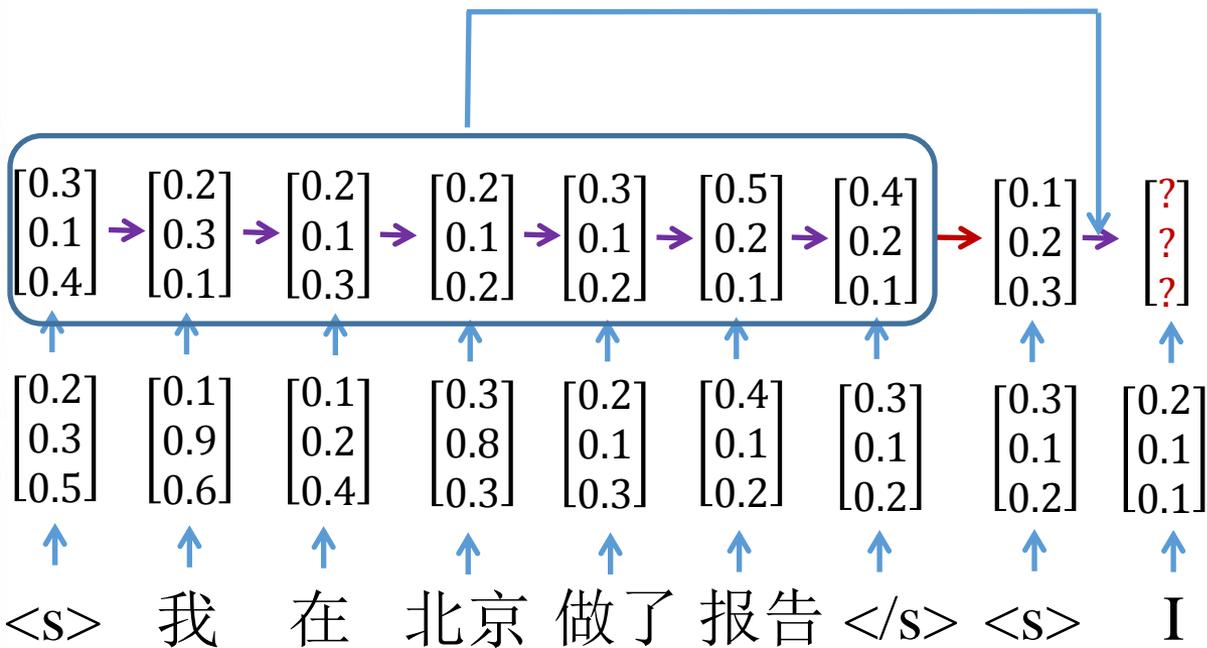


神经机器翻译-计算单元

一个实数向量无法表示源语言句子的完整语义

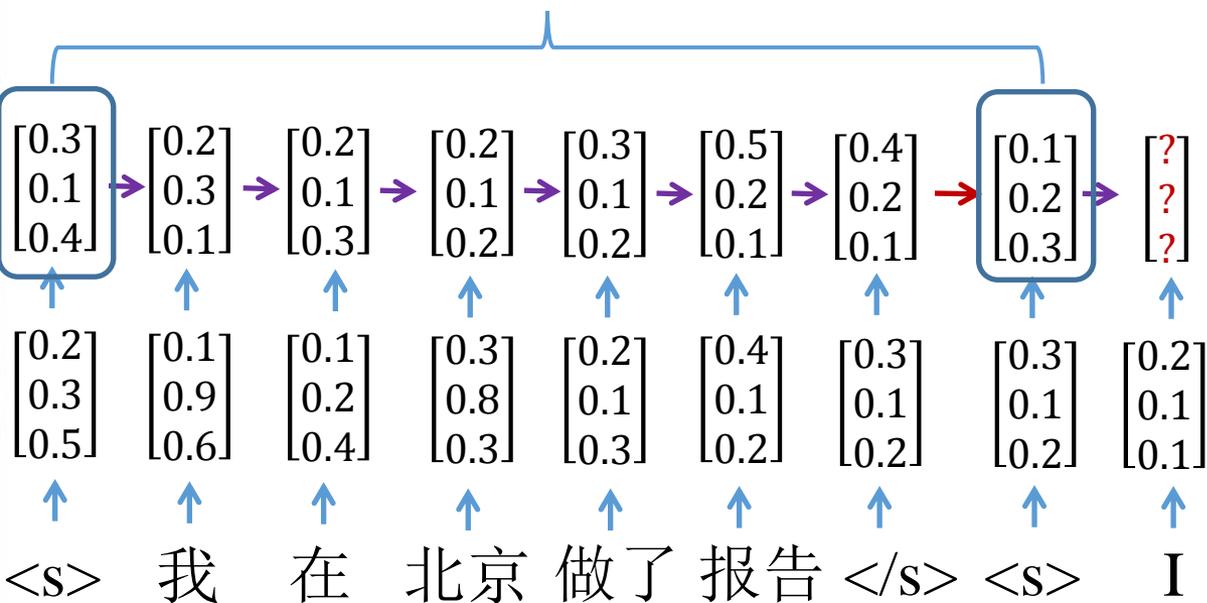


神经机器翻译-注意机制



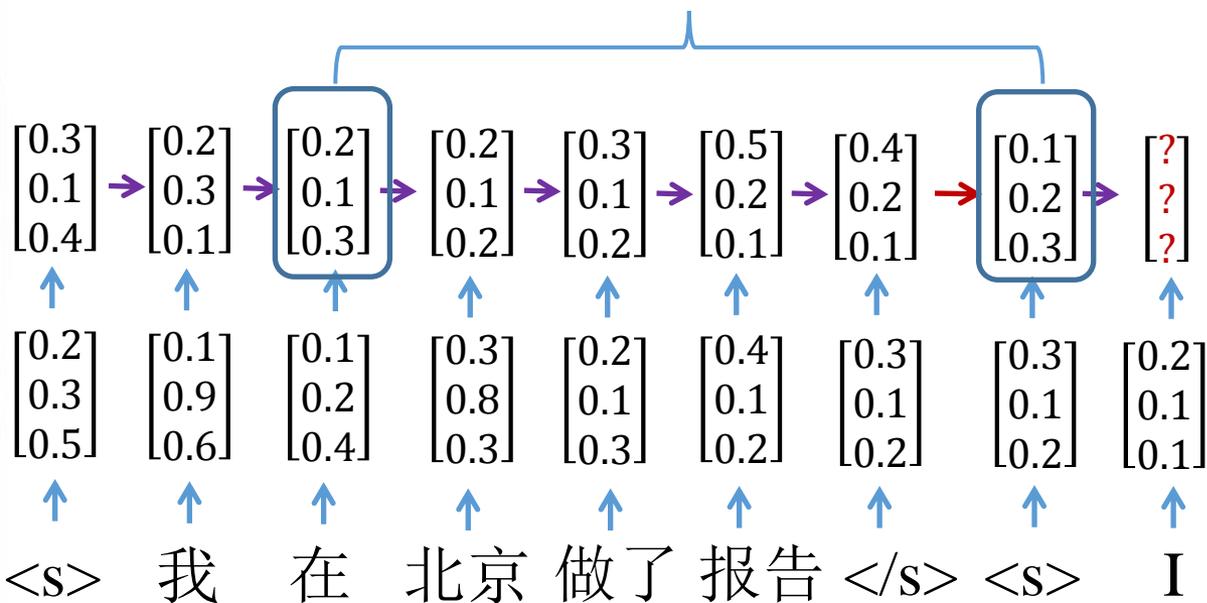
神经机器翻译-注意机制

$$score(h_s, h_t) = 1$$



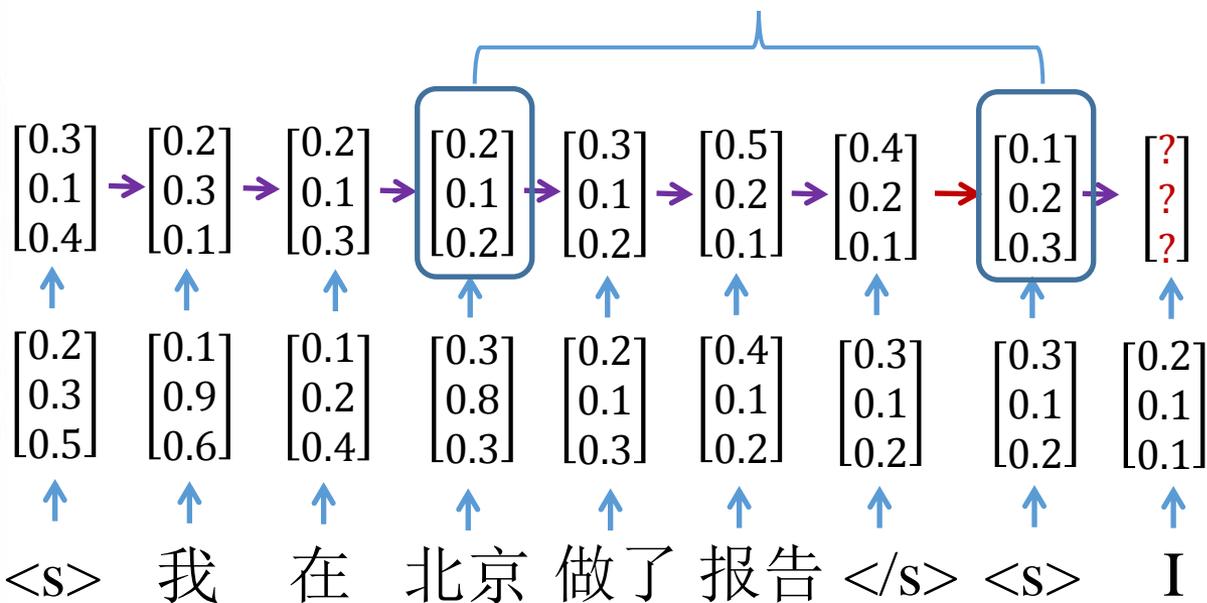
神经机器翻译-注意机制

$$score(h_s, h_t) = 1$$



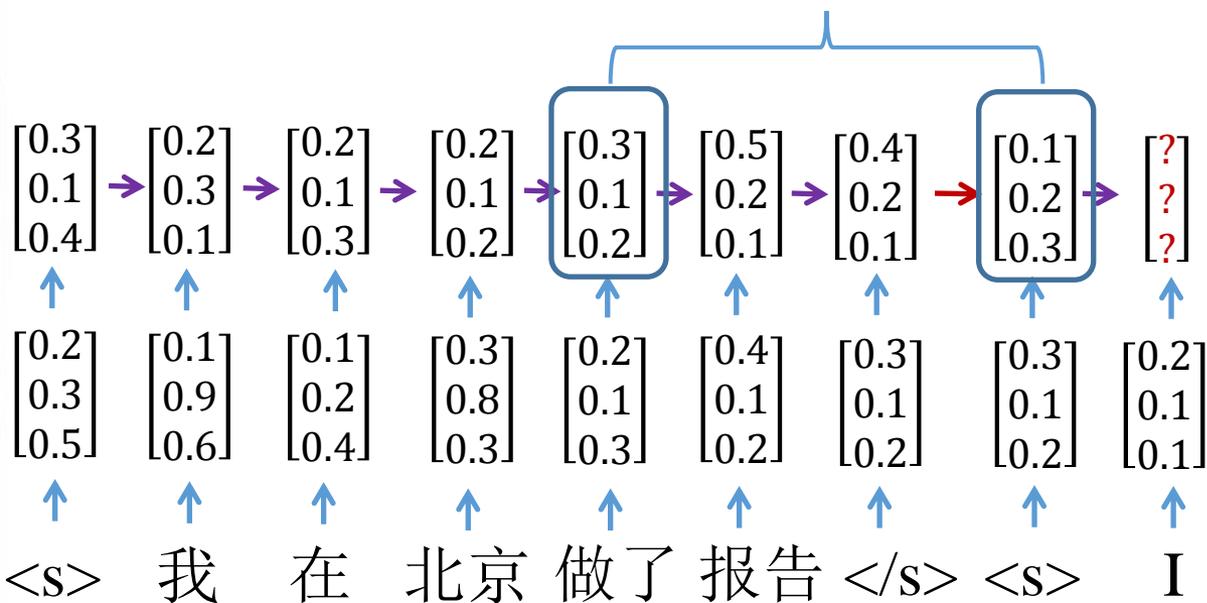
神经机器翻译-注意机制

$$score(h_s, h_t) = 1$$



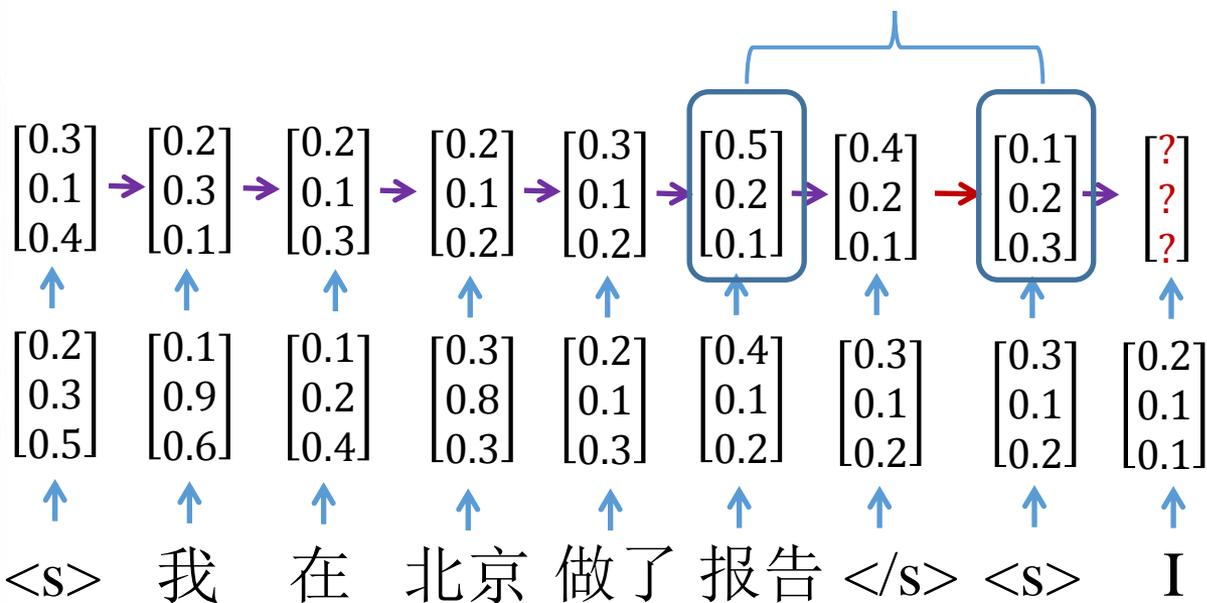
神经机器翻译-注意机制

$$score(h_s, h_t) = 4$$



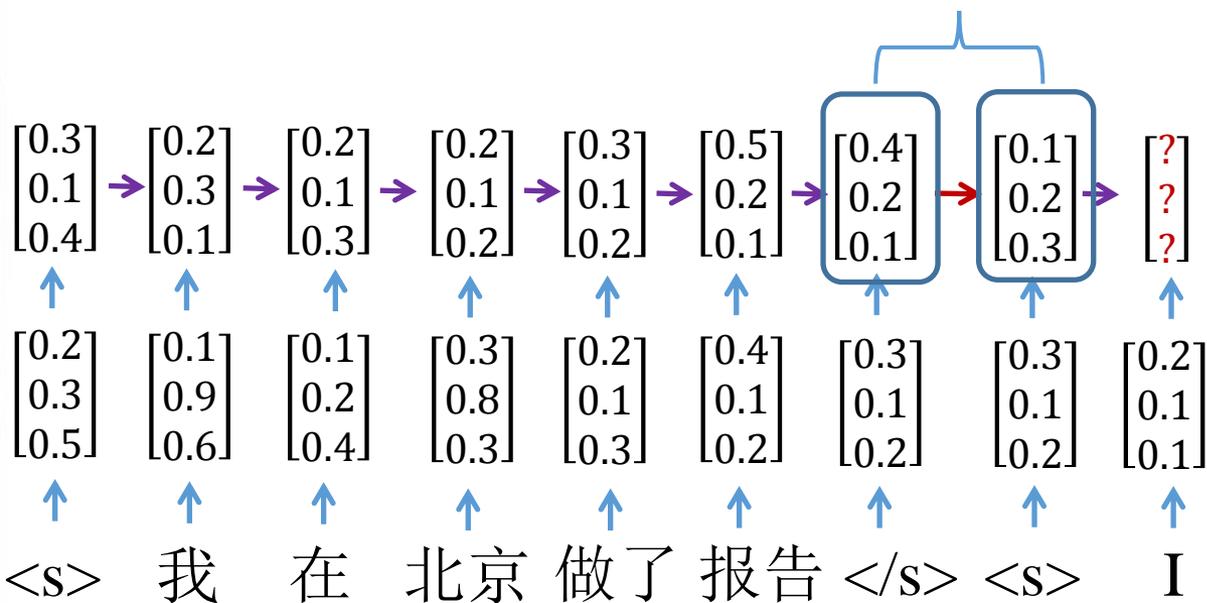
神经机器翻译-注意机制

$$score(h_s, h_t) = 2$$



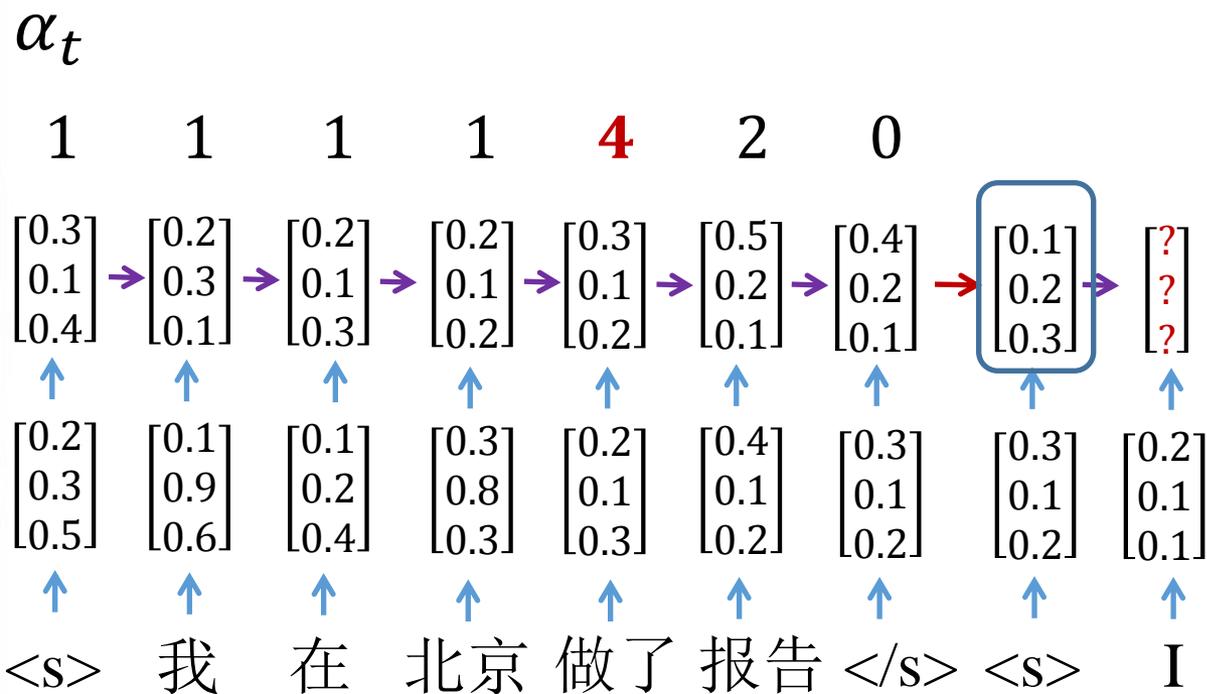
神经机器翻译-注意机制

$$score(h_s, h_t) = 0$$

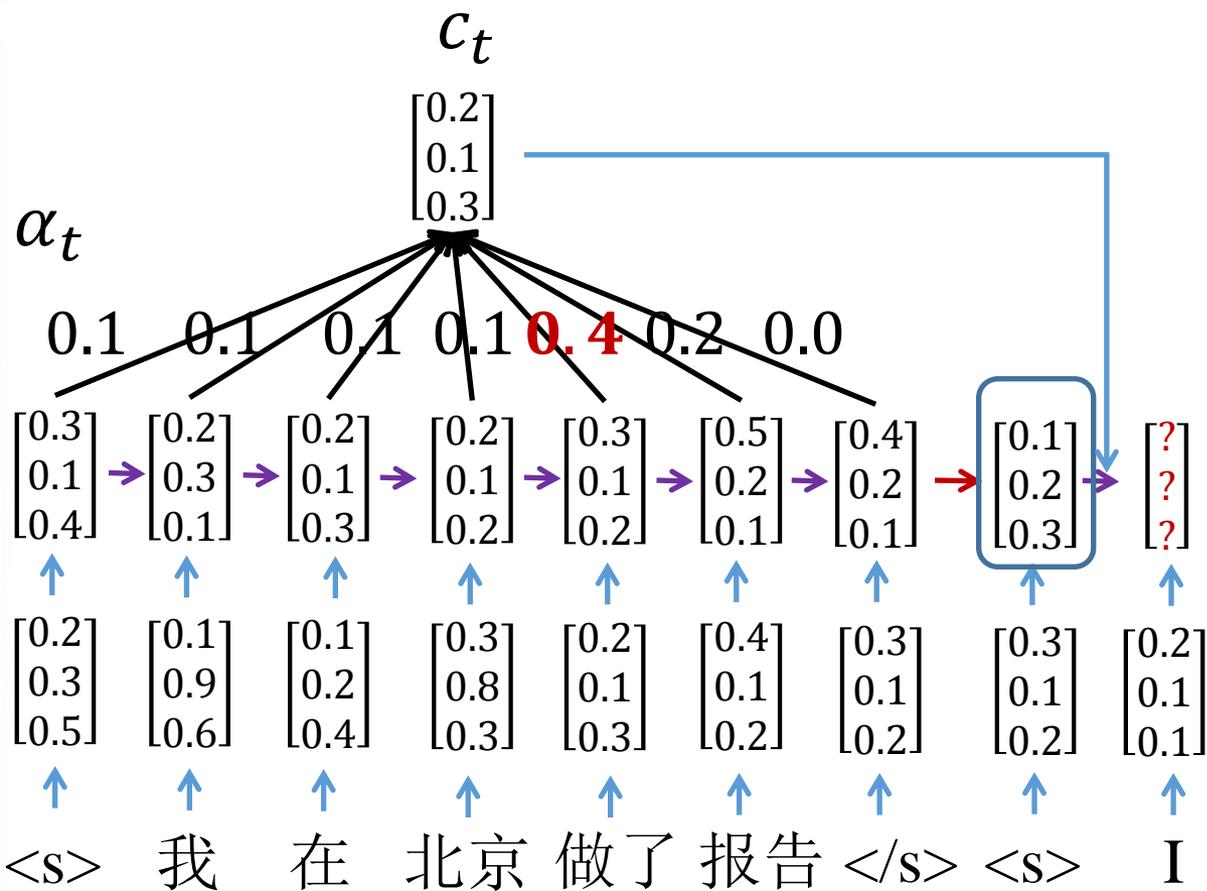


神经机器翻译-注意机制

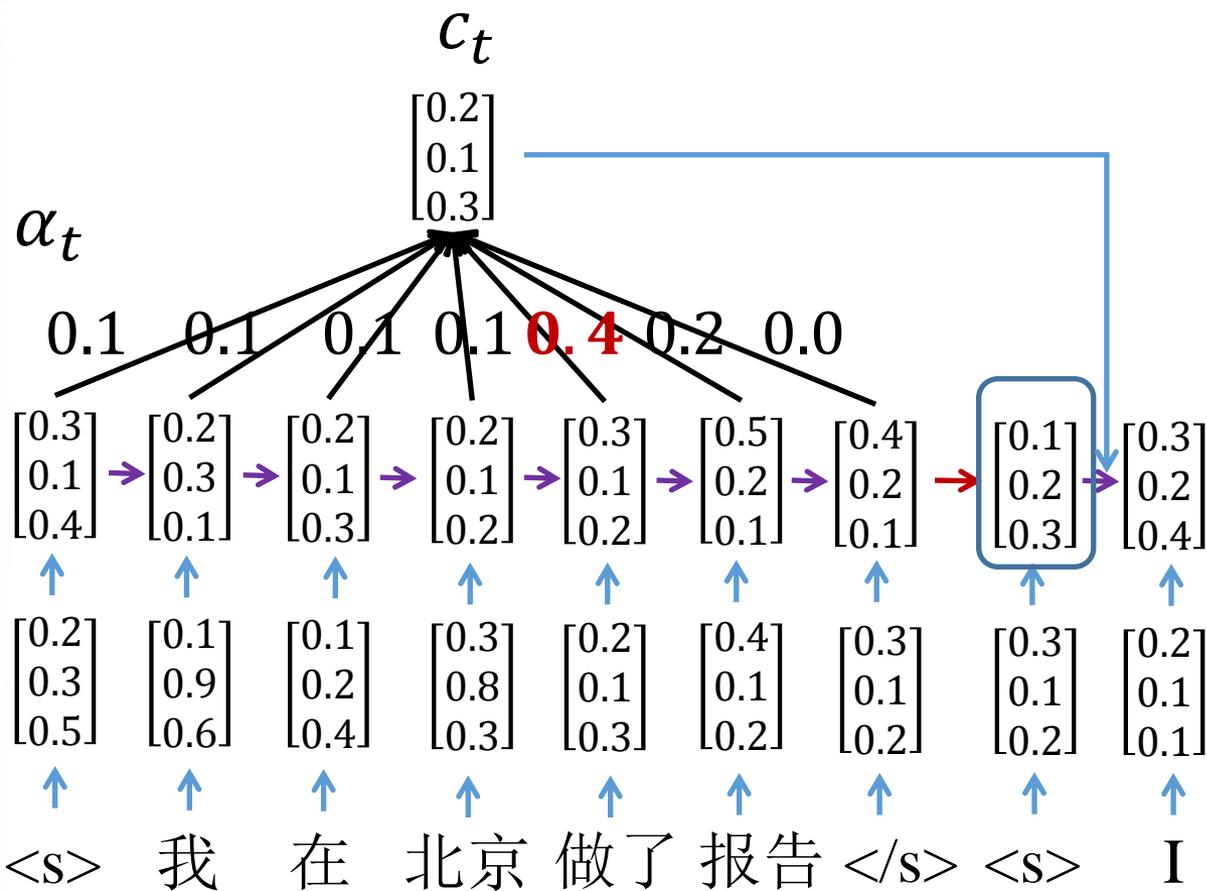
$$score(h_s, h_t)$$



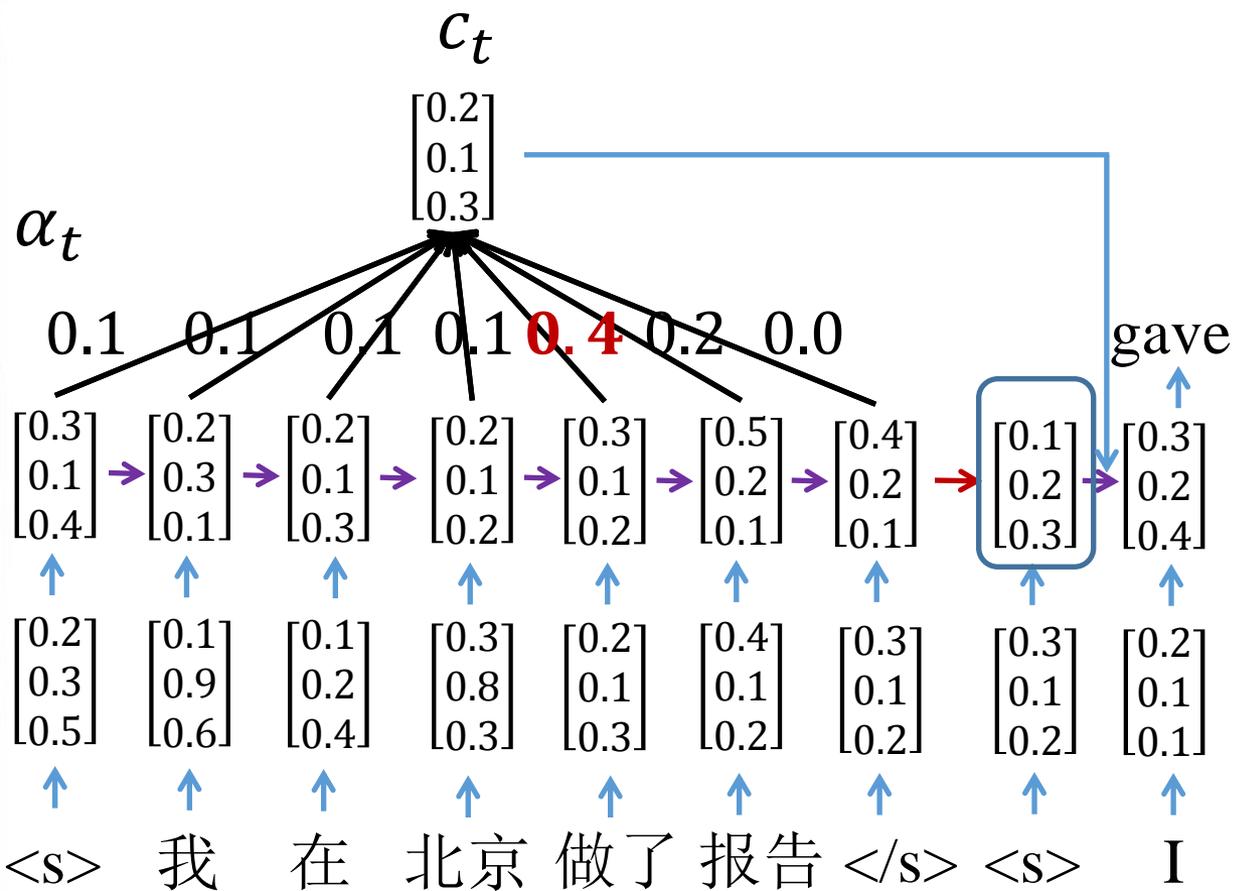
神经机器翻译-注意机制



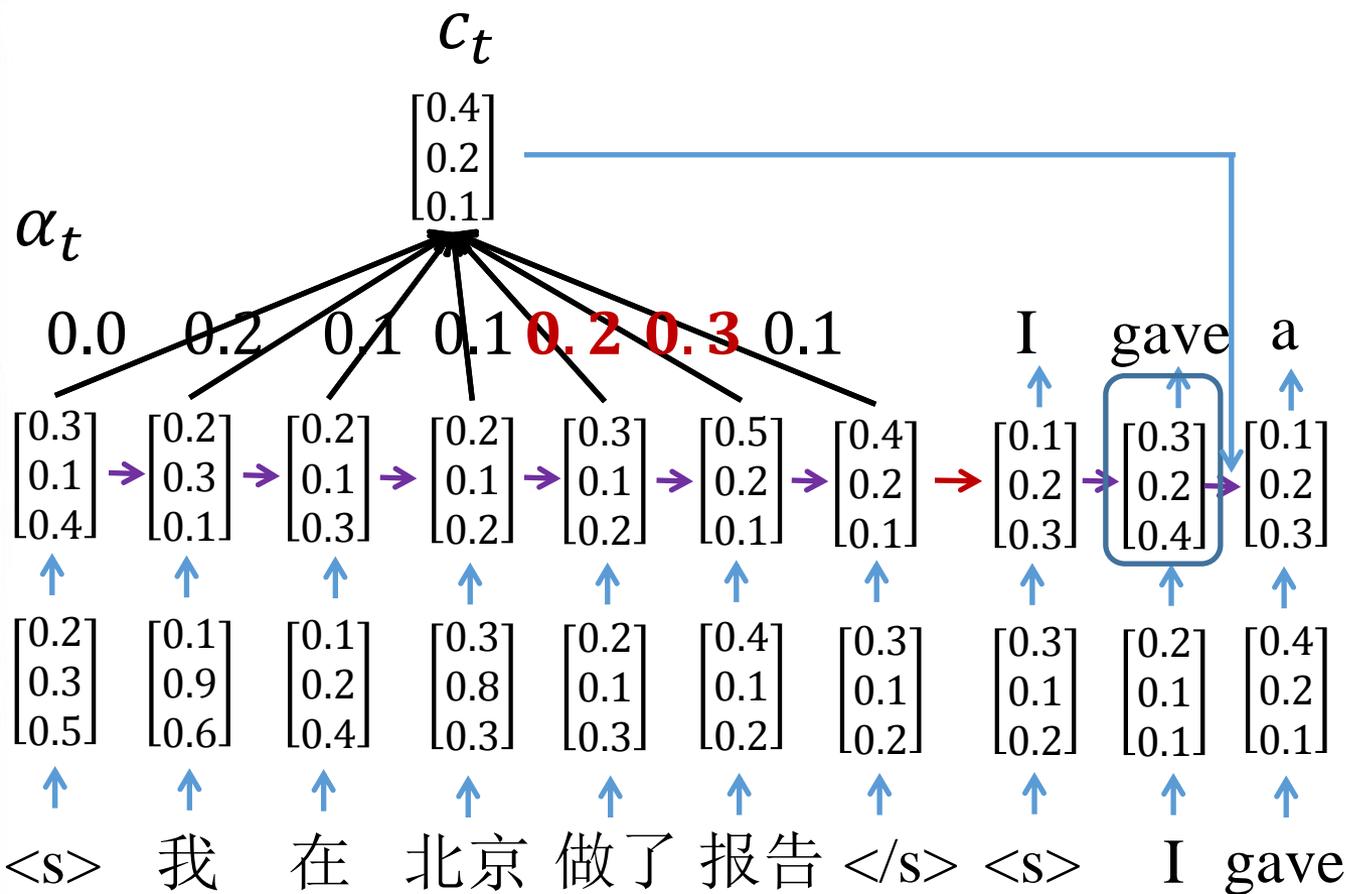
神经机器翻译-注意机制



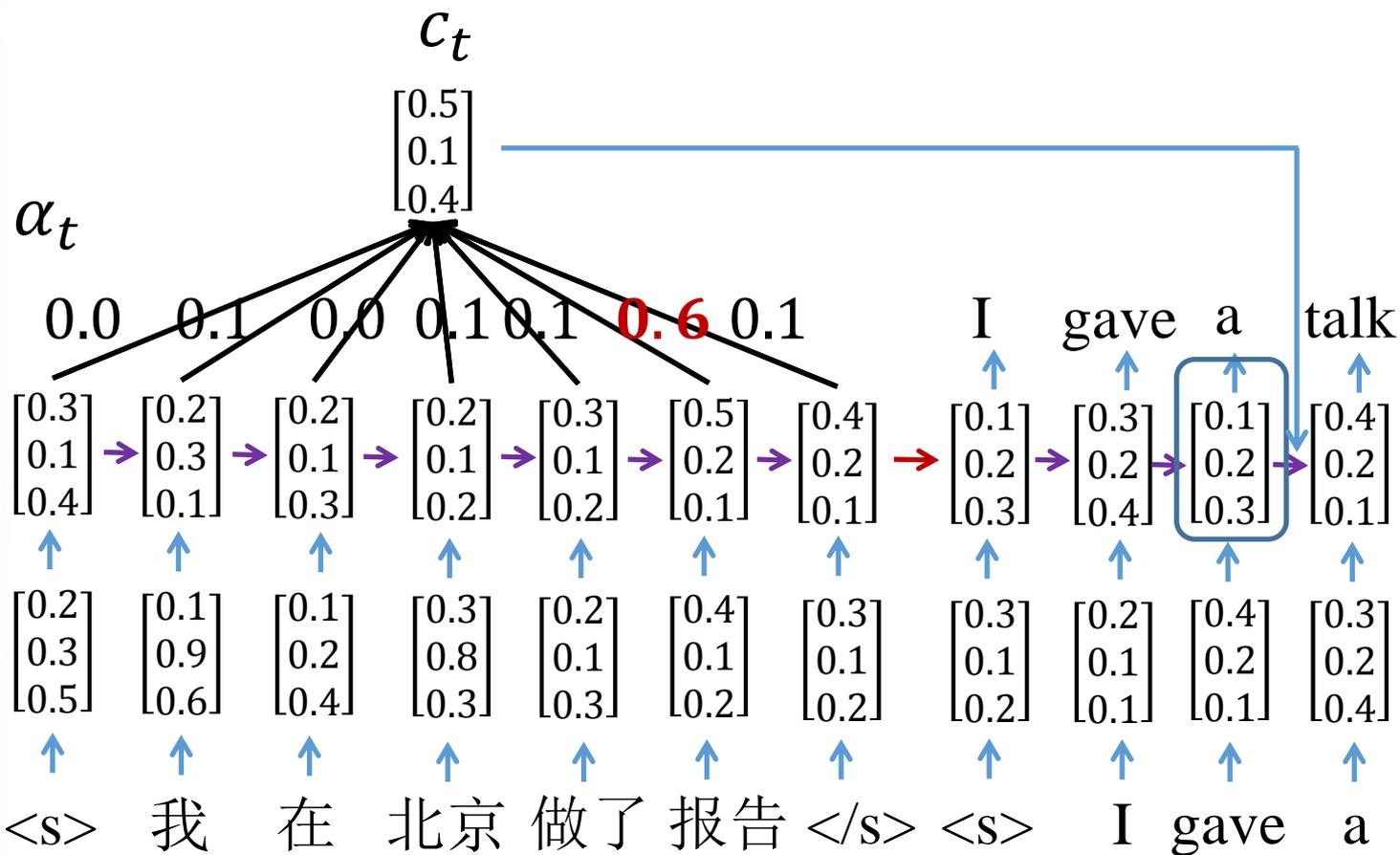
神经机器翻译-注意机制



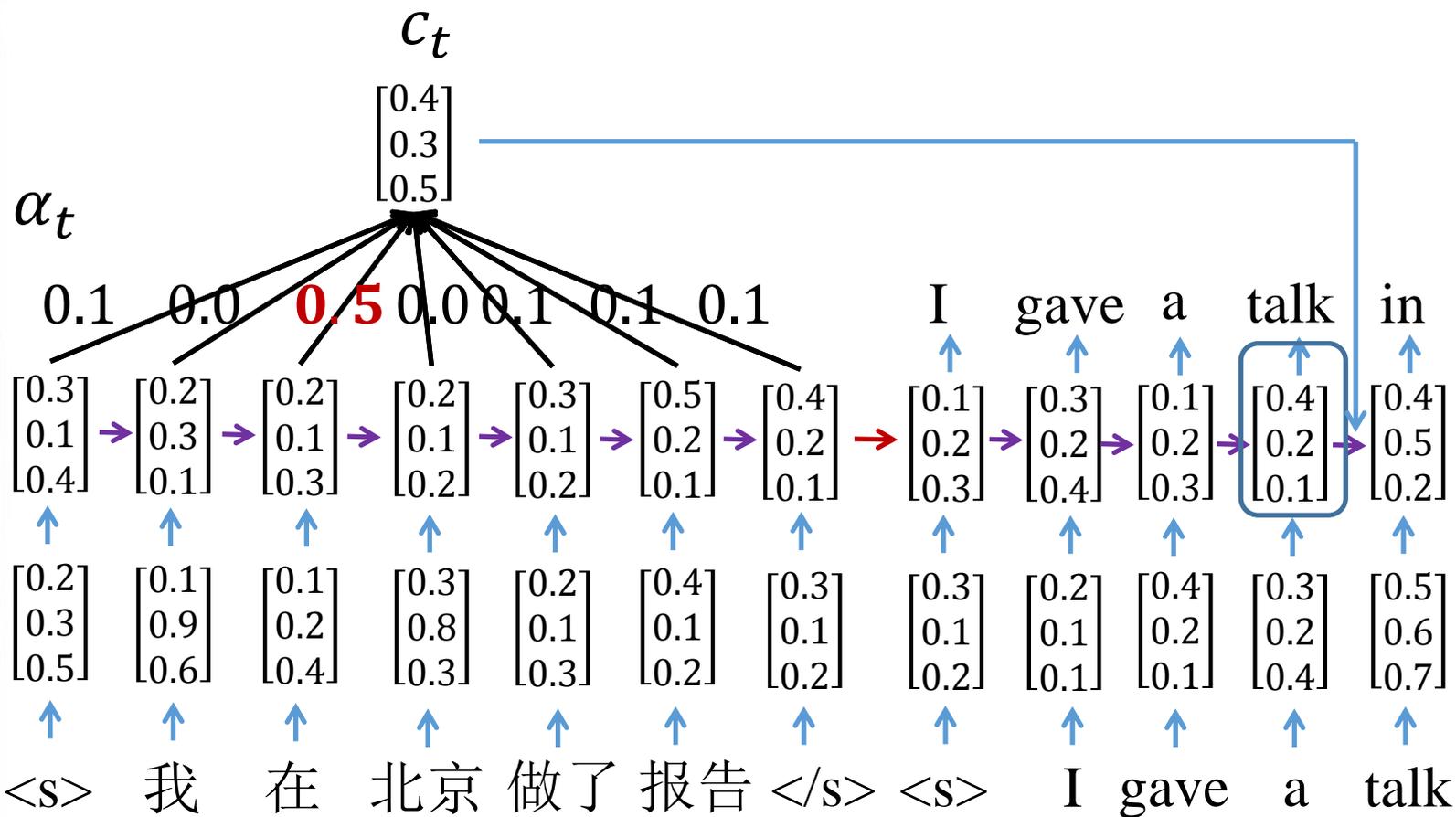
神经机器翻译-注意机制



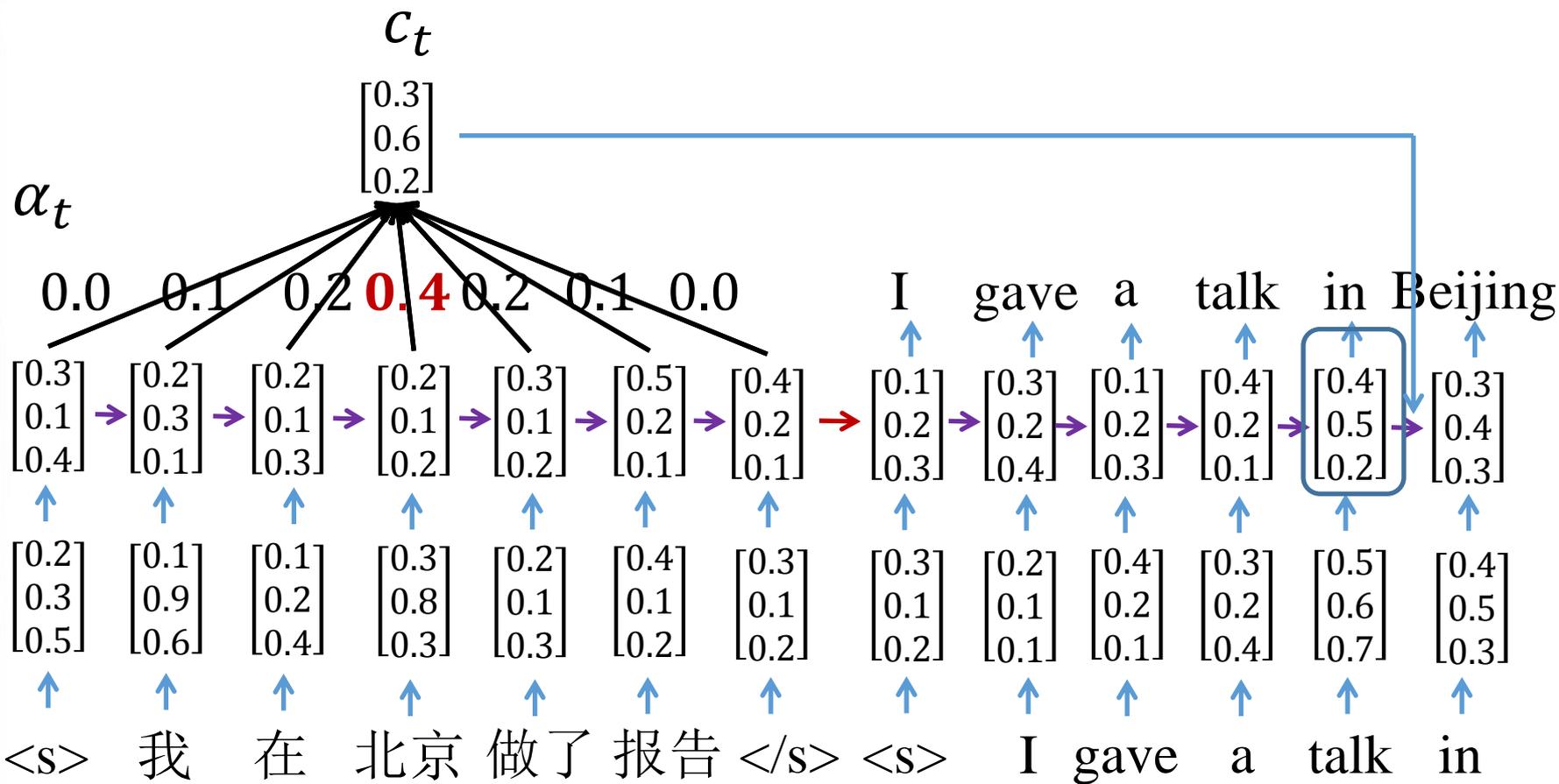
神经机器翻译-注意机制



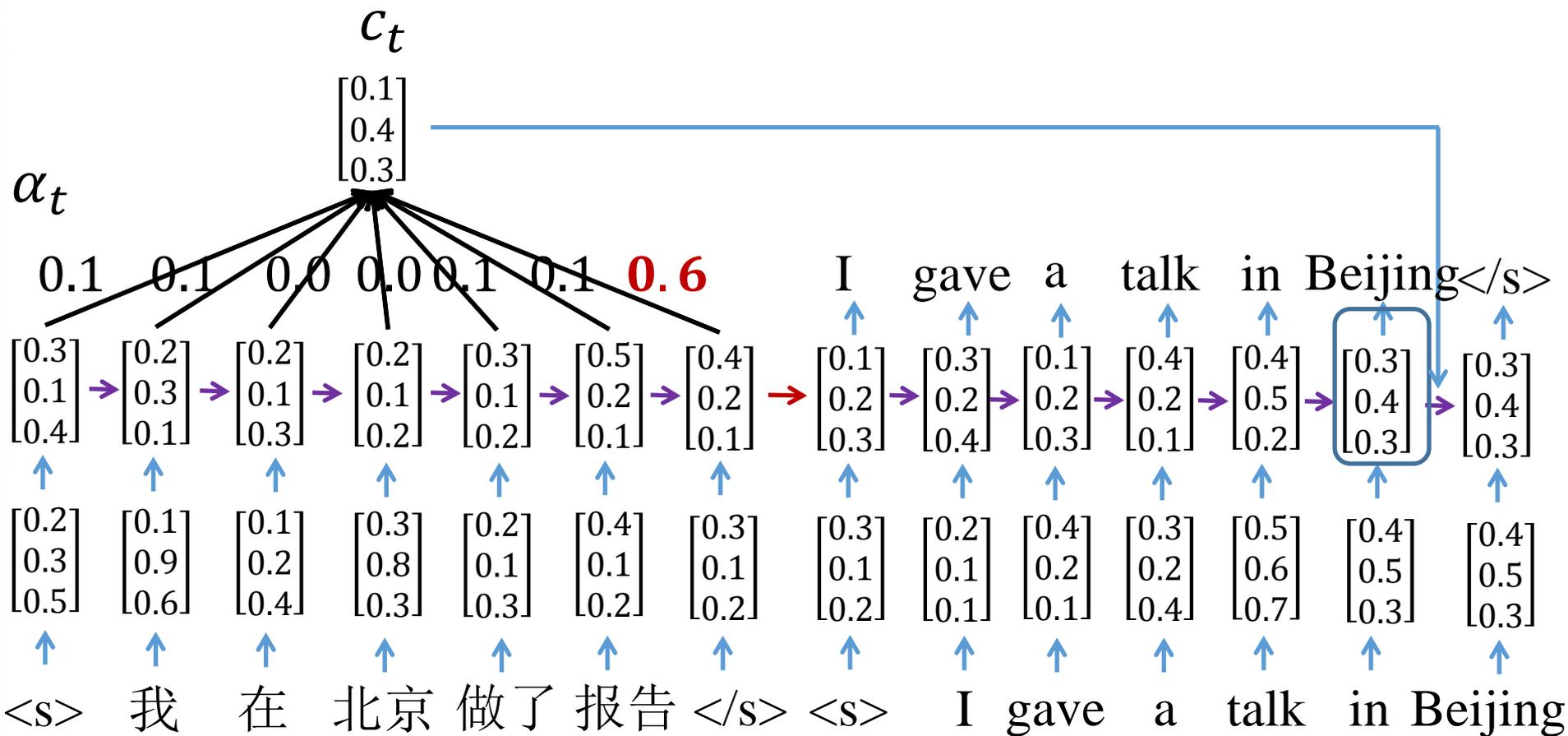
神经机器翻译-注意机制



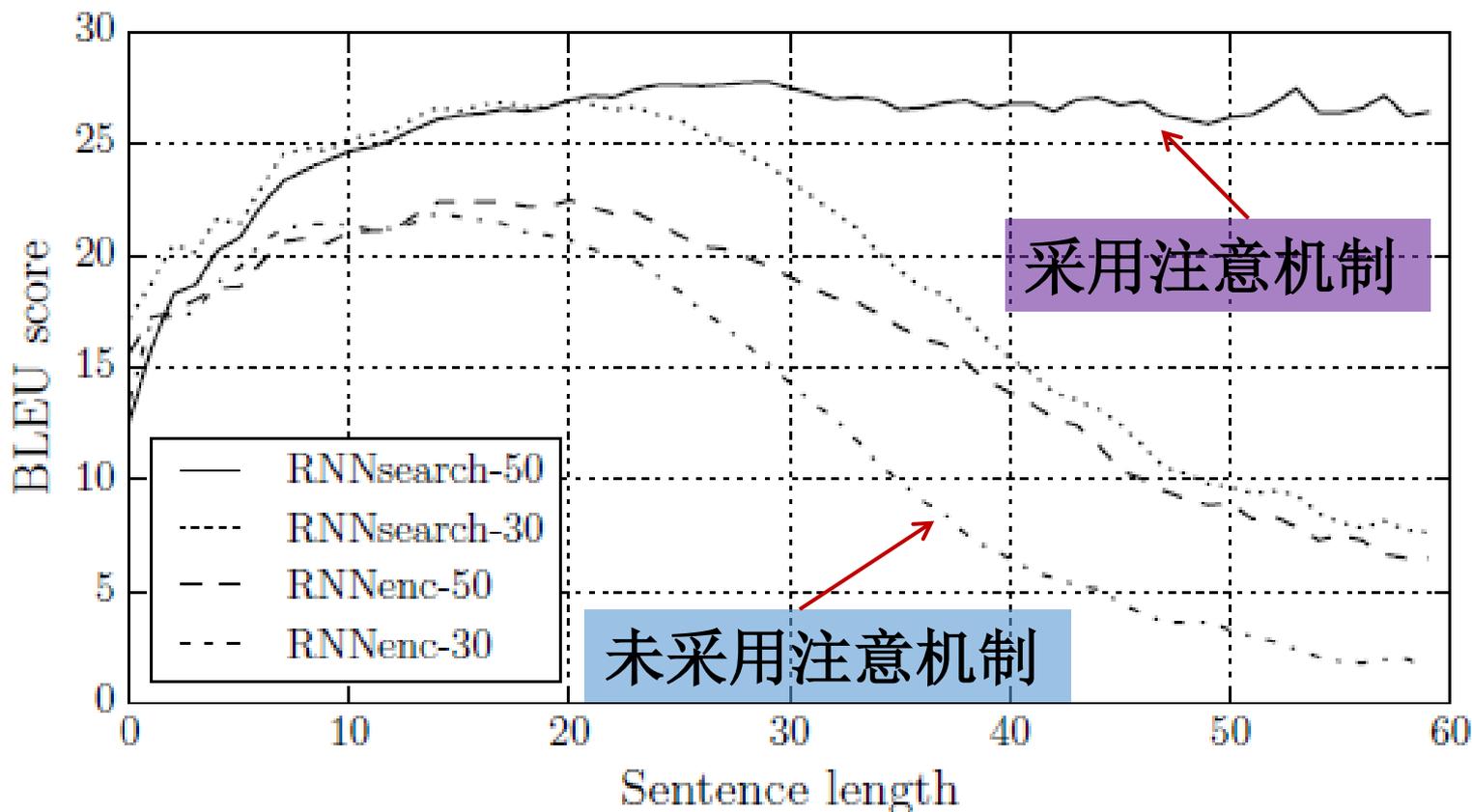
神经机器翻译-注意机制



神经机器翻译-注意机制



神经机器翻译-注意机制



RNNenc: 无注意机制, **RNNsearch:** 采用注意机制

翻译实例

south korean envoy calls for dialogue between the united states and north korea .

南韩	■	■	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
特使	□	□	■	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
呼吁	□	□	□	■	■	□	□	□	□	□	□	□	■
美国	□	□	□	□	■	■	■	■	■	□	□	□	□
与	□	□	□	□	□	■	■	□	□	■	□	□	■
北韩	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	■	■
对话	□	□	□	□	■	■	■	□	□	□	■	□	■

工业界研究机构

➤ 国外：

- Google
- Microsoft
- IBM
- Facebook
- ...

➤ 国内：

- 百度
- 华为
- 阿里巴巴
- 腾讯
- 搜狗
- 有道
- ...

工业界线上产品

Baidu 翻译

检测到英语 ⇌ 中文 **翻译**

State Councilor Yang Jiechi, speaking at a reception to celebrate the 45th anniversary of the epoch-making event, said China will continue to work with the UN and all other countries to advance peace and development for mankind.

2015年上线，系统描述未知

国务委员杨洁篪，在一个酒会庆祝的划时代事件第四十五周年，表示中国将继续与联合国和其他国家努力推进人类和平与发展。

拼音 双语对照

工业界线上产品

The screenshot shows the Google Translate interface. At the top, the Google logo is visible. Below it, the word "Translate" is displayed. The source language is set to "Chinese" and the target language is "English". The input text is: "State Councilor Yang Jiechi, speaking at a reception to celebrate the 45th anniversary of the epoch-making event, said China will continue to work with the UN and all other countries to advance peace and development for mankind." The translated text is: "国务委员杨洁chi在庆祝成立45周年的招待会上说，中国将继续与联合国和所有其他国家合作，推动人类的和平与发展。". A red text overlay in the center of the screenshot reads: "2016年9月上线，有详细系统描述".

Google

Translate

Chinese English Spanish Detect language

State Councilor Yang Jiechi, speaking at a reception to celebrate the 45th anniversary of the epoch-making event, said China will continue to work with the UN and all other countries to advance peace and development for mankind.

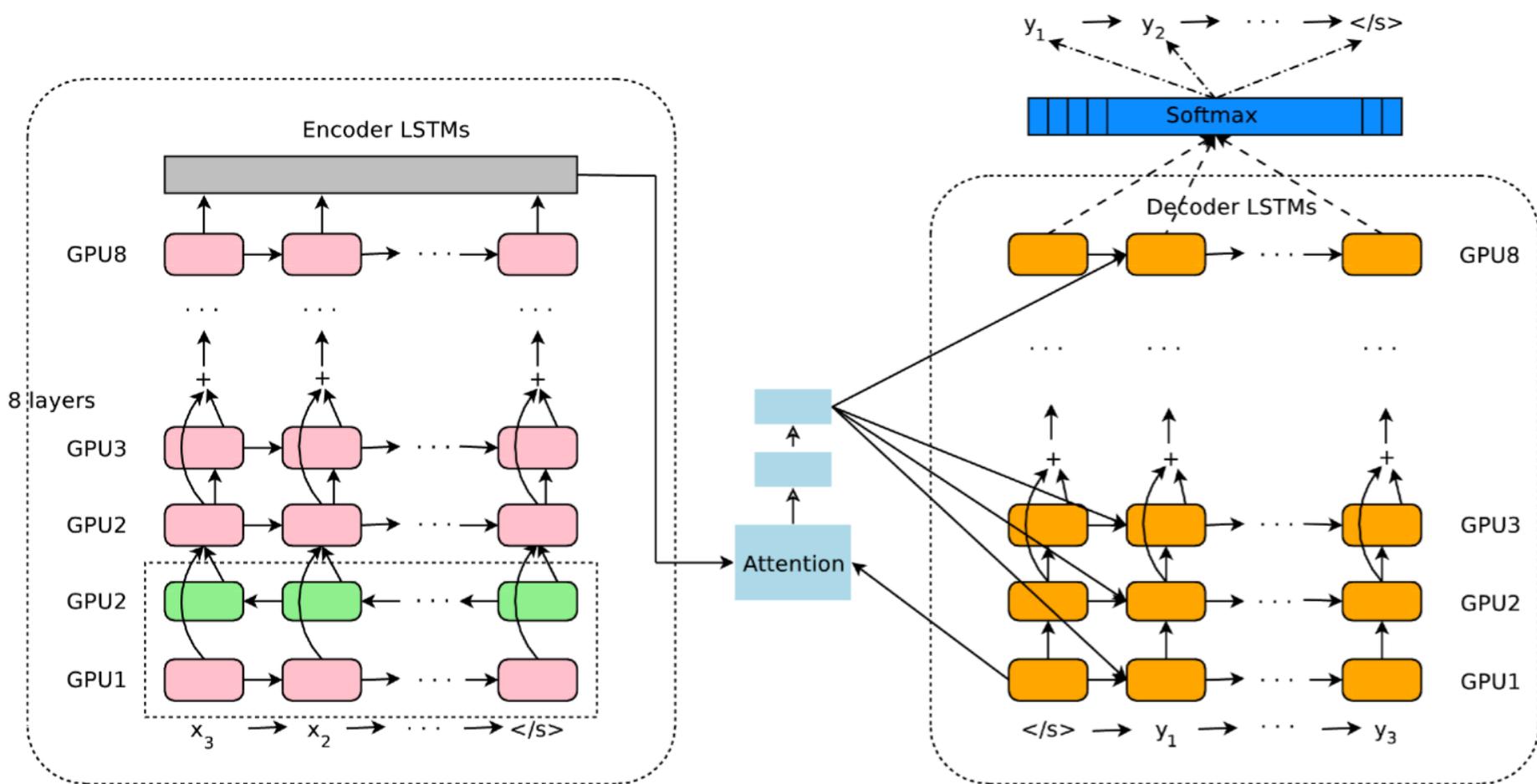
2016年9月上线，有详细系统描述

English Chinese (Simplified) Spanish Translate

国务委员杨洁chi在庆祝成立45周年的招待会上说，中国将继续与联合国和所有其他国家合作，推动人类的和平与发展。

Suggest an edit

工业界线上产品



GNMT: 谷歌神经翻译系统

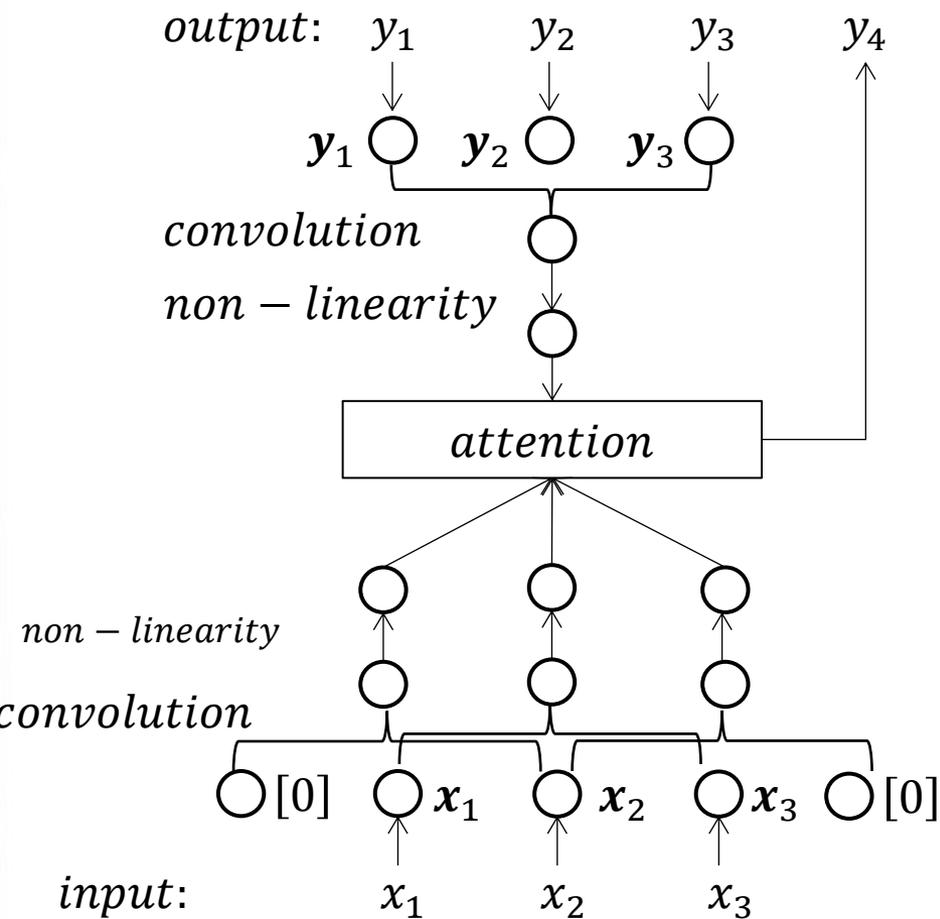
工业界线上产品

	PBMT	GNMT	Human	Relative Improvement
English → Spanish	4.885	5.428	5.550	87%
English → French	4.932	5.295	5.496	64%
English → Chinese	4.935	4.594	4.987	58%
Spanish → English	4.872	5.187	5.372	63%
French → English	5.046	5.343	5.404	83%
Chinese → English	3.694	4.263	4.636	60%

人工评测提升显著!

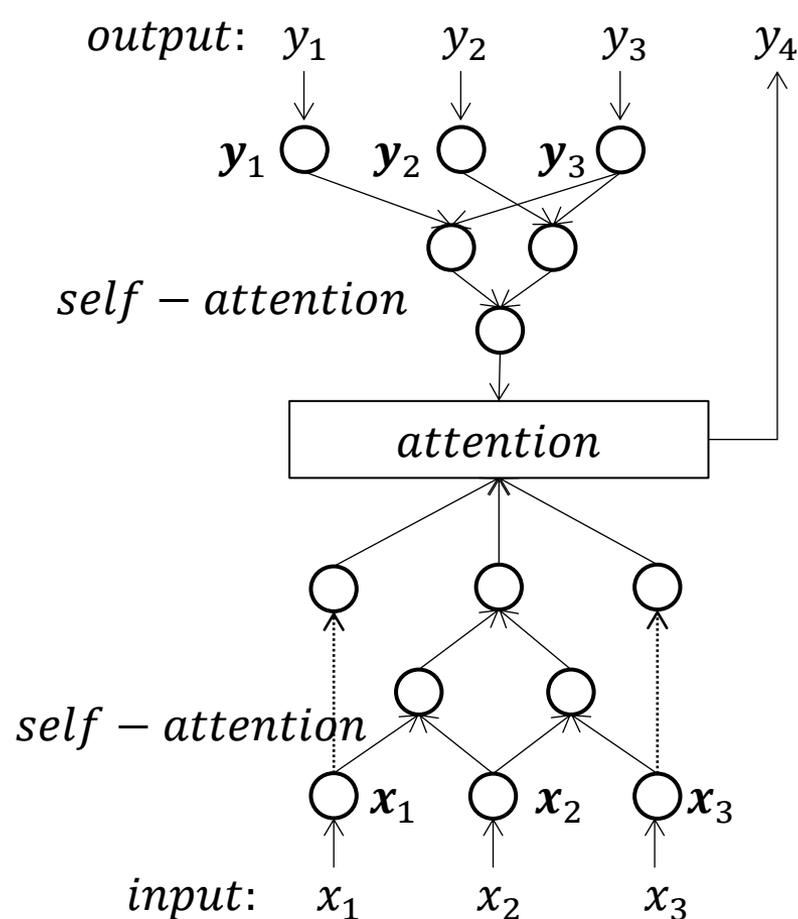
GNMT: 谷歌神经翻译系统

模型变革



(a) 基于卷积神经网络的翻译模型

CNMT: Facebook神经翻译系统



(b) 基于纯注意机制的翻译模型

Transformer: Google第二代

开源工具

1. [TensorFlow](#) (Transformer): 谷歌, python, C++/GPU
 2. [ConvolutionalNMT](#): Facebook, Torch/GPU
 3. [OpenNMT](#): Systran+哈佛, Torch/GPU
 4. [GroundHog](#): 加拿大蒙特利尔大学, python/GPU
 5. [dl4mt](#): 美国纽约大学, python/GPU
 6. [Paddle](#): 百度, C++/GPU
 7. [Zoph RNN](#): 美国南加州大学, C++/GPU
 8. [EUREKA-MangoNMT](#): 中科院自动化所, C++/CPU
 9. [Nematus](#): 爱丁堡大学, C++/GPU
-

机器翻译技术落地

- 在线翻译（谷歌、微软、百度、有道、搜狗等）
- 翻译机（科大讯飞、准儿、百度、搜狗等）
- 同传机器翻译（微软、讯飞、腾讯、搜狗等）
 - 基于PowerPoint的语音同传（微软，TAUS 3.22-23）
 - 面向自由说话人的语音同传（腾讯，博鳌亚洲论坛 4.8-11）

未来展望

- 神经机器翻译采用编码解码网络，简单有效，已逐渐取代统计机器翻译，成为主流研究范式
- 神经机器翻译仍面临诸多问题
 - 缺乏可解释性
 - 难利用先验知识、语言相关知识
 - 训练、测试复杂度高（需GPU、甚至TPU）
 - 领域、场景迁移性能差

未来展望

➤ 未来发展

- 神经机器翻译的可解释性研究
- 与专家知识、常识知识的融合研究
- 场景、领域的迁移和定制化研究
- 面向资源稀缺语言的机器翻译建模
- 多模态机器翻译（语音和文本的一体化）研究
- 与硬件的一体化研究

参考文献

1. Dzmitry Bahdanau, Kyunghyun Cho and Yoshua Bengio, 2015. [Neural Translation by Jointly Learning to Align and Translate](http://arxiv.org/pdf/1409.0473.pdf). *http://arxiv.org/pdf/1409.0473.pdf*
2. Yong Cheng, Wei Xu, Zhongjun He, Wei He, Hua Wu, Maosong Sun, and Yang Liu. 2016. [Semi-Supervised Learning for Neural Machine Translation](#). *In Proc. of ACL 2016*.
3. Kyunghyun Cho, Bart van Merriënboer, Caglar Gulcehre, Dzmitry Bahdanau, Fethi Bougares, Holger Schwenk and Yoshua Bengio, 2014. [Learning Phrase Representations using RNN Encoder–Decoder for Statistical Machine Translation](#). *In Proc. of EMNLP 2014*.
4. Daxiang Dong, HuaWu, Wei He, Dianhai Yu and Haifeng Wang, 2015. [Multi-Task Learning for Multiple Language Translation](#). *In Proc. of ACL 2015*.
5. Xiaoqing Li, Jiajun Zhang and Chengqing Zong, 2016a. [Towards Zero Unknown Word in Neural Machine Translation](#). *In Proc. of IJCAI 2016*.
6. Xiaoqing Li, Jiajun Zhang and Chengqing Zong, 2016b. [One Sentence One Model for Neural Machine Translation](https://arxiv.org/pdf/1609.06490.pdf). *https://arxiv.org/pdf/1609.06490.pdf*
7. Minh-Thang Luong, Ilya Sutskever, Quoc Le, Oriol Vinyals and Wojciech Zaremba, 2015a. [Addressing the Rare Word Problem in Neural Machine Translation](#). *In Proc. of ACL 2015*.
8. Minh-Thang Luong, Hieu Pham and Christopher D. Manning, 2015b. [Effective Approaches to Attention - based Neural Machine Translation](#). *In Proc. of EMNLP 2015*.

参考文献

9. Minh-Thang Luong and Christopher D. Manning, 2016. [Achieving Open Vocabulary Neural Machine Translation with Hybrid Word-Character Models](#). *In Proc. of ACL 2016*.
10. Sébastien Jean, Kyunghyun Cho, Roland Memisevic and Yoshua Bengio, 2015. [On Using Very Large Target Vocabulary for Neural Machine Translation](#). *In Proc. of ACL 2016*.
11. Marcin Junczys-Dowmunt, Tomasz Dwojak and Hieu Hoang, 2016. [Is Neural Machine Translation Ready for Deployment? A Case Study on 30 Translation Directions](#). <https://arxiv.org/pdf/1610.01108.pdf>
12. Nal Kalchbrenner and Phil Blunsom, 2013. [Recurrent Continuous Translation Models](#). *In Proc. of EMNLP 2013*.
13. Shiqi Shen, Yong Cheng, Zhongjun He, Wei He, Hua Wu, Maosong Sun, and Yang Liu. 2016. [Minimum Risk Training for Neural Machine Translation](#). *In Proc. of ACL 2016*.
14. Rico Sennrich, Barry Haddow and Alexandra Birch, 2016. [Improving Neural Machine Translation Models with Monolingual Data](#). *In Proc. of ACL 2016*.
15. Ilya Sutskever, Oriol Vinyals and Quoc V. Le, 2014. [Sequence to Sequence Learning with Neural Networks](#). *In Proc. of NIPS 2014*.
16. Zhaopeng Tu, Zhengdong Lu, Yang Liu, Xiaohua Liu and Hang Li, 2016. [Modeling Coverage for Neural Machine Translation](#). *In Proc. of ACL 2016*.

参考文献

17. Mingxuan Wang, Zhengdong Lu, Hang Li and Qun Liu. [Memory-enhanced Decoder for Neural Machine Translation](#). *In Proc. of EMNLP 2016*.
18. Wu et al., 2016. [Google's Neural Machine Translation System: Bridging the Gap between Human and Machine Translation](#). <https://arxiv.org/pdf/1609.08144.pdf>
19. Biao Zhang, Deyi Xiong, Jingsong Su, Hong Duan and Min Zhang, 2016. [Variational Neural Machine Translation](#). *In Proc. of EMNLP 2016*.
20. Jiajun Zhang and Chengqing Zong. 2016a. [Exploiting Source-side Monolingual Data in Neural Machine Translation](#). *In Proc. of EMNLP 2016*.
21. Jiajun Zhang and Chengqing Zong. 2016b. [Bridging Neural Machine Translation and Bilingual Dictionaries](#). <https://arxiv.org/pdf/1610.07272.pdf>
22. Barret Zoph and Kevin Knight, 2016. [Multi-source Neural Machine Translation](#). *In Proc. of NAACL 2016*.
23. Long Zhou, Wenpeng Hu, Jiajun Zhang and Chengqing Zong, 2017. Neural System Combination for Machine Translation. *In Proc. of ACL 2017*.
24. Jonas Gehring, Michael Auli, David Grangier, Denis Yarats and Yann N. Dauphin. Convolutional Sequence to Sequence Learning. *In Proc. of ICML 2017*.
25. Ashish Vaswani, Noam Shazeer, Niki Parmar, Jakob Uszkoreit, Llion Jones, Aidan N. Gomez, Łukasz Kaiser and Illia Polosukhin. Attention is All You Need. *In Proc. of NIPS 2017*.

N L P R



谢谢!
Q&A