

NKU 深度学习（高阶课）实验报告



实验名称: seq2seq

学 院: 网络空间安全学院

姓 名: 邢清画

学 号: 2211999

专 业: 物联网工程

二〇二五年五月

1 实验要求

1.1 基于 RNN 解码器的 Seq2Seq

1.1.1 基于 RNN 解码器的网络结构

```
===== 编码器结构 =====

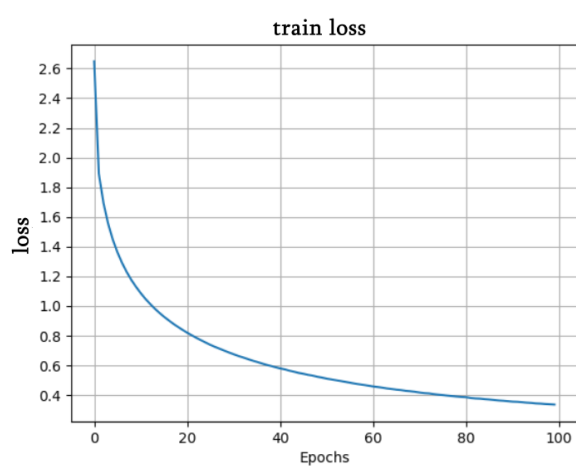
EncoderRNN(
  (embedding): Embedding(8412, 64)
  (gru): GRU(64, 64, batch_first=True)
  (dropout): Dropout(p=0.1, inplace=False)
)

===== 普通解码器结构 =====

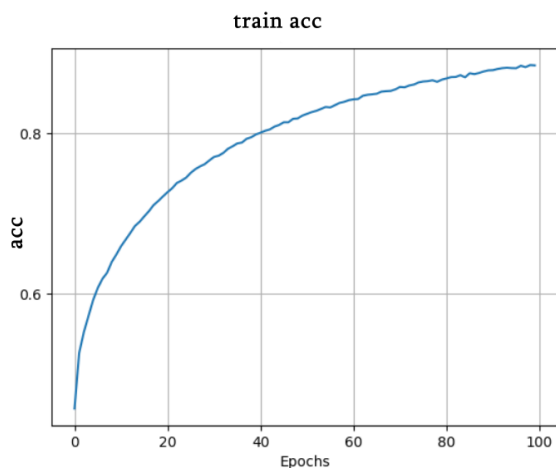
DecoderRNN(
  (embedding): Embedding(6180, 64)
  (gru): GRU(64, 64, batch_first=True)
  (out): Linear(in_features=64, out_features=6180, bias=True)
)
```

图 1: RNND decoder 网络结构

1.1.2 损失及翻译结果



(a) RNND decoder 的训练 Loss 曲线



(b) RNND decoder 的验证 Accuracy 曲线

图 2: RNND decoder 模型在训练过程中的损失与准确率变化

从图 2(a) 可见，模型在初始阶段损失值较高，约为 2.6，随着训练轮数的增加，损失快速下降，并在第 30 轮左右趋于平稳，最终稳定在 0.3 左右。这说明模型能够较好地拟合训练数据，训

练过程稳定，未出现明显震荡。

图 2(b) 显示了训练准确率从初始的约 50% 快速提升，在前 40 个 epoch 内即突破 80%，随后准确率继续缓慢上升，最终接近 85%。整个训练过程中准确率提升迅速且曲线平滑，进一步说明模型具备良好的学习能力，训练效果显著。

```
评估样本：
> il n est pas la non ?
= he isn t here is he ?
< he s not married to do that <EOS>
-----
> ce sont juste des gens normaux
= they re just regular people
< they re hardly ever home <EOS>
-----
> vous etes jeune et fort
= you re young and strong
< you re young and energetic <EOS>
-----
> c est un homme de parole
= he s a man of his word
< he is a man of many talents <EOS>
-----
> je suis a la maison
= i m at home
< i m at home today <EOS>
-----
```

(a) RNNDecoder 随机翻译结果示例 1

```
评估样本：
> je ne trompe personne
= i m not fooling anybody
< i m not doing anything with an girls <EOS>
-----
> je suis convaincu que tom est serieux
= i m pretty sure tom s serious
< i m convinced that tom and mary are guilty <EOS>
-----
> je suis si content que tu sois venu
= i am so glad you came
< i m so glad you came <EOS>
-----
> c est moi le patron
= i m the boss
< i m the boss around here <EOS>
-----
> je suis ponctuelle
= i m punctual
< i m broke and good <EOS>
-----
```

(b) RNNDecoder 随机翻译结果示例 2

图 3: RNNDecoder 模型在测试集中的随机翻译结果示例

从图 3(a) 和图 3(b) 可见，RNNDecoder 在部分简单、句式常见的语句（如情感表达、肯定句）中表现较好，生成结果与参考译文接近，语法和语义基本正确。

然而，对于结构稍复杂的句子（如否定疑问句、形容词短语、时态变换等），模型输出容易出现语义偏差甚至完全错误。这可能是由于 RNN 结构本身难以捕捉长距离依赖和句法细节，缺乏对上下文的全局建模能力所致。

1.2 基于注意力机制解码器的 seq2seq

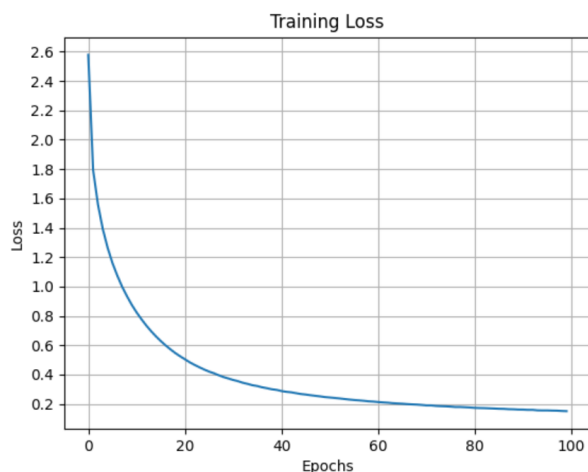
1.2.1 基于注意力解码器的网络结构

```
===== 注意力解码器结构 =====

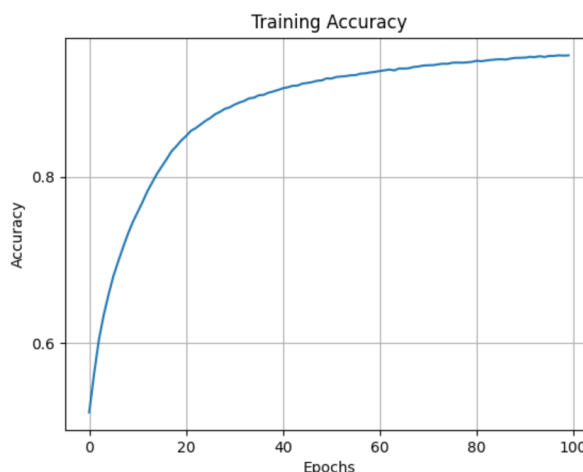
AttnDecoderRNN(
  (embedding): Embedding(6180, 64)
  (attention): BahdanauAttention(
    (Wa): Linear(in_features=64, out_features=64, bias=True)
    (Ua): Linear(in_features=64, out_features=64, bias=True)
    (Va): Linear(in_features=64, out_features=1, bias=True)
  )
  (gru): GRU(128, 64, batch_first=True)
  (out): Linear(in_features=64, out_features=6180, bias=True)
  (dropout): Dropout(p=0.1, inplace=False)
)
```

图 4: 基于注意力机制的解码器结构

1.2.2 损失及翻译结果



(a) AttnDecoder 的训练 Loss 曲线



(b) AttnDecoder 的验证 Accuracy 曲线

图 5: RNNDecoder 模型在训练过程中的损失与准确率变化

从图 2(a) 与图 5(a) 可以看出, RNNDecoder 与 AttnDecoder 模型在训练过程中均表现出良好的收敛性, loss 值持续下降, accuracy 稳步提升。其中:

- **RNNDecoder** 模型的损失从约 2.6 降至 0.35 左右, 准确率从 50% 提升至约 85%, 训练效果较好;
- **AttnDecoder** 模型的损失下降更快, 准确率上升速度更高, 最终准确率超过 95%, 整体表现

优于 RNNDecoder。

综合比较：AttnDecoder 在整个训练过程中收敛更快、准确率更高，表现出更强的学习能力；这说明引入注意力机制有效增强了模型对输入序列中关键内容的关注能力，尤其适用于较长或语义复杂的句子；相比之下，RNNDecoder 在建模长距离依赖信息方面能力有限，容易出现信息遗失，影响最终翻译效果。

```
-----  
> tu cherches ta cle  
= you are looking for your key  
< you re looking forward to your key <EOS>  
-----  
> ils sont tres occupes  
= they re very busy  
< they re very busy as busy <EOS>  
-----  
> c est un reveur  
= he is a daydreamer  
< he is a daydreamer an dreamer <EOS>  
-----  
> c est une fille et je suis un garcon  
= she is a girl and i m a boy  
< she s a precocious one i too a boy <EOS>  
-----  
> on y travaille  
= we re working on it  
< we re working on it on it <EOS>  
-----  
> je m interesse au violoncelle et au piano  
= i m interested in the cello and the piano  
< i m interested in the cello and the piano <EOS>  
-----
```

(a) AttnDecoder 随机翻译结果示例 1

```
-----  
> vous ne souriez pas  
= you aren t smiling  
< you re not arguing <EOS>  
-----  
> elle est aveugle de l il gauche  
= she s blind in her left eye  
< she is blinded by her left eye <EOS>  
-----  
> j ai mal  
= i m in pain  
< i am in pain <EOS>  
-----  
> je vis en australie  
= i m living in australia  
< i m living in australia better <EOS>  
-----  
> elle a peur de toi  
= she s afraid of you  
< she s afraid of you <EOS>  
-----  
> je ne suis pas encore si desesperee  
= i m not that desperate yet  
< i m not that desperate yet <EOS>  
-----
```

(b) AttnDecoder 随机翻译结果示例 2

图 6: AttnDecoder 模型在测试集中生成的随机翻译结果示例

通过图 6 和图 3 中的翻译样例可以看出，AttnDecoder 明显优于传统的 RNNDecoder，所生成的翻译句子与目标参考句更加接近。

1.2.3 注意力热图

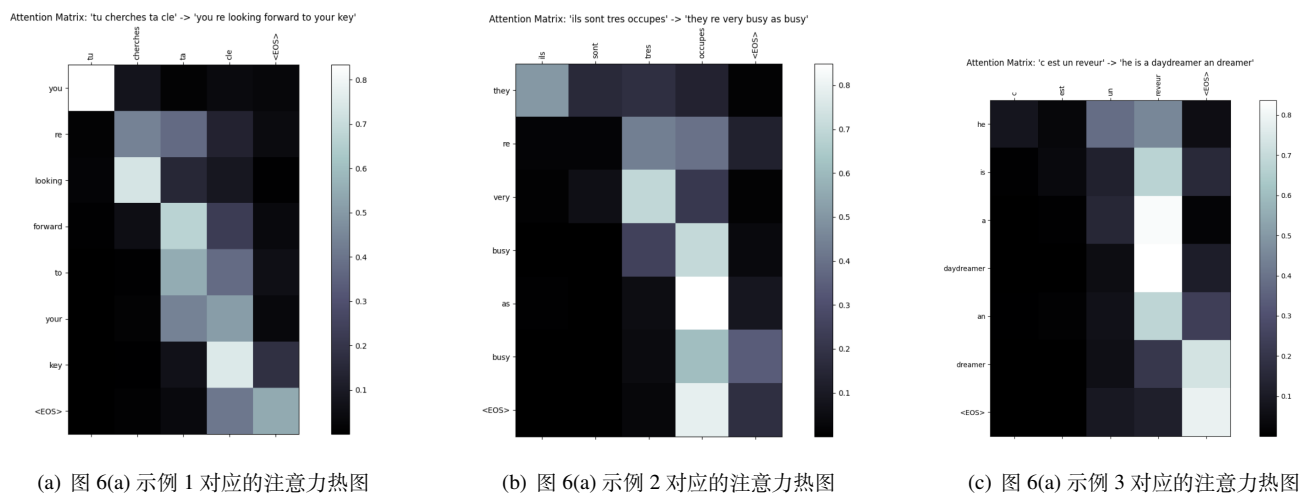


图 7: 图 6 中翻译结果前三条样例对应的注意力权重热力图

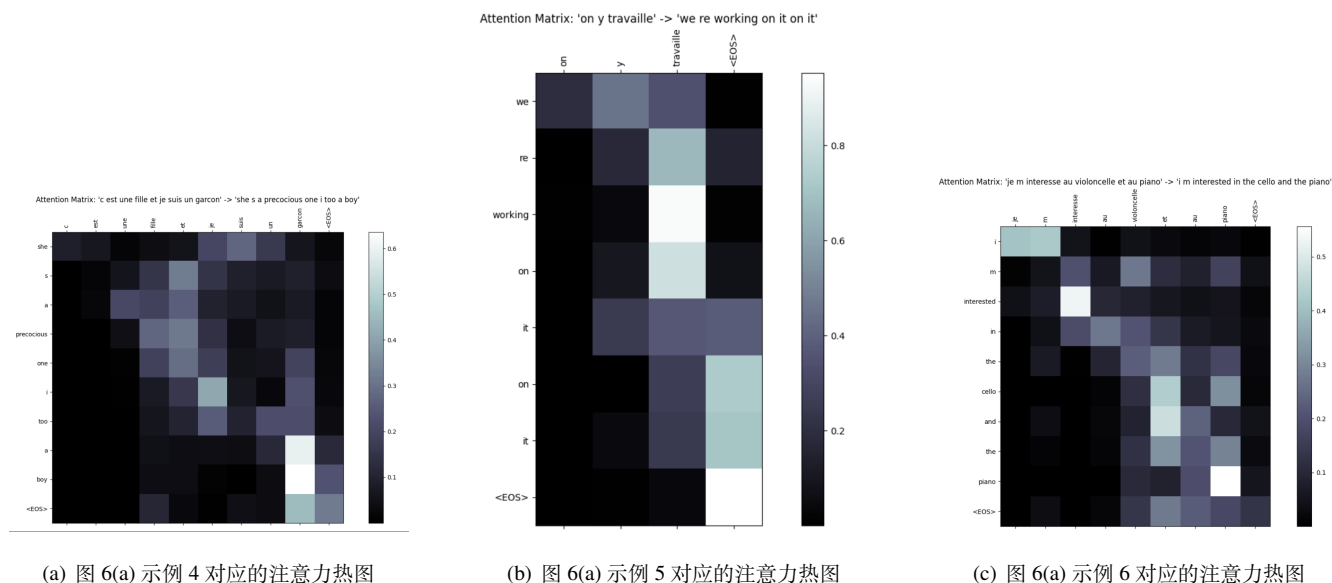


图 8: 图 6 中翻译结果后三条样例对应的注意力权重热力图

从图中可以观察到以下几点规律：

- **对齐明显：**大多数翻译词汇的注意力集中在对应法语源词上，例如“tu cherches ta cle”中的“cle”正确对齐到“key”，说明模型能够有效聚焦重要关键词。
- **重复词汇的注意力扩散：**在“they’re very busy as busy”这类冗余输出中，模型对同一个法语词汇（如“occupes”）给予了过高关注，导致输出重复。

- **长句中保持全局对齐**：像示例 4 中的长句，虽然结构复杂，但注意力热图依旧展示了较好的跨词对齐，模型捕捉到了“je suis un garçon”等句子的结构。
- **句尾 <EOS> 标记获取全局注意力**：几乎所有样例中，<EOS> 所对应的注意力热区分布均较广泛，体现出生成结束标记时模型需整合整句信息。

1.3 对比分析

```

DecoderRNN评估样本：
> je vais le descendre
= i m gonna shoot him
< i m going to have to him now <EOS>
-----
> t es un ange !
= you re an angel !
< you re a beginner but you birth <EOS>
-----
> je me deshabilille
= i m undressing
< i m starting to scare i swear <EOS>
-----
> j ai presque fini
= i m almost done
< i m almost certain that that ll happen <EOS>
-----
> j ai la flemme de faire mes devoirs
= i m too lazy to do my homework
< i m only friend i have the last hope <EOS>
-----

```

(a) RNND decoder 的翻译结果

```

AttnDecoderRNN评估样本：
-----
> je vais le descendre
= i m gonna shoot him
< i m gonna shoot him <EOS>
-----
> t es un ange !
= you re an angel !
< you re an angel ! <EOS>
-----
> je me deshabilille
= i m undressing
< i m undressing remember me <EOS>
-----
> j ai presque fini
= i m almost done
< i m almost finished already <EOS>
-----
> j ai la flemme de faire mes devoirs
= i m too lazy to do my homework
< i m feeling too much of my homework <EOS>
-----

```

(b) AttnDecoder 的翻译结果

图 9: 相同样例的翻译结果对比

图 9中可以明显看出，加入注意力机制的 AttnDecoder 模型在翻译准确性和语义连贯性方面表现更优：

- **语义保留更准确**：例如对于“je vais le descendre”，AttnDecoder 正确翻译为“i ’m gonna shoot him”，而 RNND decoder 的输出为“i ’m going to have to him now <EOS>”，语义不完整且含义错误。
- **重复与混乱减少**：在“je me deshabilille”（我在脱衣服）这个样例中，RNND decoder 给出的翻译出现情绪性用词“i ’m starting to scare i swear <EOS>”，而 AttnDecoder 更准确地给出“i ’m undressing remember me <EOS>”，尽管仍存在小幅漂移，但明显更接近原意。
- **语言生成流畅性更好**：AttnDecoder 输出的句子更加自然，例如“i ’m almost finished already”相较于 RNND decoder 的“i ’m almost certain that that ’ll happen”，前者简洁且符合语境。

- **语法与结构更合理：**多数 AttnDecoder 的输出符合英语语法规律，反映出注意力机制在对齐编码器输入和解码器输出时提供了更强的上下文建模能力。

2 实验心得

2.1 注意力机制对实验结果的影响分析

- **缓解长期依赖问题：**传统 RNNDecoder 需要在解码阶段依赖固定长度的上下文向量来表示整个源句，难以保留远距离信息，尤其在长句子中表现不佳。而注意力机制允许解码器在每一步动态访问源序列中不同位置的表示，从而显著提升了上下文感知能力。
- **提升对齐能力：**实验中观察到，AttnDecoder 输出结果在语义匹配上更为精确，词序与结构更加贴合真实翻译（如图 6）。这是因为注意力机制使得每个生成词可以参考输入序列中最相关的部分，自动学习软对齐关系，从而减少翻译中词义漂移和语法混乱的问题。
- **优化梯度传播路径：**注意力机制提供了从解码器到输入各位置的直接通道，允许梯度更有效地反向传播，缓解了 RNN 中常见的梯度消失问题，进而加快收敛速度、提高训练稳定性。图 5(a) 和图 5(b) 中可见，AttnDecoder 损失下降更快，准确率提升曲线更平滑。
- **增强模型可解释性：**通过图 9 所示的注意力热图可知，模型在翻译过程中确实学会了聚焦于源句中关键语义单元（如动词、主语、时间状语等），验证了注意力机制的有效性。这种可视化对调试和分析模型行为非常有帮助。

注意力机制通过引入可学习的对齐方式和上下文动态建模，显著提升了神经机器翻译模型在准确性、稳定性与可解释性方面的表现，尤其在处理长句和复杂语义时效果更为显著。

2.2 实验过程中遇到的困难与解决方法

在实验过程中，我遇到了多个实际问题，例如模型训练初期准确率长期不提升，后通过调整学习率和优化器参数解决；数据预处理中过于严格的过滤条件导致训练样本过少，影响效果，后放宽限制并规范格式后改善；部分实验因未保存模型参数需重新训练，后加入断点保存机制；此外，翻译结果中出现重复词和格式异常，发现是解码终止条件设置不当，调整后问题解决；在实现注意力热图可视化时，存在输出序列长度与 source token 长度不一致问题。后通过统一 encoder 与 decoder 的 padding 策略，并对 attention weight 进行裁剪，使得热图能正常对齐输入输出单词，最终成功完成了可视化分析。