

Deep Learning  
CS898BD  
Zachary Pearson  
D439H842  
Assignment 3

## Introduction

This assignment has us comparing the performance of stacked RNN, stacked LSTM, and stacked GRU models on the task of language translation.

## Methodology

The data used is a collection of over 130,000 English sentences and their associated French counterpart. These sentences are tokenized and separated into training and test sets. 100,000 sentences were used as the training data, with 10% of the training data used as validation data. All tokenized sentences were padded to the length of the longest sentence in the particular language group.

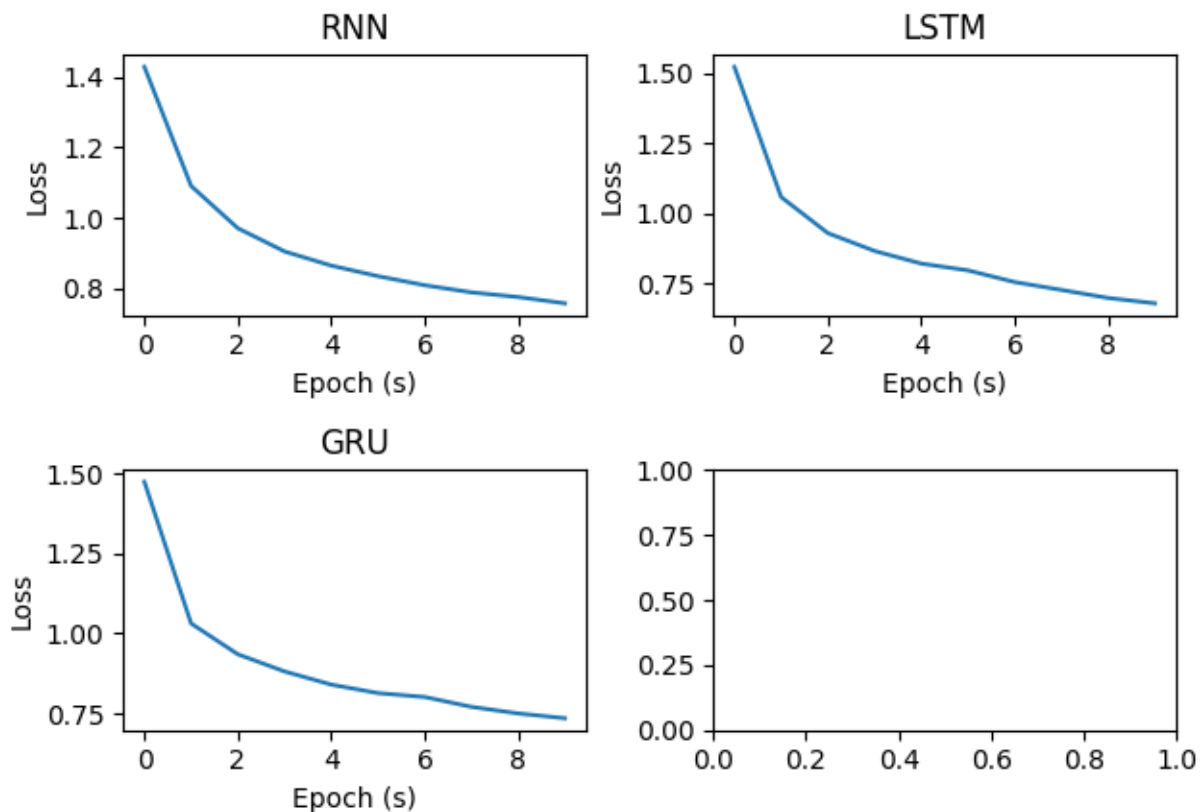
## Architecture

The architecture for each model remained the same between types. The general architecture was 2 sequential layers of the type being considered (RNN, LSTM, or GRU) followed by a dense layer with the number of output values equal to the length of the longest french sentence. The output size was chosen so that the model can accommodate all sentences found in the french collection.

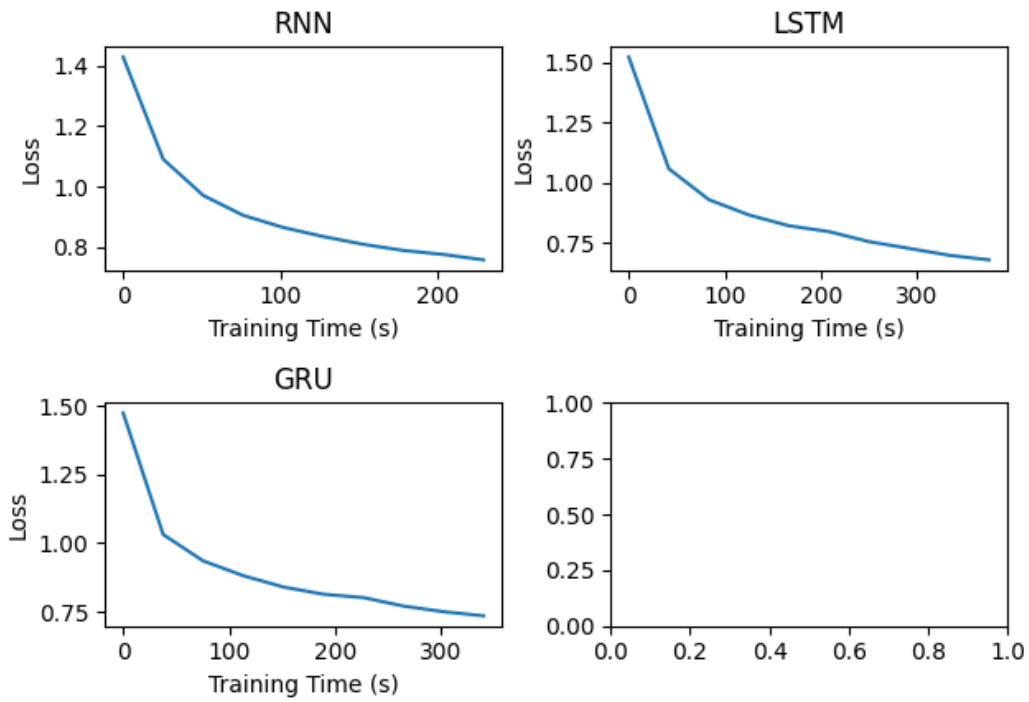
Each model was trained over 10 epochs using an Adam optimizer with a learning rate of .001, sparse categorical cross entropy for the loss function, and softmax for the activation function.

## Results

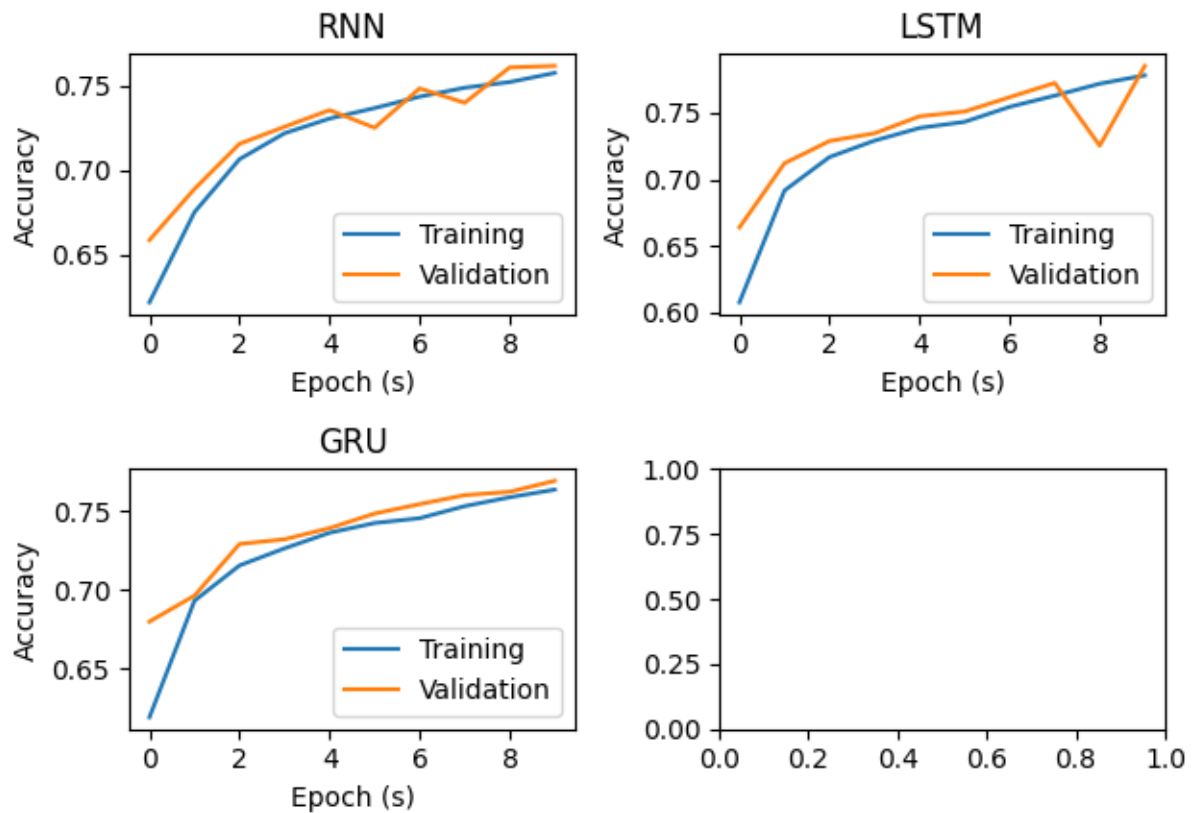
Training Error vs Training Epochs



Training Error vs Training Time



Training Accuracy vs Training Epochs



## RNN Translations:

English: new jersey is sometimes quiet during autumn , and it is snowy in april .

French: new jersey est parfois calme pendant l' automne , et il est neigeux en avril .

Translated: new jersey est parfois calme en mois de il est neigeux en en <PAD> <PAD> <PAD>  
<PAD> <PAD> <PAD> <PAD> <PAD>

English: the united states is usually chilly during july , and it is usually freezing in november .

French: les États-unis est généralement froid en juillet , et il gèle habituellement en novembre .

Translated: les États unis est généralement froid en juillet et il est généralement agréable en novembre <PAD> <PAD> <PAD> <PAD> <PAD> <PAD>

English: california is usually quiet during march , and it is usually hot in june .

French: california est généralement calme en mars , et il est généralement chaud en juin .

Translated: californie est généralement humide en l' et il est généralement en juin automne  
<PAD> <PAD> <PAD> <PAD> <PAD> <PAD> <PAD>

English: the united states is sometimes mild during june , and it is cold in september .

French: les États-unis est parfois l'été en juin , et il fait froid en septembre .

Translated: les États unis est parfois humide en juin et il est froid en juillet <PAD> <PAD> <PAD>  
<PAD> <PAD> <PAD> <PAD>

English: your least liked fruit is the grape , but my least liked is the apple .

French: votre moins aimé fruit est le raisin , mais mon moins aimé est la pomme .

Translated: votre fruit est moins aimé le raisin mais mon moins aimé est la pomme <PAD> <PAD>  
<PAD> <PAD> <PAD> <PAD> <PAD>

English: his favorite fruit is the orange , but my favorite is the grape .

French: son fruit préféré est l'orange , mais mon préféré est le raisin .

Translated: son fruit préféré est la citron mais son préféré est le raisin <PAD> <PAD>  
<PAD> <PAD> <PAD> <PAD> <PAD> <PAD> <PAD>

English: paris is relaxing during december , but it is usually chilly in july .

French: paris est relaxant en décembre , mais il est généralement froid en juillet .

Translated: paris est relaxant au décembre mais il est généralement occupé en juillet <PAD>  
<PAD> <PAD> <PAD> <PAD> <PAD> <PAD> <PAD> <PAD>

English: new jersey is busy during spring , and it is never hot in march .

French: new jersey est occupé au printemps , et il est jamais chaude en mars .

Translated: new jersey est occupé en l'automne et il est jamais chaud en l' <PAD> <PAD> <PAD>  
<PAD> <PAD> <PAD> <PAD> <PAD>

English: our least liked fruit is the lemon , but my least liked is the grape .

French: notre fruit est moins aimé le citron , mais mon moins aimé est le raisin .

Translated: notre fruit moins aimé est la citron mais mon moins aimé est le raisin <PAD> <PAD>  
<PAD> <PAD> <PAD> <PAD> <PAD>

English: the united states is sometimes busy during january , and it is sometimes warm in november .

French: les États-unis est parfois occupé en janvier , et il est parfois chaud en novembre .  
Translated: les États unis est parfois occupé en l' et il est parfois chaud en novembre <PAD> <PAD>  
<PAD> <PAD> <PAD> <PAD>

### LSTM Translations:

English: new jersey is sometimes quiet during autumn , and it is snowy in april .  
French: new jersey est parfois calme pendant l' automne , et il est neigeux en avril .  
Translated: new jersey est parfois calme en mois et il est neigeux en novembre <PAD> <PAD> <PAD>  
<PAD> <PAD> <PAD> <PAD> <PAD>

English: the united states is usually chilly during july , and it is usually freezing in november .  
French: les États-unis est généralement froid en juillet , et il est généralement agréable en novembre .  
Translated: les États unis est généralement froid en juillet et il est généralement agréable en <PAD> <PAD> <PAD> <PAD> <PAD> <PAD> <PAD> <PAD>

English: california is usually quiet during march , and it is usually hot in june .  
French: california est généralement calme en mars , et il est généralement chaud en juin .  
Translated: californie est généralement calme en l' et il est généralement calme en l' <PAD>  
<PAD> <PAD> <PAD> <PAD> <PAD> <PAD> <PAD> <PAD>

English: the united states is sometimes mild during june , and it is cold in september .  
French: les États-unis est parfois agréable en juin , et il fait froid en septembre .  
Translated: les États unis est parfois pluvieux en juin et il est et en septembre <PAD> <PAD> <PAD>  
<PAD> <PAD> <PAD> <PAD>

English: your least liked fruit is the grape , but my least liked is the apple .  
French: votre moins aimé fruit est le raisin , mais mon moins aimé est la pomme .  
Translated: votre fruit aimé moins aimé la pomme mais votre moins aimé est la raisin <PAD>  
<PAD> <PAD> <PAD> <PAD> <PAD> <PAD>

English: his favorite fruit is the orange , but my favorite is the grape .  
French: son fruit préféré est l'orange , mais mon préféré est le raisin .  
Translated: son fruit préféré est la pomme mais mon préféré est la pomme <PAD> <PAD>  
<PAD> <PAD> <PAD> <PAD> <PAD> <PAD> <PAD>

English: paris is relaxing during december , but it is usually chilly in july .  
French: paris est relaxant en décembre , mais il est généralement froid en juillet .  
Translated: paris est calme au décembre mais il est généralement froid en avril <PAD> <PAD>  
<PAD> <PAD> <PAD> <PAD> <PAD> <PAD> <PAD>

English: new jersey is busy during spring , and it is never hot in march .  
French: new jersey est occupé au printemps , et il est jamais chaude en mars .  
Translated: new jersey est sec en printemps et il est jamais chaud en l' <PAD> <PAD> <PAD> <PAD>  
<PAD> <PAD> <PAD> <PAD>

English: our least liked fruit is the lemon , but my least liked is the grape .  
French: notre fruit est moins aimé le citron , mais mon moins aimé est le raisin .

Translated: notre fruit moins aimé est la mais mais mon moins aimé est la raisin <PAD> <PAD>  
<PAD> <PAD> <PAD> <PAD> <PAD>

English: the united states is sometimes busy during january , and it is sometimes warm in november .  
French: les États-unis est parfois occupé en janvier , et il est parfois chaud en novembre .  
Translated: les États unis est parfois sec en janvier et il est parfois chaud en novembre <PAD> <PAD>  
<PAD> <PAD> <PAD> <PAD>

### GRU Translations:

English: new jersey is sometimes quiet during autumn , and it is snowy in april .  
French: new jersey est parfois calme pendant l' automne , et il est neigeux en avril .  
Translated: new jersey est parfois chaud en mois de mai et il est neigeux en <PAD> <PAD> <PAD>  
<PAD> <PAD> <PAD> <PAD>

English: the united states is usually chilly during july , and it is usually freezing in november .  
French: les États-unis est généralement froid en juillet , et il le habituellement en novembre .  
Translated: les États unis est généralement occupé en juillet et il est généralement agréable en novembre <PAD> <PAD> <PAD> <PAD> <PAD> <PAD>

English: california is usually quiet during march , and it is usually hot in june .  
French: california est généralement calme en mars , et il est généralement chaud en juin .  
Translated: californie est généralement humide en l' et il il est généralement en l' <PAD>  
<PAD> <PAD> <PAD> <PAD> <PAD> <PAD> <PAD>

English: the united states is sometimes mild during june , and it is cold in september .  
French: les États-unis est parfois agréable en juin , et il fait froid en septembre .  
Translated: les États unis est parfois chaud en juin et il est froid en septembre <PAD> <PAD> <PAD>  
<PAD> <PAD> <PAD> <PAD>

English: your least liked fruit is the grape , but my least liked is the apple .  
French: votre moins aimé fruit est le raisin , mais mon moins aimé est la pomme .  
Translated: votre fruit est moins aimé la pomme mais mon moins aimé est la <PAD> <PAD>  
<PAD> <PAD> <PAD> <PAD> <PAD> <PAD>

English: his favorite fruit is the orange , but my favorite is the grape .  
French: son fruit préféré est l'orange , mais mon préféré est le raisin .  
Translated: son fruit préféré est la citron mais votre préféré est la pomme <PAD> <PAD>  
<PAD> <PAD> <PAD> <PAD> <PAD> <PAD> <PAD>

English: paris is relaxing during december , but it is usually chilly in july .  
French: paris est relaxant en décembre , mais il est généralement froid en juillet .  
Translated: paris est chaud en décembre mais il est généralement généralement en avril  
<PAD> <PAD> <PAD> <PAD> <PAD> <PAD> <PAD> <PAD> <PAD>

English: new jersey is busy during spring , and it is never hot in march .  
French: new jersey est occupé au printemps , et il est jamais chaude en mars .  
Translated: new jersey est occupé en printemps et il est jamais humide en l' <PAD> <PAD> <PAD>

<PAD> <PAD> <PAD> <PAD> <PAD>

English: our least liked fruit is the lemon , but my least liked is the grape .

French: notre fruit est moins aimé le citron , mais mon moins aimé est le raisin .

Translated: notre fruit moins aimé est la citron mais mon moins aimé est la <PAD> <PAD> <PAD>  
<PAD> <PAD> <PAD> <PAD> <PAD>

English: the united states is sometimes busy during january , and it is sometimes warm in november .

French: les États-unis est parfois occupé en janvier , et il est parfois chaud en novembre .

Translated: les États unis est parfois occupé en janvier et il est parfois chaud en novembre <PAD>  
<PAD> <PAD> <PAD> <PAD> <PAD>

### Conclusion

All three models had similar performance, though the RNN generally had a lower accuracy by ~1%.

### References

[https://github.com/zahangircse/COMP\\_EECE\\_7or8740\\_NNs/blob/main/Assignment\\_4\\_ref\\_codes.ipynb](https://github.com/zahangircse/COMP_EECE_7or8740_NNs/blob/main/Assignment_4_ref_codes.ipynb)