

به نام خدا

پروژه‌ی پایانی فهم زبان

تولید شعر حافظ

زینب خالوندی

۹۹۱۳۱۰۰۷

اسفند ۱۴۰۰

## بخش اول: تولید متن با GAN

برای تولید متن با شبکه‌ی مولد تقابلی به این ترتیب عمل شده است که یک شبکه‌ی LSTM برای بخش مولد در نظر گرفته شده است و یک شبکه‌ی کانولوشنی به عنوان تمایزگر. شبکه کانولوشنی پس از استخراج ویژگی‌ها از دنباله کلمات ورودی، یک دسته‌بندی انجام می‌دهد تا واقعی یا تقلبی بودن دنباله‌های ورودی را از هم جدا کند.

### روند آموزش تقابلی شبکه :

در این بخش شبکه‌ی LSTM با گرفتن کلمه‌ی<sup>1</sup> BOS شروع به تولید کلمات بعدی می‌کند. به این ترتیب یک دنباله از کلمات با طول دلخواه تولید می‌شود.

در عین حال یک دسته داده‌ی واقعی با برچسب یک به شبکه داده می‌شود، در این حالت خطای شبکه real error نامیده شده است. در گام بعدی داده‌های تولیدی توسط مدل مولد با برچسب صفر به شبکه‌ی تمایزگر داده شده است و مقدار خطای این حالت error fake نامیده می‌شود. در آموزش مدل تمایزگر این هدف دنبال می‌شود که مجموع این دو خطا کمینه شود. در مقابل برای آموزش مدل مولد باید به این گونه عمل شود که اگر داده‌های تولیدی مدل را به عنوان داده‌ی واقعی (با برچسب یک) به مدل تمایزگر بدهیم نباید مدل تمایزگر غی واقعی بودن آن‌ها را تشخیص دهد و به میزانی که در تشخیص واقعی بودن دچار خطا شود یعنی تمایزگر درست عمل کرده و مولد ضعیف.

### چالش آموزش LSTM به عنوان یک مدل گسسته:

برای تولید دنباله در استفاده از lstm، در هر گام کلمه با بیشترین احتمال انتخاب می‌شود و این نوع انتخاب مشتق ناپذیر است و نمیتوان خطا خروجی را به داخل شبکه برگرداند و در نتیجه فرآیند آموزش مختل می‌شود. برای حل این مشکل چندین راه وجود دارد، یکی از این روش‌ها استفاده از روش gumbel softmax به جای softmax معمولی است. این تابع یک توزیع گسسته را به یک توزیع پیوسته تبدیل می‌کند و مشکل عدم مشتق‌پذیری را حل می‌کند. برای تولید هر کلمه به شکل زیر عمل می‌شود.

$$Z = \text{onehot}(\max\{i \mid \pi_1 + \dots + \pi_{i-1} \leq U\})$$

به این ترتیب که یا از توزیع احتمال بدست آمده، محتمل‌ترین کلمه انتخاب می‌شود، یا براساس احتمال‌های بدست آمده از خروجی‌ها نمونه‌برداری می‌شود. روش‌های دیگری هم مانند top p , top k استفاده می‌شود که از

---

<sup>1</sup> Begin of sentence

بین  $k$  بهترین کلمه یکی انتخاب می‌شود یا از کلماتی که مجموع احتمال آن‌ها از  $p$  بیشتر است. در تمام این روش‌ها ما با یک نمونه‌برداری از فضای گسسته مواجه هستیم. با استفاده از توزیع Gumbel می‌توان این نمونه‌برداری را به فضای پیوسته منتقل کرد.

$$Z = \text{onehot}(\text{argmax}_i \{G_i + \log(\pi_i)\})$$

این تغییر پارامتر منجر به مشتق‌پذیری نمی‌شود و بدین منظور از سافت‌مکس استفاده می‌شود.

$$y_i = \exp((G_i + \log(\pi_i)) / \tau) / \sum_j \exp((G_j + \log(\pi_j)) / \tau)$$

در این حالت خروجی مشتق‌پذیر خواهد بود و تابع گسسته است.

این روش در کد مربوط به مدل مولد به صورت زیر آمده است.

تکه کد زیر بر روی خروجی لایه‌ی آخر شبکه‌ی مولد اعمال شده‌است.

```
out = F.softmax(out, dim=-1)
gumbel_t = self.add_gumbel(out)
pred = F.softmax(gumbel_t * self.temperature, dim=-1)
```

در این بخش شبکه طی دفعات متعدد آموزش دید، اما مقادیر تابع هزینه‌ی شبکه‌ی مولد به اندازه‌ی کافی خوب نبودند و پس از تعدادی تکرار شروع به افزایش می‌کرد.

## بخش دوم: تولید متن با GPT

در این بخش از مدل زبانی از پیش آموزش داده شده‌ی GPT استفاده شده است. میدانیم که این مدل زبانی با آموزش بخش دیکدر ساختار ترنسفرمر با حجم عظیمی از داده‌ها آموزش داده شده است. GPT می‌تواند با گرفتن یک دنباله از کلمات کلمه‌ی بعدی این دنباله را تولید کند. این مدل ذاتا مولد است و می‌توان از آن برای تولید متن استفاده کرد.

برای آموزش مدل به این ترتیب عمل شده‌است که دنباله‌های شعرها به وسیله‌ی توکنایزر از پیش آموزش داده شده توکنایز شده و سپس مدل‌های گفته شده با این داده‌ها تنظیم شده‌اند آزمایشات و نتایج بدست آمده به شرح زیر است.

## آزمایش یک:

ساختار داده‌های آموزشی

حالت یک : استفاده از شعر حافظ

مدل: gpt2\_medium\_fa

مصرع اول + < sep> + ادامه‌ی شعر

مدل بین مصرع اول یک شعر و ادامه‌ی آن تفکیک قایل می‌شود.

آزمون:

ورودی: مصرع‌های فرد اشعار با هدف تولید مصرع بعدی

نتایج:

امتیاز بلو	uni gram	Bi-gram	Tri-gram
0.56	0.12	0.006	

نمونه‌هایی از اشعار تولید شده:

مصرع اول: شور شراب عشق تو آن نفسم رود ز سر

مصرع دوم: کاین سر پر هوس شود خاک در سرای تو

شعر تولید شده: ای جهان بر سر دوشش زند شور شراب عشق تو آن سرم رود به سر

مصرع اول: ای نور چشم من سخنی هست گوش کن

مصرع دوم: چون ساغرت پر است بنوشان و نوش کن

شعر تولید شده: جهان از نظر من با تو تاریک مکن

مصرع اول: ز در در آ و شبستان ما منور کن

مصرع دوم: هوای مجلس روحانیان معطر کن

شعر تولید شده: بیاب و ساقی و ساقی و خوشگوار

مصرع اول: ما ملک عافیت نه به لشکر گرفته‌ایم

مصرع دوم: ما تخت سلطنت نه به بازو نهاده‌ایم

شعر تولید شده: یار اهل نظر و ادب و علم نه

آزمایش دو:

ساختار داده‌های آموزشی

حالت یک: استفاده از شعر حافظ

مدل gpt2\_medium\_fa

مصرع اول + < sep> + مصرع دوم

مدل بین مصرع اول و دوم آن تفکیک قایل می‌شود.

آزمون:

ورودی: مصرع‌های فرد اشعار با هدف تولید مصرع بعدی

نتایج:

امتیاز بلو	uni gram	Bi-gram	Tri-gram
	0.65	0.16	0.008

نمونه‌هایی از اشعار تولید شده:

مصرع اول: شور شراب عشق تو آن نفسم رود ز سر

مصرع دوم: کاین سر پر هوس شود خاک در سرای تو

شعر تولید شده: که جان در لب آمد و جان در لب

مصرع اول: ای نور چشم من سخنی هست گوش کن

مصرع دوم: چون ساغرت پر است بنوشان و نوش کن

شعر تولید شده: ز روی خود به کسی رو مگردان از

مصرع اول: ز در در آ و شبستان ما منور کن

مصرع دوم: هوای مجلس روحانیان معطر کن

شعر تولید شده: که تا در این در به در آیی و از

مصرع اول: ما ملک عافیت نه به لشکر گرفته‌ایم

مصرع دوم: ما تخت سلطنت نه به بازو نهاده‌ایم

شعر تولید شده: در عیش به عشرت مشغول باش و از عشرت

آزمایش سه:

ساختار داده‌های آموزشی

حالت یک: استفاده از شعر حافظ

مدل gpt2\_medium

مصرع اول + < sep> + مصرع دوم

مدل بین مصرع اول و دوم آن تفکیک قایل می‌شود.

آزمون:

ورودی: مصرع‌های فرد اشعار با هدف تولید مصرع بعدی

نتایج:

امتیاز بلو	uni gram	Bi-gram	Tri-gram
	0.66	0.1	0.002

نمونه‌هایی از اشعار تولید شده:

مصرع اول: شور شراب عشق تو آن نفسم رود ز سر

مصرع دوم: کاین سر پر هوس شود خاک در سرای تو

شعر تولید شده: خوش است را که به یار سلطنه سر در سرارم

مصرع اول: ای نور چشم من سخنی هست گوش کن

مصرع دوم: چون ساغرت پر است بنوشان و نوش کن

شعر تولید شده: ز دل تو در من که خط می شیده‌ی بود

مصرع اول: ز در در آ و شبستان ما منور کن

مصرع دوم: هوای مجلس روحانیان معطر کن

شعر تولید شده: که سر راه و به دست از ره خطران به دست

مصرع اول: ما ملک عافیت نه به لشکر گرفته‌ایم

مصرع دوم: ما تخت سلطنت نه به بازو نهاده‌ایم

شعر تولید شده: که در چون دانست خرابی بی خانه‌ام

آزمایش چهارم:

ساختار داده‌های آموزشی

حالت یک: استفاده از شعر حافظ

مدل gpt2\_medium-fa

بیت اول + < sep> + بیت دوم

مدل بین بیت اول و دوم آن تفکیک قایل می‌شود.

آزمون:

ورودی: بیت‌های فرد اشعار با هدف تولید بیت بعدی

نتایج:

امتیاز بلو	uni gram	Bi-gram	Tri-gram
	0.64	0.17	0.01

نمونه‌هایی از اشعار تولید شده:

مصرع اول: شور شراب عشق تو آن نفسم رود ز سر

مصرع دوم: کاین سر پر هوس شود خاک در سرای تو

شعر تولید شده: خوش است را که به یار سلطنه سر در سرارم



مصرع اول: ای نور چشم من سخنی هست گوش کن  
مصرع دوم: چون ساغرت پر است بنوشان و نوش کن  
شعر تولید شده: ز دل تو در من که خط می شیده‌ی بود

مصرع اول: ز در در آ و شبستان ما منور کن  
مصرع دوم: هوای مجلس روحانیان معطر کن  
شعر تولید شده: که سر راه و به دست از ره خطران به دست

مصرع اول: ما ملک عافیت نه به لشکر گرفته‌ایم  
مصرع دوم: ما تخت سلطنت نه به بازو نهاده‌ایم  
شعر تولید شده: که در چون دانست خرابی بی خانه‌ام

#### بخش سوم: تولید متن با BERT

مدل برت اصولاً برای تولید متن بکار نمی‌رود و برای ایجاد بردارهای تعبیه کلمات است، اما می‌دانیم که در فاز آموزش مدل از دو مسئله‌ی پیش‌بینی جمله‌ی بعدی و پیش‌بینی کلمه‌ی افتاده استفاده شده است. می‌توان از این ایده استفاده کرد که متنی را که قصد تولید آن را داریم در قالب کلمات مجهول [MASK] از مدل بخواهیم که پیش‌بینی کند. بدین منظور یک مدل MaskLanguage با داده‌های آموزشی جهت تنظیم آموزش داده شده است.

برای آموزش به این ترتیب عمل شده‌است که ابتدا متون آموزشی با توکنایزر از پیش آماده شده تجزیه شده‌اند و سپس ۱۰ درصد از توکن‌ها mask شده‌اند و مدل با این داده‌ها آموزش دیده است.

برای استفاده از مدل آموزش داده شده به این ترتیب عمل شده است که ابتدا یک مصرع به عنوان متن اولیه در نظر گرفته شده است و در ادامه از توکن [sep] استفاده شده و سپس به تعداد کلمات مصرع اول توکن mask قرار داده شده است تا مدل این میزان کلمه را تولید کند. آزمایشات انجام شده به شرح زیر است.

- مدل مورد استفاده: 'HooshvareLab/bert-base-parsbert-uncased'

- داده‌های آموزشی: اشعار حافظ سعدی مولانا

- برای تولید هر کلمه دو روش sample و topk آزمایش شده است.

روش نمونه‌برداری مناسب‌تر است و کلمات کمتر تکراری بودند.

آزمایش یک:

- حالت بیت

- Epoch = 2

- Sampling

امتیاز بلو	uni gram	Bi-gram	Tri-gram
	0.64	0.25	0.15

نمونه‌هایی از اشعار تولید شده:

مصرع اول: شور شراب عشق تو آن نفسم رود ز سر

مصرع دوم: کاین سر پر هوس شود خاک در سرای تو

شعر تولید شده: هم مرا طارم می خورد همی گیرد خون فرد کرا دل فسوس شود ز غم تو خار و

مصرع اول: ای نور چشم من سخنی هست گوش کن چون ساغرت پر است بنوشان و نوش کن

شعر تولید شده: حرف می بگردم زهر جلادی فرمود لطف دوست جان کند لب اشکار ضمیر من خوش افتد

مصرع اول: ز در در آ و شبستان ما منور کن هوای مجلس روحانیان معطر کن

شعر تولید شده: بر در بت حشر جان را بر آتش دار و غم اصحاب را قرار ده

مصرع اول: ما ملک عافیت نه به لشکر گرفته ایم ما تخت سلطنت نه به بازو نهاده ایم

شعر تولید شده: اینک شد طبع دستور عادل ما نامیم نه بدین سان شوی باید سیاهتر ذهنش

آزمایش دو:

- حالت مصرع
- Epoch = 2
- Topk

امتیاز بلو	uni gram	Bi-gram	Tri-gram
	0.29	0.03	0.001

آزمایش سه:

- حالت مصرع
- Epoch = 2
- Sample

امتیاز بلو	uni gram	Bi-gram	Tri-gram
	0.47	0.05	0.002

مصرع اول: ای نور چشم من سخنی هست گوش کن

مصرع دوم: چون ساغرت پر است بنوشان و نوش کن

شعر تولید شده: هر خدمتی که خواهد روی دوست جا کند پاینار

مصرع اول: ز در در آ و شبستان ما منور کن

مصرع دوم: هوای مجلس روحانیان معطر کن

شعر تولید شده: بر ما روشنایی بدان زیبایی که روانم بشادی

مصرع اول: ما ملک عافیت نه به لشکر گرفته‌ایم

مصرع دوم: ما تخت سلطنت نه به بازو نهاده‌ایم

شعر تولید شده: همین نکو بگویم که نیست برو ملک دنیا رسم

#### بخش چهارم: نتیجه‌گیری و جمع‌بندی

طبق نتایج عددی بدست آمده بهترین نتیجه مربوط به حالت مصرع در `gpt2_medium` است. بطور کلی در امتیاز `unigram` عملکرد `GPT` بهتر و در بخش `bigram` عملکرد مدل برت بوده‌است.

به غیر امتیاز عددی اشعار تولید شده توسط برت بخصوص در حالت مصرع بهتر بنظر می‌رسند.

در حالتی که از `gpt` غیر فارسی استفاده می‌شود، نتایج بهتر است. در مقایسه‌ی برت و `gpt` فارسی شاید بتوان گفت که با توجه به اینکه داده‌های آموزشی فارسی محدود هستند برت به دلیل پارامترهای کمتر بهتر بر روی زبان فارسی آموزش دیده‌است. در مورد ضعف `gpt` فارسی در برابر غیر فارسی آن‌ها میتوان دلیل را در شرایط و میزان داده‌های این دو مدل یافت.

دلیل اینکه اشعار تولیدی توسط برت بهتر بنظر میرسد ممکن است به این دلیل باشد که با توجه به اینکه برت مکانیزم توجه را بر کلمات دو طرف کلمه اعمال می‌کند و جایگاه کلمات در رابطه با هم بهتر سنجیده می‌شود.

در مورد داده‌های آموزشی بنظر می‌رسد که برای مدل‌های از پیش آموزش داده شده که قاعدتا باید کلمات را به اندازه‌ی کافی بشناسند، استفاده‌ی تنها از خود شعر حافظ تمرکز مدل را برای یادگیری کلمات و مدل حافظ بیشتر می‌کند. بدین منظور برای آموزش `gpt` تنها از اشعار حافظ برای تنظیم مدل استفاده شده‌است.