

دانشگاه صنعتي امیرکبیر  
(پلی تکنیک تهران)

دانشكده ریاضی و علوم کامپیوتر

درس هوش مصنوعی و کارگاه

گزارش ۲: NEUROLOGIC A\* esque Decoding

Constrained Text Generation with Lookahead Heuristics

نگارش

کیارش مختاری دیزجی

۹۸۳۰۰۳۲

استاد اول

دکتر مهدی قطعی

استاد دوم

بهنام یوسفي مهر

فروردین ۱۴۰۲

# چكيده

پارادایم غالب برای تولید متن با شبکه عصبی، رمزگشایی از چپ به راست با استفاده از مدل‌های زبان خودرگرسیون[[1]](#footnote-1) است. با این حال، تولید با قید یا تولید قابل کنترل تحت محدودیت‌های واژگانی پیچیده، به آینده‌نگری و برنامه‌ریزی مسیرهای امکان پذیر آینده نیاز دارد.

در این مقاله با الهام گیری از الگوریتم A\*، یک الگوریتم رمزگشایی به نام NEUROLOGIC A\*esque که شامل پیش‌بینی هیوریستیکی از future cost می‌باشد، ارائه شده است و هیوریستیک‌های پیش‌بینی کارآمدی را توسعه داده است که برای مدل‌های زبانی در مقیاس بزرگ[[2]](#footnote-2) کارآمد هستند، و روشش را جایگزینی برای تکنیک‌های رایجی مانند beam search و top-k sampling می‌داند. برای تولید با قید[[3]](#footnote-3)، با استفاده از رمزگشایی NEUROLOGIC و استفاده از ویژگی انعطاف‌پذیری‌اش، آن را با قیدهای منطقی که با پیش‌بینی‌های A\* برای ارضای قید‌های آینده است، ترکیب کرده‌ است.

این رویکرد به عملکرد پیشرفته‌ای در زمینه تولید متن جدولی[[4]](#footnote-4)، ترجمه ماشینی با قید[[5]](#footnote-5)، و تولید با قید کلمه کلیدی[[6]](#footnote-6) دست یافته است.NEUROLOGIC A\* قدرت رمزگشایی را برای بهبود و فعال کردن قابلیت‌های جدید LLMها نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی:

هیوریستیک، NEUROLOGIC decoding، الگوریتم A\* ، مدل‌های زبانی در مقیاس بزرگ

|  |  |
| --- | --- |
| فهرست مطالب | صفحه |

[چكيده ‌أ](#_Toc131542316)

[1. فصل اول مقدمه 1](#_Toc131542317)

[2. فصل دوم NEUROLOGIC A\* Decoding 4](#_Toc131542318)

[2-1- رمزگشایی با استفاده از رمزگشایی A\* lookahead 5](#_Toc131542319)

[2-2- تولید بدون قید با استفاده از NEUROLOGIC\* 7](#_Toc131542320)

[2-3- تولید با قید با استفاده از NEUROLOGIC\* 7](#_Toc131542321)

[3. فصل سوم آزمایشات: تولید با قید 8](#_Toc131542322)

[3-1- تولید قضاوت صحیح با قید 9](#_Toc131542323)

[3-2- ترجمه ماشینی با قید 10](#_Toc131542324)

[3-3- تولید جدول- به - متن 10](#_Toc131542325)

[3-4- تولید سوال با قید 11](#_Toc131542326)

[4. فصل چهارم آزمایشات: تولید بدون قید 12](#_Toc131542327)

[4-1- تولید داستان با مفاهیم متعارف 13](#_Toc131542328)

[5. فصل پنجم جمع‌بندی و نتیجه‌گیری 14](#_Toc131542329)

[منابع 15](#_Toc131542330)

|  |  |
| --- | --- |
| فهرست اشكال | صفحه |

[1- نمونه‌ای از کاربرد الگوریتم NEUROLOGIC A\* 2](file:///C:\Users\mokht\Desktop\AI-course\Project%202\9830032_AI_project2.docx#_Toc131542331)

[2 - اجرای روش‌های رمزگشایی مختلف با GPT-2 نظارت‌شده یا خارج از قفسه در مجموعه آزمایشی COMMONGEN 9](file:///C:\Users\mokht\Desktop\AI-course\Project%202\9830032_AI_project2.docx#_Toc131542332)

[3- نتایج مربوط به ترجمه ماشینی با قید. 10](file:///C:\Users\mokht\Desktop\AI-course\Project%202\9830032_AI_project2.docx#_Toc131542333)

[4- عملکرد روش های مختلف رمزگشایی برای تولید جدول به متن 10](file:///C:\Users\mokht\Desktop\AI-course\Project%202\9830032_AI_project2.docx#_Toc131542334)

[5- عملکرد الگوریتم‌های رمزگشایی بدون نظارت مختلف در تولید سؤال. 11](file:///C:\Users\mokht\Desktop\AI-course\Project%202\9830032_AI_project2.docx#_Toc131542335)

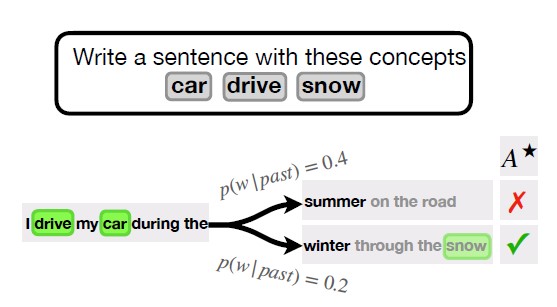
[6- عملکرد الگوریتم های رمزگشایی مختلف در دادگان RocStories. 13](file:///C:\Users\mokht\Desktop\AI-course\Project%202\9830032_AI_project2.docx#_Toc131542336)

# فصل اول مقدمه

پارادایم غالب برای تولید متن با شبکه عصبی، رمزگشایی از چپ به راست با استفاده از مدل‌های زبانی خودرگرسیون مانند GPT-2/3 می‌باشد و با توجه به این پارادایم روش‌های رمزگشایی معمول مانند beam search یا top-k/p sampling مشخص می‌کنند چه توکنی برای مرحله بعد با توجه به وقایعی که در گذشته اتفاق افتاده است و همینطور بدون نگاه به اینکه در آینده چه اتفاقی افتاده است، ساخته بشود. در حالی که این فقدان آینده نگری اغلب در تولید متن با قید کافی است، برنامه‌ریزی از قبل برای ترکیب تمام محتواهای مورد نظر در خروجی تولید شده بسیار مهم است.

می‌توان با استفاده از الگوریتم‌های جستجو مانند A\*، چالش برنامه ریزی برای آینده را با استفاده از پیش‌بینی هیوریستیکی از future cost در هنگام تصمیم‌گیری برطرف کرد. بنابراین با استفاده از این الگوریتم و الگوریتم رمزگشایی برای تولید متن با استفاده از شبکه عصبی مانند beam search،‌ مدلی به نام ‌NEUROLOGIC A\* ایجاد شده است که کارآمدی لازم را برای LLMها فراهم می‌کند.

این مقاله یک lookahead هیوریستیک توسعه داده است که هزینه تقریبی در هر مرحله رمزگشایی را براساس ادامه دنباله پیش‌بینی می‌کند.



1- نمونه‌ای از کاربرد الگوریتم NEUROLOGIC A\*

همانطور که از تصویر ۱-۱ مشخص است اگرچه summer با توجه به کلمات که قبلاً تولید شده‌اند، احتمالاً کلمه بعدی است، اما NEUROLOGIC\* به آینده نگاه می‌کند و به همین دلیل انتخاب winter منجر می‌شود که در آینده احتمال را بالاتر ببرد. بنابراین، winter با وجود احتمال کمتری نسبت به summerترجیح داده می‌شود.

با توجه به آزمایشات گسترده حول five generation task نشان می‌دهد که این الگوریتم بسیار خوب عمل می‌کند همچنین این الگوریتم می تواند نیاز به مجموعه داده‌های پرهزینه را که به صورت دستی برای نظارت[[7]](#footnote-7) صریح حاشیه نویسی می شوند، کاهش دهد.

به طور خلاصه، NUROLOGIC A\* یک الگوریتم رمزگشایی جدید برای تولید متن موثر و کارآمد است. طبق گفته مقاله، این اولین الگوریتم A\*-مانند برای تولید متن هدایت‌شده از طریق هیوریستیک‌های پیش‌رو است. این الگوریتم همه‌کاره است، زیرا می‌توان آن را از طریق قید‌های استنتاج-زمان [[8]](#footnote-8)برای انواع وظایف اعمال کرد و نیاز به داده‌های برچسب‌گذاری شده پرهزینه را کاهش داد. آزمایش‌های گسترده اثربخشی آن را بر روی چندین معیار مهم نشان می‌دهد.

# فصل دوم NEUROLOGIC A\* Decoding

## رمزگشایی با استفاده از رمزگشایی A\* lookahead

تولید توالی دنباله‌ها به صورت تولید یک دنباله خروجی y با توجه به یک دنباله ورودی x است. با در نظر گرفتن مدل‌های استاندارد از چپ به راست و خودرگرسیو، و با حذف برای کاهش پراکندگی و شلوغی رمزگشایی شامل حل معادله،

1

که مجموعه همه دنباله‌ها می‌باشد. در این محیط به شکل است، که نیز به شکل است و نیز یا صفر است یا مقدار امتیازی است که برای ارضای قید‌های روی بدست آمده است. لازم به ذکر است که دیدگاه رمزگشایی‌اش براساس جستجو گسسته می‌باشد که حالت‌ها پیشوندهای جزئی هستند، ، اکشن‌ها همان توکن‌های داخل مجموعه واژگان ( ) و ترنزیشن‌ها یک توکن را به پیشوند اضافه می‌کنند، . هر مرحله‌ رمزگشایی شامل:

۱) گسترش مجموعه کاندید‌ا‌های استیت بعدی.

۲) امتیاز دهی هر کاندید.

۳) انتخاب k تا از بهترین کاندیدا‌ها.

2

Lookahead هیوریستیک. این روش تخمینی از آینده را در انتخاب کاندید در خود گنجانده است. در حالت ایده‌آل، ما می‌خواهیم کاندیدهایی را انتخاب کنیم که در مسیرهای بهینه هستند و معادله 2 را با معادله‌ زیر جابجا می‌کنیم:

3

اما محاسبه‌ معادله ۳،‌ دو مشکل دارد:

۱) تابع هدف یا ناشناخته می‌تواند باشد و یا محاسباتش پیچیده باشد.

۲) فضای مسیرهای آینده بسیار بزرگ است.

بنابراین تابع هدف را با استفاده از یک هیوریستیک سبک وزن[[9]](#footnote-9) تقریب می‌زنیم:

4

که است. برای اینکه جستجو قابل انجام باشد، مجموعه‌ای از ادامه‌های lookahead را جستجو می‌کنیم بنابراین معادله‌ی ۳ تقریب زده به صورت زیر است:

5

که در اینجا هر عنصر از مجموعه همان طول() ادامه دنباله است. Beam search متناظر با این است که و را صفر قرار دهیم.

روش مقاله و A\* search و beam search همگی یک کلاس کلی از الگوریتم‌ها هستند که براساس موارد زیر متفاوت می‌باشند:  
۱) کدام کاندید گسترش می‌یابد.

۲) کدام کاندید هرس می‌شود.

۳) و چگونه کاندید‌ها امتیاز دهی می‌شوند.

حال مزایای عملی گسترش و هرس به سبک beam search را به همراه هيوریستيک‌های A\* برای تخمین آینده ترکیب می‌کند و الگوریتم A\*esque decoding را ارائه می‌کند. همچنین مقاله روش‌های بسیاری را برای تولید lookahead های مقایسه می‌کند و در آخر روش خودش را برای حالت های بدون شرط و با شرط ارائه می‌کند.

## تولید بدون قید با استفاده از NEUROLOGIC\*

ابتدا یک تنظیم رمزگشایی استاندارد را در نظر می‌گیریم:

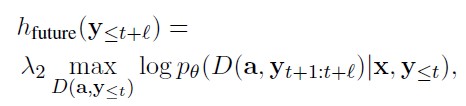
کاندیداها را بر اساس ترکیبی از تاریخچه[[10]](#footnote-10) و آینده تخمین زده[[11]](#footnote-11)، با استفاده از احتمال lookahead به عنوان یک هیوریستیک امتیاز می‌دهیم. یعنی در مرحله tام رمزگشایی از معادله 5 استفاده می کنیم:

6

که در اینجا کنترل ‌کننده میزان اعتماد به تاریخچه در مقابل آینده تخمین زده شده است.

## تولید با قید با استفاده از NEUROLOGIC\*

روش مقاله که بر روی تابع امتیازدهی NEUROLOGIC با برآورد رضایت شرط‌های آینده بهبود می‌یابد و چیزی که به آن اضافی می‌شود یک هیوریستیک lookahead است که امتیاز کاندید را متناسب با احتمال برآورده کردن شرط‌های اضافی در lookahead تنظیم می‌کند:



7

# فصل سوم آزمایشات: تولید با قید

## تولید قضاوت صحیح [[12]](#footnote-12)با قید

2 - اجرای روش‌های رمزگشایی مختلف با GPT-2 نظارت‌شده یا خارج از قفسه در مجموعه آزمایشی COMMONGEN

با توجه به جدول بالا می‌توان نتایج زیر را از آزمایش روش‌های مختلف رمزگشایی همراه با قید گرفت:

۱) الگوریتم ارائه شده از دیگر الگوریتم‌های رمزگشایی با قید بهتر عمل کرده است و نکته قابل توجه این است که NEUROLOGIC\* بدون نظارت[[13]](#footnote-13) از همه روش های نظارت[[14]](#footnote-14) شده بر اساس ارزیابی انسانی بهتر عمل می کند.

۲) NEUROLOGIC\* کیفیت تولید را بهبود می‌بخشد و در عین حال با رضایت بالایی قیدها را حفظ می‌کند. این تفاوت به ویژه در مورد صفر شات[[15]](#footnote-15) قابل توجه است، جایی که به دلیل عدم نظارت و فضای خروجی زیاد، فضای بیشتری برای ترکیب سیگنال‌های مبتنی بر قید وجود دارد.

۳) در ارزیابی با انسان می‌توان دید که در میان تابع‌های هیوریستیک lookahead برای NEUROLOGIC\*، beam بهترین عملکرد را داشته و greedy نیز ضعیف‌ترین عملکرد را داشته است.

## ترجمه ماشینی با قید

3- نتایج مربوط به ترجمه ماشینی با قید.

با آزمایش الگوریتم NEUROLOGIC\* در این حالت نیز از همه روش‌های قبلی هم در BLEU و هم در term coverage عملکرد بهتری دارد و همچنین می‌توان دید که NEUROLOGIC\* در حالت‌های که قید با پیچیدگی زیاد داریم نسبت به روش‌های دیگر بهتر عمل می‌کند.

## تولید جدول- به - متن

4- عملکرد روش های مختلف رمزگشایی برای تولید جدول به متن

NEUROLOGIC\* به طور قابل ملاحظه ای از همه روش های قبلی با توجه به تمام معيارها، بهتر عمل می کند و به طور مداوم کيفيت توليد را بهبود مي‌بخشد در حالی که تقریباً رضایت کامل از قید‌ها را بدست ‌می‌آورد. در کارهایی مانند CBS و GBS می‌توان دید بهبود ارضای قیود را اما با این حال بروی کیفیت متن‌های تولید شده تاثیر منفی گذاشته است.

## تولید سوال با قید

5- عملکرد الگوریتم‌های رمزگشایی بدون نظارت مختلف در تولید سؤال.

NEUROLOGIC\* از همه روشهای قبلی با توجه به معيارهای خودکار و دستی بهتر عمل می‌کند. این به طور قابل ملاحظه ای کيفيت توليد را افزایش می‌دهد و در عين حال رضایت کامل از محدودیت را به دست می‌آورد. تفاوت بين NEUROLOGIC و NEUROLOGIC\* در مقایسه با سایر وظایف بسيار زیاد است. مشكل جستجو در اینجا بسيار سخت‌تر است، به دليل عدم نظارت و قید منطقی پيچيده که شامل کلمات کليدی و نحو است.

# فصل چهارم آزمایشات: تولید بدون قید

## تولید داستان با مفاهیم متعارف

6- عملکرد الگوریتم های رمزگشایی مختلف در دادگان RocStories.

به این صورت کار می‌کند که با دادن یک دستور، ، وظیفه مدل تولید ادامه داستان، ، است و برای این کار از دادگان RocStories استفاده شده است. جدول شامل نتیجه‌ الگوریتم‌های beam search و topk sampling با A\*esque و بدون آن است. می‌توانیم ببینیم که هیوریستیک A\*esque هم beam search و هم topk sampling را برای تولید داستان‌های روان، منسجم و جالب‌تر امکان‌پذیر می‌کند. برای beam search، A\*esque نه تنها کیفیت تولید متن را افزایش داده است اما همچنین تنوع تولید را افزایش می‌دهد که با تعداد n-gram های منحصر به فرد نشان داده می شود. برای topk sampling علاوه‌بر افزایش کیفیت تولید، تنوع مقایسه‌پذیری نیز حفظ شده‌ است. لازم به ذکر است که beam lookahead برای beam search و greedy lookahead برای topk sampling بهترین نتیجه را می‌دهد.

## 

# فصل پنجم جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

این مقاله با استفاده از الگوریتم A\* توانست الگوریتم رمزگشایی NEUROLOGIC A\* را معرفی کند که تابع هیوریستیکی مانند A\* برای پیش بینی از آینده برای تولید متن از چپ به راست فراهم می‌کند. این الگوریتم باعث پیشرفت الگوریتم‌های رمزگشایی در مسائل با قید یا بدون قید شده است و همچنین روشی ارائه داده است برای این که علاوه بر نگاه کردن به گذشته به آینده نیز برای تولید هرچه بهتر متن داشته باشیم و این می‌تواند آغازی برای اینچنین الگوریتم‌ها باشد.

# منابع

Lu, Ximing, Sean Welleck, Peter West, Liwei Jiang, Jungo Kasai, Daniel Khashabi, Ronan Le Bras et al. "Neurologic a\* esque decoding: Constrained text generation with lookahead heuristics." arXiv preprint arXiv:2112.08726 (2021).

1. autoregressive [↑](#footnote-ref-1)
2. Large-scale Language Model(LLM) [↑](#footnote-ref-2)
3. Constrained generation [↑](#footnote-ref-3)
4. Table-to-text generation [↑](#footnote-ref-4)
5. Constrained machine translation [↑](#footnote-ref-5)
6. Keyword-constrained generation [↑](#footnote-ref-6)
7. supervised [↑](#footnote-ref-7)
8. Inference-time constraint [↑](#footnote-ref-8)
9. Lightweight heuristic [↑](#footnote-ref-9)
10. History [↑](#footnote-ref-10)
11. Estimated future [↑](#footnote-ref-11)
12. Commensense [↑](#footnote-ref-12)
13. Unspurvised [↑](#footnote-ref-13)
14. Supervised [↑](#footnote-ref-14)
15. Zero-shot [↑](#footnote-ref-15)