

# شبکه های اقتصادی و اجتماعی

دانشکده مهندسی کامپیوتر

دکتر مریم رضانی  
بهار ۱۴۰۴



تاریخ امتحان: ۲۳ اردیبهشت

## Research Study 3 Key

### سوالات اصلی (۷۵ نمره)

پرسش ۱ (۱۰ نمره) DNMF چیست؟ تفاوت آن با NMF کلاسیک در چیست؟

پاسخ (Deep Nonnegative Matrix Factorization) DNMF یک نسخه عمیق از NMF است که از چندین لایه فاکتورسازی ماتریسی استفاده می کند. برخلاف NMF کلاسیک که تنها یک یا دو لایه برای تبدیل شبکه به فضای عضویت اجتماع دارد و فقط اطلاعات سطحی را استخراج می کند، DNMF قادر است ساختارهای سلسله مراتبی پیچیده تری را از گراف استخراج کند.

- تعریف NMF کلاسیک: ۳ نمره
- معرفی DNMF و ساختار چندلایه آن: ۴ نمره
- تأکید بر استخراج ساختار سلسله مراتبی در DNMF: ۳ نمره

پرسش ۲ (۱۲ نمره) سه مزیت اصلی مدل CDNMF نسبت به سایر روش های مبتنی بر NMF و روش های یادگیری عمیق قبلی در زمینه شناسایی اجتماع ها چیست؟ با ذکر مثال توضیح دهید.

پاسخ

- (آ) استفاده هم زمان از توپولوژی شبکه و ویژگی های گره ها با استفاده از چارچوب یادگیری  $\text{contrastive}$ .
- (ب) بهره گیری از لایه نمونه گیری منفی اصلاح شده ( $\text{debaised negative sampling}$ ) برای جلوگیری از انتخاب نمونه های منفی اشتباه.
- (ج) افزایش تفسیرپذیری نتایج نسبت به مدل های یادگیری عمیق معمول مانند GNN ها.

مثال: در شبکه اجتماعی، CDNMF می تواند هم زمان ارتباط بین کاربران (توپولوژی) و ویژگی هایی مانند علاقه مندی یا مکان را لحاظ کند.

- مزیت اول (یادگیری سطح اجتماع): ۳ نمره
- مزیت دوم ( $\text{representation}$ ): ۳ نمره
- مزیت سوم (یا  $\text{contrastive learning}$ ): ۳ نمره
- ارائه مثال کاربردی برای یکی از مزایا: ۳ نمره

پرسش ۳ (۱۰ نمره) منظور از  $\text{contrastive learning}$  در این مقاله چیست؟

پاسخ در این مقاله،  $\text{contrastive learning}$  با استفاده از دو نمای مختلف از گراف (توپولوژی و ویژگی های گره ها) به کار رفته است. برای هر گره، نمایش آن در نمای توپولوژی به عنوان  $\text{anchor}$ ، نمایش آن در نمای ویژگی ها به عنوان  $\text{positive}$ ، و نمایش گره هایی با برچسب متفاوت به عنوان  $\text{negative}$  در نظر گرفته می شود. هدف این است که نمایش های مثبت به هم نزدیک و نمایش های منفی از هم دور شوند.

- توضیح دو نمای  $A$  و  $X$  و استفاده: ۳ نمره
- تعریف نقش  $\text{anchor}$ ،  $\text{positive}$  و  $\text{negative}$ : ۴ نمره
- هدف کلی  $\text{contrastive loss}$  در جداسازی اجتماعات: ۳ نمره

پرسش ۴ (۱۰ نمره) نقش  $\text{debaised negative sampling layer}$  چیست؟

پاسخ شبیهی هستند از مجموعه نمونه های منفی حذف می شوند تا از ورود نمونه های منفی اشتباه ( $\text{false negatives}$ ) جلوگیری شود. این کار باعث افزایش دقت در آموزش و جدا شدن بهتر اجتماعات می شود.

- تعریف مشکل  $\text{false negative}$  در نمونه گیری سنتی: ۳ نمره
- توضیح عملکرد لایه  $\text{debaised}$  برای حذف گره های با برچسب مشابه: ۳ نمره
- اثر این روش در بهبود دقت و جداسازی اجتماع ها: ۴ نمره

این لایه برای بهبود انتخاب نمونه‌های منفی طراحی شده است. گره‌هایی که دارای برچسب

پرسش ۵ (۱۰ نمره) دو محدودیت یا چالش اصلی روش پیشنهادی را شرح دهید. آیا این روش در همه انواع گراف‌ها (مانند گراف‌های بدون ویژگی، گراف‌های دینامیک یا گراف‌های بزرگ) عملکرد مناسبی دارد؟ دلیل بیاورید

پاسخ

(آ) حساسیت به پارامترها: عملکرد مدل وابسته به انتخاب مناسب مقادیر  $\alpha$ ,  $\beta$  و  $\gamma$  است و نیاز به تنظیم دقیق دارد.

(ب) محدودیت در گراف‌های خاص: در گراف‌های بدون ویژگی گره یا گراف‌های بسیار بزرگ، مدل ممکن است با افت دقت یا هزینه محاسباتی بالا مواجه شود. در گراف‌های دینامیک نیز تطبیق با تغییرات ساختاری ممکن است نیازمند طراحی جدید باشد.

پرسش ۶ (۱۳ نمره) معادله نهایی loss مدل به شکل زیر در آمده است. نقش هر یک از اجزای آن در عملکرد مدل را شرح دهید:

$$L = L_{DNMF} + \beta L_{reg} + \gamma L_{cl} \quad (1)$$

پاسخ

•  $L_{DNMF}$ : خطای بازسازی ماتریس مجاورت و ویژگی‌ها با استفاده از فاکتورسازی عمیق.

•  $L_{reg}$ : منظم‌سازی ساختار گراف با هدف نزدیک‌تر شدن نمایش گره‌های مجاور.

•  $L_{cl}$ : تابع کنتراستی که تفاوت بین اجتماعات را با ایجاد فاصله در نمایش گره‌ها افزایش می‌دهد.

•  $\beta$  و  $\gamma$ : ضرایب وزن‌دهی برای کنترل میزان تأثیر هر جزء در تابع هزینه کلی.

پرسش ۷ (۱۰ نمره) اگر شما داور این مقاله بودید، چه آزمایشی را برای اعتبارسنجی بهتر مدل پیشنهاد می‌کردید که در مقاله انجام نشده است؟ (موارد مندرج در مقاله دو جدول زیر هستند)

Table 2: Results of ablation experiments based on Cora and Citeseer.

Methods	Cora				Citeseer			
	ACC	$\Delta$	NMI	$\Delta$	ACC	$\Delta$	NMI	$\Delta$
Ours $[L(A)]$	0.5835	2.46%	0.3781	2.25%	0.4598	1.58%	0.1672	8.87%
Ours $[L(X)]$	0.5162	9.19%	0.3501	5.05%	0.3499	12.6%	0.1749	8.10%
Ours	<b>0.6081</b>		<b>0.4006</b>		<b>0.4756</b>		<b>0.2559</b>	

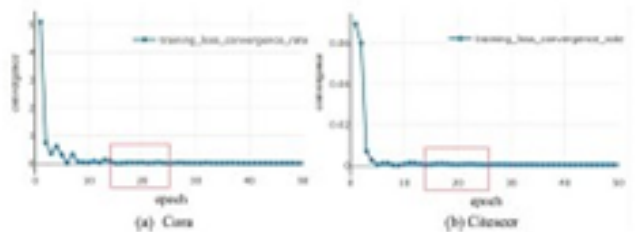


Fig. 2: The analysis of the convergence rate of our algorithm.

Table 1: Community detection performance with ACC and NMI on three datasets. The bold and underlined text indicate the optimal and suboptimal results, respectively.

Method	Cora		Citeseer		Pubmed	
	ACC	NMI	ACC	NMI	ACC	NMI
NMF	0.4103	0.2851	0.3074	0.1319	0.5133	0.1606
ONMF	0.3811	0.2416	0.3330	0.1423	0.5575	0.1582
BNMF	0.4191	0.2521	0.3324	0.0825	0.5110	0.0714
NSED	0.4234	0.2928	0.3448	0.1492	0.5201	0.1729
LINE	0.4044	0.2376	0.3019	0.0873	0.4960	0.1357
Node2Vec	0.3674	0.1978	0.2521	0.0486	0.4067	0.0635
MNMF	0.1647	0.0035	0.1890	0.0031	0.3397	0.0002
LP-FNMTF	0.2861	0.0261	0.2327	0.0143	0.5437	0.1532
K-means++	0.3230	0.2210	0.4160	0.1910	0.4150	<u>0.2300</u>
VGAER	0.4330	0.2970	0.3020	0.2170	0.3010	0.2230
DNMF	0.4849	0.3572	0.3633	0.1582	0.5389	0.1709
DANMF	0.5499	0.3764	0.4242	0.1831	0.6393	0.2221
Ours	<b>0.6081</b>	<b>0.4006</b>	<b>0.4756</b>	<b>0.2559</b>	<b>0.6653</b>	<b>0.2330</b>

شکل ۲: جدول دوم

شکل ۱: جدول اول

پاسخ پیشنهاد می‌شود آزمایش‌هایی برای بررسی مقاومت مدل در برابر نویز در توپولوژی یا ویژگی گره‌ها انجام شود. همچنین بررسی عملکرد مدل در گراف‌های پویا (dynamic graphs) یا گراف‌هایی بدون ویژگی گره می‌تواند توانایی تعمیم‌پذیری مدل را بهتر نشان دهد.

## سوالات امتیازی (۲۵ نمره)

پرسش ۱ (۹ نمره) روش TPO برای خوشه‌بندی در گراف‌های دوجهتی با ویژگی‌های غنی چیست و چه تفاوتی با روش‌های embedding کلاسیک دارد؟ پاسخ TPO یک الگوریتم سه‌مرحله‌ای است که به جای یادگیری embedding و سپس خوشه‌بندی جداگانه، مستقیماً به خوشه‌بندی گره‌ها در گراف دوجهتی می‌پردازد. این سه مرحله شامل تخمین شباهت مبتنی بر MSA، فاکتورسازی ماتریس، و ساخت ماتریس شاخص خوشه هستند. برخلاف روش‌های embedding که نیاز به فاز دوم برای خوشه‌بندی دارند، TPO مستقیماً هدف خوشه‌بندی را در بهینه‌سازی لحاظ می‌کند.

• معرفی مراحل TPO (NCI, NMF, MSA): ۳ نمره

• تفاوت با روش‌های embedding سنتی: ۳ نمره

• مزیت در دقت و سادگی خوشه‌بندی مستقیم: ۳ نمره

پرسش ۲ (۹ نمره) نقش Multi-Scale Attribute Affinity (MSA) در مدل TPO چیست؟

پاسخ MSA شباهت بین گره‌ها را نه فقط بر اساس ویژگی‌های مستقیم، بلکه با در نظر گرفتن اطلاعات چند-مرحله‌ای از همسایگی گره‌ها محاسبه می‌کند. این رویکرد نسبت به روش‌هایی مانند cosine یا dot-product که فقط مقایسه برداری ساده انجام می‌دهند، اطلاعات عمیق‌تری از ساختار گراف ارائه می‌دهد.

- تعریف MSA و مفهوم multi-hop similarity: ۳ نمره
- مقایسه با cosine یا dot-product: ۳ نمره
- مزیت لحاظ کردن ساختار گراف در شباهت: ۳ نمره

**پرسش ۳** (۷ نمره) نقش کاهش بُعد با SVD در بهبود عملکرد مدل TPO چیست؟ چرا استفاده از آن گاهی باعث دقت بهتر نسبت به استفاده از داده خام می‌شود؟

**پاسخ** کاهش بُعد با SVD باعث می‌شود ویژگی‌های پرنویز یا بی‌اهمیت حذف شوند و فقط مؤلفه‌های اصلی حفظ شوند. این کار باعث کاهش هزینه محاسباتی و افزایش دقت خوشه‌بندی می‌شود، به‌خصوص در گراف‌هایی که ویژگی‌های گره بسیار زیاد و متنوع دارند.

- توضیح اینکه چرا کاهش بُعد نیاز است (مثلاً حذف نویز): ۲ نمره
- نحوه عملکرد SVD و اثر آن بر نمایش ویژگی‌ها: ۳ نمره
- تأثیر در بهبود دقت خوشه‌بندی و کاهش هزینه محاسباتی: ۲ نمره