

Annex: Dataset Recommendation for Heterogeneous and Dynamic Scholarly Graphs via Multimodal Representation Learning

Anonymous Author(s)

1 Results

In this section, we expand the analysis by presenting a more comprehensive set of results. Specifically, we compare the performance of MM-SAN against the baselines at three different cutoff levels: 5, 10, and 20. We also evaluate the models using a broader range of metrics, including hits, recall (R), precision (P), F1-score (F1), and MRR. In the original paper, we reported results at cutoff 5 using NDCG and recall, as these were representative of the model's overall performance. On the other hand, in this extended analysis, we provide a more detailed evaluation to better capture the model's behavior across different recommendation depths and performance dimensions. We report the results related to MES in Tables 1, 3, 5, and those related to PubMed in Tables 2, 4, 6. We evaluate two categories of baselines: (i) the original models, and (ii) their counterparts enhanced with our sampling strategy (namely SAGE-RW, GAT-RW, and HGNN-RW). The experimental results show that MM-SAN consistently achieves the best performance across all evaluation metrics. Although integrating our sampling approach leads to notable improvements over the original baselines, MM-SAN still outperforms them, underscoring both the effectiveness of the model and the benefits introduced by our sampling method. Moreover, MM-SAN proves to be the most robust method, maintaining high effectiveness even under more realistic conditions such as inductive settings and scenarios where metadata is unavailable. These results confirm what reported in the original paper.

2 Baselines

We applied grid search to systematically tune the hyperparameters of each baseline model for fair comparison. In Table 7, we report the specific choices and value ranges explored for each hyperparameter and each baseline.

3 Sampling Analysis

In this set of experiments, we investigate the performance of MM-SAN when replacing the original random walk-based sampling method with random sampling. We explored the effect of random sampling at different hop distances (k -hops) to evaluate how sampling neighbors from progressively deeper levels influences the results. The results for MES and PubMed datasets at cutoff 5 are shown in Tables 8, 9 respectively.

We observe that MM-SAN, in its original implementation using random walk-based sampling, outperforms random sampling at every selected hop. However, there are two important observations to make. The first is that as the sampling depth (k -hop) increases, the performance of random sampling improves. This is reasonable because we increase the heterogeneity of the sample. The second is that MM-SAN does not significantly outperform random sampling, especially when the setup is either ideal (transductive, 100%) or

entirely realistic (25% inductive). In fact, we see that when only 25% of the nodes are well described, there is no longer a marked difference between sampling at hop-1 or hop-3. This is related to the fact that nodes without textual features are being sampled, making them less representative of the target. Moreover, we see that across all settings – transductive, semi-inductive, and fully inductive – and regardless of the portion of the dataset with complete metadata, sampling neighbors at greater depths consistently improves performance. This improvement is expected, as deeper sampling increases the heterogeneity of the sampled neighborhood. Nonetheless, the methods we proposed in our pipeline, based on random walks, yield superior results.

4 Augmentation Analysis

In this section, we expand on the component-based analysis presented in the original paper and report results on the MES and PubMed datasets in Tables 10 and 11. We evaluate five graph-based baselines—GAT, SAGE, HAN, HGT, and HGNN—along with modified versions of GAT and SAGE that incorporate our sampling strategy (denoted as GAT-RW and SAGE-RW).

Consistent with findings from the original study, we observe that the augmentation phase improves the performance of HGNN and MM-SAN. This improvement can be attributed to their sensitivity to sample heterogeneity; the inclusion of new node types enhances their ability to capture complex relationships. In contrast, the original implementations of SAGE and GAT do not benefit from node augmentation, likely because they are designed for homogeneous graphs and struggle to exploit the added heterogeneity.

Interestingly, the trend reverses when applying our sampling strategy to SAGE and GAT. The GAT-RW and SAGE-RW variants show marked performance gains, suggesting that our method allows these models to better accommodate heterogeneous graph structures. As a result, the incorporation of diverse node types becomes beneficial, further validating the effectiveness of our sampling approach.

Table 1: Recall@5 (R@5), nDG@5 (N@5), Precision@5 (P@5), f1-score (f1@5), Mean reciprocal rank (MRR@5), Hits@5 scores over the MES dataset in transductive (Tran), semi-inductive (Semi), and inductive (Ind) settings. 100% indicates that all the datasets have textual metadata. [75%, 50%, 25%] indicates the percentage of datasets having textual metadata. Methods with the -RW suffix indicate that their original sampling mechanism has been replaced by our proposed sampling strategy. The best-performing method is indicated in boldface.

MES	Setting	Metric	GAT	GAT-RW	SAGE	SAGE-RW	HAN	HGT	HGNN	HGNN-RW	MMSAN
Tran		R@5	0.625	0.700	0.489	0.690	0.008	0.023	0.581	0.700	0.727
		N@5	0.475	0.520	0.398	0.510	0.009	0.020	0.438	0.520	0.546
		P@5	0.145	0.150	0.142	0.148	0.000	0.000	0.120	0.145	0.152
		F1@5	0.240	0.246	0.236	0.244	0.000	0.000	0.198	0.240	0.250
		Hits@5	0.711	0.721	0.719	0.735	0.000	0.000	0.580	0.725	0.741
		MRR@5	0.582	0.590	0.548	0.570	0.000	0.000	0.378	0.480	0.484
0%	Semi	R@5	0.621	0.700	0.446	0.690	0.000	0.007	0.587	0.700	0.719
		N@5	0.479	0.490	0.316	0.500	0.000	0.003	0.417	0.510	0.524
		P@5	0.141	0.145	0.155	0.160	0.000	0.000	0.118	0.138	0.145
		F1@5	0.242	0.241	0.236	0.238	0.000	0.000	0.197	0.230	0.242
		Hits@5	0.723	0.721	0.716	0.710	0.000	0.000	0.591	0.720	0.727
		MRR@5	0.454	0.456	0.447	0.455	0.000	0.000	0.362	0.450	0.461
Ind		R@5	0.590	0.622	0.439	0.512	0.000	0.000	0.582	0.634	0.687
		N@5	0.442	0.513	0.315	0.446	0.000	0.000	0.422	0.475	0.519
		P@5	0.123	0.136	0.133	0.145	0.000	0.000	0.118	0.120	0.149
		F1@5	0.226	0.232	0.225	0.230	0.000	0.000	0.196	0.202	0.232
		Hits@5	0.611	0.627	0.607	0.631	0.000	0.000	0.586	0.644	0.691
		MRR@5	0.434	0.437	0.437	0.438	0.000	0.000	0.370	0.377	0.466
Tran		R@5	0.481	0.511	0.352	0.372	0.008	0.022	0.573	0.593	0.623
		N@5	0.370	0.391	0.294	0.314	0.006	0.011	0.356	0.387	0.447
		P@5	0.118	0.132	0.119	0.123	0.000	0.000	0.101	0.103	0.128
		F1@5	0.198	0.204	0.193	0.202	0.000	0.000	0.164	0.172	0.210
		Hits@5	0.484	0.518	0.472	0.478	0.000	0.000	0.556	0.598	0.659
		MRR@5	0.491	0.499	0.451	0.493	0.000	0.000	0.300	0.309	0.495
75%	Semi	R@5	0.483	0.501	0.332	0.393	0.000	0.000	0.515	0.545	0.598
		N@5	0.404	0.434	0.247	0.306	0.000	0.000	0.373	0.387	0.442
		P@5	0.101	0.109	0.106	0.111	0.000	0.000	0.103	0.102	0.106
		F1@5	0.173	0.181	0.180	0.184	0.000	0.000	0.172	0.181	0.187
		Hits@5	0.516	0.525	0.449	0.503	0.000	0.000	0.515	0.552	0.630
		MRR@5	0.393	0.398	0.377	0.391	0.000	0.000	0.283	0.292	0.398
Ind		R@5	0.409	0.432	0.325	0.354	0.000	0.000	0.523	0.549	0.598
		N@5	0.324	0.338	0.235	0.241	0.000	0.000	0.383	0.385	0.468
		P@5	0.111	0.114	0.110	0.116	0.000	0.000	0.096	0.098	0.116
		F1@5	0.183	0.191	0.186	0.192	0.000	0.000	0.159	0.163	0.192
		Hits@5	0.458	0.476	0.463	0.502	0.000	0.000	0.580	0.599	0.609
		MRR@5	0.443	0.449	0.383	0.417	0.000	0.000	0.336	0.355	0.368
Tran		R@5	0.361	0.399	0.286	0.309	0.007	0.015	0.443	0.453	0.539
		N@5	0.319	0.337	0.212	0.260	0.006	0.012	0.324	0.367	0.398
		P@5	0.069	0.071	0.066	0.072	0.000	0.000	0.083	0.093	0.102
		F1@5	0.111	0.116	0.117	0.118	0.000	0.000	0.136	0.139	0.168
		Hits@5	0.337	0.360	0.400	0.401	0.000	0.000	0.451	0.460	0.563
		MRR@5	0.311	0.337	0.282	0.292	0.000	0.000	0.276	0.292	0.340
50%	Semi	R@5	0.349	0.380	0.240	0.263	0.000	0.000	0.484	0.500	0.518
		N@5	0.277	0.302	0.209	0.256	0.000	0.000	0.352	0.371	0.359
		P@5	0.069	0.076	0.075	0.083	0.000	0.000	0.077	0.081	0.108
		F1@5	0.123	0.126	0.130	0.139	0.000	0.000	0.129	0.130	0.179
		Hits@5	0.372	0.389	0.414	0.417	0.000	0.000	0.486	0.502	0.538
		MRR@5	0.302	0.303	0.295	0.296	0.000	0.000	0.253	0.257	0.303
Ind		R@5	0.321	0.376	0.196	0.211	0.000	0.000	0.434	0.457	0.526
		N@5	0.258	0.276	0.150	0.177	0.000	0.000	0.339	0.357	0.391
		P@5	0.063	0.067	0.059	0.066	0.000	0.000	0.092	0.100	0.099
		F1@5	0.108	0.111	0.100	0.109	0.000	0.000	0.153	0.157	0.164
		Hits@5	0.333	0.386	0.380	0.399	0.000	0.000	0.461	0.471	0.558
		MRR@5	0.273	0.281	0.243	0.281	0.000	0.000	0.304	0.306	0.326
Tran		R@5	0.230	0.278	0.190	0.201	0.003	0.007	0.336	0.357	0.467
		N@5	0.203	0.203	0.165	0.165	0.002	0.007	0.242	0.242	0.329
		P@5	0.032	0.039	0.030	0.038	0.000	0.000	0.060	0.064	0.095
		F1@5	0.063	0.064	0.060	0.062	0.000	0.000	0.098	0.100	0.157
		Hits@5	0.245	0.281	0.331	0.340	0.000	0.000	0.340	0.375	0.473
		MRR@5	0.250	0.260	0.200	0.232	0.000	0.000	0.169	0.173	0.283
25%	Semi	R@5	0.206	0.282	0.145	0.190	0.000	0.000	0.367	0.401	0.454
		N@5	0.172	0.191	0.125	0.189	0.000	0.000	0.270	0.301	0.306
		P@5	0.042	0.047	0.045	0.047	0.000	0.000	0.074	0.079	0.086
		F1@5	0.070	0.078	0.072	0.078	0.000	0.000	0.123	0.129	0.144
		Hits@5	0.235	0.330	0.292	0.320	0.000	0.000	0.371	0.410	0.462
		MRR@5	0.177	0.181	0.186	0.198	0.000	0.000	0.247	0.256	0.256
Ind		R@5	0.159	0.176	0.075	0.075	0.000	0.000	0.322	0.367	0.453
		N@5	0.128	0.128	0.069	0.069	0.000	0.000	0.233	0.233	0.321
		P@5	0.035	0.042	0.035	0.043	0.000	0.000	0.058	0.063	0.088
		F1@5	0.060	0.070	0.063	0.072	0.000	0.000	0.096	0.103	0.147
		Hits@5	0.203	0.211	0.214	0.217	0.000	0.000	0.340	0.378	0.441
		MRR@5	0.186	0.190	0.174	0.188	0.000	0.000	0.194	0.201	0.241

Table 2: All metrics (R@5, N@5, P@5, F1@5, Hits@5, MRR@5) over the PubMed dataset (cutoff@5) in transductive (Tran), semi-inductive (Semi), and inductive (Ind) settings. 100% indicates that all the datasets have textual metadata. [75%, 50%, 25%] indicates the percentage of datasets having textual metadata. Methods with the -RW suffix indicate that their original sampling mechanism has been replaced by our proposed sampling strategy. The best-performing method is indicated in boldface.

PubMed	Setting	Metric	GAT	GAT-RW	SAGE	SAGE-RW	HGT	HAN	HGNN	HGNN-RW	MM-SAN
100%	Tran	R@5	0.241	0.298	0.239	0.278	0.016	0.030	0.284	0.301	0.380
		N@5	0.181	0.202	0.179	0.201	0.017	0.023	0.202	0.256	0.270
		P@5	0.069	0.076	0.076	0.076	0.003	0.005	0.058	0.070	0.077
		F1@5	0.121	0.125	0.121	0.126	0.005	0.007	0.096	0.106	0.127
		HIT@5	0.300	0.310	0.267	0.301	0.016	0.030	0.286	0.309	0.381
		MRR@5	0.233	0.254	0.304	0.369	0.009	0.013	0.209	0.255	0.234
75%	Semi	R@5	0.231	0.242	0.221	0.253	0.006	0.010	0.246	0.271	0.374
		N@5	0.171	0.205	0.161	0.182	0.005	0.008	0.198	0.201	0.267
		P@5	0.070	0.075	0.075	0.075	0.003	0.005	0.055	0.072	0.076
		F1@5	0.123	0.125	0.125	0.125	0.005	0.007	0.091	0.125	0.126
		HIT@5	0.254	0.301	0.297	0.311	0.015	0.022	0.273	0.309	0.376
		MRR@5	0.222	0.245	0.254	0.302	0.009	0.013	0.222	0.243	0.232
50%	Ind	R@5	0.196	0.240	0.187	0.239	0.000	0.000	0.271	0.320	0.344
		N@5	0.134	0.186	0.133	0.201	0.000	0.000	0.199	0.267	0.246
		P@5	0.062	0.069	0.069	0.069	0.003	0.005	0.050	0.069	0.070
		F1@5	0.109	0.115	0.115	0.115	0.005	0.007	0.083	0.115	0.116
		HIT@5	0.289	0.299	0.209	0.265	0.014	0.021	0.301	0.321	0.347
		MRR@5	0.301	0.319	0.213	0.274	0.009	0.013	0.187	0.221	0.214
25%	Tran	R@5	0.201	0.240	0.183	0.198	0.006	0.012	0.241	0.267	0.319
		N@5	0.149	0.167	0.139	0.145	0.005	0.009	0.171	0.193	0.227
		P@5	0.052	0.063	0.062	0.063	0.003	0.005	0.048	0.063	0.064
		F1@5	0.094	0.106	0.104	0.106	0.004	0.006	0.079	0.106	0.107
		HIT@5	0.300	0.318	0.298	0.310	0.013	0.019	0.252	0.278	0.319
		MRR@5	0.196	0.196	0.196	0.196	0.008	0.012	0.149	0.170	0.197
75%	Semi	R@5	0.186	0.201	0.174	0.199	0.000	0.007	0.237	0.258	0.318
		N@5	0.140	0.167	0.133	0.167	0.000	0.007	0.174	0.192	0.228
		P@5	0.052	0.064	0.062	0.064	0.003	0.005	0.048	0.064	0.065
		F1@5	0.093	0.106	0.103	0.106	0.004	0.006	0.080	0.100	0.107
		HIT@5	0.296	0.318	0.202	0.265	0.013	0.019	0.289	0.295	0.319
		MRR@5	0.198	0.198	0.198	0.198	0.008	0.012	0.150	0.184	0.199
50%	Ind	R@5	0.145	0.175	0.136	0.190	0.000	0.000	0.202	0.232	0.295
		N@5	0.104	0.165	0.097	0.102	0.000	0.000	0.145	0.188	0.210
		P@5	0.047	0.059	0.057	0.059	0.002	0.003	0.043	0.059	0.060
		F1@5	0.084	0.098	0.094	0.098	0.004	0.006	0.072	0.098	0.099
		HIT@5	0.273	0.288	0.283	0.296	0.012	0.018	0.215	0.227	0.297
		MRR@5	0.182	0.190	0.182	0.185	0.007	0.011	0.135	0.150	0.183
50%	Tran	R@5	0.156	0.198	0.145	0.168	0.005	0.007	0.203	0.213	0.272
		N@5	0.116	0.124	0.111	0.139	0.005	0.007	0.140	0.166	0.192
		P@5	0.034	0.053	0.044	0.053	0.002	0.003	0.041	0.053	0.055
		F1@5	0.062	0.075	0.072	0.083	0.004	0.006	0.069	0.089	0.091
		HIT@5	0.206	0.248	0.216	0.229	0.011	0.017	0.206	0.235	0.274
		MRR@5	0.155	0.163	0.163	0.163	0.007	0.011	0.131	0.159	0.166
50%	Semi	R@5	0.144	0.165	0.129	0.132	0.000	0.001	0.201	0.210	0.268
		N@5	0.110	0.122	0.100	0.130	0.000	0.002	0.142	0.139	0.190
		P@5	0.031	0.054	0.041	0.054	0.002	0.003	0.040	0.054	0.054
		F1@5	0.059	0.071	0.069	0.090	0.004	0.006	0.066	0.090	0.090
		HIT@5	0.200	0.224	0.206	0.249	0.011	0.017	0.243	0.273	0.270
		MRR@5	0.140	0.165	0.150	0.175	0.007	0.011	0.124	0.165	0.164
25%	Ind	R@5	0.096	0.132	0.097	0.122	0.000	0.000	0.167	0.199	0.246
		N@5	0.086	0.101	0.079	0.098	0.000	0.000	0.120	0.140	0.170
		P@5	0.030	0.049	0.040	0.049	0.002	0.003	0.035	0.049	0.050
		F1@5	0.056	0.070	0.066	0.082	0.003	0.005	0.058	0.082	0.083
		HIT@5	0.189	0.213	0.199	0.229	0.010	0.015	0.204	0.220	0.247
		MRR@5	0.132	0.145	0.142	0.155	0.006	0.009	0.107	0.145	0.146
25%	Tran	R@5	0.113	0.167	0.108	0.119	0.000	0.000	0.156	0.199	0.234
		N@5	0.084	0.100	0.089	0.099	0.000	0.000	0.108	0.123	0.159
		P@5	0.010	0.021	0.020	0.046	0.002	0.003	0.030	0.046	0.047
		F1@5	0.024	0.063	0.034	0.060	0.003	0.005	0.049	0.077	0.078
		HIT@5	0.120	0.132	0.110	0.129	0.009	0.013	0.140	0.153	0.235
		MRR@5	0.063	0.099	0.073	0.091	0.005	0.007	0.091	0.102	0.135
25%	Semi	R@5	0.098	0.109	0.096	0.102	0.000	0.000	0.152	0.167	0.211
		N@5	0.077	0.091	0.075	0.089	0.000	0.000	0.107	0.111	0.147
		P@5	0.011	0.026	0.021	0.042	0.002	0.003	0.029	0.042	0.043
		F1@5	0.024	0.067	0.034	0.060	0.003	0.005	0.048	0.070	0.071
		HIT@5	0.178	0.199	0.155	0.178	0.009	0.013	0.205	0.230	0.213
		MRR@5	0.101	0.107	0.078	0.105	0.005	0.007	0.090	0.114	0.127
25%	Ind	R@5	0.053	0.089	0.057	0.077	0.000	0.000	0.129	0.134	0.202
		N@5	0.038	0.088	0.043	0.063	0.000	0.000	0.090	0.100	0.140
		P@5	0.010	0.022	0.020	0.034	0.002	0.003	0.029	0.040	0.041
		F1@5	0.024	0.063	0.034	0.045	0.003	0.005	0.048	0.067	0.068
		HIT@5	0.091	0.140	0.101	0.137	0.008	0.012	0.144	0.189	0.204
		MRR@5	0.063	0.112	0.073	0.118	0.005	0.007	0.087	0.117	0.121

Table 3: Recall@10 (R@10), nDG@10 (N@10), Precision@10 (P@10), f1-score (f1@10), Mean reciprocal rank (MRR@10), Hits@10 scores over the MES dataset in transductive (Tran), semi-inductive (Semi), and inductive (Ind) settings. 100% indicates that all the datasets have textual metadata. [75%, 50%, 25%] indicates the percentage of datasets having textual metadata. Methods with the -RW suffix indicate that their original sampling mechanism has been replaced by our proposed sampling strategy. The best-performing method is indicated in boldface.

MES	Setting	Metric	GAT	GAT-RW	SAGE	SAGE-RW	HGT	HAN	HGN	HGN-RW	MM-SAN
Tran	100%	R@10	0.748	0.786	0.715	0.778	0.000	0.000	0.656	0.670	0.796
		N@10	0.641	0.666	0.573	0.632	0.000	0.000	0.455	0.466	0.566
		P@10	0.020	0.085	0.045	0.085	0.000	0.000	0.069	0.081	0.084
		F1@10	0.085	0.153	0.126	0.153	0.000	0.000	0.124	0.127	0.151
		Hits@10	0.765	0.789	0.794	0.800	0.000	0.000	0.660	0.683	0.803
		MRR@10	0.473	0.523	0.469	0.478	0.000	0.000	0.392	0.484	0.493
Semi	75%	R@10	0.773	0.785	0.712	0.778	0.000	0.000	0.655	0.685	0.799
		N@10	0.528	0.546	0.504	0.536	0.000	0.000	0.439	0.479	0.351
		P@10	0.074	0.082	0.042	0.083	0.000	0.000	0.066	0.071	0.081
		F1@10	0.111	0.139	0.110	0.141	0.000	0.000	0.120	0.135	0.147
		Hits@10	0.692	0.711	0.720	0.800	0.000	0.000	0.659	0.668	0.811
		MRR@10	0.523	0.567	0.485	0.564	0.000	0.000	0.370	0.383	0.472
Ind	50%	R@10	0.716	0.733	0.738	0.740	0.000	0.000	0.658	0.699	0.743
		N@10	0.526	0.533	0.519	0.530	0.000	0.000	0.447	0.529	0.538
		P@10	0.045	0.080	0.031	0.078	0.000	0.000	0.067	0.081	0.086
		F1@10	0.127	0.124	0.110	0.132	0.000	0.000	0.122	0.130	0.137
		Hits@10	0.726	0.783	0.767	0.770	0.000	0.000	0.658	0.697	0.743
		MRR@10	0.439	0.445	0.437	0.446	0.000	0.000	0.379	0.441	0.472
Tran	25%	R@10	0.568	0.605	0.522	0.616	0.000	0.000	0.534	0.583	0.704
		N@10	0.454	0.474	0.422	0.473	0.000	0.000	0.363	0.442	0.480
		P@10	0.020	0.065	0.019	0.065	0.000	0.000	0.057	0.070	0.074
		F1@10	0.057	0.116	0.096	0.117	0.000	0.000	0.103	0.161	0.164
		Hits@10	0.565	0.612	0.594	0.619	0.000	0.000	0.544	0.617	0.707
		MRR@10	0.395	0.401	0.324	0.369	0.000	0.000	0.309	0.366	0.408
Semi	100%	R@10	0.480	0.580	0.505	0.580	0.000	0.000	0.598	0.631	0.723
		N@10	0.442	0.440	0.393	0.448	0.000	0.000	0.369	0.433	0.441
		P@10	0.041	0.059	0.023	0.059	0.000	0.000	0.061	0.127	0.073
		F1@10	0.022	0.107	0.022	0.107	0.000	0.000	0.110	0.123	0.132
		Hits@10	0.577	0.583	0.509	0.583	0.000	0.000	0.598	0.620	0.727
		MRR@10	0.349	0.403	0.398	0.406	0.000	0.000	0.295	0.381	0.405
Ind	75%	R@10	0.510	0.609	0.525	0.602	0.000	0.000	0.562	0.583	0.701
		N@10	0.434	0.451	0.426	0.455	0.000	0.000	0.397	0.444	0.455
		P@10	0.048	0.062	0.007	0.061	0.000	0.000	0.057	0.070	0.071
		F1@10	0.042	0.112	0.088	0.111	0.000	0.000	0.104	0.120	0.129
		Hits@10	0.596	0.612	0.509	0.605	0.000	0.000	0.566	0.611	0.704
		MRR@10	0.344	0.355	0.381	0.421	0.000	0.000	0.347	0.417	0.383
Tran	50%	R@10	0.312	0.357	0.317	0.354	0.000	0.000	0.473	0.560	0.639
		N@10	0.308	0.326	0.234	0.300	0.000	0.000	0.329	0.343	0.405
		P@10	0.020	0.037	0.028	0.037	0.000	0.000	0.050	0.095	0.067
		F1@10	0.040	0.067	0.049	0.067	0.000	0.000	0.090	0.111	0.120
		Hits@10	0.322	0.361	0.265	0.361	0.000	0.000	0.476	0.507	0.646
		MRR@10	0.303	0.320	0.196	0.285	0.000	0.000	0.286	0.329	0.334
Semi	25%	R@10	0.320	0.405	0.397	0.413	0.000	0.000	0.527	0.530	0.670
		N@10	0.253	0.330	0.304	0.324	0.000	0.000	0.333	0.374	0.404
		P@10	0.020	0.041	0.010	0.042	0.000	0.000	0.053	0.071	0.067
		F1@10	0.008	0.074	0.063	0.076	0.000	0.000	0.096	0.113	0.122
		Hits@10	0.347	0.409	0.382	0.417	0.000	0.000	0.530	0.600	0.674
		MRR@10	0.293	0.308	0.244	0.296	0.000	0.000	0.273	0.276	0.322
Ind	100%	R@10	0.363	0.368	0.347	0.368	0.000	0.000	0.543	0.618	0.625
		N@10	0.272	0.304	0.236	0.290	0.000	0.000	0.367	0.376	0.409
		P@10	0.010	0.037	0.020	0.037	0.000	0.000	0.055	0.124	0.063
		F1@10	0.001	0.068	0.001	0.068	0.000	0.000	0.100	0.198	0.115
		Hits@10	0.360	0.375	0.352	0.375	0.000	0.000	0.546	0.640	0.632
		MRR@10	0.238	0.287	0.221	0.267	0.000	0.000	0.315	0.324	0.345
Tran	25%	R@10	0.164	0.195	0.159	0.188	0.000	0.000	0.376	0.458	0.595
		N@10	0.134	0.158	0.107	0.152	0.000	0.000	0.225	0.308	0.371
		P@10	0.010	0.021	0.000	0.020	0.000	0.000	0.039	0.124	0.061
		F1@10	0.036	0.038	0.000	0.037	0.000	0.000	0.071	0.125	0.111
		Hits@10	0.189	0.204	0.138	0.197	0.000	0.000	0.388	0.480	0.599
		MRR@10	0.139	0.153	0.089	0.147	0.000	0.000	0.181	0.187	0.300
Semi	50%	R@10	0.181	0.250	0.206	0.250	0.000	0.000	0.466	0.489	0.561
		N@10	0.148	0.200	0.170	0.205	0.000	0.000	0.307	0.402	0.344
		P@10	0.020	0.026	0.020	0.026	0.000	0.000	0.047	0.141	0.057
		F1@10	0.002	0.047	0.002	0.047	0.000	0.000	0.085	0.172	0.103
		Hits@10	0.210	0.250	0.180	0.250	0.000	0.000	0.470	0.489	0.561
		MRR@10	0.180	0.183	0.107	0.192	0.000	0.000	0.259	0.350	0.275
Ind	100%	R@10	0.134	0.217	0.207	0.217	0.000	0.000	0.451	0.474	0.536
		N@10	0.146	0.194	0.158	0.192	0.000	0.000	0.270	0.370	0.322
		P@10	0.020	0.022	0.009	0.022	0.000	0.000	0.045	0.101	0.054
		F1@10	0.040	0.040	0.000	0.040	0.000	0.000	0.082	0.181	0.098
		Hits@10	0.184	0.224	0.205	0.224	0.000	0.000	0.454	0.511	0.539
		MRR@10	0.187	0.189	0.124	0.186	0.000	0.000	0.216	0.299	0.255

Table 4: Recall@10 (R@10), nDG@10 (N@10), Precision@10 (P@10), f1-score (f1@10), Mean reciprocal rank (MRR@10), Hits@10 scores over the PubMed dataset in transductive (Tran), semi-inductive (Semi), and inductive (Ind) settings. 100% indicates that all the datasets have textual metadata. [75%, 50%, 25%] indicates the percentage of datasets having textual metadata. Methods with the -RW suffix indicate that their original sampling mechanism has been replaced by our proposed sampling strategy. The best-performing method is indicated in boldface.

MES	Setting	Metric	GAT	GAT-RW	SAGE	SAGE-RW	HGT	HAN	HGN	HGN-RW	MM-SAN
Tran	100%	R@10	0.393	0.394	0.435	0.455	0.000	0.000	0.342	0.382	0.466
		N@10	0.215	0.236	0.266	0.321	0.000	0.000	0.224	0.265	0.298
		P@10	0.046	0.000	0.000	0.046	0.000	0.000	0.035	0.000	0.047
		F1@10	0.047	0.038	0.069	0.083	0.000	0.000	0.063	0.075	0.085
		Hits@10	0.406	0.456	0.458	0.456	0.000	0.000	0.342	0.392	0.467
		MRR@10	0.185	0.242	0.235	0.279	0.000	0.000	0.187	0.198	0.245
Semi	75%	R@10	0.348	0.388	0.349	0.447	0.000	0.000	0.335	0.382	0.442
		N@10	0.227	0.247	0.214	0.324	0.000	0.000	0.221	0.258	0.289
		P@10	0.000	0.032	0.033	0.045	0.000	0.000	0.034	0.027	0.045
		F1@10	0.038	0.054	0.068	0.082	0.000	0.000	0.062	0.064	0.081
		Hits@10	0.352	0.425	0.388	0.448	0.000	0.000	0.336	0.351	0.444
		MRR@10	0.229	0.231	0.219	0.285	0.000	0.000	0.185	0.224	0.242
Ind	50%	R@10	0.413	0.369	0.392	0.418	0.000	0.000	0.302	0.417	0.426
		N@10	0.269	0.260	0.250	0.294	0.000	0.000	0.196	0.234	0.273
		P@10	0.000	0.019	0.025	0.042	0.000	0.000	0.031	0.000	0.043
		F1@10	0.051	0.003	0.009	0.077	0.000	0.000	0.056	0.000	0.078
		Hits@10	0.344	0.338	0.342	0.421	0.000	0.000	0.304	0.341	0.428
		MRR@10	0.184	0.220	0.130	0.256	0.000	0.000	0.163	0.159	0.225
Tran	25%	R@10	0.328	0.390	0.404	0.353	0.000	0.000	0.289	0.384	0.406
		N@10	0.186	0.189	0.173	0.256	0.000	0.000	0.188	0.250	0.255
		P@10	0.000	0.000	0.000	0.036	0.000	0.000	0.029	0.000	0.041
		F1@10	0.013	0.000	0.000	0.065	0.000	0.000	0.053	0.059	0.075
		Hits@10	0.352	0.320	0.360	0.354	0.000	0.000	0.290	0.381	0.408
		MRR@10	0.117	0.150	0.127	0.225	0.000	0.000	0.156	0.133	0.209
Semi	100%	R@10	0.310	0.306	0.316	0.349	0.000	0.000	0.295	0.366	0.391
		N@10	0.234	0.178	0.207	0.254	0.000	0.000	0.190	0.195	0.252
		P@10	0.000	0.000	0.031	0.035	0.000	0.000	0.030	0.036	0.040
		F1@10	0.000	0.040	0.067	0.064	0.000	0.000	0.054	0.012	0.072
		Hits@10	0.330	0.375	0.349	0.350	0.000	0.000	0.296	0.310	0.393
		MRR@10	0.152	0.115	0.160	0.225	0.000	0.000	0.157	0.162	0.209
Ind	75%	R@10	0.289	0.359	0.295	0.326	0.000	0.000	0.262	0.358	0.366
		N@10	0.157	0.220	0.176	0.235	0.000	0.000	0.169	0.180	0.233
		P@10	0.000	0.000	0.016	0.033	0.000	0.000	0.027	0.032	0.037
		F1@10	0.016	0.063	0.038	0.060	0.000	0.000	0.048	0.005	0.067
		Hits@10	0.351	0.332	0.287	0.329	0.000	0.000	0.263	0.341	0.368
		MRR@10	0.118	0.176	0.154	0.207	0.000	0.000	0.141	0.100	0.192
Tran	50%	R@10	0.266	0.270	0.278	0.233	0.000	0.000	0.247	0.332	0.353
		N@10	0.150	0.215	0.191	0.173	0.000	0.000	0.158	0.148	0.218
		P@10	0.022	0.000	0.000	0.023	0.000	0.000	0.025	0.015	0.036
		F1@10	0.000	0.000	0.008	0.043	0.000	0.000	0.045	0.053	0.065
		Hits@10	0.348	0.301	0.336	0.234	0.000	0.000	0.248	0.337	0.354
		MRR@10	0.163	0.114	0.118	0.154	0.000	0.000	0.130	0.102	0.176
Semi	25%	R@10	0.281	0.297	0.266	0.233	0.000	0.000	0.251	0.254	0.340
		N@10	0.199	0.184	0.204	0.183	0.000	0.000	0.164	0.165	0.213
		P@10	0.000	0.000	0.000	0.024	0.000	0.000	0.025	0.000	0.034
		F1@10	0.058	0.000	0.057	0.043	0.000	0.000	0.046	0.008	0.062
		Hits@10	0.261	0.268	0.266	0.234	0.000	0.000	0.253	0.322	0.342
		MRR@10	0.130	0.104	0.075	0.168	0.000	0.000	0.137	0.140	0.174
Ind	50%	R@10	0.281	0.272	0.248	0.225	0.000	0.000	0.223	0.306	0.317
		N@10	0.182	0.154	0.136	0.165	0.000	0.000	0.139	0.166	0.194
		P@10	0.000	0.000	0.000	0.023	0.000	0.000	0.023	0.025	0.032
		F1@10	0.015	0.007	0.031	0.041	0.000	0.000	0.041	0.024	0.058
		Hits@10	0.290	0.281	0.228	0.226	0.000	0.000	0.224	0.292	0.319
		MRR@10	0.064	0.095	0.064	0.146	0.000	0.000	0.114	0.059	0.155
Tran	25%	R@10	0.277	0.303	0.236	0.116	0.000	0.000	0.193	0.298	0.311
		N@10	0.112	0.160	0.115	0.185	0.000	0.000	0.120	0.138	0.184
		P@10	0.015	0.000	0.000	0.012	0.000	0.000	0.020	0.005	0.031
		F1@10	0.015	0.000	0.000	0.021	0.000	0.000	0.035	0.048	0.057
		Hits@10	0.258	0.295	0.240	0.118	0.000	0.000	0.194	0.298	0.312
		MRR@10	0.122	0.098	0.111	0.075	0.000	0.000	0.097	0.053	0.145
Semi	100%	R@10	0.264	0.224	0.228	0.120	0.000	0.000	0.187	0.195	0.293
		N@10	0.128	0.138	0.109	0.123	0.000	0.000	0.117	0.160	0.174
		P@10	0.000	0.000	0.000	0.012	0.000	0.000	0.019	0.000	0.030
		F1@10	0.000	0.000	0.000	0.022	0.000	0.000	0.034	0.052	0.054
		Hits@10	0.275	0.272	0.288	0.121	0.000	0.000	0.189	0.212	0.295
		MRR@10	0.093	0.051	0.105	0.080	0.000	0.000	0.095	0.048	0.138
Ind	75%	R@10	0.223	0.254	0.234	0.261	0.000	0.000	0.182	0.246	0.270
		N@10	0.144	0.128	0.063	0.083	0.000	0.000	0.113	0.132	0.162
		P@10	0.000	0.000	0.000	0.011	0.000	0.000	0.019	0.000	0.027
		F1@10	0.028	0.042	0.000	0.020	0.000	0.000	0.034	0.026	0.050
		Hits@10	0.225	0.229	0.175	0.112	0.000	0.000	0.184	0.232	0.272
		MRR@10	0.080	0.111	0.102	0.075	0.000	0.000	0.093	0.037	0.130

Table 5: Recall@20 (R@20), nDG@20 (N@20), Precision@20 (P@20), f1-score (f1@20), Mean reciprocal rank (MRR@20), Hits@20 scores over the MES dataset in transductive (Tran), semi-inductive (Semi), and inductive (Ind) settings. 100% indicates that all the datasets have textual metadata. [75%, 50%, 25%] indicates the percentage of datasets having textual metadata. Methods with the -RW suffix indicate that their original sampling mechanism has been replaced by our proposed sampling strategy. The best-performing method is indicated in boldface.

MES	Setting	Metric	GAT	GAT-RW	SAGE	SAGE-RW	HGT	HAN	HGN	HGN-RW	MM-SAN
Tran	100%	R@20	0.769	0.833	0.747	0.840	0.000	0.000	0.707	0.773	0.867
		N@20	0.563	0.583	0.570	0.580	0.000	0.000	0.468	0.470	0.584
		P@20	0.039	0.044	0.041	0.044	0.000	0.000	0.037	0.045	0.046
		F1@20	0.031	0.083	0.043	0.084	0.000	0.000	0.070	0.082	0.086
		Hits@20	0.811	0.837	0.824	0.844	0.000	0.000	0.714	0.726	0.871
		MRR@20	0.486	0.490	0.491	0.495	0.000	0.000	0.395	0.410	0.498
Semi	75%	R@20	0.730	0.833	0.768	0.867	0.000	0.000	0.723	0.764	0.886
		N@20	0.568	0.572	0.542	0.559	0.000	0.000	0.457	0.466	0.573
		P@20	0.004	0.042	0.000	0.044	0.000	0.000	0.037	0.044	0.045
		F1@20	0.080	0.081	0.077	0.084	0.000	0.000	0.070	0.083	0.086
		Hits@20	0.735	0.833	0.777	0.871	0.000	0.000	0.727	0.760	0.886
		MRR@20	0.476	0.486	0.476	0.487	0.000	0.000	0.375	0.387	0.477
Ind	50%	R@20	0.738	0.808	0.778	0.806	0.000	0.000	0.711	0.717	0.809
		N@20	0.554	0.554	0.554	0.612	0.000	0.000	0.460	0.491	0.555
		P@20	0.030	0.040	0.013	0.041	0.000	0.000	0.036	0.040	0.041
		F1@20	0.033	0.077	0.009	0.079	0.000	0.000	0.069	0.077	0.078
		Hits@20	0.758	0.808	0.766	0.816	0.000	0.000	0.711	0.773	0.809
		MRR@20	0.436	0.446	0.472	0.479	0.000	0.000	0.383	0.454	0.477
Tran	25%	R@20	0.558	0.636	0.540	0.622	0.000	0.000	0.609	0.697	0.765
		N@20	0.444	0.454	0.449	0.495	0.000	0.000	0.381	0.471	0.495
		P@20	0.000	0.034	0.000	0.033	0.000	0.000	0.032	0.039	0.040
		F1@20	0.000	0.064	0.000	0.062	0.000	0.000	0.061	0.075	0.076
		Hits@20	0.605	0.639	0.532	0.626	0.000	0.000	0.619	0.718	0.769
		MRR@20	0.411	0.411	0.400	0.410	0.000	0.000	0.314	0.317	0.412
Semi	100%	R@20	0.569	0.598	0.556	0.614	0.000	0.000	0.674	0.740	0.818
		N@20	0.410	0.450	0.393	0.457	0.000	0.000	0.388	0.465	0.466
		P@20	0.022	0.031	0.000	0.031	0.000	0.000	0.034	0.040	0.041
		F1@20	0.021	0.058	0.046	0.060	0.000	0.000	0.065	0.078	0.079
		Hits@20	0.516	0.598	0.542	0.614	0.000	0.000	0.674	0.762	0.826
		MRR@20	0.360	0.360	0.327	0.407	0.000	0.000	0.300	0.360	0.361
Ind	75%	R@20	0.613	0.622	0.617	0.641	0.000	0.000	0.658	0.736	0.799
		N@20	0.479	0.479	0.436	0.475	0.000	0.000	0.422	0.426	0.480
		P@20	0.000	0.032	0.000	0.033	0.000	0.000	0.034	0.039	0.040
		F1@20	0.041	0.060	0.016	0.062	0.000	0.000	0.064	0.073	0.077
		Hits@20	0.594	0.625	0.568	0.645	0.000	0.000	0.658	0.751	0.803
		MRR@20	0.388	0.388	0.383	0.424	0.000	0.000	0.354	0.360	0.389
Tran	50%	R@20	0.313	0.374	0.337	0.395	0.000	0.000	0.561	0.653	0.779
		N@20	0.263	0.331	0.217	0.311	0.000	0.000	0.351	0.374	0.440
		P@20	0.000	0.020	0.000	0.021	0.000	0.000	0.030	0.040	0.041
		F1@20	0.027	0.037	0.011	0.039	0.000	0.000	0.056	0.076	0.077
		Hits@20	0.340	0.381	0.345	0.401	0.000	0.000	0.565	0.577	0.789
		MRR@20	0.230	0.321	0.201	0.289	0.000	0.000	0.292	0.318	0.344
Semi	25%	R@20	0.349	0.436	0.382	0.458	0.000	0.000	0.629	0.696	0.758
		N@20	0.291	0.337	0.333	0.336	0.000	0.000	0.360	0.426	0.427
		P@20	0.014	0.022	0.000	0.023	0.000	0.000	0.032	0.038	0.039
		F1@20	0.021	0.042	0.041	0.044	0.000	0.000	0.061	0.072	0.073
		Hits@20	0.357	0.439	0.409	0.462	0.000	0.000	0.629	0.697	0.758
		MRR@20	0.218	0.310	0.212	0.300	0.000	0.000	0.280	0.322	0.328
Ind	100%	R@20	0.321	0.368	0.290	0.368	0.000	0.000	0.582	0.623	0.691
		N@20	0.270	0.304	0.213	0.290	0.000	0.000	0.376	0.425	0.426
		P@20	0.000	0.019	0.000	0.019	0.000	0.000	0.030	0.034	0.035
		F1@20	0.001	0.036	0.026	0.036	0.000	0.000	0.056	0.065	0.066
		Hits@20	0.321	0.395	0.377	0.375	0.000	0.000	0.586	0.625	0.697
		MRR@20	0.199	0.287	0.169	0.267	0.000	0.000	0.317	0.348	0.349
Tran	25%	R@20	0.113	0.209	0.150	0.209	0.000	0.000	0.460	0.507	0.667
		N@20	0.132	0.162	0.066	0.157	0.000	0.000	0.247	0.330	0.389
		P@20	0.033	0.051	0.000	0.011	0.000	0.000	0.024	0.033	0.034
		F1@20	0.040	0.061	0.000	0.021	0.000	0.000	0.046	0.064	0.065
		Hits@20	0.139	0.218	0.126	0.218	0.000	0.000	0.563	0.569	0.667
		MRR@20	0.129	0.154	0.064	0.148	0.000	0.000	0.187	0.234	0.305
Semi	50%	R@20	0.160	0.258	0.196	0.265	0.000	0.000	0.530	0.621	0.705
		N@20	0.112	0.202	0.121	0.209	0.000	0.000	0.324	0.380	0.381
		P@20	0.022	0.033	0.008	0.014	0.000	0.000	0.027	0.035	0.036
		F1@20	0.040	0.055	0.000	0.026	0.000	0.000	0.051	0.067	0.068
		Hits@20	0.245	0.258	0.176	0.265	0.000	0.000	0.530	0.567	0.705
		MRR@20	0.125	0.184	0.141	0.193	0.000	0.000	0.264	0.284	0.285
Ind	100%	R@20	0.217	0.230	0.134	0.217	0.000	0.000	0.513	0.578	0.645
		N@20	0.147	0.197	0.129	0.192	0.000	0.000	0.286	0.290	0.350
		P@20	0.010	0.022	0.010	0.011	0.000	0.000	0.026	0.032	0.033
		F1@20	0.015	0.022	0.012	0.021	0.000	0.000	0.049	0.060	0.062
		Hits@20	0.184	0.237	0.169	0.224	0.000	0.000	0.513	0.537	0.651
		MRR@20	0.118	0.190	0.087	0.186	0.000	0.000	0.220	0.262	0.263

Table 6: Recall@20 (R@20), nDG@20 (N@20), Precision@20 (P@20), f1-score (f1@20), Mean reciprocal rank (MRR@20), Hits@20 scores over the PubMed dataset in transductive (Tran), semi-inductive (Semi), and inductive (Ind) settings. 100% indicates that all the datasets have textual metadata. [75%, 50%, 25%] indicates the percentage of datasets having textual metadata. Methods with the -RW suffix indicate that their original sampling mechanism has been replaced by our proposed sampling strategy. The best-performing method is indicated in boldface.

PubMed	Setting	Metric	GAT	GAT-RW	SAGE	SAGE-RW	HGT	HAN	HGNN	HGNN-RW	MM-SAN
100%	Tran	R@20	0.513	0.525	0.505	0.516	0.000	0.000	0.396	0.427	0.528
		N@20	0.303	0.304	0.300	0.336	0.000	0.000	0.238	0.267	0.313
		P@20	0.011	0.026	0.000	0.026	0.000	0.000	0.020	0.041	0.027
		F1@20	0.032	0.034	0.016	0.050	0.000	0.000	0.038	0.077	0.051
		Hits@20	0.596	0.550	0.556	0.517	0.000	0.000	0.398	0.472	0.529
		MRR@20	0.248	0.249	0.242	0.283	0.000	0.000	0.191	0.194	0.290
75%	Semi	R@20	0.506	0.510	0.484	0.493	0.000	0.000	0.388	0.391	0.511
		N@20	0.264	0.295	0.264	0.335	0.000	0.000	0.234	0.297	0.307
		P@20	0.019	0.021	0.000	0.025	0.000	0.000	0.020	0.042	0.026
		F1@20	0.022	0.037	0.001	0.048	0.000	0.000	0.037	0.073	0.049
		Hits@20	0.521	0.552	0.497	0.503	0.000	0.000	0.390	0.475	0.513
		MRR@20	0.226	0.228	0.216	0.288	0.000	0.000	0.189	0.252	0.247
50%	Ind	R@20	0.439	0.457	0.416	0.473	0.000	0.000	0.352	0.440	0.496
		N@20	0.280	0.284	0.267	0.308	0.000	0.000	0.209	0.210	0.291
		P@20	0.014	0.020	0.022	0.024	0.000	0.000	0.018	0.076	0.025
		F1@20	0.043	0.045	0.039	0.046	0.000	0.000	0.034	0.086	0.048
		Hits@20	0.453	0.487	0.480	0.495	0.000	0.000	0.394	0.461	0.499
		MRR@20	0.235	0.235	0.235	0.259	0.000	0.000	0.167	0.221	0.230
25%	Tran	R@20	0.312	0.485	0.301	0.399	0.000	0.000	0.342	0.370	0.486
		N@20	0.260	0.262	0.182	0.267	0.000	0.000	0.201	0.250	0.276
		P@20	0.021	0.024	0.000	0.020	0.000	0.000	0.017	0.079	0.025
		F1@20	0.023	0.024	0.002	0.038	0.000	0.000	0.033	0.042	0.047
		Hits@20	0.401	0.485	0.387	0.399	0.000	0.000	0.343	0.370	0.488
		MRR@20	0.149	0.177	0.140	0.208	0.000	0.000	0.160	0.214	0.214
75%	Semi	R@20	0.327	0.335	0.286	0.382	0.000	0.000	0.335	0.429	0.462
		N@20	0.228	0.264	0.213	0.263	0.000	0.000	0.200	0.280	0.290
		P@20	0.008	0.020	0.000	0.019	0.000	0.000	0.017	0.020	0.023
		F1@20	0.041	0.042	0.010	0.037	0.000	0.000	0.032	0.040	0.045
		Hits@20	0.329	0.417	0.284	0.382	0.000	0.000	0.335	0.379	0.463
		MRR@20	0.205	0.210	0.205	0.227	0.000	0.000	0.160	0.213	0.234
50%	Ind	R@20	0.320	0.331	0.267	0.358	0.000	0.000	0.306	0.370	0.427
		N@20	0.225	0.239	0.194	0.243	0.000	0.000	0.180	0.198	0.249
		P@20	0.002	0.004	0.010	0.018	0.000	0.000	0.016	0.043	0.022
		F1@20	0.017	0.030	0.011	0.035	0.000	0.000	0.030	0.041	0.041
		Hits@20	0.410	0.411	0.328	0.361	0.000	0.000	0.309	0.388	0.429
		MRR@20	0.136	0.145	0.111	0.209	0.000	0.000	0.144	0.209	0.197
25%	Tran	R@20	0.290	0.304	0.170	0.266	0.000	0.000	0.305	0.320	0.424
		N@20	0.153	0.212	0.109	0.181	0.000	0.000	0.173	0.224	0.236
		P@20	0.016	0.016	0.011	0.013	0.000	0.000	0.015	0.043	0.051
		F1@20	0.018	0.022	0.012	0.025	0.000	0.000	0.029	0.045	0.051
		Hits@20	0.272	0.424	0.195	0.266	0.000	0.000	0.306	0.341	0.426
		MRR@20	0.097	0.140	0.062	0.156	0.000	0.000	0.134	0.179	0.182
25%	Semi	R@20	0.367	0.395	0.168	0.262	0.000	0.000	0.294	0.379	0.415
		N@20	0.210	0.215	0.161	0.191	0.000	0.000	0.175	0.185	0.232
		P@20	0.002	0.004	0.000	0.013	0.000	0.000	0.015	0.096	0.021
		F1@20	0.031	0.035	0.000	0.025	0.000	0.000	0.028	0.054	0.040
		Hits@20	0.413	0.417	0.213	0.264	0.000	0.000	0.296	0.302	0.418
		MRR@20	0.096	0.155	0.095	0.170	0.000	0.000	0.140	0.162	0.179
25%	Ind	R@20	0.281	0.372	0.201	0.248	0.000	0.000	0.269	0.319	0.382
		N@20	0.113	0.201	0.093	0.171	0.000	0.000	0.151	0.185	0.210
		P@20	0.008	0.012	0.005	0.013	0.000	0.000	0.014	0.018	0.019
		F1@20	0.032	0.033	0.000	0.024	0.000	0.000	0.026	0.033	0.037
		Hits@20	0.186	0.254	0.154	0.250	0.000	0.000	0.270	0.296	0.385
		MRR@20	0.159	0.159	0.136	0.148	0.000	0.000	0.117	0.131	0.160
25%	Tran	R@20	0.202	0.232	0.101	0.128	0.000	0.000	0.236	0.284	0.382
		N@20	0.192	0.200	0.061	0.088	0.000	0.000	0.131	0.208	0.202
		P@20	0.001	0.009	0.000	0.006	0.000	0.000	0.012	0.073	0.019
		F1@20	0.023	0.023	0.000	0.012	0.000	0.000	0.023	0.030	0.037
		Hits@20	0.144	0.228	0.037	0.130	0.000	0.000	0.237	0.310	0.383
		MRR@20	0.051	0.142	0.000	0.076	0.000	0.000	0.100	0.108	0.150
25%	Semi	R@20	0.293	0.316	0.049	0.125	0.000	0.000	0.226	0.276	0.370
		N@20	0.145	0.164	0.067	0.091	0.000	0.000	0.126	0.174	0.194
		P@20	0.004	0.010	0.000	0.006	0.000	0.000	0.011	0.014	0.019
		F1@20	0.023	0.026	0.004	0.012	0.000	0.000	0.022	0.030	0.036
		Hits@20	0.242	0.289	0.097	0.126	0.000	0.000	0.228	0.243	0.372
		MRR@20	0.070	0.080	0.040	0.081	0.000	0.000	0.098	0.137	0.144
25%	Ind	R@20	0.120	0.171	0.107	0.119	0.000	0.000	0.224	0.234	0.345
		N@20	0.119	0.160	0.004	0.086	0.000	0.000	0.124	0.157	0.181
		P@20	0.003	0.008	0.000	0.006	0.000	0.000	0.011	0.072	0.017
		F1@20	0.031	0.032	0.000	0.011	0.000	0.000	0.022	0.026	0.033
		Hits@20	0.342	0.342	0.029	0.120	0.000	0.000	0.226	0.310	0.346
		MRR@20	0.010	0.053	0.098	0.075	0.000	0.000	0.095	0.134	0.135

Table 7: Hyperparameters tested via grid search for each baseline. We put “-” when the hyperparameter does not apply to the method.

Model	Learning Rate	Hidden Dimensions	Layers	Heads	Neighbors
GraphSAGE	{1e-6, 1e-5, 5e-5, 1e-4, 1e-3, 1e-2}	{64, 128, 256}	{2, 3}	-	{5,10}
GAT	{1e-6, 1e-5, 5e-5, 1e-4, 1e-3, 1e-2}	{64, 128, 256}	{2, 3}	-	{5,10}
HGT	{1e-6, 1e-5, 5e-5, 1e-4, 1e-3, 1e-2}	{64, 128, 256}	{2, 3}	{1,2,4,8}	-
HAN	{1e-6, 1e-5, 5e-5, 1e-4, 1e-3, 1e-2}	{64, 128, 256}	{2, 3}	{1,2,4,8}	-
HGNN	{1e-6, 1e-5, 5e-5, 1e-4, 1e-3, 1e-2}	{64, 128, 256}	{2, 3}	{1,2,4,8}	-

Table 8: Random sampling component-based analysis. Evaluation metrics over the MES dataset in transductive (Tran), semi-inductive (Semi), and inductive (Ind) settings. Metrics include Recall@5 (R@5), nDG@5 (N@5). 100% indicates full textual metadata; [75%, 50%, 25%] indicate partial metadata availability. RS-*i* refers to Random Sampling at *i*-th depth.

MES	Setting	Metric	RS-1	RS-2	RS-3	MMSAN
100%	Tran	R@5	0.602	0.637	0.644	0.727
		N@5	0.434	0.471	0.475	0.546
		P@5	0.127	0.135	0.145	0.152
		F1@5	0.208	0.221	0.221	0.250
		Hits@5	0.605	0.646	0.653	0.741
		MRR@5	0.413	0.419	0.428	0.484
75%	Semi	R@5	0.669	0.677	0.702	0.719
		N@5	0.519	0.527	0.535	0.524
		P@5	0.138	0.143	0.145	0.145
		F1@5	0.230	0.232	0.237	0.242
		Hits@5	0.669	0.697	0.712	0.727
		MRR@5	0.429	0.440	0.456	0.461
50%	Ind	R@5	0.651	0.635	0.662	0.687
		N@5	0.494	0.452	0.465	0.519
		P@5	0.132	0.128	0.128	0.149
		F1@5	0.219	0.212	0.222	0.232
		Hits@5	0.658	0.638	0.662	0.691
		MRR@5	0.443	0.452	0.462	0.466
25%	Tran	R@5	0.602	0.615	0.619	0.623
		N@5	0.513	0.513	0.515	0.447
		P@5	0.122	0.120	0.127	0.128
		F1@5	0.203	0.205	0.207	0.210
		Hits@5	0.605	0.617	0.635	0.659
		MRR@5	0.475	0.482	0.493	0.495
75%	Semi	R@5	0.576	0.627	0.630	0.598
		N@5	0.402	0.437	0.438	0.442
		P@5	0.113	0.131	0.145	0.146
		F1@5	0.222	0.224	0.222	0.227
		Hits@5	0.577	0.628	0.630	0.630
		MRR@5	0.333	0.344	0.372	0.398
50%	Ind	R@5	0.515	0.525	0.598	0.598
		N@5	0.407	0.410	0.430	0.468
		P@5	0.111	0.111	0.116	0.116
		F1@5	0.191	0.190	0.191	0.192
		Hits@5	0.579	0.575	0.609	0.609
		MRR@5	0.312	0.313	0.330	0.365
25%	Tran	R@5	0.407	0.425	0.439	0.539
		N@5	0.310	0.310	0.358	0.358
		P@5	0.124	0.136	0.132	0.137
		F1@5	0.205	0.224	0.218	0.208
		Hits@5	0.502	0.507	0.516	0.538
		MRR@5	0.408	0.404	0.402	0.416
75%	Semi	R@5	0.616	0.623	0.636	0.518
		N@5	0.413	0.414	0.458	0.359
		P@5	0.118	0.131	0.137	0.138
		F1@5	0.229	0.230	0.232	0.239
		Hits@5	0.619	0.627	0.636	0.638
		MRR@5	0.409	0.455	0.399	0.403
50%	Ind	R@5	0.525	0.525	0.531	0.535
		N@5	0.438	0.442	0.451	0.465
		P@5	0.126	0.136	0.154	0.199
		F1@5	0.110	0.150	0.160	0.164
		Hits@5	0.625	0.622	0.672	0.558
		MRR@5	0.256	0.285	0.286	0.326
25%	Tran	R@5	0.431	0.418	0.429	0.467
		N@5	0.337	0.371	0.391	0.328
		P@5	0.088	0.090	0.090	0.095
		F1@5	0.140	0.143	0.147	0.157
		Hits@5	0.439	0.426	0.419	0.473
		MRR@5	0.218	0.253	0.223	0.283
75%	Semi	R@5	0.425	0.427	0.429	0.454
		N@5	0.236	0.221	0.271	0.306
		P@5	0.082	0.075	0.072	0.086
		F1@5	0.119	0.124	0.120	0.144
		Hits@5	0.429	0.427	0.429	0.462
		MRR@5	0.197	0.172	0.109	0.256
50%	Ind	R@5	0.409	0.428	0.438	0.453
		N@5	0.256	0.281	0.252	0.321
		P@5	0.078	0.072	0.080	0.088
		F1@5	0.105	0.121	0.100	0.147
		Hits@5	0.412	0.434	0.439	0.441
		MRR@5	0.206	0.224	0.203	0.241

Table 9: Random sampling component-based analysis. Evaluation metrics over the PubMed dataset in transductive (Tran), semi-inductive (Semi), and inductive (Ind) settings. Metrics include Recall@5 (R@5), nDG@5 (N@5). 100% indicates full textual metadata; [75%, 50%, 25%] indicate partial metadata availability. RS-*i* refers to Random Sampling at *i*-th depth.

PubMed	Setting	Metric	RS-1	RS-2	RS-3	MM-SAN
100%	Tran	R@5	0.314	0.313	0.295	0.380
		N@5	0.243	0.225	0.212	0.270
		P@5	0.063	0.063	0.060	0.077
		F1@5	0.105	0.105	0.099	0.127
		Hits@5	0.315	0.314	0.295	0.381
		MRR@5	0.220	0.197	0.184	0.234
75%	Semi	R@5	0.301	0.307	0.290	0.374
		N@5	0.231	0.217	0.207	0.267
		P@5	0.061	0.062	0.059	0.076
		F1@5	0.101	0.103	0.098	0.126
		Hits@5	0.302	0.309	0.294	0.376
		MRR@5	0.208	0.189	0.181	0.232
50%	Ind	R@5	0.256	0.271	0.251	0.344
		N@5	0.191	0.190	0.179	0.246
		P@5	0.052	0.055	0.051	0.070
		F1@5	0.086	0.091	0.084	0.116
		Hits@5	0.258	0.274	0.253	0.347
		MRR@5	0.170	0.164	0.156	0.214
25%	Tran	R@5	0.317	0.318	0.318	0.314
		N@5	0.145	0.130	0.137	0.159
		P@5	0.064	0.064	0.064	0.067
		F1@5	0.106	0.107	0.106	0.098
		Hits@5	0.319	0.319	0.318	0.317
		MRR@5	0.204	0.204	0.214	0.216
75%	Semi	R@5	0.281	0.259	0.285	0.292
		N@5	0.132	0.122	0.127	0.151
		P@5	0.061	0.063	0.062	0.065
		F1@5	0.101	0.104	0.103	0.104
		Hits@5	0.305	0.311	0.308	0.326
		MRR@5	0.211	0.196	0.204	0.211
50%	Ind	R@5	0.281	0.299	0.302	0.262
		N@5	0.133	0.129	0.133	0.142
		P@5	0.061	0.063	0.062	0.065
		F1@5	0.102	0.105	0.103	0.104
		Hits@5	0.302	0.301	0.318	0.321
		MRR@5	0.209	0.186	0.201	0.210
25%	Tran	R@5	0.312	0.311	0.312	0.317
		N@5	0.233	0.220	0.232	0.235
		P@5	0.062	0.062	0.062	0.052
		F1@5	0.104	0.103	0.104	0.096
		Hits@5	0.312	0.311	0.312	0.317
		MRR@5	0.220	0.192	0.206	0.196
75%	Semi	R@5	0.292	0.308	0.300	0.316
		N@5	0.223	0.222	0.222	0.225
		P@5	0.060	0.062	0.061	0.071
		F1@5	0.099	0.103	0.101	0.104
		Hits@5	0.293	0.309	0.301	0.318
		MRR@5	0.201	0.192	0.196	0.196
50%	Ind	R@5	0.270	0.265	0.268	0.277
		N@5	0.200	0.191	0.198	0.202
		P@5	0.055	0.054	0.055	0.058
		F1@5	0.091	0.089	0.090	0.092
		Hits@5	0.271	0.266	0.269	0.278
		MRR@5	0.180	0.158	0.169	0.185
25%	Tran	R@5	0.221	0.220	0.221	0.230
		N@5	0.244	0.236	0.240	0.246
		P@5	0.064	0.064	0.064	0.068
		F1@5	0.107	0.106	0.107	0.098
		Hits@5	0.321	0.320	0.321	0.322
		MRR@5	0.224	0.213	0.219	0.231
75%	Semi	R@5	0.215	0.214	0.210	0.217
		N@5	0.232	0.231	0.231	0.239
		P@5	0.062	0.063	0.063	0.067
		F1@5	0.103	0.105	0.104	0.110
		Hits@5	0.306	0.316	0.311	0.319
		MRR@5	0.212	0.204	0.208	0.188
50%	Ind	R@5	0.217	0.217	0.212	0.217
		N@5	0.183</			

Table 10: Recall@5 and nDG@5 scores over the MES dataset in transductive and 100% metadata available setting. The column "no augmentation" refers to the models run excluding topics and entities; "augmentation" reports the results on the enriched graph.

Method	Augmentation		No Augmentation	
	R@5	N@5	R@5	N@5
GAT	0.578	0.422	0.625	0.475
SAGE	0.472	0.312	0.489	0.398
GAT-RW	0.688	0.506	0.631	0.432
SAGE-RW	0.675	0.519	0.624	0.487
HGT	0.020	0.020	0.023	0.020
HAN	0.008	0.009	0.008	0.009
HGNN	0.601	0.488	0.581	0.438
MM-SAN	0.727	0.546	0.642	0.496

Table 11: Recall@5 and nDG@5 scores over the PubMed dataset in transductive and 100% metadata available setting. The column "no augmentation" refers to the models run excluding topics and entities; "augmentation" reports the results on the enriched graph.

Method	Augmentation		No Augmentation	
	R@5	N@5	R@5	N@5
GAT	0.228	0.165	0.241	0.181
SAGE	0.217	0.172	0.239	0.179
GAT-RW	0.299	0.219	0.283	0.209
SAGE-RW	0.278	0.218	0.265	0.183
HGT	0.014	0.015	0.016	0.017
HAN	0.026	0.021	0.030	0.023
HGNN	0.294	0.222	0.284	0.202
MM-SAN	0.380	0.272	0.361	0.261