

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 11, 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 7, 8 respectively.

We see that across all settings – transductive, semi-inductive, and fully inductive – and regardless of the portions of datasets with complete metadata, sampling neighbors at greater depths consistently improves performance. This improvement is reasonable, as sampling at higher depths enhances the heterogeneity of the sampled neighborhood. Nonetheless, the methods we proposed in our pipeline, based on random walks, yields 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 9 and 10. 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
0%	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
	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
75%	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
	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
50%	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
	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
25%	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
	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
	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
	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
75%	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
	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
	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
	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
	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
	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
	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	HGNN	HGNN-RW	MM-SAN
100%	Tran	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	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	0.551
		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	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
75%	Tran	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	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	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
50%	Tran	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	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	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
25%	Tran	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	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	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	HGNN	HGNN-RW	MM-SAN
100%	Tran	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	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	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
75%	Tran	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	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	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
50%	Tran	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	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	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
25%	Tran	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	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	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	HGNN	HGNN-RW	MM-SAN
100%	Tran	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	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	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
75%	Tran	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	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	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
50%	Tran	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	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	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
25%	Tran	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	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	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
	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
	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
75%	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
	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
	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
50%	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
	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
	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
	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
	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: Sampling 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), Precision@5 (P@5), F1@5, Hits@5, and MRR@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	MM-SAN
100%	Tran	R@5	0.602	0.637	0.644	0.728
		N@5	0.534	0.471	0.465	0.543
		P@5	0.127	0.135	0.135	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	0.408	0.484
	Semi	R@5	0.689	0.667	0.702	0.720
		N@5	0.519	0.517	0.505	0.525
		P@5	0.138	0.133	0.142	0.145
		F1@5	0.230	0.222	0.237	0.242
		Hits@5	0.689	0.667	0.712	0.727
		MRR@5	0.429	0.440	0.436	0.461
	Ind	R@5	0.651	0.635	0.632	0.688
		N@5	0.494	0.452	0.445	0.520
		P@5	0.132	0.128	0.128	0.139
		F1@5	0.219	0.212	0.212	0.232
		Hits@5	0.658	0.638	0.632	0.691
		MRR@5	0.443	0.393	0.382	0.466
75%	Tran	R@5	0.602	0.675	0.599	0.612
		N@5	0.513	0.513	0.455	0.449
		P@5	0.122	0.140	0.127	0.128
		F1@5	0.203	0.231	0.207	0.210
		Hits@5	0.605	0.687	0.605	0.619
		MRR@5	0.485	0.462	0.407	0.395
	Semi	R@5	0.667	0.701	0.576	0.530
		N@5	0.522	0.507	0.408	0.378
		P@5	0.133	0.141	0.115	0.146
		F1@5	0.222	0.224	0.192	0.227
		Hits@5	0.567	0.505	0.576	0.580
		MRR@5	0.373	0.344	0.352	0.378
	Ind	R@5	0.515	0.525	0.599	0.572
		N@5	0.407	0.410	0.410	0.413
		P@5	0.111	0.116	0.111	0.116
		F1@5	0.191	0.190	0.191	0.192
		Hits@5	0.579	0.575	0.569	0.579
		MRR@5	0.312	0.313	0.300	0.365
50%	Tran	R@5	0.407	0.455	0.439	0.504
		N@5	0.317	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	0.533
		MRR@5	0.408	0.404	0.402	0.416
	Semi	R@5	0.616	0.623	0.636	0.644
		N@5	0.453	0.414	0.458	0.459
		P@5	0.138	0.131	0.127	0.138
		F1@5	0.229	0.234	0.212	0.239
		Hits@5	0.629	0.647	0.636	0.638
		MRR@5	0.409	0.455	0.399	0.403
	Ind	R@5	0.525	0.525	0.569	0.535
		N@5	0.498	0.442	0.431	0.465
		P@5	0.126	0.126	0.114	0.199
		F1@5	0.210	0.210	0.190	0.224
		Hits@5	0.625	0.632	0.572	0.493
		MRR@5	0.456	0.385	0.386	0.326
25%	Tran	R@5	0.411	0.418	0.429	0.463
		N@5	0.337	0.391	0.371	0.328
		P@5	0.088	0.090	0.090	0.095
		F1@5	0.140	0.143	0.147	0.157
		Hits@5	0.419	0.426	0.439	0.463
		MRR@5	0.218	0.253	0.223	0.283
	Semi	R@5	0.425	0.427	0.429	0.432
		N@5	0.236	0.221	0.271	0.300
		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	0.432
		MRR@5	0.197	0.172	0.109	0.256
	Ind	R@5	0.409	0.428	0.438	0.438
		N@5	0.256	0.281	0.252	0.289
		P@5	0.078	0.072	0.080	0.088
		F1@5	0.105	0.121	0.100	0.147
		Hits@5	0.312	0.364	0.399	0.441
		MRR@5	0.206	0.224	0.203	0.241

Table 8: Sampling 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), Precision@5 (P@5), F1@5, Hits@5, and MRR@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
	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
	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
75%	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	0.224	0.204	0.214	0.216
	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
	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
50%	Tran	R@5	0.312	0.311	0.312	0.317
		N@5	0.243	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
	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
	Ind	R@5	0.270	0.265	0.268	0.277
		N@5	0.204	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
	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
	Ind	R@5	0.217	0.217	0.212	0.217
		N@5	0.183	0.182	0.188	0.189
		P@5	0.053	0.055	0.054	0.056
		F1@5	0.087	0.091	0.089	0.092
		Hits@5	0.267	0.278	0.273	0.279
		MRR@5	0.163	0.165	0.164	0.166

Table 9: 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 10: 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

Table 11: 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}	-