

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

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

**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	<b>0.796</b>
		N@10	0.641	0.666	0.573	0.632	0.000	0.000	0.455	0.466	<b>0.566</b>
		P@10	0.020	0.085	0.045	0.085	0.000	0.000	0.069	0.081	<b>0.084</b>
		F1@10	0.085	0.153	0.126	0.153	0.000	0.000	0.124	0.127	<b>0.151</b>
		Hits@10	0.765	0.789	0.794	0.800	0.000	0.000	0.660	0.683	<b>0.803</b>
		MRR@10	0.473	0.523	0.469	0.478	0.000	0.000	0.392	0.484	<b>0.493</b>
	Semi	R@10	0.773	0.785	0.712	0.778	0.000	0.000	0.655	0.685	<b>0.799</b>
		N@10	0.528	0.546	0.504	0.536	0.000	0.000	0.439	0.479	<b>0.551</b>
		P@10	0.074	0.082	0.042	<b>0.083</b>	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	<b>0.147</b>
		Hits@10	0.692	0.711	0.720	0.800	0.000	0.000	0.659	0.668	<b>0.811</b>
		MRR@10	0.523	0.567	0.485	0.564	0.000	0.000	0.370	0.383	<b>0.472</b>
	Ind	R@10	0.716	0.733	0.738	0.740	0.000	0.000	0.658	0.699	<b>0.743</b>
		N@10	0.526	0.533	0.519	0.530	0.000	0.000	0.447	0.529	<b>0.538</b>
		P@10	0.045	0.080	0.031	0.078	0.000	0.000	0.067	0.081	<b>0.086</b>
		F1@10	0.127	0.124	0.110	0.132	0.000	0.000	0.122	0.130	<b>0.137</b>
		Hits@10	0.726	0.783	0.767	0.770	0.000	0.000	0.658	0.697	<b>0.743</b>
		MRR@10	0.439	0.445	0.437	0.446	0.000	0.000	0.379	0.441	<b>0.472</b>
75%	Tran	R@10	0.568	0.605	0.522	0.616	0.000	0.000	0.534	0.583	<b>0.704</b>
		N@10	0.454	0.474	0.422	0.473	0.000	0.000	0.363	0.442	<b>0.480</b>
		P@10	0.020	0.065	0.019	0.065	0.000	0.000	0.057	0.070	<b>0.074</b>
		F1@10	0.057	0.116	0.096	0.117	0.000	0.000	0.103	0.161	<b>0.164</b>
		Hits@10	0.565	0.612	0.594	0.619	0.000	0.000	0.544	0.617	<b>0.707</b>
		MRR@10	0.395	0.401	0.324	0.369	0.000	0.000	0.309	0.366	<b>0.408</b>
	Semi	R@10	0.480	0.580	0.505	0.580	0.000	0.000	0.598	0.631	<b>0.723</b>
		N@10	0.442	0.440	0.393	0.448	0.000	0.000	0.369	0.433	<b>0.441</b>
		P@10	0.041	0.059	0.023	0.059	0.000	0.000	0.061	<b>0.127</b>	0.073
		F1@10	0.022	0.107	0.022	0.107	0.000	0.000	0.110	0.123	<b>0.132</b>
		Hits@10	0.577	0.583	0.509	0.583	0.000	0.000	0.598	0.620	<b>0.727</b>
		MRR@10	0.349	0.403	0.398	0.406	0.000	0.000	0.295	0.381	<b>0.405</b>
	Ind	R@10	0.510	0.609	0.525	0.602	0.000	0.000	0.562	0.583	<b>0.701</b>
		N@10	0.434	0.451	0.426	0.455	0.000	0.000	0.397	0.444	<b>0.455</b>
		P@10	0.048	0.062	0.007	0.061	0.000	0.000	0.057	0.070	<b>0.071</b>
		F1@10	0.042	0.112	0.088	0.111	0.000	0.000	0.104	0.120	<b>0.129</b>
		Hits@10	0.596	0.612	0.509	0.605	0.000	0.000	0.566	0.611	<b>0.704</b>
		MRR@10	0.344	0.355	0.381	0.421	0.000	0.000	0.347	0.417	<b>0.383</b>
50%	Tran	R@10	0.312	0.357	0.317	0.354	0.000	0.000	0.473	0.560	<b>0.639</b>
		N@10	0.308	0.326	0.234	0.300	0.000	0.000	0.329	0.343	<b>0.405</b>
		P@10	0.020	0.037	0.028	0.037	0.000	0.000	0.050	0.095	<b>0.067</b>
		F1@10	0.040	0.067	0.049	0.067	0.000	0.000	0.090	0.111	<b>0.120</b>
		Hits@10	0.322	0.361	0.265	0.361	0.000	0.000	0.476	0.507	<b>0.646</b>
		MRR@10	0.303	0.320	0.196	0.285	0.000	0.000	0.286	0.329	<b>0.334</b>
	Semi	R@10	0.320	0.405	0.397	0.413	0.000	0.000	0.527	0.530	<b>0.670</b>
		N@10	0.253	0.330	0.304	0.324	0.000	0.000	0.333	0.374	<b>0.404</b>
		P@10	0.020	0.041	0.010	0.042	0.000	0.000	0.053	0.071	<b>0.067</b>
		F1@10	0.008	0.074	0.063	0.076	0.000	0.000	0.096	0.113	<b>0.122</b>
		Hits@10	0.347	0.409	0.382	0.417	0.000	0.000	0.530	0.600	<b>0.674</b>
		MRR@10	0.293	0.308	0.244	0.296	0.000	0.000	0.273	0.276	<b>0.322</b>
	Ind	R@10	0.363	0.368	0.347	0.368	0.000	0.000	0.543	0.618	<b>0.625</b>
		N@10	0.272	0.304	0.236	0.290	0.000	0.000	0.367	0.376	<b>0.409</b>
		P@10	0.010	0.037	0.020	0.037	0.000	0.000	0.055	0.124	<b>0.063</b>
		F1@10	0.001	0.068	0.001	0.068	0.000	0.000	0.100	0.198	<b>0.115</b>
		Hits@10	0.360	0.375	0.352	0.375	0.000	0.000	0.546	0.640	<b>0.632</b>
		MRR@10	0.238	0.287	0.221	0.267	0.000	0.000	0.315	0.324	<b>0.345</b>
25%	Tran	R@10	0.164	0.195	0.159	0.188	0.000	0.000	0.376	0.458	<b>0.595</b>
		N@10	0.134	0.158	0.107	0.152	0.000	0.000	0.225	0.308	<b>0.371</b>
		P@10	0.010	0.021	0.000	0.020	0.000	0.000	0.039	0.124	<b>0.061</b>
		F1@10	0.036	0.038	0.000	0.037	0.000	0.000	0.071	0.125	<b>0.111</b>
		Hits@10	0.189	0.204	0.138	0.197	0.000	0.000	0.388	0.480	<b>0.599</b>
		MRR@10	0.139	0.153	0.089	0.147	0.000	0.000	0.181	0.187	<b>0.300</b>
	Semi	R@10	0.181	0.250	0.206	0.250	0.000	0.000	0.466	0.489	<b>0.561</b>
		N@10	0.148	0.200	0.170	0.205	0.000	0.000	0.307	0.402	<b>0.344</b>
		P@10	0.020	0.026	0.020	0.026	0.000	0.000	0.047	0.141	<b>0.057</b>
		F1@10	0.002	0.047	0.002	0.047	0.000	0.000	0.085	0.172	<b>0.103</b>
		Hits@10	0.210	0.250	0.180	0.250	0.000	0.000	0.470	0.489	<b>0.561</b>
		MRR@10	0.180	0.183	0.107	0.192	0.000	0.000	0.259	0.350	<b>0.275</b>
	Ind	R@10	0.134	0.217	0.207	0.217	0.000	0.000	0.451	0.474	<b>0.536</b>
		N@10	0.146	0.194	0.158	0.192	0.000	0.000	0.270	0.370	<b>0.322</b>
		P@10	0.020	0.022	0.009	0.022	0.000	0.000	0.045	0.101	<b>0.054</b>
		F1@10	0.040	0.040	0.000	0.040	0.000	0.000	0.082	0.181	<b>0.098</b>
		Hits@10	0.184	0.224	0.205	0.224	0.000	0.000	0.454	0.511	<b>0.539</b>
		MRR@10	0.187	0.189	0.124	0.186	0.000	0.000	0.216	0.299	<b>0.255</b>

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

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

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

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

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

**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	<b>0.380</b>
		N@5	0.243	0.225	0.212	<b>0.270</b>
		P@5	0.063	0.063	0.060	<b>0.077</b>
		F1@5	0.105	0.105	0.099	<b>0.127</b>
		Hits@5	0.315	0.314	0.295	<b>0.381</b>
		MRR@5	0.220	0.197	0.184	<b>0.234</b>
	Semi	R@5	0.301	0.307	0.290	<b>0.374</b>
		N@5	0.231	0.217	0.207	<b>0.267</b>
		P@5	0.061	0.062	0.059	<b>0.076</b>
		F1@5	0.101	0.103	0.098	<b>0.126</b>
		Hits@5	0.302	0.309	0.294	<b>0.376</b>
		MRR@5	0.208	0.189	0.181	<b>0.232</b>
	Ind	R@5	0.256	0.271	0.251	<b>0.344</b>
		N@5	0.191	0.190	0.179	<b>0.246</b>
		P@5	0.052	0.055	0.051	<b>0.070</b>
		F1@5	0.086	0.091	0.084	<b>0.116</b>
		Hits@5	0.258	0.274	0.253	<b>0.347</b>
		MRR@5	0.170	0.164	0.156	<b>0.214</b>
75%	Tran	R@5	0.317	0.318	<b>0.318</b>	0.314
		N@5	0.145	0.130	0.137	<b>0.159</b>
		P@5	0.064	0.064	0.064	<b>0.067</b>
		F1@5	0.106	<b>0.107</b>	0.106	0.098
		Hits@5	0.319	<b>0.319</b>	0.318	0.317
		MRR@5	0.204	0.204	0.214	<b>0.216</b>
	Semi	R@5	0.281	0.259	0.285	<b>0.292</b>
		N@5	0.132	0.122	0.127	<b>0.151</b>
		P@5	0.061	0.063	0.062	<b>0.065</b>
		F1@5	0.101	0.104	0.103	<b>0.104</b>
		Hits@5	0.305	0.311	0.308	<b>0.326</b>
		MRR@5	0.211	0.196	0.204	<b>0.211</b>
	Ind	R@5	0.281	0.299	<b>0.302</b>	0.262
		N@5	0.133	0.129	0.133	<b>0.142</b>
		P@5	0.061	0.063	0.062	<b>0.065</b>
		F1@5	0.102	<b>0.105</b>	0.103	0.104
		Hits@5	0.302	0.301	0.318	<b>0.321</b>
		MRR@5	0.209	0.186	0.201	<b>0.210</b>
50%	Tran	R@5	0.312	0.311	0.312	<b>0.317</b>
		N@5	0.233	0.220	0.232	<b>0.235</b>
		P@5	0.062	0.062	0.062	<b>0.052</b>
		F1@5	<b>0.104</b>	0.103	0.104	0.096
		Hits@5	0.312	0.311	0.312	<b>0.317</b>
		MRR@5	<b>0.220</b>	0.192	0.206	0.196
	Semi	R@5	0.292	0.308	0.300	<b>0.316</b>
		N@5	0.223	0.222	0.222	<b>0.225</b>
		P@5	0.060	0.062	0.061	<b>0.071</b>
		F1@5	0.099	0.103	0.101	<b>0.104</b>
		Hits@5	0.293	0.309	0.301	<b>0.318</b>
		MRR@5	<b>0.201</b>	0.192	0.196	0.196
	Ind	R@5	0.270	0.265	0.268	<b>0.277</b>
		N@5	0.200	0.191	0.198	<b>0.202</b>
		P@5	0.055	0.054	0.055	<b>0.058</b>
		F1@5	0.091	0.089	0.090	<b>0.092</b>
		Hits@5	0.271	0.266	0.269	<b>0.278</b>
		MRR@5	0.180	0.158	0.169	<b>0.185</b>
25%	Tran	R@5	0.221	0.220	0.221	<b>0.230</b>
		N@5	0.244	0.236	0.240	<b>0.246</b>
		P@5	0.064	0.064	0.064	<b>0.068</b>
		F1@5	<b>0.107</b>	0.106	0.107	0.098
		Hits@5	0.321	0.320	0.321	<b>0.322</b>
		MRR@5	0.224	0.213	0.219	<b>0.231</b>
	Semi	R@5	0.215	0.214	0.210	<b>0.217</b>
		N@5	0.232	0.231	0.231	<b>0.239</b>
		P@5	0.062	0.063	0.063	<b>0.067</b>
		F1@5	0.103	0.105	0.104	<b>0.110</b>
		Hits@5	0.306	0.316	0.311	<b>0.319</b>
		MRR@5	<b>0.212</b>	0.204	0.208	0.188
	Ind	R@5	0.217	0.217	0.212	<b>0.217</b>
		N@5	0.183	0.182	0.188	<b>0.189</b>
		P@5	0.053	0.055	0.054	<b>0.056</b>
		F1@5	0.087	0.091	0.089	<b>0.092</b>
		Hits@5	0.267	0.278	0.273	<b>0.279</b>
		MRR@5	0.163	0.165	0.164	<b>0.166</b>

**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	<b>0.727</b>	<b>0.546</b>	<b>0.642</b>	<b>0.496</b>

**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	<b>0.380</b>	<b>0.272</b>	<b>0.361</b>	<b>0.261</b>