

A APPENDIX

Comparison with uniform oversampling

Dataset	Model	$HR@1$	$HR@5$	$HR@10$
MovieLens-1M	$RVAE$	0.2548	0.5816	0.7433
	$RVAE^{S,u}$	0.122	0.3998	0.5929
	$RVAE^S$	0.1951	0.5064	0.6876
	BPR	0.0946	0.3582	0.5501
	$BPR^{S,u}$	0.0311	0.1422	0.2726
	BPR^S	0.0612	0.249	0.4267
Amazon-GGF	$RVAE$	0.2073	0.434	0.5532
	$RVAE^{S,u}$	0.0244	0.1357	0.2814
	$RVAE^S$	0.216	0.468	0.5849
	BPR	0.2151	0.4041	0.5088
	$BPR^{S,u}$	0.1587	0.3666	0.4796
	BPR^S	0.1404	0.346	0.4631
Citeulike-a	$RVAE$	0.2769	0.6222	0.7784
	$RVAE^{S,u}$	0.3977	0.7178	0.835
	$RVAE^S$	0.3585	0.697	0.8254
	BPR	0.3399	0.6689	0.7969
	$BPR^{S,u}$	0.3926	0.6943	0.8044
	BPR^S	0.3568	0.6677	0.7837
Pinterest	$RVAE$	0.2754	0.7024	0.8761
	$RVAE^{S,u}$	0.2106	0.652	0.8589
	$RVAE^S$	0.2701	0.6985	0.8735
	BPR	0.2464	0.6361	0.8147
	$BPR^{S,u}$	0.2643	0.6951	0.8669
	BPR^S	0.2298	0.6107	0.7895
Yahoo-r3	$RVAE$	0.0624	0.2013	0.3093
	$RVAE^{S,u}$	0.0512	0.1843	0.299
	$RVAE^S$	0.0578	0.1959	0.3092
	BPR	0.0514	0.1756	0.2786
	$BPR^{S,u}$	0.0553	0.1901	0.2913
	BPR^S	0.0429	0.162	0.2631

Table 1: Global accuracy effects on the oversampling calibration on the benchmark datasets. Results have been obtained by averaging five different runs on test set.

Table 1 shows the results in terms of $HR@\{1, 5, 10\}$ obtained by comparing the baseline model ($RVAE$ and BPR) and the oversampling strategy, applied with different values of d . $RVAE^S$ (resp. BPR^S) represents our standard oversampling approach, while $RVAE^{S,u}$ (resp. $BPR^{S,u}$) represents a uniform oversampling, setting $d = 1$. As we can see, the uniform oversampling severely affects most of the global performances over all the considered cutoffs, especially on $RVAE$. Nevertheless, it results in less disruptive effects on BPR . In our hypothesis, this is due to its user-/item-embedding modeling, since the additional constraint on geometrical closeness imposed by the user embedding, provides less freedom on the item embedding.

Results Tables

Dataset	Model	HR@1				HR@5				HR@10			
		Global	Low	Med	High	Global	Low	Med	High	Global	Low	Med	High
MovieLens-1M	RVAE	0.2548	0.0	0.11	0.37	0.5816	0.0	0.37	0.75	0.7433	0.01	0.56	0.89
	RVAE ^S	0.1951	0.02	0.14	0.24	0.5064	0.05	0.4	0.6	0.6876	0.15	0.58	0.78
	RVAE ^E	0.2526	0.0	0.11	0.37	0.5721	0.1	0.36	0.75	0.7205	0.3	0.53	0.88
	RVAE ^{Jan}	0.1694	0.01	0.15	0.19	0.4696	0.08	0.42	0.51	0.6483	0.17	0.59	0.7
	RVAE ^{IPS}	0.131	0.0	0.16	0.11	0.3928	0.0	0.43	0.36	0.5827	0.03	0.61	0.56
	RVAE ^{b(r)}	0.2424	0.0	0.12	0.34	0.5736	0.0	0.39	0.73	0.7384	0.03	0.57	0.88
	RVAE ^{PD}	0.1796	0.0	0.13	0.22	0.504	0.0	0.39	0.6	0.6915	0.0	0.57	0.79
Amazon-GGF	RVAE	0.2073	0.02	0.16	0.62	0.434	0.08	0.41	0.91	0.5532	0.15	0.56	0.97
	RVAE ^S	0.216	0.03	0.2	0.5	0.468	0.11	0.45	0.91	0.5849	0.19	0.59	0.98
	RVAE ^E	0.2066	0.02	0.16	0.61	0.4272	0.1	0.39	0.9	0.5377	0.18	0.52	0.96
	RVAE ^{Jan}	0.1098	0.03	0.07	0.36	0.2818	0.13	0.24	0.67	0.4011	0.21	0.36	0.8
	RVAE ^{IPS}	0.1504	0.01	0.12	0.45	0.3494	0.04	0.33	0.76	0.4695	0.09	0.47	0.87
	RVAE ^{b(r)}	0.2214	0.01	0.16	0.72	0.4428	0.08	0.42	0.94	0.5595	0.14	0.56	0.98
	RVAE ^{PD}	0.1252	0.03	0.12	0.23	0.3661	0.11	0.36	0.66	0.5125	0.17	0.52	0.85
Citeulike-a	RVAE	0.2769	0.06	0.2	0.51	0.6222	0.27	0.58	0.82	0.7784	0.47	0.76	0.91
	RVAE ^S	0.3585	0.16	0.29	0.55	0.697	0.46	0.67	0.83	0.8254	0.63	0.81	0.91
	RVAE ^E	0.275	0.19	0.18	0.49	0.5755	0.52	0.49	0.76	0.6863	0.74	0.62	0.82
	RVAE ^{Jan}	0.1451	0.14	0.12	0.2	0.4565	0.45	0.45	0.48	0.6572	0.64	0.65	0.67
	RVAE ^{IPS}	0.2127	0.07	0.16	0.37	0.523	0.26	0.48	0.68	0.6928	0.44	0.67	0.81
	RVAE ^{b(r)}	0.2604	0.02	0.15	0.55	0.5929	0.17	0.53	0.85	0.7594	0.35	0.74	0.93
	RVAE ^{PD}	0.2419	0.07	0.2	0.37	0.5894	0.23	0.57	0.72	0.7523	0.34	0.76	0.86
Pinterest	RVAE	0.2754	0.13	0.23	0.47	0.7024	0.5	0.67	0.86	0.8761	0.68	0.86	0.95
	RVAE ^S	0.2701	0.24	0.22	0.45	0.6985	0.62	0.66	0.86	0.8735	0.77	0.86	0.95
	RVAE ^E	0.273	0.28	0.22	0.47	0.695	0.67	0.65	0.86	0.8538	0.82	0.83	0.94
	RVAE ^{Jan}	0.1956	0.22	0.21	0.14	0.6185	0.62	0.63	0.57	0.8315	0.78	0.83	0.83
	RVAE ^{IPS}	0.218	0.21	0.22	0.2	0.646	0.62	0.65	0.66	0.8441	0.77	0.84	0.87
	RVAE ^{b(r)}	0.2303	0.12	0.22	0.26	0.6585	0.48	0.65	0.71	0.8567	0.66	0.85	0.89
	RVAE ^{PD}	0.199	0.24	0.22	0.13	0.6429	0.59	0.66	0.6	0.8567	0.71	0.86	0.87
Yahoo-r3	RVAE	0.0624	0.0	0.04	0.21	0.2013	0.03	0.14	0.55	0.3093	0.08	0.25	0.7
	RVAE ^S	0.0578	0.01	0.04	0.15	0.1959	0.06	0.15	0.46	0.3092	0.11	0.25	0.64
	RVAE ^E	0.0604	0.01	0.03	0.19	0.1813	0.09	0.1	0.48	0.2619	0.25	0.17	0.58
	RVAE ^{Jan}	0.0499	0.03	0.03	0.15	0.1703	0.12	0.12	0.39	0.2763	0.22	0.22	0.54
	RVAE ^{IPS}	0.014	0.01	0.01	0.02	0.0598	0.03	0.06	0.09	0.1162	0.06	0.11	0.17
	RVAE ^{b(r)}	0.062	0.0	0.03	0.21	0.1955	0.03	0.14	0.53	0.3027	0.07	0.24	0.68
	RVAE ^{PD}	0.0549	0.0	0.02	0.23	0.1812	0.0	0.1	0.59	0.2841	0.0	0.21	0.75

Table 2: Results with RVAE, obtained by averaging five different runs on test set.

Dataset	Model	HR@1				HR@5				HR@10			
		Global	Low	Med	High	Global	Low	Med	High	Global	Low	Med	High
MovieLens-1M	<i>BPR</i>	0.0946	0.0	0.02	0.19	0.3582	0.01	0.15	0.61	0.5501	0.01	0.34	0.81
	<i>BPR^S</i>	0.0612	0.01	0.03	0.1	0.249	0.04	0.17	0.35	0.4267	0.07	0.33	0.55
	<i>BPR^E</i>	0.0923	0.02	0.01	0.15	0.3531	0.06	0.12	0.55	0.5439	0.09	0.28	0.76
	<i>BPR^{Jan}</i>	0.0746	0.0	0.05	0.11	0.3171	0.01	0.23	0.42	0.5203	0.02	0.42	0.65
	<i>BPR^{IPS}</i>	0.043	0.01	0.04	0.05	0.181	0.04	0.17	0.2	0.3276	0.07	0.31	0.35
	<i>BPR^{b(r)}</i>	0.0683	0.0	0.03	0.11	0.2983	0.0	0.18	0.44	0.506	0.01	0.37	0.68
	<i>BPR^{PD}</i>	0.1055	0.0	0.02	0.21	0.3938	0.01	0.17	0.66	0.5941	0.02	0.37	0.86
Amazon-GGF	<i>BPR</i>	0.2151	0.01	0.05	0.39	0.4041	0.03	0.18	0.64	0.5088	0.08	0.3	0.74
	<i>BPR^S</i>	0.1404	0.01	0.06	0.22	0.346	0.07	0.18	0.53	0.4631	0.14	0.27	0.67
	<i>BPR^E</i>	0.1932	0.02	0.04	0.34	0.3112	0.18	0.11	0.49	0.3825	0.36	0.17	0.57
	<i>BPR^{Jan}</i>	0.1586	0.01	0.04	0.28	0.2926	0.07	0.13	0.46	0.3766	0.12	0.21	0.55
	<i>BPR^{IPS}</i>	0.1727	0.0	0.04	0.31	0.3326	0.03	0.15	0.53	0.4211	0.08	0.24	0.62
	<i>BPR^{b(r)}</i>	0.1855	0.0	0.04	0.33	0.3452	0.03	0.16	0.54	0.4445	0.07	0.26	0.64
	<i>BPR^{PD}</i>	0.2019	0.01	0.06	0.35	0.3899	0.05	0.2	0.6	0.4981	0.1	0.31	0.71
Citeulike-a	<i>BPR</i>	0.3399	0.14	0.29	0.55	0.6689	0.44	0.65	0.82	0.7969	0.61	0.79	0.9
	<i>BPR^S</i>	0.3568	0.21	0.33	0.5	0.6677	0.5	0.66	0.78	0.7837	0.64	0.78	0.86
	<i>BPR^E</i>	0.3249	0.22	0.26	0.48	0.6185	0.48	0.57	0.75	0.7448	0.63	0.71	0.84
	<i>BPR^{Jan}</i>	0.2732	0.26	0.25	0.33	0.5746	0.57	0.56	0.61	0.718	0.7	0.71	0.74
	<i>BPR^{IPS}</i>	0.3386	0.16	0.3	0.52	0.6556	0.44	0.64	0.79	0.7789	0.6	0.78	0.87
	<i>BPR^{b(r)}</i>	0.2957	0.1	0.25	0.49	0.5968	0.32	0.58	0.78	0.7372	0.49	0.73	0.87
	<i>BPR^{PD}</i>	0.3357	0.18	0.3	0.5	0.6708	0.5	0.65	0.8	0.8037	0.65	0.8	0.88
Pinterest	<i>BPR</i>	0.2464	0.14	0.22	0.34	0.6361	0.45	0.6	0.74	0.8147	0.62	0.79	0.88
	<i>BPR^S</i>	0.2298	0.22	0.21	0.28	0.6107	0.5	0.59	0.69	0.7895	0.64	0.77	0.86
	<i>BPR^E</i>	0.2326	0.23	0.2	0.3	0.5059	0.54	0.46	0.59	0.6041	0.69	0.57	0.69
	<i>BPR^{Jan}</i>	0.19	0.22	0.2	0.16	0.569	0.56	0.57	0.56	0.7631	0.72	0.76	0.78
	<i>BPR^{IPS}</i>	0.2539	0.16	0.23	0.33	0.6524	0.49	0.62	0.75	0.83	0.64	0.81	0.9
	<i>BPR^{b(r)}</i>	0.2479	0.15	0.19	0.42	0.6287	0.47	0.56	0.83	0.8058	0.62	0.77	0.93
	<i>BPR^{PD}</i>	0.2432	0.17	0.23	0.28	0.6468	0.51	0.63	0.71	0.8275	0.66	0.81	0.88
Yahoo-r3	<i>BPR</i>	0.0514	0.0	0.02	0.18	0.1756	0.02	0.11	0.48	0.2786	0.04	0.21	0.63
	<i>BPR^S</i>	0.0429	0.01	0.03	0.12	0.162	0.03	0.12	0.38	0.2631	0.07	0.2	0.55
	<i>BPR^E</i>	0.0558	0.0	0.02	0.2	0.1836	0.03	0.1	0.52	0.2841	0.12	0.2	0.64
	<i>BPR^{Jan}</i>	0.0451	0.02	0.02	0.12	0.1494	0.08	0.11	0.33	0.244	0.18	0.19	0.45
	<i>BPR^{IPS}</i>	0.0496	0.01	0.02	0.16	0.1734	0.03	0.11	0.44	0.2765	0.07	0.21	0.61
	<i>BPR^{b(r)}</i>	0.0577	0.0	0.02	0.2	0.1857	0.02	0.11	0.51	0.2898	0.05	0.22	0.65
	<i>BPR^{PD}</i>	0.0557	0.01	0.02	0.19	0.1858	0.03	0.12	0.48	0.2903	0.06	0.22	0.64

Table 3: Results with *BPR*, obtained by averaging five different runs on test set.