

System	NDCG@1	NDCG@10	NDCG@20	NDCG(all)	AP@1	AP@10	AP@20	AP(all)
APACHE	0.1633 ^{-57.8%†}	0.1337 ^{-71.4%†}	0.1742 ^{-66.5%†}	0.7057 ^{-13.7%†}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.0013 ^{-99.5%†}	0.1786 ^{-32.0%†}
7z	0.1100 ^{-74.2%†}	0.3135 ^{-36.1%†}	0.4743 ^{-10.8%*}	0.7840 ^{-4.8%†}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.0905 ^{-68.6%†}	0.2183 ^{-23.9%*}	0.2522 ^{-4.6%}
DConvert	0.8700 ^{+91.9%†}	0.8103 ^{+68.4%†}	0.7489 ^{+46.0%†}	0.9112 ^{+11.4%†}	0.9667 ^{+93.3%†}	0.7239 ^{+125.9%†}	0.4999 ^{+73.1%†}	0.3215 ^{+24.1%†}
DEEPARCH	0.9000 ^{+81.2%†}	0.7102 ^{+40.5%†}	0.6755 ^{+27.5%†}	0.8934 ^{+8.4%†}	1.0000 ^{+57.9%†}	0.4245 ^{+30.4%*}	0.3593 ^{+23.7%†}	0.2781 ^{+6.5%*}
EXASTENCILS	0.8000 ^{+80.5%†}	0.7566 ^{+58.0%†}	0.7496 ^{+43.6%†}	0.9138 ^{+11.6%†}	1.0000 ^{+87.5%†}	0.8162 ^{+179.6%†}	0.7575 ^{+160.9%†}	0.4077 ^{+55.3%†}
HADOOP	0.1333 ^{-67.5%†}	0.1579 ^{-66.2%†}	0.2274 ^{-55.8%†}	0.7124 ^{-12.9%†}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.0042 ^{-98.5%†}	0.1751 ^{-33.0%†}
MARIADB	0.4500 ^{-4.3%}	0.6243 ^{+28.5%†}	0.6466 ^{+24.4%†}	0.8592 ^{+4.6%†}	0.3000 ^{-43.8%}	0.6802 ^{+117.6%†}	0.5833 ^{+103.5%†}	0.3255 ^{+25.6%†}
MONGODB	0.8000 ^{+50.0%†}	0.6502 ^{+25.1%†}	0.6541 ^{+22.2%†}	0.8693 ^{+5.0%†}	1.0000 ^{+50.0%†}	0.6733 ^{+86.2%†}	0.6564 ^{+113.5%†}	0.3268 ^{+23.0%†}
POSTGRESQL	0.8767 ^{+145.8%†}	0.7539 ^{+62.8%†}	0.6988 ^{+39.0%†}	0.8978 ^{+10.4%†}	0.9667 ^{+123.1%†}	0.5267 ^{+72.0%†}	0.3698 ^{+33.8%†}	0.2838 ^{+9.3%†}
REDIS	0.2000 ^{-58.3%†}	0.3273 ^{-36.9%†}	0.4652 ^{-12.9%†}	0.7860 ^{-5.0%†}	0.2000 ^{-64.7%*}	0.1621 ^{-54.8%†}	0.2586 ^{-14.4%}	0.2608 ^{-1.7%}
SPARK	0.7533 ^{+55.9%*}	0.7740 ^{+54.6%†}	0.7585 ^{+45.6%†}	0.9138 ^{+11.1%†}	0.6000 ^{0.0%}	0.5654 ^{+80.4%†}	0.4695 ^{+70.6%†}	0.3086 ^{+20.4%†}
STORM	0.9000 ^{+77.6%†}	0.9238 ^{+80.6%†}	0.8151 ^{+53.6%†}	0.9346 ^{+13.3%†}	1.0000 ^{+57.9%†}	0.9963 ^{+183.0%†}	0.7263 ^{+141.2%†}	0.3526 ^{+34.9%†}
HSMGP	0.8000 ^{+60.0%†}	0.7869 ^{+55.9%†}	0.6954 ^{+32.5%†}	0.8955 ^{+8.6%†}	1.0000 ^{+66.7%†}	0.7521 ^{+116.6%†}	0.5341 ^{+81.6%†}	0.3108 ^{+18.0%†}
XGBOOST	0.9000 ^{+109.3%†}	0.8633 ^{+77.7%†}	0.8293 ^{+58.7%†}	0.9454 ^{+15.5%†}	1.0000 ^{+100.0%†}	0.9018 ^{+175.7%†}	0.6859 ^{+124.7%†}	0.3867 ^{+47.3%†}
HIPACC	0.0700 ^{-86.8%†}	0.4283 ^{-12.3%*}	0.4362 ^{-17.0%†}	0.7816 ^{-5.3%†}	0.1000 ^{-82.4%†}	0.2365 ^{-24.6%*}	0.2059 ^{-29.1%*}	0.2307 ^{-11.8%†}
SQL	0.1000 ^{-75.0%†}	0.3903 ^{-22.1%†}	0.4290 ^{-20.2%†}	0.7762 ^{-6.0%†}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.2900 ^{-11.4%}	0.2198 ^{-28.2%†}	0.2334 ^{-12.6%†}
JAVAGC	0.1000 ^{-79.6%†}	0.4809 ^{-2.5%}	0.4808 ^{-7.7%*}	0.8192 ^{-0.3%}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.2832 ^{-9.2%}	0.1928 ^{-30.4%†}	0.2554 ^{-1.0%}
POLLY	0.6100 ^{+28.9%*}	0.5315 ^{+5.0%}	0.5892 ^{+9.1%*}	0.8500 ^{+2.7%*}	0.6333 ^{+35.7%}	0.2771 ^{-10.0%}	0.3218 ^{+10.0%}	0.2937 ^{+11.8%†}
Average	0.5298 ^{+15.3%†}	0.5787 ^{+17.4%†}	0.5860 ^{+11.7%†}	0.8472 ^{+3.0%†}	0.5426 ^{+4.3%}	0.4667 ^{+46.0%†}	0.3925 ^{+35.0%†}	0.2879 ^{+9.9%†}

Table 1: Performance comparison for feature combination FBD+CL on sequential data

System	NDCG@1	NDCG@10	NDCG@20	NDCG(all)	AP@1	AP@10	AP@20	AP(all)
APACHE	0.3000 ^{-22.4%}	0.1636 ^{-65.1%†}	0.1795 ^{-65.5%†}	0.7155 ^{-12.5%†}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.0003 ^{-99.9%†}	0.1742 ^{-33.7%†}
7z	0.4000 ^{-6.2%}	0.4444 ^{-9.5%}	0.5198 ^{-2.2%}	0.8144 ^{-1.1%}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.1531 ^{-46.9%†}	0.2171 ^{-24.3%*}	0.2522 ^{-4.6%}
DConvert	0.8400 ^{+85.3%†}	0.7152 ^{+48.6%†}	0.7498 ^{+46.2%†}	0.8996 ^{+10.0%†}	0.9333 ^{+86.7%†}	0.5389 ^{+68.2%†}	0.5296 ^{+83.4%†}	0.3290 ^{+27.0%†}
DEEPARCH	0.2833 ^{-43.0%†}	0.5518 ^{+9.1%*}	0.5445 ^{+2.8%}	0.8210 ^{-0.4%}	0.1667 ^{-73.7%†}	0.2383 ^{-26.8%*}	0.2668 ^{-8.1%}	0.2523 ^{-3.3%}
EXASTENCILS	0.7700 ^{+73.7%†}	0.7234 ^{+51.1%†}	0.7483 ^{+43.3%†}	0.9056 ^{+10.6%†}	1.0000 ^{+87.5%†}	0.9618 ^{+229.4%†}	0.8365 ^{+188.1%†}	0.4171 ^{+58.9%†}
HADOOP	0.1733 ^{-57.7%*}	0.1938 ^{-58.5%†}	0.2877 ^{-44.0%†}	0.7331 ^{-10.4%†}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.0158 ^{-94.3%†}	0.1774 ^{-32.1%†}
MARIADB	0.7167 ^{+52.5%*}	0.6572 ^{+35.3%†}	0.6448 ^{+24.0%†}	0.8693 ^{+5.8%†}	0.9333 ^{+75.0%†}	0.7186 ^{+129.8%†}	0.5695 ^{+98.7%†}	0.3286 ^{+26.8%†}
MONGODB	0.6100 ^{+14.4%}	0.5651 ^{+8.7%}	0.5915 ^{+10.5%*}	0.8357 ^{+0.9%}	1.0000 ^{+50.0%†}	0.6343 ^{+75.4%†}	0.5907 ^{+92.1%†}	0.2989 ^{+12.6%†}
POSTGRESQL	0.9433 ^{+164.5%†}	0.8224 ^{+77.6%†}	0.7930 ^{+57.7%†}	0.9229 ^{+13.5%†}	0.9667 ^{+123.1%†}	0.6744 ^{+120.3%†}	0.6069 ^{+119.6%†}	0.3306 ^{+27.3%†}
REDIS	0.8000 ^{+66.7%†}	0.7957 ^{+53.5%†}	0.7528 ^{+41.0%†}	0.9056 ^{+9.5%†}	1.0000 ^{+76.5%†}	0.8816 ^{+145.8%†}	0.6677 ^{+121.1%†}	0.3472 ^{+30.8%†}
SPARK	0.9033 ^{+86.9%†}	0.9201 ^{+83.8%†}	0.8679 ^{+66.6%†}	0.9523 ^{+15.8%†}	1.0000 ^{+66.7%†}	0.9276 ^{+195.9%†}	0.7212 ^{+162.0%†}	0.3648 ^{+42.3%†}
STORM	0.8967 ^{+77.0%†}	0.9160 ^{+79.0%†}	0.8287 ^{+56.2%†}	0.9371 ^{+13.6%†}	1.0000 ^{+57.9%†}	1.0000 ^{+184.0%†}	0.8340 ^{+177.0%†}	0.3821 ^{+46.2%†}
HSMGP	0.2400 ^{-52.0%†}	0.6652 ^{+31.8%†}	0.6311 ^{+20.2%†}	0.8517 ^{+3.3%†}	0.0667 ^{-88.9%†}	0.5335 ^{+53.7%†}	0.4245 ^{+44.4%†}	0.2899 ^{+10.0%†}
XGBOOST	0.8000 ^{+86.0%†}	0.8180 ^{+68.4%†}	0.8252 ^{+57.9%†}	0.9408 ^{+14.9%†}	1.0000 ^{+100.0%†}	0.8128 ^{+148.5%†}	0.7016 ^{+129.8%†}	0.3922 ^{+49.4%†}
HIPACC	0.3000 ^{-43.4%*}	0.4435 ^{-9.2%*}	0.4871 ^{-7.3%*}	0.7962 ^{-3.5%†}	0.5000 ^{-11.8%}	0.2618 ^{-16.5%}	0.2686 ^{-7.5%}	0.2444 ^{-6.6%*}
SQL	0.1000 ^{-75.0%†}	0.3940 ^{-21.4%†}	0.4753 ^{-11.6%†}	0.7803 ^{-5.5%†}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.2943 ^{-10.1%}	0.2902 ^{-5.2%}	0.2396 ^{-10.2%†}
JAVAGC	0.1433 ^{-70.7%†}	0.5734 ^{+16.3%*}	0.5344 ^{+2.6%}	0.8327 ^{+1.3%}	0.0667 ^{-87.5%†}	0.3400 ^{+9.0%}	0.2142 ^{-22.6%*}	0.2430 ^{-5.8%*}
POLLY	0.1000 ^{-78.9%†}	0.2915 ^{-42.4%†}	0.4279 ^{-20.7%†}	0.7735 ^{-6.5%†}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.1199 ^{-61.0%†}	0.2179 ^{-25.5%†}	0.2627 ^{-0.0%}
Average	0.5178 ^{+12.7%†}	0.5919 ^{+20.1%†}	0.6050 ^{+15.3%†}	0.8493 ^{+3.3%†}	0.5352 ^{+2.8%}	0.5051 ^{+58.0%†}	0.4430 ^{+52.3%†}	0.2959 ^{+13.0%†}

Table 2: Performance comparison for feature combination FBD+MIE on sequential data

System	NDCG@1	NDCG@10	NDCG@20	NDCG(all)	AP@1	AP@10	AP@20	AP(all)
APACHE	0.1100 ^{-71.6%†}	0.1194 ^{-74.5%†}	0.1745 ^{-66.4%†}	0.7079 ^{-13.4%†}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.0016 ^{-99.4%†}	0.1825 ^{-30.5%†}
7z	0.0450 ^{-89.5%†}	0.2874 ^{-41.4%†}	0.3913 ^{-26.4%†}	0.7658 ^{-7.0%†}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.0436 ^{-84.9%†}	0.1251 ^{-56.4%†}	0.2272 ^{-14.1%†}
DConvert	0.8067 ^{+77.9%†}	0.7269 ^{+51.0%†}	0.7554 ^{+47.3%†}	0.8986 ^{+9.9%†}	0.8667 ^{+73.3%*}	0.6332 ^{+97.6%†}	0.6802 ^{+135.5%†}	0.3447 ^{+33.0%†}
DEEPARCH	0.2150 ^{-56.7%†}	0.5433 ^{+7.5%*}	0.5933 ^{+12.0%†}	0.8320 ^{+0.9%†}	0.0667 ^{-89.5%†}	0.2402 ^{-26.2%*}	0.3633 ^{+25.1%†}	0.2820 ^{+8.1%†}
EXASTENCILS	0.7200 ^{+62.4%†}	0.7523 ^{+57.1%†}	0.7852 ^{+50.4%†}	0.9198 ^{+12.3%†}	0.9667 ^{+81.2%†}	0.8237 ^{+182.1%†}	0.8463 ^{+191.5%†}	0.4306 ^{+64.0%†}
HADOOP	0.2600 ^{-36.6%†}	0.2188 ^{-53.2%†}	0.2783 ^{-45.9%†}	0.7404 ^{-9.5%†}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.0050 ^{-98.3%†}	0.0073 ^{-97.4%†}	0.1773 ^{-32.2%†}
MARIADB	0.7100 ^{+51.1%*}	0.6476 ^{+33.3%†}	0.6469 ^{+24.5%†}	0.8706 ^{+6.0%†}	1.0000 ^{+87.5%†}	0.6444 ^{+106.1%†}	0.5609 ^{+95.7%†}	0.3204 ^{+23.6%†}
MONGODB	0.8000 ^{+50.0%†}	0.6524 ^{+25.5%†}	0.6420 ^{+19.9%†}	0.8720 ^{+5.3%†}	1.0000 ^{+50.0%†}	0.7084 ^{+95.9%†}	0.5648 ^{+83.7%†}	0.3245 ^{+22.2%†}
POSTGRESQL	0.8933 ^{+150.5%†}	0.8245 ^{+78.1%†}	0.7891 ^{+56.9%†}	0.9212 ^{+13.3%†}	1.0000 ^{+130.8%†}	0.7074 ^{+131.1%†}	0.5730 ^{+107.3%†}	0.3243 ^{+24.9%†}
REDIS	0.3500 ^{-27.1%*}	0.4537 ^{-12.5%*}	0.4852 ^{-9.1%*}	0.8057 ^{-2.6%*}	0.5667 ^{0.0%}	0.2619 ^{-27.0%*}	0.2437 ^{-19.3%*}	0.2451 ^{-7.7%*}
SPARK	0.7167 ^{+48.3%†}	0.7788 ^{+55.6%†}	0.8059 ^{+54.7%†}	0.9137 ^{+11.1%†}	1.0000 ^{+66.7%†}	0.7364 ^{+134.9%†}	0.6574 ^{+138.8%†}	0.3459 ^{+35.0%†}
STORM	0.8322 ^{+64.3%†}	0.9328 ^{+82.3%†}	0.7628 ^{-43.8%†}	0.9216 ^{+11.7%†}	1.0000 ^{+57.9%†}	1.0000 ^{+184.0%†}	0.6476 ^{+115.1%†}	0.3416 ^{+30.7%†}
HSMGP	0.6083 ^{+21.7%†}	0.7065 ^{+40.0%†}	0.6823 ^{+30.0%†}	0.8769 ^{+6.3%†}	0.7000 ^{+16.7%†}	0.5838 ^{+68.1%†}	0.4812 ^{+63.6%†}	0.3208 ^{+21.8%†}
XGBOOST	0.8000 ^{+86.0%†}	0.8039 ^{+65.5%†}	0.8324 ^{+59.3%†}	0.9313 ^{+13.8%†}	1.0000 ^{+100.0%†}	0.8449 ^{+158.3%†}	0.7494 ^{+145.5%†}	0.3915 ^{+49.1%†}
HIPACC	0.2417 ^{-54.4%†}	0.4680 ^{-4.1%*}	0.5243 ^{-0.2%†}	0.8079 ^{-2.1%*}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.2135 ^{-31.9%*}	0.2912 ^{+0.3%†}	0.2631 ^{+0.6%†}
SQL	0.1000 ^{-75.0%†}	0.4246 ^{-15.3%*}	0.4683 ^{-12.9%†}	0.8073 ^{-2.2%*}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.3535 ^{+8.0%*}	0.2729 ^{-10.9%†}	0.2643 ^{-1.0%†}
JAVAGC	0.4122 ^{-15.9%†}	0.5475 ^{+11.0%*}	0.5634 ^{+8.2%*}	0.8425 ^{+2.5%*}	0.3000 ^{-43.8%†}	0.2843 ^{-8.8%†}	0.2341 ^{-15.4%†}	0.2580 ^{+0.1%†}
POLLY	0.4650 ^{-1.8%†}	0.5477 ^{+8.3%†}	0.5765 ^{+6.8%*}	0.8493 ^{+2.6%*}	0.3333 ^{-28.6%†}	0.2770 ^{-10.0%†}	0.2844 ^{-2.8%†}	0.2889 ^{+9.9%†}
Average	0.5048 ^{+9.9%*}	0.5798 ^{+17.7%†}	0.5976 ^{+13.9%†}	0.8491 ^{+3.3%†}	0.5444 ^{+4.6%†}	0.4645 ^{+45.3%†}	0.4214 ^{+44.9%†}	0.2963 ^{+13.1%†}

Table 3: Performance comparison for feature combination FBD+NBC on sequential data

System	NDCG@1	NDCG@10	NDCG@20	NDCG(all)	AP@1	AP@10	AP@20	AP(all)
APACHE	0.1233 ^{-68.1%†}	0.1300 ^{-72.2%†}	0.2285 ^{-56.0%†}	0.7157 ^{-12.5%†}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.0013 ^{-99.5%†}	0.0157 ^{-94.5%†}	0.1900 ^{-27.7%†}
7z	0.1567 ^{-63.3%†}	0.3405 ^{-30.6%†}	0.4082 ^{-23.2%†}	0.7725 ^{-6.2%†}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.0991 ^{-65.6%†}	0.1426 ^{-50.3%†}	0.2224 ^{-15.9%†}
DConvert	0.8600 ^{+89.7%†}	0.6758 ^{+40.4%†}	0.7248 ^{+41.3%†}	0.8874 ^{+8.5%†}	0.9667 ^{+93.3%†}	0.6624 ^{+106.7%†}	0.6382 ^{+121.0%†}	0.3436 ^{+32.6%†}
DEEPARCH	0.1367 ^{-72.5%†}	0.5266 ^{+4.2%†}	0.5955 ^{+12.4%†}	0.8285 ^{+0.5%†}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.2207 ^{-32.2%*}	0.3606 ^{+24.2%†}	0.2813 ^{+7.8%†}
EXASTENCILS	0.8167 ^{+84.2%†}	0.7451 ^{+55.6%†}	0.7591 ^{+45.4%†}	0.9165 ^{+11.9%†}	1.0000 ^{+87.5%†}	0.8362 ^{+186.4%†}	0.7581 ^{+161.1%†}	0.4065 ^{+54.8%†}
HADOOP	0.2133 ^{-48.0%*}	0.2188 ^{-53.2%†}	0.2607 ^{-49.3%†}	0.7333 ^{-10.3%†}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.0005 ^{-99.8%†}	0.0035 ^{-98.7%†}	0.1742 ^{-33.3%†}
MARIADB	0.5467 ^{+16.3%†}	0.6088 ^{+25.3%†}	0.6281 ^{+20.8%†}	0.8605 ^{+4.8%†}	1.0000 ^{+87.5%†}	0.6152 ^{+96.8%†}	0.5023 ^{+75.2%†}	0.3210 ^{+23.9%†}
MONGODB	0.8000 ^{+50.0%†}	0.6839 ^{+31.5%†}	0.6529 ^{+21.9%†}	0.8754 ^{+5.7%†}	1.0000 ^{+50.0%†}	0.7634 ^{+111.2%†}	0.6367 ^{+107.1%†}	0.3223 ^{+21.4%†}
POSTGRESQL	0.8633 ^{+142.1%†}	0.8314 ^{+79.6%†}	0.7698 ^{+53.1%†}	0.9127 ^{+12.3%†}	1.0000 ^{+130.8%†}	0.7641 ^{+149.6%†}	0.5668 ^{+105.0%†}	0.3125 ^{+20.4%†}
REDIS	0.2400 ^{-50.0%†}	0.3795 ^{-26.8%†}	0.4457 ^{-16.5%†}	0.7894 ^{-4.6%†}	0.4000 ^{-29.4%†}	0.2491 ^{-30.6%*}	0.2284 ^{-24.4%*}	0.2436 ^{-8.2%†}
SPARK	0.9667 ^{+100.0%†}	0.8842 ^{+76.6%†}	0.8451 ^{+62.2%†}	0.9464 ^{+15.1%†}	1.0000 ^{+66.7%†}	0.8312 ^{+165.2%†}	0.6482 ^{+135.5%†}	0.3534 ^{+37.9%†}
STORM	0.8733 ^{+72.4%†}	0.9348 ^{+82.7%†}	0.7669 ^{+44.5%†}	0.9258 ^{+12.2%†}	1.0000 ^{+57.9%†}	1.0000 ^{+184.0%†}	0.6658 ^{+121.1%†}	0.3494 ^{+33.7%†}
HSMGP	0.4600 ^{-8.0%†}	0.6972 ^{+38.1%†}	0.6640 ^{+26.5%†}	0.8720 ^{+5.7%†}	0.4333 ^{-27.8%†}	0.5698 ^{+64.1%†}	0.4719 ^{+60.5%†}	0.3155 ^{+19.7%†}
XGBOOST	0.8000 ^{+86.0%†}	0.9280 ^{+91.0%†}	0.8624 ^{+65.0%†}	0.9517 ^{+16.2%†}	1.0000 ^{+100.0%†}	0.9793 ^{+199.4%†}	0.8058 ^{+164.0%†}	0.4052 ^{+54.3%†}
HIPACC	0.1500 ^{-71.7%†}	0.4820 ^{-1.3%†}	0.4974 ^{-5.4%†}	0.8000 ^{-3.0%†}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.3251 ^{+3.7%†}	0.2874 ^{-1.0%†}	0.2602 ^{-0.5%†}
SQL	0.3478 ^{-13.1%†}	0.4522 ^{-9.8%†}	0.4671 ^{-13.1%†}	0.7895 ^{-4.4%†}	0.6000 ^{+50.0%†}	0.4022 ^{+22.8%†}	0.2775 ^{-9.3%†}	0.2305 ^{-13.7%†}
JAVAGC	0.4061 ^{-17.1%†}	0.5336 ^{+8.2%†}	0.5364 ^{+3.0%†}	0.8321 ^{+1.2%†}	0.4667 ^{-12.5%†}	0.2781 ^{-10.8%†}	0.2403 ^{-13.2%†}	0.2525 ^{-2.1%†}
POLLY	0.9000 ^{+90.1%†}	0.5787 ^{+14.4%†}	0.6273 ^{+16.2%†}	0.8747 ^{+5.7%†}	1.0000 ^{+114.3%†}	0.3039 ^{-1.3%†}	0.2976 ^{+1.7%†}	0.2867 ^{+9.1%†}
Average	0.5367 ^{+16.8%†}	0.5906 ^{+19.9%†}	0.5967 ^{+13.7%†}	0.8491 ^{+3.3%†}	0.6037 ^{+16.0%*}	0.4945 ^{+54.7%†}	0.4193 ^{+44.2%†}	0.2928 ^{+11.8%†}

Table 4: Performance comparison for feature combination FBD+PLO on sequential data

System	NDCG@1	NDCG@10	NDCG@20	NDCG(all)	AP@1	AP@10	AP@20	AP(all)
APACHE	0.1933 ^{-50.0%*}	0.2064 ^{-55.9%†}	0.3157 ^{-39.2%†}	0.7455 ^{-8.8%†}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.0503 ^{-82.7%†}	0.0842 ^{-70.6%†}	0.2192 ^{-16.6%†}
7z	0.2533 ^{-40.6%*}	0.3947 ^{-19.6%*}	0.4654 ^{-12.4%†}	0.7962 ^{-3.3%*}	0.1667 ^{-54.5%}	0.1426 ^{-50.6%†}	0.1651 ^{-42.4%†}	0.2228 ^{-15.7%†}
DConvert	0.1133 ^{-75.0%†}	0.6911 ^{+43.6%†}	0.7140 ^{+39.2%†}	0.8718 ^{+6.6%†}	0.1333 ^{-73.3%*}	0.7149 ^{+123.1%†}	0.6745 ^{+133.6%†}	0.3501 ^{+35.1%†}
DEEPARCH	0.9767 ^{+96.6%†}	0.7140 ^{+41.3%†}	0.6627 ^{+25.1%†}	0.8934 ^{+8.4%†}	1.0000 ^{+57.9%†}	0.4281 ^{+31.5%*}	0.3002 ^{+3.4%}	0.2704 ^{+3.6%}
EXASTENCILS	0.8000 ^{+80.5%†}	0.7633 ^{+59.4%†}	0.7754 ^{+48.5%†}	0.9198 ^{+12.3%†}	1.0000 ^{+87.5%†}	0.7280 ^{+149.4%†}	0.7280 ^{+150.7%†}	0.3911 ^{+49.0%†}
HADOOP	0.2067 ^{-49.6%*}	0.3108 ^{-33.5%†}	0.3750 ^{-27.1%†}	0.7665 ^{-6.3%†}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.0666 ^{-77.6%†}	0.0803 ^{-70.9%†}	0.2101 ^{-19.6%†}
MARIADB	0.5733 ^{+22.0%}	0.6654 ^{+37.0%†}	0.6277 ^{+20.8%†}	0.8601 ^{+4.7%†}	1.0000 ^{+87.5%†}	0.8041 ^{+157.2%†}	0.5775 ^{+101.5%†}	0.3183 ^{+22.8%†}
MONGODB	0.7733 ^{+45.0%†}	0.6423 ^{+23.5%†}	0.5979 ^{+11.7%†}	0.8647 ^{+4.4%†}	0.9667 ^{+45.0%*}	0.6237 ^{+72.5%†}	0.4893 ^{+59.1%†}	0.3290 ^{+23.9%†}
POSTGRESQL	0.9000 ^{+152.3%†}	0.7506 ^{+62.1%†}	0.6834 ^{+35.9%†}	0.8897 ^{+9.5%†}	1.0000 ^{+130.8%†}	0.5135 ^{+67.7%†}	0.3339 ^{+20.8%*}	0.2532 ^{-2.5%}
REDIS	0.1533 ^{-68.1%†}	0.4082 ^{-21.3%†}	0.4641 ^{-13.1%†}	0.7890 ^{-4.6%†}	0.1000 ^{-82.4%†}	0.2198 ^{-38.7%†}	0.2205 ^{-27.0%*}	0.2503 ^{-5.7%*}
SPARK	0.9667 ^{+100.0%†}	0.8428 ^{+68.4%†}	0.8175 ^{+56.9%†}	0.9292 ^{+13.0%†}	1.0000 ^{+66.7%†}	0.7142 ^{+127.8%†}	0.5960 ^{+116.5%†}	0.3257 ^{+27.1%†}
STORM	0.9000 ^{+77.6%†}	0.9285 ^{+81.5%†}	0.8238 ^{+55.3%†}	0.9376 ^{+13.7%†}	1.0000 ^{+57.9%†}	0.9720 ^{+176.1%†}	0.7322 ^{+143.2%†}	0.3585 ^{+37.2%†}
HSMGP	0.8000 ^{+60.0%†}	0.7618 ^{+50.9%†}	0.7180 ^{+36.8%†}	0.8926 ^{+8.2%†}	1.0000 ^{+66.7%†}	0.6852 ^{+97.3%†}	0.5506 ^{+87.2%†}	0.3134 ^{+19.0%†}
XGBOOST	0.8167 ^{+89.9%†}	0.9238 ^{+90.2%†}	0.8635 ^{+65.2%†}	0.9489 ^{+15.9%†}	1.0000 ^{+100.0%†}	1.0000 ^{+205.7%†}	0.7734 ^{+153.4%†}	0.3868 ^{+47.3%†}
HIPACC	0.2208 ^{-58.3%†}	0.4850 ^{-0.7%}	0.5483 ^{+4.3%}	0.8102 ^{-1.8%*}	0.2000 ^{-64.7%*}	0.2813 ^{-10.3%}	0.3411 ^{+17.4%}	0.2607 ^{-0.3%}
SQL	0.1067 ^{-73.3%†}	0.3941 ^{-21.4%†}	0.5125 ^{-4.6%}	0.8041 ^{-2.6%†}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.2843 ^{-13.2%}	0.3102 ^{+1.3%}	0.2765 ^{+3.6%*}
JAVAGC	0.1000 ^{-79.6%†}	0.6109 ^{+23.9%†}	0.5885 ^{+13.0%†}	0.8433 ^{+2.6%*}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.4661 ^{+49.5%†}	0.3124 ^{+12.9%}	0.2656 ^{+3.0%}
POLLY	0.6467 ^{+36.6%*}	0.6469 ^{+27.8%†}	0.6683 ^{+23.8%†}	0.8795 ^{+6.3%†}	0.6667 ^{+42.9%}	0.4394 ^{+42.7%†}	0.4106 ^{+40.4%†}	0.3086 ^{+17.4%†}
Average	0.5278 ^{+14.9%†}	0.6189 ^{+25.6%†}	0.6234 ^{+18.8%†}	0.8579 ^{+4.3%†}	0.5685 ^{+9.3%}	0.5074 ^{+58.7%†}	0.4267 ^{+46.7%†}	0.2950 ^{+12.7%†}

Table 5: Performance comparison for feature combination FDC+CL on sequential data

System	NDCG@1	NDCG@10	NDCG@20	NDCG(all)	AP@1	AP@10	AP@20	AP(all)
APACHE	0.2000 ^{-48.3%*}	0.2054 ^{-56.1%†}	0.3612 ^{-30.5%†}	0.7485 ^{-8.4%†}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.0145 ^{-95.0%†}	0.1205 ^{-58.0%†}	0.2162 ^{-17.7%†}
7z	0.7300 ^{+71.1%†}	0.6099 ^{+24.3%†}	0.5532 ^{+4.1%}	0.8536 ^{+3.6%†}	0.6667 ^{+81.8%*}	0.3180 ^{+10.3%}	0.2165 ^{-24.5%*}	0.2462 ^{-6.9%*}
DConvert	0.0900 ^{-80.1%†}	0.6860 ^{+42.5%†}	0.7004 ^{+36.5%†}	0.8655 ^{+5.9%†}	0.1000 ^{-80.0%†}	0.7121 ^{+122.2%†}	0.6477 ^{+124.3%†}	0.3507 ^{+35.4%†}
DEEPARCH	0.1867 ^{-62.4%†}	0.5306 ^{+5.0%}	0.4983 ^{-5.9%*}	0.7998 ^{-3.0%†}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.2296 ^{-29.5%*}	0.1703 ^{-41.4%†}	0.2252 ^{-13.7%†}
EXASTENCILS	0.7933 ^{+78.9%†}	0.7374 ^{+54.0%†}	0.7599 ^{+45.5%†}	0.9107 ^{+11.2%†}	1.0000 ^{+87.5%†}	0.7764 ^{+165.9%†}	0.6955 ^{+139.5%†}	0.3773 ^{+43.7%†}
HADOOP	0.3167 ^{-22.8%}	0.4141 ^{-11.4%}	0.4375 ^{-14.9%†}	0.7946 ^{-2.8%*}	0.0333 ^{-92.3%†}	0.1242 ^{-58.2%†}	0.1295 ^{-53.1%†}	0.2265 ^{-13.3%†}
MARIADB	0.7500 ^{+59.6%†}	0.6549 ^{+34.8%†}	0.6069 ^{+16.8%†}	0.8631 ^{+5.1%†}	0.9667 ^{+81.2%†}	0.7155 ^{+128.9%†}	0.4883 ^{+70.4%†}	0.3141 ^{+21.2%†}
MONGODB	0.0533 ^{-90.0%†}	0.6035 ^{+16.1%†}	0.5890 ^{+10.0%*}	0.8272 ^{-0.1%}	0.0667 ^{-90.0%†}	0.6645 ^{+83.8%†}	0.5997 ^{+95.0%†}	0.3077 ^{+15.9%†}
POSTGRESQL	0.9000 ^{+152.3%†}	0.7869 ^{+69.9%†}	0.6753 ^{+34.3%†}	0.8827 ^{+8.6%†}	1.0000 ^{+130.8%†}	0.5620 ^{+83.6%†}	0.3442 ^{+24.5%*}	0.2459 ^{-5.3%*}
REDIS	0.8000 ^{+66.7%†}	0.8098 ^{+56.2%†}	0.6800 ^{+27.3%†}	0.8977 ^{+8.5%†}	1.0000 ^{+76.5%†}	0.7525 ^{+109.8%†}	0.4753 ^{+57.4%†}	0.3044 ^{+14.7%†}
SPARK	0.9000 ^{+86.2%†}	0.9090 ^{+81.6%†}	0.8922 ^{+71.3%†}	0.9525 ^{+15.8%†}	1.0000 ^{+66.7%†}	0.9376 ^{+199.1%†}	0.8297 ^{+201.4%†}	0.3791 ^{+47.9%†}
STORM	0.9000 ^{+77.6%†}	0.9437 ^{+84.4%†}	0.8591 ^{+61.9%†}	0.9477 ^{+14.9%†}	1.0000 ^{+57.9%†}	0.9967 ^{+183.1%†}	0.8156 ^{+170.9%†}	0.4012 ^{+53.6%†}
HSMGP	0.2833 ^{-43.3%*}	0.5759 ^{+14.1%*}	0.6272 ^{+19.5%†}	0.8514 ^{+3.2%†}	0.1667 ^{-72.2%†}	0.3873 ^{+11.5%*}	0.4222 ^{+43.6%†}	0.2893 ^{+9.8%†}
XGBOOST	0.8000 ^{+86.0%†}	0.9342 ^{+92.3%†}	0.8747 ^{+67.3%†}	0.9534 ^{+16.5%†}	1.0000 ^{+100.0%†}	0.9667 ^{+195.5%†}	0.7572 ^{+148.1%†}	0.3927 ^{+49.6%†}
HIPACC	0.0533 ^{-89.9%†}	0.4265 ^{-12.6%*}	0.5270 ^{+0.3%}	0.8020 ^{-2.8%†}	0.0667 ^{-88.2%†}	0.2551 ^{-18.6%}	0.3538 ^{+21.8%*}	0.2737 ^{+4.6%*}
SQL	0.1067 ^{-73.3%†}	0.4113 ^{-17.9%†}	0.5550 ^{+3.3%}	0.8105 ^{-1.8%*}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.2829 ^{-13.6%}	0.3928 ^{+28.3%†}	0.2887 ^{+8.1%†}
JAVAGC	0.1000 ^{-79.6%†}	0.5910 ^{+19.9%†}	0.5584 ^{+7.2%*}	0.8363 ^{+1.7%*}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.3837 ^{+23.1%*}	0.2494 ^{-9.9%}	0.2501 ^{-3.0%}
POLLY	0.5767 ^{+21.8%}	0.4770 ^{-5.7%}	0.5572 ^{+3.2%}	0.8346 ^{+0.8%}	0.7333 ^{+57.1%*}	0.2541 ^{-17.5%}	0.2743 ^{-6.2%}	0.2759 ^{+5.0%*}
Average	0.4744 ^{+3.3%}	0.6282 ^{+27.5%†}	0.6285 ^{+19.8%†}	0.8573 ^{+4.3%†}	0.4889 ^{-6.0%}	0.5185 ^{+62.2%†}	0.4435 ^{+52.5%†}	0.2981 ^{+13.8%†}

Table 6: Performance comparison for feature combination FDC+MIE on sequential data

System	NDCG@1	NDCG@10	NDCG@20	NDCG(all)	AP@1	AP@10	AP@20	AP(all)
APACHE	0.0200 ^{+94.8%†}	0.1384 ^{-70.4%†}	0.3681 ^{-29.2%†}	0.7386 ^{-9.7%†}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.0078 ^{-97.3%†}	0.1363 ^{-52.5%†}	0.2208 ^{-15.9%†}
7z	0.1600 ^{-62.5%†}	0.3810 ^{-22.4%†}	0.3784 ^{-28.8%†}	0.7708 ^{-6.4%†}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.0932 ^{-67.7%†}	0.0750 ^{-73.8%†}	0.2037 ^{-22.9%†}
DConvert	0.0533 ^{-88.2%†}	0.6472 ^{+34.5%†}	0.7039 ^{+37.2%†}	0.8648 ^{+5.8%†}	0.0667 ^{-86.7%†}	0.6821 ^{+112.9%†}	0.6713 ^{+132.4%†}	0.3523 ^{+36.0%†}
DEEPARCH	0.1867 ^{-62.4%†}	0.5382 ^{+6.5%}	0.5556 ^{+4.9%*}	0.8186 ^{-0.7%}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.2392 ^{-26.5%*}	0.2702 ^{-7.0%}	0.2593 ^{-0.6%}
EXASTENCILS	0.6500 ^{+46.6%*}	0.7730 ^{+61.5%†}	0.8026 ^{+53.7%†}	0.9251 ^{+12.9%†}	1.0000 ^{+87.5%†}	0.8075 ^{+176.6%†}	0.8091 ^{+178.7%†}	0.4274 ^{+62.8%†}
HADOOP	0.2733 ^{-33.3%}	0.3935 ^{-15.8%*}	0.3868 ^{-24.8%†}	0.7825 ^{-4.3%†}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.0786 ^{-73.6%†}	0.0680 ^{-75.4%†}	0.2092 ^{-19.9%†}
MARIADB	0.5400 ^{+14.9%}	0.6381 ^{+31.4%†}	0.6098 ^{+17.3%†}	0.8553 ^{+4.1%†}	1.0000 ^{+87.5%†}	0.7176 ^{+129.5%†}	0.5345 ^{+86.5%†}	0.3147 ^{+21.4%†}
MONGODB	0.6533 ^{+22.5%*}	0.6380 ^{+22.7%†}	0.6271 ^{+17.1%†}	0.8638 ^{+4.3%†}	0.8667 ^{+30.0%}	0.6715 ^{+85.8%†}	0.5185 ^{+68.6%†}	0.3257 ^{+22.7%†}
POSTGRESQL	0.9000 ^{+152.3%†}	0.8422 ^{+81.9%†}	0.7352 ^{+46.2%†}	0.9114 ^{+12.1%†}	1.0000 ^{+130.8%†}	0.6753 ^{+120.6%†}	0.4167 ^{+50.8%†}	0.2768 ^{+6.6%*}
REDIS	0.6800 ^{+41.7%*}	0.6106 ^{+17.8%*}	0.5509 ^{+3.1%}	0.8453 ^{+2.2%*}	0.9333 ^{+64.7%*}	0.5177 ^{+44.4%†}	0.3172 ^{+5.0%}	0.2577 ^{-2.9%}
SPARK	0.7233 ^{+49.7%†}	0.8086 ^{+61.5%†}	0.8127 ^{+56.0%†}	0.9160 ^{+11.4%†}	1.0000 ^{+66.7%†}	0.8011 ^{+155.6%†}	0.6951 ^{+152.5%†}	0.3487 ^{+36.1%†}
STORM	0.8814 ^{+74.0%†}	0.9427 ^{+84.3%†}	0.8467 ^{+59.6%†}	0.9372 ^{+13.6%†}	1.0000 ^{+57.9%†}	1.0000 ^{+184.0%†}	0.7833 ^{+160.1%†}	0.3696 ^{+41.5%†}
HSMGP	0.3200 ^{-36.0%*}	0.6692 ^{+32.6%†}	0.6633 ^{+26.4%†}	0.8624 ^{+4.6%†}	0.2000 ^{-66.7%*}	0.5398 ^{+55.5%†}	0.4669 ^{+58.8%†}	0.3053 ^{+15.9%†}
XGBOOST	0.8000 ^{+86.0%†}	0.9589 ^{+97.4%†}	0.8638 ^{+65.3%†}	0.9476 ^{+15.7%†}	1.0000 ^{+100.0%†}	1.0000 ^{+205.7%†}	0.7724 ^{+153.0%†}	0.3877 ^{+47.7%†}
HIPACC	0.0750 ^{-85.8%†}	0.4355 ^{-10.8%*}	0.5063 ^{-3.7%}	0.7976 ^{-3.3%†}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.1934 ^{-38.3%*}	0.2503 ^{-13.8%}	0.2619 ^{+0.1%}
SQL	0.1000 ^{-75.0%†}	0.4261 ^{-15.0%*}	0.5507 ^{+2.5%}	0.8181 ^{-0.9%}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.3377 ^{+3.2%*}	0.3584 ^{+17.1%*}	0.2870 ^{+7.5%†}
JAVAGC	0.2878 ^{-41.3%*}	0.5761 ^{+16.9%†}	0.6150 ^{+18.1%†}	0.8460 ^{+2.9%†}	0.3333 ^{-37.5%}	0.2989 ^{-4.2%}	0.2797 ^{+1.0%}	0.2561 ^{-0.7%}
POLLY	0.7867 ^{+66.2%†}	0.7410 ^{+46.4%†}	0.7184 ^{+33.0%†}	0.9037 ^{+9.2%†}	0.8667 ^{+85.7%*}	0.5310 ^{+72.5%†}	0.4629 ^{+58.3%†}	0.3221 ^{+22.6%†}
Average	0.4495^{-2.2%}	0.6199^{+25.8%†}	0.6275^{+19.6%†}	0.8558^{+4.1%†}	0.5148^{-1.1%}	0.5107^{+59.8%†}	0.4381^{+50.7%†}	0.2992^{+14.3%†}

Table 7: Performance comparison for feature combination FDC+NBC on sequential data

System	NDCG@1	NDCG@10	NDCG@20	NDCG(all)	AP@1	AP@10	AP@20	AP(all)
APACHE	0.0333 ^{-91.4%†}	0.1347 ^{-71.2%†}	0.3474 ^{-33.1%†}	0.7380 ^{-9.7%†}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.0071 ^{-97.5%†}	0.1268 ^{-55.8%†}	0.2276 ^{-13.4%†}
7z	0.4967 ^{+16.4%}	0.4370 ^{-11.0%*}	0.4712 ^{-11.4%*}	0.8071 ^{-2.0%*}	0.4667 ^{+27.3%}	0.1595 ^{-44.7%*}	0.1627 ^{-43.3%†}	0.2183 ^{-17.4%†}
DConvert	0.0000 ^{-100.0%†}	0.5934 ^{+23.3%†}	0.6185 ^{+20.6%†}	0.8396 ^{+2.7%*}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.6528 ^{+103.7%†}	0.5923 ^{+105.1%†}	0.3347 ^{+29.2%†}
DEEPARCH	0.1933 ^{-61.1%†}	0.5468 ^{+8.2%*}	0.5415 ^{+2.2%}	0.8204 ^{-0.5%}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.2465 ^{-24.3%*}	0.2435 ^{-16.1%*}	0.2567 ^{-1.6%}
EXASTENCILS	0.6833 ^{+54.1%*}	0.7745 ^{+61.8%†}	0.7983 ^{+52.9%†}	0.9242 ^{+12.8%†}	1.0000 ^{+87.5%†}	0.8281 ^{+183.6%†}	0.7801 ^{+168.7%†}	0.4169 ^{+58.8%†}
HADOOP	0.2467 ^{-39.8%}	0.3545 ^{-24.1%†}	0.3767 ^{-26.7%†}	0.7781 ^{-4.8%†}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.0407 ^{-86.3%†}	0.0587 ^{-78.8%†}	0.2132 ^{-18.4%†}
MARIADB	0.5300 ^{+12.8%}	0.6345 ^{+30.6%†}	0.6184 ^{+19.0%†}	0.8537 ^{+3.9%†}	1.0000 ^{+87.5%†}	0.7233 ^{+131.3%†}	0.5314 ^{+85.4%†}	0.3134 ^{+20.9%†}
MONGODB	0.7367 ^{+38.1%†}	0.6839 ^{+31.5%†}	0.6661 ^{+24.4%†}	0.8816 ^{+6.5%†}	0.9333 ^{+40.0%*}	0.7261 ^{+100.8%†}	0.5889 ^{+91.5%†}	0.3372 ^{+27.0%†}
POSTGRESQL	0.9067 ^{+154.2%†}	0.8681 ^{+87.5%†}	0.7277 ^{+44.7%†}	0.9073 ^{+11.6%†}	1.0000 ^{+130.8%†}	0.7286 ^{+138.0%†}	0.4379 ^{+58.4%†}	0.2761 ^{+6.3%*}
REDIS	0.7067 ^{+47.2%*}	0.6600 ^{+27.3%†}	0.5524 ^{+3.4%}	0.8546 ^{+3.3%*}	0.9667 ^{+70.6%†}	0.5684 ^{+58.5%†}	0.3299 ^{+9.2%}	0.2674 ^{+0.8%}
SPARK	1.0000 ^{+106.9%†}	0.8956 ^{+78.9%†}	0.8861 ^{+70.1%†}	0.9503 ^{+15.5%†}	1.0000 ^{+66.7%†}	0.8632 ^{+175.4%†}	0.7697 ^{+179.6%†}	0.3668 ^{+43.1%†}
STORM	0.8983 ^{+77.3%†}	0.9460 ^{+84.9%†}	0.8561 ^{+61.4%†}	0.9387 ^{+13.8%†}	1.0000 ^{+57.9%†}	1.0000 ^{+184.0%†}	0.8320 ^{+176.3%†}	0.3725 ^{+42.6%†}
HSMGP	0.7000 ^{+40.0%†}	0.6805 ^{+34.8%†}	0.6956 ^{+32.5%†}	0.8812 ^{+6.9%†}	0.8333 ^{+38.9%*}	0.5242 ^{+51.0%†}	0.4998 ^{+70.0%†}	0.3164 ^{+20.1%†}
XGBOOST	0.8033 ^{+86.8%†}	0.9626 ^{+98.1%†}	0.8548 ^{+63.5%†}	0.9434 ^{+15.2%†}	1.0000 ^{+100.0%†}	1.0000 ^{+205.7%†}	0.7627 ^{+149.9%†}	0.3780 ^{+44.0%†}
HIPACC	0.0917 ^{-82.7%†}	0.4581 ^{-6.2%*}	0.5471 ^{+4.1%}	0.8084 ^{-2.0%*}	0.0333 ^{-94.1%†}	0.2282 ^{-27.2%*}	0.3232 ^{+11.3%}	0.2724 ^{+4.1%}
SQL	0.4067 ^{+1.7%}	0.4760 ^{-5.0%}	0.5090 ^{-5.3%}	0.8193 ^{-0.8%}	0.6000 ^{+50.0%}	0.4129 ^{+26.1%†}	0.3130 ^{+2.3%}	0.2701 ^{+1.2%}
JAVAGC	0.1867 ^{-61.9%†}	0.5650 ^{+14.6%*}	0.5840 ^{+12.1%†}	0.8344 ^{+1.5%}	0.1667 ^{-68.8%*}	0.3688 ^{+18.3%}	0.3092 ^{+11.7%}	0.2596 ^{+0.7%}
POLLY	0.7467 ^{+57.7%†}	0.6443 ^{+27.3%†}	0.6368 ^{+17.9%†}	0.8756 ^{+5.8%†}	0.8000 ^{+71.4%*}	0.4187 ^{+36.0%*}	0.3382 ^{+15.6%}	0.2813 ^{+7.0%†}
Average	0.5204^{+13.3%†}	0.6286^{+27.6%†}	0.6271^{+19.5%†}	0.8587^{+4.4%†}	0.6000^{+15.3%*}	0.5276^{+65.1%†}	0.4445^{+52.9%†}	0.2988^{+14.1%†}

Table 8: Performance comparison for feature combination FDC+PLO on sequential data

System	NDCG@1	NDCG@10	NDCG@20	NDCG(all)	AP@1	AP@10	AP@20	AP(all)
APACHE	0.0600 ^{+84.5%†}	0.1175 ^{-74.9%†}	0.1580 ^{-69.6%†}	0.7039 ^{-13.9%†}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.0003 ^{-99.9%†}	0.1782 ^{-32.2%†}
7z	0.1367 ^{-68.0%†}	0.4903 ^{-0.1%}	0.5109 ^{-3.9%}	0.8049 ^{-2.3%*}	0.0333 ^{-90.9%*}	0.2404 ^{-16.6%}	0.2581 ^{-10.0%}	0.2443 ^{-7.6%*}
DConvert	0.6617 ^{+46.0%*}	0.7034 ^{+46.1%†}	0.7315 ^{+42.6%†}	0.8942 ^{+9.4%†}	0.8333 ^{+66.7%*}	0.7541 ^{+135.3%†}	0.6141 ^{+112.6%†}	0.3452 ^{+33.2%†}
DEEPARCH	0.9967 ^{+100.7%†}	0.7082 ^{+40.1%†}	0.6569 ^{+24.0%†}	0.8942 ^{+8.5%†}	1.0000 ^{+57.9%†}	0.4110 ^{+26.2%*}	0.3785 ^{+30.3%†}	0.2986 ^{+14.4%†}
EXASTENCILS	0.8767 ^{+97.7%†}	0.7991 ^{+66.9%†}	0.8002 ^{+53.3%†}	0.9233 ^{+12.7%†}	1.0000 ^{+87.5%†}	0.8023 ^{+174.8%†}	0.7224 ^{+148.8%†}	0.3796 ^{+44.6%†}
HADOOP	0.2944 ^{-28.2%}	0.2243 ^{-52.0%†}	0.3526 ^{-31.4%†}	0.7566 ^{-7.5%†}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.0484 ^{-82.5%†}	0.1937 ^{-25.9%†}
MARIADB	0.5533 ^{+17.7%}	0.6260 ^{+28.9%†}	0.6264 ^{+20.5%†}	0.8613 ^{+4.9%†}	1.0000 ^{+87.5%†}	0.6550 ^{+109.5%†}	0.5546 ^{+93.5%†}	0.3312 ^{+27.8%†}
MONGODB	0.7267 ^{+36.2%*}	0.6795 ^{+30.7%†}	0.6831 ^{+27.6%†}	0.8875 ^{+7.2%†}	1.0000 ^{+50.0%†}	0.7178 ^{+98.6%†}	0.6284 ^{+104.3%†}	0.3514 ^{+32.3%†}
POSTGRESQL	0.9000 ^{+152.3%†}	0.7739 ^{+67.1%†}	0.7450 ^{+48.2%†}	0.8995 ^{+10.7%†}	1.0000 ^{+130.8%†}	0.6463 ^{+111.1%†}	0.4844 ^{+75.2%†}	0.2858 ^{+10.1%†}
REDIS	0.1200 ^{-75.0%†}	0.5134 ^{-1.0%}	0.6132 ^{+14.8%†}	0.8335 ^{+0.7%}	0.0667 ^{-88.2%†}	0.3415 ^{-4.8%}	0.4409 ^{+46.0%†}	0.3138 ^{+18.3%†}
SPARK	0.9667 ^{+100.0%†}	0.8717 ^{+74.1%†}	0.7823 ^{+50.2%†}	0.9271 ^{+12.7%†}	1.0000 ^{+66.7%†}	0.8334 ^{+165.9%†}	0.5785 ^{+110.1%†}	0.3274 ^{+27.7%†}
STORM	0.8000 ^{+57.9%†}	0.9264 ^{+81.1%†}	0.7827 ^{+47.5%†}	0.9269 ^{+12.4%†}	1.0000 ^{+57.9%†}	0.9860 ^{+180.0%†}	0.6910 ^{+129.5%†}	0.3569 ^{+36.6%†}
HSMGP	0.2200 ^{-56.0%†}	0.6667 ^{+32.1%†}	0.6797 ^{+29.5%†}	0.8678 ^{+5.2%†}	0.0333 ^{-94.4%†}	0.5424 ^{+56.2%†}	0.4922 ^{+67.4%†}	0.3053 ^{+15.9%†}
XGBOOST	0.8233 ^{+91.5%†}	0.9387 ^{+93.2%†}	0.8854 ^{+69.4%†}	0.9550 ^{+16.7%†}	1.0000 ^{+100.0%†}	0.9967 ^{+204.7%†}	0.8573 ^{+180.9%†}	0.4051 ^{+54.3%†}
HIPACC	0.0000 ^{-100.0%†}	0.5180 ^{+6.1%}	0.5949 ^{+13.2%†}	0.8239 ^{-0.2%}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.3548 ^{+13.1%}	0.4066 ^{+40.0%†}	0.2815 ^{+7.6%†}
SQL	0.1133 ^{-71.7%†}	0.4134 ^{-17.5%†}	0.5463 ^{+1.6%}	0.8188 ^{-0.8%}	0.0333 ^{-91.7%†}	0.2990 ^{-8.7%}	0.3874 ^{+26.5%†}	0.3021 ^{+13.2%†}
JAVAGC	0.4822 ^{-1.6%}	0.5766 ^{+17.0%*}	0.6399 ^{+22.8%†}	0.8585 ^{+4.4%†}	0.2333 ^{-56.2%*}	0.2057 ^{-34.0%*}	0.2602 ^{-6.0%}	0.2603 ^{+0.9%}
POLLY	0.6800 ^{+43.7%*}	0.6712 ^{+32.6%†}	0.6675 ^{+23.6%†}	0.8807 ^{+6.4%†}	0.7333 ^{+57.1%*}	0.5581 ^{+81.3%†}	0.4639 ^{+58.6%†}	0.3229 ^{+22.9%†}
Average	0.5229 ^{+13.8%†}	0.6232 ^{+26.5%†}	0.6365 ^{+21.3%†}	0.8621 ^{+4.8%†}	0.5537 ^{+6.4%}	0.5191 ^{+62.4%†}	0.4593 ^{+58.0%†}	0.3046 ^{+16.3%†}

Table 11: Performance comparison for feature combination Kur+NBC on sequential data

System	NDCG@1	NDCG@10	NDCG@20	NDCG(all)	AP@1	AP@10	AP@20	AP(all)
APACHE	0.1200 ^{-69.0%†}	0.1306 ^{-72.1%†}	0.1985 ^{-61.8%†}	0.7124 ^{-12.9%†}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.0059 ^{-97.9%†}	0.1846 ^{-29.7%†}
7z	0.7317 ^{+71.5%†}	0.6578 ^{+34.0%†}	0.6189 ^{+16.4%†}	0.8776 ^{+6.5%†}	0.6667 ^{+81.8%*}	0.5108 ^{+77.1%†}	0.3789 ^{+32.1%†}	0.2905 ^{+9.9%†}
DConvert	0.5450 ^{+20.2%}	0.6573 ^{+36.6%†}	0.6580 ^{+28.3%†}	0.8726 ^{+6.7%†}	0.6667 ^{+33.3%}	0.6491 ^{+102.6%†}	0.5329 ^{+84.5%†}	0.3268 ^{+26.1%†}
DEEPARCH	0.8233 ^{+65.8%†}	0.6749 ^{+33.5%†}	0.6810 ^{+28.6%†}	0.8883 ^{+7.8%†}	0.8000 ^{+26.3%}	0.3830 ^{+17.7%}	0.3853 ^{+32.7%†}	0.2948 ^{+13.0%†}
EXASTENCILS	0.7933 ^{+78.9%†}	0.7950 ^{+66.1%†}	0.8081 ^{+54.8%†}	0.9301 ^{+13.5%†}	1.0000 ^{+87.5%†}	0.8182 ^{+180.3%†}	0.7612 ^{+162.1%†}	0.4082 ^{+55.5%†}
HADOOP	0.3033 ^{-26.0%}	0.2345 ^{-49.8%†}	0.3681 ^{-28.4%†}	0.7624 ^{-6.8%†}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.0553 ^{-80.0%†}	0.1971 ^{-24.5%†}
MARIADB	0.4850 ^{+3.2%}	0.5872 ^{+20.9%†}	0.6020 ^{+15.8%†}	0.8470 ^{+3.1%*}	0.9333 ^{+75.0%†}	0.5826 ^{+86.3%†}	0.4855 ^{+69.4%†}	0.3134 ^{+20.9%†}
MONGODB	0.7467 ^{+40.0%*}	0.7218 ^{+38.8%†}	0.6711 ^{+25.3%†}	0.8926 ^{+7.8%†}	1.0000 ^{+50.0%†}	0.8205 ^{+127.0%†}	0.6156 ^{+100.2%†}	0.3559 ^{+34.0%†}
POSTGRESQL	0.9000 ^{+152.3%†}	0.6206 ^{+34.0%†}	0.6361 ^{+26.5%†}	0.8661 ^{+6.5%†}	1.0000 ^{+130.8%†}	0.4053 ^{+32.4%*}	0.3377 ^{+22.2%*}	0.2563 ^{-1.3%}
REDIS	0.1367 ^{-71.5%†}	0.5147 ^{-0.7%}	0.6025 ^{+12.8%*}	0.8347 ^{+0.9%}	0.1333 ^{-76.5%†}	0.3500 ^{-2.4%}	0.4261 ^{+41.1%†}	0.3186 ^{+20.1%†}
SPARK	1.0000 ^{+106.9%†}	0.8442 ^{+68.6%†}	0.8129 ^{+56.0%†}	0.9292 ^{+13.0%†}	1.0000 ^{+66.7%†}	0.7159 ^{+128.4%†}	0.5815 ^{+111.2%†}	0.3346 ^{+30.6%†}
STORM	0.8100 ^{+59.9%†}	0.9084 ^{+77.6%†}	0.8339 ^{+57.2%†}	0.9359 ^{+13.4%†}	1.0000 ^{+57.9%†}	1.0000 ^{+184.0%†}	0.8032 ^{+166.7%†}	0.3804 ^{+45.6%†}
HSMGP	0.3800 ^{-24.0%}	0.6660 ^{+32.0%†}	0.6930 ^{+32.0%†}	0.8708 ^{+5.6%†}	0.3000 ^{-50.0%*}	0.5252 ^{+51.3%†}	0.5052 ^{+71.8%†}	0.3068 ^{+16.4%†}
XGBOOST	0.8867 ^{+106.2%†}	0.9064 ^{+86.6%†}	0.8795 ^{+68.3%†}	0.9574 ^{+16.9%†}	1.0000 ^{+100.0%†}	0.9040 ^{+176.4%†}	0.8173 ^{+167.8%†}	0.4035 ^{+53.7%†}
HIPACC	0.3900 ^{-26.4%}	0.6352 ^{+30.1%†}	0.6578 ^{+25.2%†}	0.8569 ^{+3.9%†}	0.4000 ^{-29.4%}	0.5323 ^{+69.8%†}	0.4859 ^{+67.3%†}	0.3013 ^{+15.2%†}
SQL	0.3200 ^{-20.0%}	0.4417 ^{-11.9%*}	0.4185 ^{-22.1%†}	0.7931 ^{-3.9%†}	0.5000 ^{+25.0%}	0.3569 ^{+9.0%*}	0.2343 ^{-23.5%*}	0.2418 ^{-9.4%†}
JAVAGC	0.4200 ^{-14.3%}	0.5570 ^{+13.0%*}	0.5919 ^{+13.6%†}	0.8429 ^{+2.5%*}	0.0333 ^{-93.8%†}	0.1765 ^{-43.4%†}	0.1934 ^{-30.1%†}	0.2411 ^{-6.5%†}
POLLY	0.8683 ^{+83.5%†}	0.5804 ^{+14.7%†}	0.6197 ^{+14.8%†}	0.8743 ^{+5.6%†}	0.9667 ^{+107.1%†}	0.3539 ^{+15.0%}	0.3391 ^{+15.9%*}	0.3017 ^{+14.8%†}
Average	0.5922 ^{+28.9%†}	0.6185 ^{+25.5%†}	0.6306 ^{+20.2%†}	0.8636 ^{+5.0%†}	0.6333 ^{+21.7%†}	0.5047 ^{+57.9%†}	0.4414 ^{+51.8%†}	0.3032 ^{+15.8%†}

Table 12: Performance comparison for feature combination Kur+PLO on sequential data

System	NDCG@1	NDCG@10	NDCG@20	NDCG(all)	AP@1	AP@10	AP@20	AP(all)
APACHE	0.1133 ^{-70.7% †}	0.1306 ^{-72.1% †}	0.1890 ^{-63.6% †}	0.7046 ^{-13.8% †}	0.0000 ^{-100.0% †}	0.0000 ^{-100.0% †}	0.0049 ^{-98.3% †}	0.1740 ^{-33.8% †}
7z	0.4167 ^{-2.3%}	0.4284 ^{-12.7% *}	0.5533 ^{+4.1%}	0.8228 ^{-0.1%}	0.0333 ^{-90.9% *}	0.1761 ^{-38.9% *}	0.3064 ^{+6.8%}	0.2727 ^{+3.2%}
DConvert	0.7700 ^{+69.9% †}	0.7443 ^{+54.6% †}	0.7432 ^{+44.9% †}	0.8981 ^{+9.8% †}	0.8667 ^{+73.3% *}	0.6645 ^{+107.4% †}	0.5764 ^{+99.6% †}	0.3309 ^{+27.7% †}
DEEPARCH	0.8800 ^{+77.2% †}	0.6775 ^{+34.0% †}	0.6102 ^{+15.2% †}	0.8731 ^{+5.9% †}	0.9667 ^{+52.6% *}	0.3710 ^{+14.0%}	0.2498 ^{-14.0% *}	0.2571 ^{-1.5%}
EXASTENCILS	0.8000 ^{+80.5% †}	0.7304 ^{+52.6% †}	0.7389 ^{+41.5% †}	0.9048 ^{+10.5% †}	1.0000 ^{+87.5% †}	0.7220 ^{+147.3% †}	0.7212 ^{+148.4% †}	0.3844 ^{+46.4% †}
HADOOP	0.0200 ^{-95.1% †}	0.1177 ^{-74.8% †}	0.2467 ^{-52.0% †}	0.7107 ^{-13.1% †}	0.0000 ^{-100.0% †}	0.0017 ^{-99.4% †}	0.0312 ^{-88.7% †}	0.1859 ^{-28.8% †}
MARIADB	0.4233 ^{-9.9%}	0.6118 ^{+26.0% †}	0.6029 ^{+16.0% †}	0.8543 ^{+4.0% †}	0.2333 ^{-56.2% *}	0.5483 ^{+75.4% †}	0.4518 ^{+57.6% †}	0.3114 ^{+20.2% †}
MONGODB	0.7300 ^{+36.9% *}	0.6758 ^{+30.0% †}	0.6590 ^{+23.1% †}	0.8763 ^{+5.8% †}	0.9667 ^{+45.0% *}	0.7225 ^{+99.8% †}	0.6799 ^{+121.1% †}	0.3482 ^{+31.1% †}
POSTGRESQL	0.8850 ^{+148.1% †}	0.8602 ^{+85.8% †}	0.7518 ^{+49.5% †}	0.9164 ^{+12.7% †}	1.0000 ^{+130.8% †}	0.7931 ^{+159.0% †}	0.5065 ^{+83.2% †}	0.3053 ^{+17.6% †}
REDIS	0.5533 ^{+15.3%}	0.4849 ^{-6.5%}	0.5211 ^{-2.4%}	0.8211 ^{-0.8%}	0.6333 ^{+11.8%}	0.3259 ^{-9.1%}	0.3172 ^{+5.0%}	0.2739 ^{+3.2%}
SPARK	0.6133 ^{+26.9%}	0.7295 ^{+45.7% †}	0.7265 ^{+39.5% †}	0.8943 ^{+8.7% †}	0.4000 ^{-33.3%}	0.4806 ^{+53.3% †}	0.4170 ^{+51.5% †}	0.2931 ^{+14.4% †}
STORM	0.8833 ^{+74.3% †}	0.8848 ^{+72.9% †}	0.8280 ^{+56.0% †}	0.9333 ^{+13.1% †}	1.0000 ^{+57.9% †}	0.9413 ^{+167.4% †}	0.7561 ^{+151.1% †}	0.3578 ^{+36.9% †}
HSMGP	0.8000 ^{+60.0% †}	0.7393 ^{+46.5% †}	0.6638 ^{+26.4% †}	0.8726 ^{+5.8% †}	1.0000 ^{+66.7% †}	0.6281 ^{+80.9% †}	0.4370 ^{+48.6% †}	0.2813 ^{+6.8% †}
XGBOOST	0.8800 ^{+104.7% †}	0.8403 ^{+73.0% †}	0.8372 ^{+60.2% †}	0.9340 ^{+14.1% †}	1.0000 ^{+100.0% †}	0.8855 ^{+170.7% †}	0.7382 ^{+141.9% †}	0.3760 ^{+43.2% †}
HIPACC	0.0267 ^{-95.0% †}	0.4536 ^{-7.1% *}	0.4483 ^{-14.7% †}	0.7888 ^{-4.4% †}	0.0000 ^{-100.0% †}	0.2917 ^{-7.0%}	0.2347 ^{-19.2% *}	0.2441 ^{-6.7% *}
SQL	0.1000 ^{-75.0% †}	0.4059 ^{-19.0% †}	0.4848 ^{-9.8% †}	0.7887 ^{-4.5% †}	0.0000 ^{-100.0% †}	0.3120 ^{-4.7%}	0.3115 ^{+1.7%}	0.2489 ^{-6.8% *}
JAVAGC	0.1800 ^{-63.3% †}	0.5488 ^{+11.3% *}	0.5988 ^{+15.0% †}	0.8385 ^{+2.0% *}	0.0000 ^{-100.0% †}	0.2187 ^{-29.9% *}	0.2514 ^{-9.2%}	0.2556 ^{-0.9%}
POLLY	0.3667 ^{-22.5%}	0.4271 ^{-15.6% *}	0.5062 ^{-6.2%}	0.8158 ^{-1.4%}	0.3333 ^{-28.6%}	0.1630 ^{-47.0% †}	0.2140 ^{-26.8% †}	0.2686 ^{+2.2%}
Average	0.5245^{+14.2% †}	0.5828^{+18.3% †}	0.5950^{+13.4% †}	0.8471^{+3.0% †}	0.5241^{+0.7%}	0.4581^{+43.3% †}	0.4003^{+37.7% †}	0.2872^{+9.7% †}

Table 13: Performance comparison for feature combination Ske+CL on sequential data

System	NDCG@1	NDCG@10	NDCG@20	NDCG(all)	AP@1	AP@10	AP@20	AP(all)
APACHE	0.2800 ^{-27.6%}	0.1784 ^{-61.9% †}	0.2014 ^{-61.2% †}	0.7202 ^{-11.9% †}	0.0000 ^{-100.0% †}	0.0000 ^{-100.0% †}	0.0013 ^{-99.5% †}	0.1712 ^{-34.8% †}
7z	0.4000 ^{-6.2%}	0.5073 ^{+3.4%}	0.5765 ^{+8.5% *}	0.8399 ^{+2.0% *}	0.0000 ^{-100.0% †}	0.2688 ^{-6.8%}	0.3185 ^{+11.1% *}	0.2806 ^{+6.2% *}
DConvert	0.7300 ^{+61.0% †}	0.6639 ^{+37.9% †}	0.7405 ^{+44.4% †}	0.8933 ^{+9.3% †}	0.9000 ^{+80.0% †}	0.5664 ^{+76.8% †}	0.5886 ^{+103.8% †}	0.3438 ^{+32.7% †}
DEEPARCH	0.7750 ^{+56.0% †}	0.6150 ^{+21.7% †}	0.6045 ^{+14.1% †}	0.8534 ^{+3.5% †}	0.8333 ^{+31.6%}	0.2839 ^{-12.8%}	0.2616 ^{-9.9%}	0.2578 ^{-1.2%}
EXASTENCILS	0.7000 ^{+57.9% †}	0.7198 ^{+50.4% †}	0.7596 ^{+45.5% †}	0.9001 ^{+9.9% †}	1.0000 ^{+87.5% †}	0.9612 ^{+229.2% †}	0.8632 ^{+197.3% †}	0.4024 ^{+53.3% †}
HADOOP	0.1717 ^{-58.1% *}	0.1958 ^{-58.1% †}	0.3582 ^{-30.3% †}	0.7434 ^{-9.1% †}	0.0000 ^{-100.0% †}	0.0126 ^{-95.8% †}	0.0967 ^{-65.0% †}	0.1986 ^{-24.0% †}
MARIADB	0.6133 ^{+30.5%}	0.6048 ^{+24.5% †}	0.6209 ^{+19.5% †}	0.8598 ^{+4.7% †}	1.0000 ^{+87.5% †}	0.6016 ^{+92.4% †}	0.4836 ^{+68.7% †}	0.3150 ^{+21.6% †}
MONGODB	0.7400 ^{+38.7% *}	0.6933 ^{+33.3% †}	0.6701 ^{+25.1% †}	0.8761 ^{+5.8% †}	1.0000 ^{+50.0% †}	0.8545 ^{+136.4% †}	0.7220 ^{+134.8% †}	0.3424 ^{+28.9% †}
POSTGRESQL	0.8572 ^{+140.3% †}	0.6961 ^{+50.3% †}	0.6251 ^{+24.3% †}	0.8785 ^{+8.1% †}	1.0000 ^{+130.8% †}	0.5168 ^{+68.8% †}	0.3309 ^{+19.7% *}	0.2682 ^{+3.3% *}
REDIS	0.7933 ^{+65.3% †}	0.7165 ^{+38.2% †}	0.6916 ^{+29.5% †}	0.8900 ^{+7.6% †}	1.0000 ^{+76.5% †}	0.7874 ^{+119.6% †}	0.5731 ^{+89.7% †}	0.3322 ^{+25.2% †}
SPARK	0.9000 ^{+86.2% †}	0.8693 ^{+73.6% †}	0.8469 ^{+62.6% †}	0.9432 ^{+14.7% †}	1.0000 ^{+66.7% †}	0.8349 ^{+166.3% †}	0.6798 ^{+146.9% †}	0.3606 ^{+40.7% †}
STORM	0.8667 ^{+71.1% †}	0.9213 ^{+80.1% †}	0.8500 ^{+60.2% †}	0.9419 ^{+14.2% †}	1.0000 ^{+57.9% †}	0.9930 ^{+182.0% †}	0.8247 ^{+173.9% †}	0.3933 ^{+50.5% †}
HSMGP	0.2200 ^{-56.0% †}	0.6189 ^{+22.6% †}	0.5967 ^{+13.7% †}	0.8475 ^{+2.8% †}	0.0333 ^{-94.4% †}	0.4468 ^{+28.7% †}	0.3362 ^{+14.3% *}	0.2804 ^{+6.4% †}
XGBOOST	0.8900 ^{+107.0% †}	0.8884 ^{+82.9% †}	0.8306 ^{+58.9% †}	0.9450 ^{+15.4% †}	1.0000 ^{+100.0% †}	0.8662 ^{+164.8% †}	0.6353 ^{+108.1% †}	0.3647 ^{+38.9% †}
HIPACC	0.0200 ^{-96.2% †}	0.5160 ^{+5.7%}	0.4993 ^{-5.0%}	0.8083 ^{-2.0% *}	0.0333 ^{-94.1% †}	0.3817 ^{+21.7%}	0.3163 ^{+8.9%}	0.2656 ^{+1.6%}
SQL	0.1000 ^{-75.0% †}	0.3996 ^{-20.3% †}	0.4743 ^{-11.8% †}	0.7881 ^{-4.6% †}	0.0000 ^{-100.0% †}	0.3121 ^{-4.7%}	0.2676 ^{-12.6%}	0.2544 ^{-4.7%}
JAVAGC	0.4633 ^{-5.4%}	0.5868 ^{+19.0% †}	0.5845 ^{+12.2% †}	0.8509 ^{+3.5% †}	0.1333 ^{-75.0% *}	0.2152 ^{-31.0% *}	0.1710 ^{-38.2% †}	0.2409 ^{-6.6% †}
POLLY	0.0033 ^{-99.3% †}	0.2397 ^{-52.6% †}	0.3409 ^{-36.9% †}	0.7513 ^{-9.2% †}	0.0000 ^{-100.0% †}	0.0697 ^{-77.4% †}	0.1132 ^{-61.3% †}	0.2368 ^{-9.9% †}
Average	0.5291^{+15.2% †}	0.5906^{+19.9% †}	0.6040^{+15.1% †}	0.8517^{+3.6% †}	0.5519^{+6.0%}	0.4985^{+55.9% †}	0.4213^{+44.9% †}	0.2949^{+12.6% †}

Table 14: Performance comparison for feature combination Ske+MIE on sequential data

System	NDCG@1	NDCG@10	NDCG@20	NDCG(all)	AP@1	AP@10	AP@20	AP(all)
APACHE	0.0400 ^{-89.7%†}	0.1132 ^{-75.8%†}	0.1596 ^{-69.3%†}	0.7053 ^{-13.7%†}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.0009 ^{-99.7%†}	0.1824 ^{-30.6%†}
7z	0.3250 ^{-23.8%}	0.3815 ^{-22.3%†}	0.4434 ^{-16.6%†}	0.7900 ^{-4.1%†}	0.0333 ^{-90.9%*}	0.0949 ^{-67.1%†}	0.1680 ^{-41.4%†}	0.2370 ^{-10.3%†}
DConvert	0.5350 ^{+18.0%}	0.6865 ^{+42.6%†}	0.7268 ^{+41.7%†}	0.8860 ^{+8.4%†}	0.6333 ^{+26.7%}	0.7540 ^{+135.3%†}	0.6786 ^{+135.0%†}	0.3538 ^{+36.6%†}
DEEPARCH	0.2583 ^{-48.0%†}	0.5381 ^{+6.4%}	0.5553 ^{+4.8%}	0.8238 ^{-0.1%}	0.0667 ^{-89.5%†}	0.2210 ^{-32.1%*}	0.2695 ^{-7.2%}	0.2649 ^{+1.5%}
EXASTENCILS	0.7167 ^{+61.7%†}	0.7725 ^{+61.4%†}	0.7945 ^{+52.2%†}	0.9220 ^{+12.6%†}	1.0000 ^{+87.5%†}	0.8254 ^{+182.7%†}	0.8467 ^{+191.6%†}	0.4211 ^{+60.4%†}
HADOOP	0.2200 ^{-46.3%*}	0.2213 ^{-52.6%†}	0.3229 ^{-37.2%†}	0.7465 ^{-8.7%†}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.0120 ^{-96.0%†}	0.0390 ^{-85.9%†}	0.1884 ^{-27.9%†}
MARIADB	0.6000 ^{+27.7%}	0.6306 ^{+29.8%†}	0.6343 ^{+22.0%†}	0.8646 ^{+5.3%†}	1.0000 ^{+87.5%†}	0.6468 ^{+106.9%†}	0.5392 ^{+88.1%†}	0.3272 ^{+26.3%†}
MONGODB	0.7800 ^{+46.3%†}	0.6640 ^{+27.7%†}	0.6526 ^{+21.9%†}	0.8771 ^{+5.9%†}	1.0000 ^{+50.0%†}	0.7497 ^{+107.4%†}	0.5928 ^{+92.8%†}	0.3379 ^{+27.2%†}
POSTGRESQL	0.8589 ^{+140.8%†}	0.7652 ^{+65.3%†}	0.7130 ^{+41.8%†}	0.8978 ^{+10.4%†}	1.0000 ^{+130.8%†}	0.6605 ^{+115.7%†}	0.4558 ^{+64.9%†}	0.2872 ^{+10.6%†}
REDIS	0.6933 ^{+44.4%*}	0.5278 ^{+1.8%}	0.5566 ^{+4.2%}	0.8378 ^{+1.3%}	0.9667 ^{+70.6%†}	0.3698 ^{+3.1%}	0.3271 ^{+8.3%}	0.2614 ^{-1.5%}
SPARK	0.6700 ^{+38.6%†}	0.8034 ^{+60.5%†}	0.7715 ^{+48.1%†}	0.9003 ^{+9.4%†}	0.9333 ^{+55.6%*}	0.8042 ^{+156.5%†}	0.6159 ^{+123.7%†}	0.3222 ^{+25.7%†}
STORM	0.8000 ^{+57.9%†}	0.9300 ^{+81.8%†}	0.8468 ^{+59.6%†}	0.9358 ^{+13.4%†}	1.0000 ^{+57.9%†}	1.0000 ^{+184.0%†}	0.8347 ^{+177.2%†}	0.3804 ^{+45.6%†}
HSMGP	0.2600 ^{-48.0%†}	0.5983 ^{+18.6%†}	0.6014 ^{+14.6%†}	0.8455 ^{+2.5%†}	0.1000 ^{-83.3%†}	0.4212 ^{+21.3%†}	0.3507 ^{+19.2%†}	0.2721 ^{+3.3%*}
XGBOOST	0.8033 ^{+86.8%†}	0.9455 ^{+94.6%†}	0.8730 ^{+67.0%†}	0.9484 ^{+15.8%†}	1.0000 ^{+100.0%†}	0.9967 ^{+204.7%†}	0.8245 ^{+170.1%†}	0.3934 ^{+49.8%†}
HIPACC	0.0333 ^{-93.7%†}	0.4872 ^{-0.2%}	0.5699 ^{+8.4%*}	0.8195 ^{-0.7%}	0.0333 ^{-94.1%†}	0.3048 ^{-2.8%}	0.3917 ^{+34.9%†}	0.2806 ^{+7.3%*}
SQL	0.1000 ^{-75.0%†}	0.4218 ^{-15.9%*}	0.5222 ^{-2.8%}	0.8103 ^{-1.9%*}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.3416 ^{+4.3%*}	0.3371 ^{+10.1%*}	0.2788 ^{+4.4%*}
JAVAGC	0.4400 ^{-10.2%}	0.5604 ^{+13.7%*}	0.5844 ^{+12.2%†}	0.8517 ^{+3.6%†}	0.0667 ^{-87.5%†}	0.1369 ^{-56.1%†}	0.1589 ^{-42.6%†}	0.2516 ^{-2.5%}
POLLY	0.0200 ^{-95.8%†}	0.3480 ^{-31.2%†}	0.4371 ^{-19.0%†}	0.7880 ^{-4.8%†}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.1216 ^{-60.5%†}	0.1696 ^{-42.0%†}	0.2625 ^{-0.1%}
Average	0.4530 ^{-1.4%}	0.5775 ^{+17.2%†}	0.5981 ^{+14.0%†}	0.8472 ^{+3.0%†}	0.4907 ^{-5.7%}	0.4701 ^{+47.0%†}	0.4222 ^{+45.2%†}	0.2946 ^{+12.5%†}

Table 15: Performance comparison for feature combination Ske+NBC on sequential data

System	NDCG@1	NDCG@10	NDCG@20	NDCG(all)	AP@1	AP@10	AP@20	AP(all)
APACHE	0.0800 ^{-79.3%†}	0.1258 ^{-73.1%†}	0.1938 ^{-62.7%†}	0.7117 ^{-12.9%†}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.0071 ^{-97.5%†}	0.1902 ^{-27.6%†}
7z	0.4000 ^{-6.2%}	0.4502 ^{-8.3%}	0.5013 ^{-5.7%}	0.8124 ^{-1.4%}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.2236 ^{-22.5%}	0.2462 ^{-14.1%}	0.2569 ^{-2.8%}
DConvert	0.3833 ^{-15.4%}	0.6489 ^{+34.8%†}	0.6124 ^{+19.4%†}	0.8575 ^{+4.9%†}	0.4333 ^{-13.3%}	0.6606 ^{+106.2%†}	0.5355 ^{+85.4%†}	0.3244 ^{+25.2%†}
DEEPARCH	0.2250 ^{-54.7%†}	0.5387 ^{+6.6%}	0.5770 ^{+8.9%†}	0.8300 ^{+0.7%}	0.0667 ^{-89.5%†}	0.2263 ^{-30.5%*}	0.3062 ^{+5.4%}	0.2783 ^{+6.6%*}
EXASTENCILS	0.8267 ^{+86.5%†}	0.7741 ^{+61.7%†}	0.7888 ^{+51.1%†}	0.9267 ^{+13.1%†}	1.0000 ^{+87.5%†}	0.8819 ^{+202.1%†}	0.8588 ^{+195.8%†}	0.4266 ^{+62.5%†}
HADOOP	0.2067 ^{-49.6%*}	0.1743 ^{-62.7%†}	0.2514 ^{-51.1%†}	0.7249 ^{-11.4%†}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.0079 ^{-97.1%†}	0.1813 ^{-30.6%†}
MARIADB	0.5033 ^{+7.1%}	0.5589 ^{+15.1%*}	0.6203 ^{+19.3%†}	0.8523 ^{+3.8%†}	0.9333 ^{+75.0%†}	0.5302 ^{+69.6%†}	0.5001 ^{+74.5%†}	0.3157 ^{+21.8%†}
MONGODB	0.7817 ^{+46.6%†}	0.7054 ^{+35.7%†}	0.6710 ^{+25.3%†}	0.8848 ^{+6.8%†}	1.0000 ^{+50.0%†}	0.8048 ^{+122.6%†}	0.6882 ^{+123.8%†}	0.3423 ^{+28.9%†}
POSTGRESQL	0.8561 ^{+140.0%†}	0.7280 ^{+57.2%†}	0.6580 ^{+30.9%†}	0.8812 ^{+8.4%†}	0.9667 ^{+123.1%†}	0.5890 ^{+92.4%†}	0.3740 ^{+35.3%†}	0.2705 ^{+4.2%*}
REDIS	0.7400 ^{+54.2%†}	0.5463 ^{+5.4%}	0.5161 ^{-3.4%}	0.8339 ^{+0.8%}	0.9667 ^{+70.6%†}	0.4505 ^{+25.6%*}	0.3031 ^{+0.4%}	0.2606 ^{-1.8%}
SPARK	0.9600 ^{+98.6%†}	0.8340 ^{+66.6%†}	0.8191 ^{+57.2%†}	0.9281 ^{+12.8%†}	1.0000 ^{+66.7%†}	0.7335 ^{+134.0%†}	0.5916 ^{+114.9%†}	0.3304 ^{+28.9%†}
STORM	0.8267 ^{+63.2%†}	0.9181 ^{+79.5%†}	0.8184 ^{+54.2%†}	0.9331 ^{+13.1%†}	1.0000 ^{+57.9%†}	1.0000 ^{+184.0%†}	0.7965 ^{+164.5%†}	0.3725 ^{+42.6%†}
HSMGP	0.3200 ^{-36.0%*}	0.5806 ^{+15.0%†}	0.6179 ^{+17.7%†}	0.8452 ^{+2.5%†}	0.2000 ^{-66.7%*}	0.3855 ^{+11.0%*}	0.3778 ^{+28.5%†}	0.2709 ^{+2.8%*}
XGBOOST	0.8667 ^{+101.6%†}	0.9205 ^{+89.5%†}	0.8702 ^{+66.5%†}	0.9522 ^{+16.3%†}	1.0000 ^{+100.0%†}	0.9797 ^{+199.5%†}	0.7944 ^{+160.3%†}	0.3891 ^{+48.2%†}
HIPACC	0.3667 ^{-30.8%}	0.5718 ^{+17.1%†}	0.6027 ^{+14.7%†}	0.8399 ^{+1.8%*}	0.3667 ^{-35.3%}	0.4558 ^{+45.4%†}	0.4458 ^{+53.5%†}	0.2874 ^{+9.9%†}
SQL	0.4300 ^{+7.5%}	0.4986 ^{-0.5%}	0.4999 ^{-7.0%*}	0.8059 ^{-2.4%*}	0.5333 ^{+33.3%}	0.4133 ^{+26.3%†}	0.2953 ^{-3.5%}	0.2382 ^{-10.8%†}
JAVAGC	0.4589 ^{-6.3%}	0.5449 ^{+10.5%*}	0.5860 ^{+12.5%†}	0.8459 ^{+2.9%†}	0.1667 ^{-68.8%*}	0.1722 ^{-44.8%†}	0.2261 ^{-18.3%*}	0.2581 ^{+0.1%}
POLLY	0.0000 ^{-100.0%†}	0.1913 ^{-62.2%†}	0.3306 ^{-38.8%†}	0.7430 ^{-10.2%†}	0.0000 ^{-100.0%†}	0.0327 ^{-89.4%†}	0.0846 ^{-71.1%†}	0.2143 ^{-18.5%†}
Average	0.5129 ^{+11.6%*}	0.5728 ^{+16.2%†}	0.5853 ^{+11.5%†}	0.8449 ^{+2.8%†}	0.5352 ^{+2.8%}	0.4744 ^{+48.4%†}	0.4133 ^{+42.1%†}	0.2893 ^{+10.5%†}

Table 16: Performance comparison for feature combination Ske+PLO on sequential data