

# 1 Decision-Focused Learning Enhanced by Automated Feature 2 Engineering for Energy Storage Optimisation

3 Nasser Alkhulaifi<sup>a,\*</sup>, Ismail Gokay Dogan<sup>a</sup>, Timothy R. Cargan<sup>a</sup>, Alexander L.  
4 Bowler<sup>b</sup>, Direnc Pekaslan<sup>c</sup>, Nicholas J. Watson<sup>b</sup>, Isaac Triguero<sup>d,e,a,\*</sup>

<sup>a</sup>*Computational Optimisation and Learning (COL) Lab, School of Computer Science, University  
of Nottingham, NG8 1BB, UK*

<sup>b</sup>*School of Food Science and Nutrition, Faculty of Environment, University of Leeds, LS2 9JT, UK*

<sup>c</sup>*Lab for Uncertainty in Data and Decision Making (LUCID), School of Computer Science,  
University of Nottingham, NG8 1BB, UK*

<sup>d</sup>*Department of Computer Science and Artificial Intelligence, University of Granada, Spain*

<sup>e</sup>*DaSCI Andalusian Institute in Data Science and Computational Intelligence, Granada, Spain*

---

## 5 1. Results of Ten Independent Runs for Robustness Evaluation

6 To ensure the robustness and reliability of the experimental results, models were  
7 trained and evaluated across ten independent runs with different random seeds and  
8 presented in the following tables. This practice mitigates variance introduced by  
9 stochastic training procedures (e.g., such as random weight initialisation) and enables  
10 statistically meaningful comparisons by reporting mean performance metrics together  
11 with their standard deviations.

---

\*Corresponding author. Email addresses: nasser.alkhulaifi, ismail.dogan1, timothy.cargan, direnc.pekaslan1@nottingham.ac.uk; a.l.bowler, n.j.watson@leeds.ac.uk; triguero@decsai.ugr.es

Table 1: Daily test regrets for Run 1.

Date	Test Set Regrets — Run 1					
	PTO		SPO <sup>+</sup>		DBB	
	AFE	No AFE	AFE	No AFE	AFE	No AFE
11 Feb	0.0460	0.1005	0.0022	0.0292	0.0252	0.1617
12 Feb	0.1518	0.1661	0.0252	0.0643	0.0901	0.2267
13 Feb	0.2054	0.2000	0.0050	0.0918	0.1022	0.2584
14 Feb	0.2161	0.2286	0.0378	0.1566	0.0963	0.3694
15 Feb	0.0456	0.1574	0.0191	0.0502	0.0703	0.1765
16 Feb	0.0284	0.0628	0.0093	0.0304	0.0434	0.1480
17 Feb	0.0761	0.1353	0.0202	0.0472	0.0875	0.2857
18 Feb	0.1735	0.2851	0.0535	0.1758	0.0855	0.4257
19 Feb	0.1674	0.2131	0.0126	0.1128	0.0707	0.3851
20 Feb	0.0999	0.1801	0.0134	0.0511	0.0357	0.2622
21 Feb	0.3149	0.2348	0.0066	0.0655	0.1477	0.6182
22 Feb	0.5036	0.4319	0.1550	0.1490	0.2509	0.9141
23 Feb	0.1597	0.4811	0.2323	0.2930	0.3333	0.4447
24 Feb	0.7369	0.6280	0.2310	0.3056	0.3390	1.2273

Table 2: Daily test regrets for Run 2.

Date	Test Set Regrets — Run 2					
	PTO		SPO <sup>+</sup>		DBB	
	AFE	No AFE	AFE	No AFE	AFE	No AFE
11 Feb	0.0351	0.0647	0.0148	0.0437	0.0455	0.1620
12 Feb	0.0886	0.1312	0.0544	0.0808	0.0551	0.2263
13 Feb	0.1096	0.1917	0.0118	0.0727	0.0576	0.2750
14 Feb	0.1404	0.2171	0.1067	0.1041	0.1247	0.3127
15 Feb	0.0548	0.0931	0.0168	0.0329	0.0732	0.1849
16 Feb	0.0364	0.0575	0.0141	0.0628	0.0683	0.1626
17 Feb	0.0697	0.1040	0.0679	0.0721	0.0521	0.2282
18 Feb	0.1337	0.1048	0.0445	0.1193	0.0419	0.3194
19 Feb	0.1391	0.1435	0.0415	0.0487	0.0416	0.2164
20 Feb	0.0662	0.1265	0.0604	0.0915	0.0852	0.2246
21 Feb	0.0920	0.3488	0.0554	0.0457	0.1348	0.5514
22 Feb	0.2629	0.5926	0.2325	0.3339	0.4857	0.8166
23 Feb	0.2188	0.1189	0.1790	0.4527	0.2858	0.5197
24 Feb	0.4366	0.8192	0.3598	0.2898	0.7148	1.0354

Table 3: Daily test regrets for Run 3.

Date	Test Set Regrets — Run 3					
	PTO		SPO <sup>+</sup>		DBB	
	AFE	No AFE	AFE	No AFE	AFE	No AFE
11 Feb	0.0541	0.0877	0.0044	0.0453	0.0755	0.1527
12 Feb	0.0876	0.1597	0.0329	0.0371	0.1857	0.2540
13 Feb	0.1369	0.1321	0.0166	0.0954	0.1669	0.2749
14 Feb	0.1310	0.2120	0.0346	0.1521	0.2073	0.3706
15 Feb	0.0501	0.0950	0.0093	0.0386	0.1226	0.1336
16 Feb	0.0468	0.0751	0.0222	0.0253	0.0963	0.1188
17 Feb	0.0297	0.2254	0.0181	0.0068	0.1493	0.2511
18 Feb	0.0757	0.2214	0.0548	0.0572	0.1438	0.4026
19 Feb	0.0985	0.1056	0.0199	0.0580	0.1310	0.2910
20 Feb	0.0846	0.1829	0.0092	0.0360	0.1461	0.2275
21 Feb	0.1985	0.3051	0.0101	0.1144	0.3393	0.6889
22 Feb	0.3787	0.4844	0.1947	0.3232	0.6863	0.9105
23 Feb	0.2842	0.4195	0.2073	0.2800	0.2723	0.4835
24 Feb	0.4929	0.6812	0.2672	0.5244	1.0021	1.1669

Table 4: Daily test regrets for Run 4.

Date	Test Set Regrets — Run 4					
	PTO		SPO <sup>+</sup>		DBB	
	AFE	No AFE	AFE	No AFE	AFE	No AFE
11 Feb	0.1763	0.0823	0.0065	0.0494	0.1317	0.0730
12 Feb	0.2184	0.1498	0.0334	0.0785	0.1565	0.2161
13 Feb	0.2814	0.1939	0.0286	0.0912	0.2282	0.1393
14 Feb	0.3800	0.2134	0.0848	0.1494	0.2801	0.2521
15 Feb	0.2370	0.1235	0.0344	0.0561	0.1751	0.0969
16 Feb	0.1498	0.0829	0.0133	0.0307	0.0460	0.0852
17 Feb	0.2398	0.1047	0.0504	0.0805	0.1843	0.1184
18 Feb	0.2501	0.1697	0.0531	0.0718	0.1094	0.2380
19 Feb	0.2627	0.1616	0.0244	0.0555	0.1667	0.1599
20 Feb	0.2411	0.1409	0.0492	0.1082	0.1393	0.1579
21 Feb	0.5240	0.2744	0.0229	0.1753	0.3515	0.3383
22 Feb	1.0862	0.4876	0.0366	0.3711	0.9279	0.5470
23 Feb	0.5422	0.3496	0.3582	0.2341	0.1308	0.1880
24 Feb	1.1804	0.6144	0.0183	0.7131	1.1578	0.9066

Table 5: Daily test regrets for Run 5.

Date	Test Set Regrets — Run 5					
	PTO		SPO <sup>+</sup>		DBB	
	AFE	No AFE	AFE	No AFE	AFE	No AFE
11 Feb	0.0426	0.0965	0.0117	0.1344	0.1952	0.0534
12 Feb	0.0691	0.2341	0.0186	0.0891	0.2858	0.0611
13 Feb	0.0901	0.2732	0.0477	0.0827	0.3764	0.0994
14 Feb	0.1358	0.3106	0.0394	0.2744	0.3711	0.1486
15 Feb	0.0583	0.1310	0.0221	0.0604	0.2316	0.0657
16 Feb	0.0615	0.0886	0.0210	0.0407	0.1257	0.0225
17 Feb	0.0343	0.1737	0.0629	0.0710	0.2508	0.0930
18 Feb	0.0544	0.3498	0.0438	0.0786	0.3129	0.0659
19 Feb	0.0616	0.3066	0.0436	0.0357	0.2701	0.0621
20 Feb	0.0787	0.1858	0.0199	0.0832	0.3175	0.0933
21 Feb	0.1494	0.4373	0.0873	0.0638	0.6248	0.2712
22 Feb	0.3453	0.7395	0.1990	0.0827	1.0908	0.4603
23 Feb	0.2395	0.6477	0.3209	0.3372	0.7048	0.3129
24 Feb	0.6137	0.9798	0.1601	0.2619	1.2803	0.7476

Table 6: Daily test regrets for Run 6.

Date	Test Set Regrets — Run 6					
	PTO		SPO <sup>+</sup>		DBB	
	AFE	No AFE	AFE	No AFE	AFE	No AFE
11 Feb	0.0593	0.0884	0.0041	0.0138	0.0888	0.1592
12 Feb	0.0949	0.2681	0.0455	0.0927	0.1472	0.1502
13 Feb	0.1030	0.2631	0.0308	0.0800	0.2264	0.2567
14 Feb	0.1240	0.2599	0.0680	0.1366	0.1880	0.2247
15 Feb	0.0802	0.1017	0.0266	0.0579	0.0996	0.1471
16 Feb	0.0691	0.0620	0.0214	0.0416	0.0753	0.1231
17 Feb	0.1229	0.2083	0.0034	0.0717	0.1035	0.2083
18 Feb	0.1298	0.2551	0.0290	0.0565	0.2034	0.2709
19 Feb	0.0803	0.2826	0.0259	0.0663	0.1998	0.2156
20 Feb	0.1131	0.1471	0.0170	0.0211	0.1439	0.2179
21 Feb	0.1565	0.4190	0.0304	0.0434	0.2256	0.3996
22 Feb	0.4466	0.7152	0.1465	0.1474	0.4251	0.6713
23 Feb	0.4235	0.4190	0.2202	0.3071	0.4484	0.6310
24 Feb	0.6327	1.0741	0.1850	0.1499	0.5910	0.7309

Table 7: Daily test regrets for Run 7.

Date	Test Set Regrets — Run 7					
	PTO		SPO <sup>+</sup>		DBB	
	AFE	No AFE	AFE	No AFE	AFE	No AFE
11 Feb	0.0716	0.0491	0.0051	0.1292	0.0520	0.1019
12 Feb	0.2049	0.1306	0.0172	0.1614	0.1301	0.1913
13 Feb	0.2482	0.2323	0.0026	0.1848	0.1023	0.2722
14 Feb	0.2851	0.2162	0.0121	0.2314	0.2267	0.2332
15 Feb	0.0683	0.0737	0.0090	0.1520	0.0913	0.1130
16 Feb	0.0466	0.0659	0.0156	0.1236	0.0551	0.0957
17 Feb	0.1677	0.0915	0.0486	0.1377	0.0882	0.2388
18 Feb	0.2554	0.1866	0.0549	0.2292	0.1734	0.3287
19 Feb	0.2652	0.1927	0.0219	0.2044	0.1697	0.2919
20 Feb	0.1718	0.1233	0.0351	0.1404	0.0948	0.1634
21 Feb	0.3835	0.3276	0.0081	0.3090	0.1878	0.3576
22 Feb	0.5363	0.5205	0.0013	0.4702	0.3418	0.8135
23 Feb	0.2500	0.2480	0.4078	0.5966	0.3434	0.6278
24 Feb	1.0286	0.8276	0.0034	0.5737	0.5705	0.8065

Table 8: Daily test regrets for Run 8.

Date	Test Set Regrets — Run 8					
	PTO		SPO <sup>+</sup>		DBB	
	AFE	No AFE	AFE	No AFE	AFE	No AFE
11 Feb	0.0305	0.0459	0.0050	0.0405	0.0898	0.0975
12 Feb	0.0408	0.1060	0.0168	0.0785	0.1520	0.1342
13 Feb	0.0617	0.1135	0.0080	0.1805	0.1569	0.1610
14 Feb	0.0864	0.2115	0.0072	0.1535	0.2392	0.1871
15 Feb	0.0437	0.0520	0.0025	0.0267	0.1386	0.0967
16 Feb	0.0337	0.0506	0.0170	0.0400	0.0902	0.0779
17 Feb	0.0667	0.0903	0.0148	0.0892	0.1977	0.1118
18 Feb	0.0746	0.0564	0.0678	0.1609	0.1506	0.1537
19 Feb	0.0599	0.0592	0.0234	0.1947	0.1049	0.0662
20 Feb	0.0558	0.0991	0.0102	0.0820	0.1902	0.1685
21 Feb	0.1448	0.1802	0.0293	0.0922	0.3862	0.2653
22 Feb	0.2212	0.4995	0.1276	0.2505	0.6550	0.6502
23 Feb	0.3143	0.2166	0.2378	0.2806	0.6567	0.4280
24 Feb	0.3886	0.6921	0.1764	0.4467	0.9219	0.8343

Table 9: Daily test regrets for Run 9.

Date	Test Set Regrets — Run 9					
	PTO		SPO <sup>+</sup>		DBB	
	AFE	No AFE	AFE	No AFE	AFE	No AFE
11 Feb	0.0501	0.0789	0.0205	0.0521	0.0518	0.1518
12 Feb	0.1817	0.1710	0.0914	0.0695	0.1261	0.2286
13 Feb	0.1752	0.1990	0.0511	0.1262	0.1794	0.2573
14 Feb	0.2021	0.2713	0.0723	0.1508	0.1832	0.2796
15 Feb	0.0889	0.0958	0.0275	0.0302	0.0567	0.1645
16 Feb	0.0728	0.0667	0.0205	0.0352	0.0552	0.0978
17 Feb	0.0776	0.1496	0.1100	0.1716	0.1742	0.1665
18 Feb	0.1697	0.1664	0.1305	0.0513	0.2399	0.3013
19 Feb	0.1831	0.1577	0.0986	0.0266	0.2006	0.2788
20 Feb	0.1043	0.1874	0.1136	0.1738	0.1005	0.2011
21 Feb	0.3591	0.3571	0.0765	0.2709	0.4189	0.4476
22 Feb	0.5028	0.6358	0.1699	0.5511	0.4658	0.7541
23 Feb	0.2339	0.2043	0.3113	0.3017	0.4783	0.5219
24 Feb	0.8042	0.9195	0.3985	0.6728	0.7704	0.9855

Table 10: Daily test regrets for Run 10.

Date	Test Set Regrets — Run 10					
	PTO		SPO <sup>+</sup>		DBB	
	AFE	No AFE	AFE	No AFE	AFE	No AFE
11 Feb	0.0547	0.0858	0.0051	0.0734	0.0763	0.1337
12 Feb	0.0959	0.1523	0.0339	0.0928	0.1110	0.1692
13 Feb	0.1616	0.1696	0.0026	0.2173	0.0892	0.2493
14 Feb	0.1555	0.2224	0.0066	0.2267	0.1844	0.3002
15 Feb	0.0733	0.1070	0.0057	0.0661	0.0741	0.1558
16 Feb	0.0536	0.0685	0.0147	0.0650	0.0528	0.1110
17 Feb	0.1008	0.1008	0.0098	0.1325	0.0890	0.1166
18 Feb	0.1780	0.1440	0.0546	0.1411	0.0642	0.2043
19 Feb	0.1648	0.1614	0.0219	0.0881	0.0651	0.1893
20 Feb	0.1284	0.1565	0.0163	0.1223	0.1125	0.1457
21 Feb	0.1722	0.3764	0.0029	0.2148	0.2243	0.4058
22 Feb	0.3200	0.6637	0.0725	0.5195	0.4594	0.6788
23 Feb	0.3280	0.2579	0.3160	0.2836	0.2421	0.3912
24 Feb	0.4409	0.7854	0.0352	0.4050	0.7503	1.1105