

Supplementary Table S2. A list with all parameters of the major instance library. The following abbreviations are used: confkey: The configuration ($N, K, p_0(n)$) where $n \in \{0, \dots, 9\}$ is the number of the randomly generated instance; process times: the process times of the samples (columns) on sample shaker (row 1), sample mixer (row 2) and photo booth (row 3); gaps: the gaps between subsequent photos of the samples (columns); gap1: between photo 1 and photo 2 in row 1 and so on; number of variables (NV); runtime (r); objective value (OV); Sequence model (S); Gunshi with the sequence model (SE-GU); QUD model (QJ-Figini) a digital annular hybrid framework (FDAU) with the QUD model (QU-FDAU); the relative runtime of SE-GU to QU-FDAU; SE-GU/QU-FDAU.

confkey	process times	gaps	NV-S	T-SE-GU	OV-SE-GU	SE-GU/QU-FDAU	NV-Q	T-QU-FDAU	OV-QU-FDAU	
(8, 4, 3)(1)	7 8 6 4 8 6 4 6 1 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 4 2 2 4 4 4 4 2	5 5 5 4 4 3 5 5 9 8 10 8 9 10 11 9 23 19 22 21 20 21 23 16 14 5 4 4 5 2 5 4		4912	25.58	1227	5	11058	129	1533
(8, 4, 3)(3)	7 8 6 4 8 6 4 6 1 3 3 3 3 3 3 3 4 2 2 4 4 4 4 2	5 5 5 4 4 3 5 5 9 11 9 9 10 9 9 8 14 12 16 20 23 25 22 25 5 4 5 4 5 4 5 4		4912	14.05	1213	5	30968	128	1335
(8, 4, 3)(5)	6 5 8 6 8 7 7 5 3 3 2 1 1 8 3 4 10 6 10 10 10 10 10 4 4 4 5 6 8 7 6	5 5 5 4 5 4 5 5 4 10 10 10 10 10 10 10 20 22 16 22 21 22 25 22 5 5 5 4 5 4 5 5		4912	20.31	1236	5	10550	129	1392
(8, 4, 3)(7)	7 8 6 4 8 6 4 6 1 3 3 3 3 3 3 3 4 4 4 4 4 4 4 4	5 5 5 4 5 4 5 5 4 10 10 8 8 9 9 9 11 22 22 19 21 21 18 17 19 5 5 5 4 5 4 5 5		4912	23.80	1216	9	10822	127	1279
(9, 4, 1)(0)	7 8 6 4 8 6 4 6 3 3 3 3 1 2 2 3 3 3 3 3 3 1 2 2 3 3 4 4 4 4 4 4 4 4	4 4 4 5 4 5 4 5 4 10 8 8 11 10 8 11 10 10 17 21 19 23 21 23 18 19 5 4 5 4 5 4 5 4		6300	332.80	1224	18	12206	144	1362
(9, 4, 1)(1)	6 7 4 4 5 7 8 7 5 1 1 1 1 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 7 8 6 8 8 6 4 6 5	5 5 4 5 5 4 5 4 4 9 11 9 9 10 10 8 10 18 15 17 16 23 20 11 19 20 4 4 5 5 4 5 5 4 5		6300	591.54	1155	3	11762	137	1397
(9, 4, 1)(2)	4 3 4 3 1 2 3 4 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 7 8 6 8 8 6 4 6 5	4 4 5 5 4 5 5 4 5 10 10 10 9 9 8 9 9 9 20 18 16 23 21 21 21 17 5 5 4 5 5 4 5 4 4		6300	1387.17	1183	16	12129	142	1388
(9, 4, 1)(3)	7 8 6 4 8 6 4 6 4 4 4 4 4 1 3 1 1 4 4 4 4 4 1 3 1 1 6 7 4 4 5 7 8 7 5	5 5 4 5 5 4 5 5 4 9 9 8 10 8 11 8 10 9 25 20 16 16 21 19 21 16 5 4 5 5 5 5 5 4 4		6300	688.51	1183	7	12036	141	1426
(9, 4, 1)(5)	5 4 5 7 8 4 4 8 6 3 3 2 2 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 7 5 5 5 5 7 4 5 4	5 4 5 5 5 5 5 4 4 8 11 8 9 11 8 10 8 10 16 21 16 19 19 19 22 23 21 4 4 5 5 4 5 4 5 5		6300	1206.01	1150	31	11988	139	1301
(9, 4, 1)(6)	2 2 2 4 4 1 3 4 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 6 7 4 4 5 7 8 7 5	4 4 5 5 4 5 4 5 5 9 11 9 8 9 8 10 8 10 17 20 18 22 18 23 18 16 17 5 4 5 4 5 4 5 4 4		6300	808.45	1142	31	11500	136	1290
(9, 4, 1)(6)	4 2 2 3 4 4 1 2 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 6 7 4 4 5 7 8 7 5	8 8 10 11 11 11 9 11 9 8 10 10 11 11 11 9 11 9 25 21 16 17 21 19 20 16 4 5 4 5 4 5 4 5 4		6300	729.75	1171	31	11985	140	1291
(9, 4, 1)(7)	4 8 6 8 6 8 5 5 4 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 5 6 7 5 4 8 8 4 5	4 5 5 5 5 5 5 4 4 10 9 8 11 8 10 8 10 21 23 22 18 21 21 22 16 19 5 5 4 5 5 4 4 4 4		6300	843.09	1166	9	12208	144	1379
(9, 4, 1)(8)	5 6 7 5 4 8 8 4 5 2 2 2 4 4 1 3 4 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 7 4 4 5 7 8 7 5	5 5 4 5 5 4 4 4 4 11 11 8 11 9 8 10 9 16 22 22 22 23 18 21 19 22 4 5 4 5 4 5 4 5 4		6300	924.76	1185	29	12064	142	1341
(9, 4, 1)(9)	4 2 2 4 4 2 2 2 3 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 4 5 5 5 5 4 6 6 8	4 5 5 4 5 4 5 4 5 10 9 11 10 10 11 10 10 21 19 16 23 22 21 18 18 23 5 4 5 5 5 4 4 5 5		6300	2291.52	1200	5	12411	144	1435
(9, 4, 3)(0)	4 5 5 5 5 4 6 6 8 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 8 6 5 8 6 5 4 4 4	4 4 4 4 5 4 5 4 4 9 11 9 9 9 9 9 9 9 21 19 16 23 22 21 18 18 23 5 4 5 5 5 4 4 5 5		6300	126.14	1479	16	13700	160	1523
(9, 4, 3)(1)	8 6 5 8 6 5 4 4 4 3 2 2 4 4 1 3 4 1 3 3 3 3 3 3 3 3 3 8 5 4 5 7 8 7 5	5 4 5 5 5 4 4 5 5 10 9 9 11 8 9 10 8 9 16 21 21 18 23 20 17 17 4 5 4 5 5 4 5 4 4		6300	156.16	1466	3	13648	160	1772
(9, 4, 3)(2)	8 5 4 5 7 8 7 5 2 2 3 3 1 2 3 1 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 4 7 8 4 7 8 6 8	8 10 10 10 11 9 9 8 9 10 10 11 11 9 11 9 11 9 25 21 20 17 17 17 16 16 4 5 4 5 4 5 4 5 4		6300	160.52	1468	3	13774	162	1603
(9, 4, 3)(3)	4 7 8 4 5 4 6 5 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 7 6 6 8 8 7 6 7	4 5 5 4 5 5 4 4 5 10 10 10 10 10 10 10 10 19 16 19 23 17 23 17 18 4 4 5 5 5 5 4 5 5		6300	210.02	1477	12	13509	158	1568
(9, 4, 3)(4)	7 6 6 8 8 7 6 7 4 3 4 2 4 1 3 4 1 3 3 3 3 3 3 3 3 3 8 5 4 5 7 8 6 8	4 4 5 5 5 5 4 5 5 8 10 8 11 9 8 10 10 19 23 21 17 16 19 19 23 5 4 5 4 4 4 4 4 4		6300	164.56	1490	3	14106	166	1712
(9, 4, 3)(5)	6 8 5 8 6 4 5 6 6 2 3 3 1 2 4 1 1 4 3 3 3 3 3 3 3 3 3 8 7 5 5 4 8 5 5 4	5 4 5 4 5 5 5 4 5 10 9 8 10 10 9 9 9 9 23 17 16 20 22 17 16 18 4 5 4 5 4 5 5 5 5		6300	99.31	1432	3	13325	157	1804
(9, 4, 3)(6)	8 7 5 5 4 8 5 5 4 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 5 7 8 4 6 4 6 7	5 4 5 4 5 5 5 5 5 10 9 11 10 11 8 10 8 23 17 16 16 20 22 17 16 18 4 4 4 4 4 3 5 5 4 5		6300	79.45	1444	3	13380	157	1719
(9, 4, 3)(7)	5 7 8 4 6 4 6 7 1 2 2 4 1 4 3 3 1 3 3 3 3 3 3 3 3 3 4 8 5 4 7 8 4 4	4 4 4 4 4 3 5 5 4 5 11 9 8 10 11 10 10 9 10 19 23 19 23 22 22 21 21 5 4 5 5 5 4 5 4 4		6300	182.01	1520	3	14073	164	1655
(9, 4, 3)(8)	4 8 5 4 7 8 4 4 1 1 3 2 1 3 3 2 4 3 3 3 3 3 3 3 3 3 5 6 8 7 5 4 6 7 7	4 5 4 5 5 5 5 4 4 10 9 9 9 9 10 11 9 9 22 16 18 17 16 17 18 16 4 5 5 4 5 4 5 5 5		6300	187.09	1436	20	13332	156	1611
(9, 4, 3)(9)	5 6 8 7 5 4 6 7 7 2 3 3 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 5 7 8 4 6 4 6 7	4 5 5 5 4 5 4 5 5 10 10 10 10 8 9 9 11 19 23 16 17 21 22 22 19 4 5 5 5 5 4 5 4 5		6300	180.34	1490	20	13971	162	1573
(10, 3, 3)(0)	8 8 8 7 7 6 7 5 6 1 1 3 2 3 1 4 1 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 4 7 8 4 7 8 6 8	4 5 5 5 5 4 5 4 5 10 10 10 10 11 9 10 11 11 19 18 19 23 17 17 17 18 5 4 4 4 4 5 4 5 5		5860	1088.77	1541	16	11026	129	1605
(10, 4, 1)(0)	6 7 8 5 5 4 7 7 6 4 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 5 6 8 5 5 4 8 6 8	5 4 4 4 5 4 4 5 4 4 11 8 10 8 9 11 9 8 11 8 20 23 18 20 16 23 23 20 18 20 4 4 5 4 4 3 5 4 4 4		7860	3600.01	1444	55	14853	174	1653
(10, 4, 1)(2)	5 6 8 5 5 4 8 6 8 2 1 1 4 1 1 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 4 8 5 4 7 8 4 4	4 4 5 4 4 3 5 4 4 10 10 9 11 9 10 10 8 11 16 16 19 16 22 20 19 23 19 16 5 4 5 4 5 4 5 4 4		7860	3600.01	1352	51	14519	170	1554
(10, 4, 1)(3)	5 6 8 5 5 4 8 6 8 2 2 2 3 4 2 2 4 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 4 8 5 4 7 8 4 4	4 4 5 4 4 3 5 4 4 10 9 8 10 9 11 10 11 9 9 22 16 18 17 16 17 18 16 5 4 5 4 5 4 5 4 4		7860	3600.01	1418	62	14035	175	1629
(10, 4, 1)(4)	6 4 4 7 7 7 7 6 6 8 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 5 7 8 7 7 4 7 5 8 6	5 4 5 4 4 3 5 5 5 4 11 9 10 10 8 9 10 9 11 19 20 18 17 17 17 19 16 22 23 4 5 4 5 5 4 5 5 5		7860	3281.14	1428	32	14684	171	1579
(10, 4, 1)(5)	5 7 8 7 7 4 7 5 8 6 2 1 4 2 3 3 2 2 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 5 6 4 5 6 6 6 6 4	4 5 4 5 5 4 5 5 5 4 10 11 9 8 9 11 9 8 10 11 20 21 17 23 16 18 22 17 23 21 5 4 5 4 5 4 5 4 5		7860	3600.01	1411	30	15154	176	1606
(10, 4, 1)(6)	5 6 4 5 6 6 6 6 4 2 2 3 4 1 3 3 3 3 1 1 1 1 1 1 1 1 1 6 4 4 7 8 7 6 8	5 4 5 4 5 4 5 4 5 9 9 8 9 11 8 11 11 10 11 19 19 23 16 16 23 20 22 19 4 5 4 5 4 5 4 5 4		7860	3600.01	1449	58	15024	175	1587
(10, 4, 1)(7)	8 5 4 4 7 8 7 6 5 4 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 6 4 4 4 4 7 6 7 6	5 5 4 4 4 3 5 4 5 5 11 10 10 8 9 11 8 9 11 19 21 19 20 33 17 23 18 22 21 4 4 4 4 5 5 4 4 5 4		7860	3600.01	1400	11	15190	176	1770
(10, 4, 1)(8)	6 4 4 4 4 7 6 7 6 2 1 2 2 1 1 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 5 6 4 5 6 6 6 6 4	4 4 4 4 5 5 4 4 5 4 18 23 23 16 23 19 22 17 16 17 20 21 17 23 16 18 22 17 23 21 5 4 5 4 5 4 5 4 5		7860	3600.02	1438	58	14307	167	1578
(10, 4, 1)(9)	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 4 3 2 3 3 1 1 1 1 1 1 1 1 1 6 4 4 7 8 7 6 8	4 4 5 4 5 4 5 4 5 17 20 17 20 10 22 20 20 21 20 17 20 17 20 17 18 16 17 5 4 5 4 5 4 5 4 5		7860	3600.01	1402	88	14854	174	1545
(10, 4, 3)(0)	7 4 4 7 8 7 7 7 5 4 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 5 6 6 7 4 6 5 5 7	4 5 5 4 4 4 5 4 4 4 11 9 11 10 8 9 10 10 10 20 16 21 23 17 23 21 20 18 19 4 4 3 4 3 4 4 4 4 4		7860	1575.88	1772	36	17217	200	1872
(10, 4, 3)(1)	5 6 6 7 4 6 5 5 7 1 4 4 1 1 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 5 8 5 8 6 4 8 4	4 4 3 4 3 4 4 4 4 4 11 9 9 8 10 11 10 10 9 11 21 17 18 23 23 20 19 17 16 18 5 4 4 4 5 4 5 4 5		7860	1382.11	1725	25	16885	197	1975
(10, 4, 3)(2)	5 8 5 8 6 4 8 4 3 2 1 2 2 3 1 3 1 3 3 3 3 3 3 3 3 3 7 4 5 6 6 4 7 7 4 8	4 4 4 4 5 4 5 4 5 9 8 9 11 9 11 10 9 10 11 19 23 16 22 20 22 19 20 9 9 4 5 5 5 5 4 5 5 4		7860	1297.17	1802	5	17415	202	1950
(10, 4, 3)(3)	7 4 5 6 6 4 7 7 4 8 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 5 7 6 6 1 8 5 8 8 7	4 5 5 5 5 4 5 5 4 4 19 21 19 18 17 23 19 16 22 23 4 4 4 4 5 4 5 4 5 4 10 8 10 10 9 10 10 10 9 9		7860	1484.50	1773	5	17133	201	1882
(10, 4, 3)(4)	5 7 6 6 1 8 5 8 8 7 2 1 4 4 1 1 4 1 2 4 3 3 3 3 3 3 3 3 3 7 4 5 6 6 4 7 7 4 8	4 4 4 4 5 4 5 4 5 4 10 8 10 10 9 10 10 10 9 9 17 20 22 17 22 23 16 18 18 16 4 5 4 5 4 5 4 5 4		7860	1674.06	1770	15	17098	199	1993
(10, 4, 3)(5)	7 4 5 6 6 4 7 7 4 8 1 3 2 3 1 1 3 1 3 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 6 4 6 7 8 7 6 8	5 5 4 5 4 5 4 5 4 5 8 9 9 11 10 10 8 10 9 11 20 21 22 22 22 22 19 20 9 11 4 5 4 5 4 5 4 5 4		7860	2003.74	1819	24	17580	204	1942
(10, 4, 3)(6)	6 4 6 7 6 8 6 7 8 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 8 5 8 5 8 6 5 7 7	4 4 5 5 4 4 4 5 4 5 10 10 10 10 8 9 11 11 9 16 17 17 16 17 23 23 20 16 21 5 5 5 5 5 4 5 4 5		7860	914.92	1767	4	17180	201	2045
(10, 4, 3)(7)	5 8 5 8 6 5 7 7 2 1 3 2 3 4 4 4 2 6 3 3 3 3 3 3 3 3 3 6 4 6 7 8 7 6 8	4 5 5 5 5 4 5 4 5 4 11 8 9 11 9 10 9 10 8 11 16 21 19 16 16 17 19 16 18 21 5 5 5 5 4 5 4 5 5		7860	688.70	1731	11	16057	197	2108
(10, 4, 3)(8)	5 8 5 8 6 5 7 7 2 1 3 2 3 4 4 4 2 6 3 3 3 3 3 3 3 3 3 6 4 6 7 8 7 6 8	5 5 5 5 4 5 4 5 5 4 9 8 11 8 9 9 9 11 8 9 10 19 23 19 23 19 23 17 19 16 5 5 4 5 4 5 4 5 5		7860	821.36	1774	35	16863	196	1858
(10, 4, 3)(9)	6 4 6 5 8 4 4 7 6 5 1 1 1 1 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 7 4 5 6 6 4 7 7 4 8	5 5 4 4 4 5 4 4 5 5 5 9 11 9 10 8 11 10 8 10 9 22 18 19 21 19 20 17 21 22 17 5 5 4 5 4 5 4 5 5		7860	1416.27	1747	15	16835	198	1938
(15, 2, 1)(0)	7 8 6 8 6 5 8 16 6 8 5 8 4 1 5 4 4 4 3 4 1 3 2 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 4 5 5 4 5 8 5 7 5 7 6 7 5	[5 5 5 4 5 5 5 4 4 4 4 5 5 5]	9360	3600.16	1644	68	13155	153	1707	
(15, 2, 1)(1)	4 4 4 4 4 4 2 7 1 3 3 1 4 4 4 4 4 4 2 7 1 3 3 1 1	[4 4 4 4 4 5 5 4 5 5 4 4 5 4]	9360	3600.02	1569	462	12521	146	1662	
(15, 2, 1)(2)	7 8 5 8 4 8 5 6 7 7 6 6 4 8 1 4 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6	[5 5 5 4 5 5 5 5 5 4 5 5 4 5]	9360	3600.03	1641	69	13116	154	1780	
(15, 2, 1)(3)	4 4 6 6 6 7 5 8 6 6 5 5 8 5 2 2 1 3 4 5 2 4 2 3 3									