

Приложение А

Параметризация алгоритма муравьиной колонии была выполнена по трём параметрам: α , ρ и числу дней. Для каждого набора параметров алгоритм запускался 10 раз.

Автоматическая параметризация проводилась на трёх классах данных, представленных графами с 10 вершинами. В качестве весов графов использовались расстояния между городами по прямой в километрах.

Графы классов 1–3 представлены в виде матриц смежности (см. 1 – 3). Весовые диапазоны для графов следующие: граф 1 — $[1, 5]$, граф 2 — $[1, 50]$, граф 3 — $[1, 100]$.

В качестве эталонных значений длины маршрута использовались результаты, полученные методом полного перебора. Для графов 1 — 3 эталонные значения длины маршрута 16, 139 и 161 км соответственно.

$$M_1 = \begin{pmatrix} 0 & 4 & 2 & 1 & 3 & 3 & 3 & 2 & 5 & 5 \\ 4 & 0 & 3 & 4 & 4 & 1 & 2 & 1 & 2 & 4 \\ 2 & 3 & 0 & 4 & 1 & 4 & 5 & 5 & 4 & 4 \\ 1 & 4 & 4 & 0 & 2 & 5 & 3 & 2 & 5 & 4 \\ 3 & 4 & 1 & 2 & 0 & 4 & 1 & 3 & 2 & 5 \\ 3 & 1 & 4 & 5 & 4 & 0 & 1 & 3 & 1 & 5 \\ 3 & 2 & 5 & 3 & 1 & 1 & 0 & 1 & 3 & 3 \\ 2 & 1 & 5 & 2 & 3 & 3 & 1 & 0 & 3 & 2 \\ 5 & 2 & 4 & 5 & 2 & 1 & 3 & 3 & 0 & 4 \\ 5 & 4 & 4 & 4 & 5 & 5 & 3 & 2 & 4 & 0 \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$M_2 = \begin{pmatrix} 0 & 32 & 49 & 23 & 50 & 3 & 25 & 41 & 43 & 17 \\ 32 & 0 & 34 & 22 & 19 & 40 & 50 & 10 & 23 & 32 \\ 49 & 34 & 0 & 31 & 45 & 46 & 17 & 39 & 46 & 41 \\ 23 & 22 & 31 & 0 & 21 & 44 & 47 & 33 & 7 & 9 \\ 50 & 19 & 45 & 21 & 0 & 22 & 32 & 36 & 48 & 37 \\ 3 & 40 & 46 & 44 & 22 & 0 & 50 & 46 & 40 & 33 \\ 25 & 50 & 17 & 47 & 32 & 50 & 0 & 41 & 11 & 48 \\ 41 & 10 & 39 & 33 & 36 & 46 & 41 & 0 & 50 & 3 \\ 43 & 23 & 46 & 7 & 48 & 40 & 11 & 50 & 0 & 2 \\ 17 & 32 & 41 & 9 & 37 & 33 & 48 & 3 & 2 & 0 \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$M_3 = \begin{pmatrix} 0 & 47 & 58 & 60 & 50 & 94 & 26 & 70 & 86 & 24 \\ 47 & 0 & 19 & 71 & 55 & 2 & 82 & 20 & 12 & 80 \\ 58 & 19 & 0 & 48 & 85 & 95 & 36 & 10 & 37 & 56 \\ 60 & 71 & 48 & 0 & 69 & 11 & 9 & 52 & 97 & 56 \\ 50 & 55 & 85 & 69 & 0 & 17 & 80 & 17 & 75 & 67 \\ 94 & 2 & 95 & 11 & 17 & 0 & 56 & 50 & 7 & 35 \\ 26 & 82 & 36 & 9 & 80 & 56 & 0 & 27 & 53 & 2 \\ 70 & 20 & 10 & 52 & 17 & 50 & 27 & 0 & 42 & 57 \\ 86 & 12 & 37 & 97 & 75 & 7 & 53 & 42 & 0 & 93 \\ 24 & 80 & 56 & 56 & 67 & 35 & 2 & 57 & 93 & 0 \end{pmatrix} \quad (3)$$

В таблице 1:

- min — минимальное отклонение от эталонного значения;
- max — максимальное отклонение от эталонного значения;
- avg — среднее отклонение от эталонного значения.

Таблица 1 — Результаты параметризации муравьиного алгоритма (начало)

Параметры			Граф 1			Граф 2			Граф 3		
α	ρ	Дни	min	max	avg	min	max	avg	min	max	avg
0.10	0.10	10	2.00	4.00	3.17	5.00	53.00	28.67	13.00	86.00	40.50
0.10	0.10	20	2.00	3.00	2.17	0.00	19.00	7.33	0.00	87.00	26.67
0.10	0.10	50	1.00	2.00	1.50	0.00	13.00	6.00	0.00	13.00	4.33
0.10	0.10	100	1.00	2.00	1.33	0.00	16.00	3.00	0.00	13.00	2.17

Таблица 1 — Результаты параметризации муравьиного алгоритма (продолжение)

Параметры			Граф 1			Граф 2			Граф 3		
α	ρ	Дни	min	max	avg	min	max	avg	min	max	avg
0.10	0.10	200	0.00	1.00	0.67	0.00	2.00	0.67	0.00	13.00	4.33
0.10	0.25	10	1.00	3.00	2.17	0.00	22.00	11.50	0.00	96.00	53.50
0.10	0.25	20	0.00	4.00	1.67	0.00	19.00	7.83	0.00	35.00	10.17
0.10	0.25	50	1.00	2.00	1.33	0.00	6.00	2.17	0.00	13.00	6.50
0.10	0.25	100	0.00	2.00	1.00	0.00	2.00	0.33	0.00	13.00	6.50
0.10	0.25	200	0.00	1.00	0.50	0.00	2.00	0.33	0.00	0.00	0.00
0.10	0.50	10	1.00	6.00	2.67	13.00	47.00	25.83	0.00	70.00	33.00
0.10	0.50	20	1.00	3.00	2.00	0.00	21.00	4.33	13.00	67.00	41.33
0.10	0.50	50	1.00	2.00	1.33	0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	6.33
0.10	0.50	100	1.00	2.00	1.17	0.00	11.00	2.17	0.00	13.00	2.17
0.10	0.50	200	0.00	1.00	0.83	0.00	2.00	0.33	0.00	13.00	2.17
0.10	0.75	10	1.00	5.00	2.50	0.00	19.00	9.17	0.00	81.00	44.33
0.10	0.75	20	1.00	3.00	2.33	2.00	20.00	10.33	0.00	41.00	23.83
0.10	0.75	50	1.00	2.00	1.67	0.00	5.00	1.17	0.00	32.00	9.67
0.10	0.75	100	1.00	1.00	1.00	0.00	2.00	1.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.75	200	0.00	1.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	13.00	2.17
0.10	0.90	10	1.00	4.00	2.50	5.00	36.00	19.17	13.00	86.00	49.00
0.10	0.90	20	0.00	3.00	1.67	0.00	20.00	10.50	0.00	49.00	27.00
0.10	0.90	50	1.00	2.00	1.17	0.00	11.00	1.83	0.00	0.00	0.00
0.10	0.90	100	0.00	2.00	0.83	0.00	2.00	0.33	0.00	13.00	2.17
0.10	0.90	200	0.00	1.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	13.00	2.17
0.25	0.10	10	2.00	4.00	3.00	2.00	23.00	9.83	46.00	94.00	65.67
0.25	0.10	20	1.00	3.00	1.83	2.00	32.00	13.00	0.00	80.00	24.50
0.25	0.10	50	1.00	2.00	1.33	0.00	2.00	1.33	0.00	13.00	6.50
0.25	0.10	100	0.00	2.00	1.00	0.00	5.00	0.83	0.00	0.00	0.00
0.25	0.10	200	0.00	1.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.25	0.25	10	0.00	4.00	2.17	0.00	37.00	17.83	0.00	94.00	48.33
0.25	0.25	20	0.00	3.00	1.67	0.00	27.00	11.00	0.00	62.00	41.00
0.25	0.25	50	1.00	3.00	1.50	0.00	5.00	0.83	0.00	41.00	13.17

Таблица 1 — Результаты параметризации муравьиного алгоритма (продолжение)

Параметры			Граф 1			Граф 2			Граф 3		
α	ρ	Дни	min	max	avg	min	max	avg	min	max	avg
0.25	0.25	100	0.00	1.00	0.50	0.00	2.00	0.33	0.00	13.00	4.33
0.25	0.25	200	0.00	1.00	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.25	0.50	10	2.00	4.00	3.17	0.00	43.00	11.50	13.00	59.00	27.50
0.25	0.50	20	1.00	3.00	1.67	2.00	16.00	7.83	0.00	38.00	15.00
0.25	0.50	50	0.00	2.00	0.83	0.00	2.00	1.00	0.00	13.00	4.33
0.25	0.50	100	0.00	2.00	0.83	0.00	2.00	0.33	0.00	0.00	0.00
0.25	0.50	200	0.00	1.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.25	0.75	10	1.00	4.00	3.00	5.00	32.00	18.50	0.00	59.00	26.17
0.25	0.75	20	0.00	2.00	1.17	0.00	14.00	6.17	0.00	13.00	2.17
0.25	0.75	50	0.00	2.00	0.83	0.00	0.00	0.00	0.00	13.00	4.33
0.25	0.75	100	0.00	1.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	13.00	2.17
0.25	0.75	200	0.00	1.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.25	0.90	10	1.00	3.00	2.17	5.00	23.00	12.00	0.00	52.00	18.83
0.25	0.90	20	1.00	3.00	1.67	0.00	2.00	0.33	0.00	13.00	4.33
0.25	0.90	50	0.00	1.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	13.00	4.33
0.25	0.90	100	0.00	1.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.25	0.90	200	0.00	1.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.50	0.10	10	2.00	4.00	2.83	2.00	30.00	17.33	52.00	84.00	69.33
0.50	0.10	20	1.00	4.00	2.17	0.00	32.00	17.00	0.00	62.00	30.50
0.50	0.10	50	1.00	1.00	1.00	0.00	14.00	2.33	0.00	13.00	4.33
0.50	0.10	100	0.00	1.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.50	0.10	200	0.00	1.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.50	0.25	10	2.00	4.00	3.17	2.00	40.00	23.83	0.00	59.00	36.33
0.50	0.25	20	1.00	2.00	1.67	2.00	33.00	13.33	0.00	59.00	18.50
0.50	0.25	50	0.00	1.00	0.83	0.00	0.00	0.00	0.00	13.00	2.17
0.50	0.25	100	0.00	1.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.50	0.25	200	0.00	1.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.50	0.50	10	0.00	4.00	2.17	5.00	44.00	17.83	0.00	55.00	29.00
0.50	0.50	20	1.00	1.00	1.00	0.00	5.00	1.17	0.00	13.00	2.17

Таблица 1 — Результаты параметризации муравьиного алгоритма (продолжение)

Параметры			Граф 1			Граф 2			Граф 3		
α	ρ	Дни	min	max	avg	min	max	avg	min	max	avg
0.50	0.50	50	0.00	1.00	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.50	0.50	100	0.00	1.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.50	0.50	200	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.50	0.75	10	1.00	3.00	1.67	0.00	16.00	8.83	0.00	66.00	23.50
0.50	0.75	20	0.00	1.00	0.83	0.00	11.00	1.83	0.00	41.00	13.33
0.50	0.75	50	0.00	1.00	0.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.50	0.75	100	0.00	1.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	13.00	2.17
0.50	0.75	200	0.00	1.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	13.00	4.33
0.50	0.90	10	1.00	2.00	1.33	0.00	16.00	3.83	0.00	56.00	18.00
0.50	0.90	20	0.00	1.00	0.83	0.00	15.00	2.83	0.00	13.00	8.67
0.50	0.90	50	0.00	1.00	0.67	0.00	5.00	1.17	0.00	41.00	13.33
0.50	0.90	100	0.00	1.00	0.50	0.00	5.00	0.83	0.00	13.00	4.33
0.50	0.90	200	0.00	1.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	13.00	2.17
0.75	0.10	10	0.00	3.00	1.83	0.00	41.00	24.17	13.00	59.00	35.83
0.75	0.10	20	1.00	2.00	1.50	5.00	29.00	13.17	13.00	63.00	34.67
0.75	0.10	50	0.00	1.00	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.75	0.10	100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.75	0.10	200	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.75	0.25	10	1.00	2.00	1.67	2.00	46.00	25.00	0.00	62.00	34.83
0.75	0.25	20	0.00	1.00	0.67	0.00	5.00	2.00	0.00	68.00	28.17
0.75	0.25	50	0.00	1.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.75	0.25	100	0.00	1.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	13.00	2.17
0.75	0.25	200	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.00	2.17
0.75	0.50	10	1.00	2.00	1.83	0.00	32.00	11.00	0.00	41.00	13.33
0.75	0.50	20	1.00	2.00	1.33	0.00	5.00	0.83	0.00	13.00	2.17
0.75	0.50	50	0.00	1.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	13.00	6.50
0.75	0.50	100	0.00	1.00	0.50	0.00	2.00	0.33	0.00	13.00	6.50
0.75	0.50	200	0.00	1.00	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	13.00	8.67
0.75	0.75	10	0.00	2.00	1.17	0.00	30.00	5.67	0.00	67.00	28.00

Таблица 1 — Результаты параметризации муравьиного алгоритма (продолжение)

Параметры			Граф 1			Граф 2			Граф 3		
α	ρ	Дни	min	max	avg	min	max	avg	min	max	avg
0.75	0.75	20	0.00	1.00	0.67	0.00	5.00	0.83	0.00	35.00	10.17
0.75	0.75	50	0.00	1.00	0.50	0.00	15.00	4.17	0.00	25.00	6.33
0.75	0.75	100	0.00	1.00	0.83	0.00	5.00	0.83	0.00	13.00	8.67
0.75	0.75	200	0.00	1.00	0.50	0.00	5.00	0.83	0.00	25.00	12.83
0.75	0.90	10	0.00	3.00	1.50	0.00	32.00	8.67	0.00	59.00	16.33
0.75	0.90	20	1.00	2.00	1.33	0.00	5.00	2.67	0.00	52.00	17.33
0.75	0.90	50	0.00	2.00	1.17	0.00	5.00	2.00	0.00	55.00	29.00
0.75	0.90	100	0.00	2.00	1.00	0.00	13.00	3.33	0.00	81.00	27.00
0.75	0.90	200	0.00	2.00	1.17	2.00	13.00	5.83	0.00	62.00	26.50
0.90	0.10	10	1.00	5.00	2.83	0.00	28.00	11.17	0.00	81.00	51.83
0.90	0.10	20	0.00	2.00	1.00	0.00	28.00	7.83	0.00	66.00	32.83
0.90	0.10	50	0.00	1.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	13.00	2.17
0.90	0.10	100	0.00	1.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.90	0.10	200	0.00	1.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	13.00	2.17
0.90	0.25	10	1.00	3.00	2.00	0.00	32.00	13.17	13.00	80.00	46.00
0.90	0.25	20	0.00	3.00	1.33	0.00	28.00	5.33	0.00	44.00	13.83
0.90	0.25	50	0.00	1.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	13.00	2.17
0.90	0.25	100	0.00	1.00	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	13.00	4.33
0.90	0.25	200	0.00	1.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	13.00	2.17
0.90	0.50	10	1.00	2.00	1.17	0.00	33.00	11.00	13.00	58.00	30.67
0.90	0.50	20	1.00	2.00	1.17	0.00	5.00	1.67	0.00	13.00	8.67
0.90	0.50	50	1.00	1.00	1.00	0.00	13.00	3.00	0.00	13.00	2.17
0.90	0.50	100	0.00	2.00	1.00	0.00	5.00	1.17	0.00	13.00	10.83
0.90	0.50	200	0.00	1.00	0.50	0.00	5.00	0.83	0.00	13.00	4.33
0.90	0.75	10	0.00	2.00	1.33	0.00	14.00	3.17	0.00	75.00	25.67
0.90	0.75	20	1.00	2.00	1.17	0.00	5.00	1.67	0.00	60.00	21.17
0.90	0.75	50	0.00	1.00	0.67	0.00	6.00	2.67	13.00	66.00	25.00
0.90	0.75	100	0.00	1.00	0.83	0.00	15.00	3.33	13.00	54.00	25.00
0.90	0.75	200	1.00	2.00	1.17	0.00	5.00	0.83	13.00	62.00	26.83

Таблица 1 — Результаты параметризации муравьиного алгоритма (продолжение)

Параметры			Граф 1			Граф 2			Граф 3		
α	ρ	Дни	min	max	avg	min	max	avg	min	max	avg
0.90	0.90	10	0.00	2.00	0.83	0.00	2.00	1.00	13.00	70.00	48.83
0.90	0.90	20	1.00	3.00	2.33	0.00	13.00	3.33	0.00	59.00	18.50
0.90	0.90	50	0.00	3.00	1.33	0.00	34.00	6.33	0.00	38.00	12.83
0.90	0.90	100	1.00	1.00	1.00	2.00	32.00	15.17	0.00	60.00	31.67
0.90	0.90	200	1.00	2.00	1.17	0.00	26.00	8.00	0.00	84.00	26.50

Таблица 1 — Результаты параметризации муравьиного алгоритма (окончание)