

Глава 10 Будущий спрос на транспорт

10.1 Введение

10.1.1 Методология

При помощи программы JICA STRADA было проведено прогнозирование будущего спроса на транспорт на исследуемой территории. Процесс прогнозирования состоял из четырех этапов: генерация поездок, распределение поездок на территории, распределение поездок по видам транспорта и распределение поездок по маршрутам. Более того, для учета изменения экономической ситуации и образа жизни перед вышеперечисленными этапами был добавлен еще один – производство поездок. На этом этапе было спрогнозировано общее число поездок на территории исследования.

Спрос на транспорт за пределами территории исследования не учитывался в вышеуказанном подходе. Таким образом, между разделением на виды транспорта и целями поездок на основе данных Кордонного исследования был смоделирован и спрогнозирован спрос, относящийся к внешней зоне, например внешние-внешние, внешние-внутренние, внутренние-внешние поездки.

10.1.2 Исследуемая территория

В системе зонирования, примененной при проведении исследования поездок, зоны в пределах территории исследования значатся под номерами 1 – 82 и 84, а зоны, расположенные за пределами исследуемой территории идут под номерами 83, 85, 86, 87.

10.2 Прогнозирование производства поездок

10.2.1 Моделирование количества поездок на человека

В ходе анализа количества поездок на человека, полученного в результате исследования поездок населения, было выявлено, что этот показатель сильно различается в зависимости от наличия автомобиля в семье. Среднее число поездок на человека в семьях, не имеющих личный автомобиль, составляет 1,89 поездок в сутки, а в семьях с автомобилями – 2,50 поездок.

Число поездок на человека имеет высокую степень зависимости от семейного дохода, как видно из Рисунка 10.2.1. Принимая во внимание воздействие возможного изменения экономической ситуации и образа жизни в будущем, было проведено моделирование количества поездок на человека методом линейной регрессии, а показатели были проверены на основе данных исследования поездок населения (см. Таблицу 10.2.1).

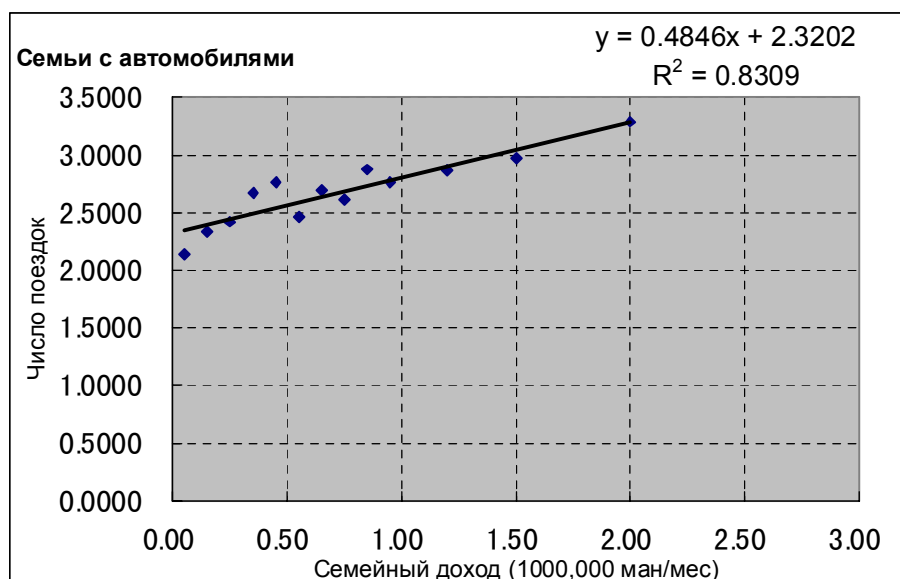
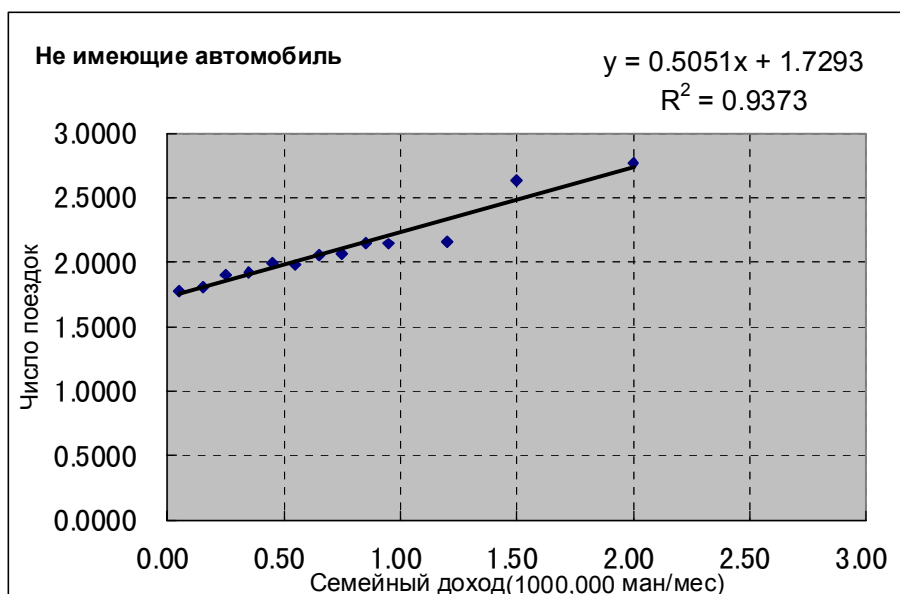


Рисунок 10.2.1 Число поездок в зависимости от семейного дохода и наличия личных автомобилей

При создании модели отношения между производством поездок и уровнем семейного дохода использование нелинейной регрессии является более предпочтительным по сравнению с линейной регрессией. Однако учитывая, что отсутствуют данные по семьям с высоким доходом, был применен метод прогнозирования при помощи интерполяции в три раза выше, чем существующий средний уровень дохода. При этом серьезной ошибки не возникает. Поэтому было решено применить модель линейной регрессии, показанную на Рис. 10.2.1. Преимущество этой модели заключается отражении вероятного увеличения поездок на работу в связи с увеличением числа рабочих мест, а также увеличения частных поездок в результате повышения уровня жизни.

$$R = a + b \times HI$$

где R: Удельное количество поездок
 HI: Семейный доход (тыс. манатов в месяц)
 a, b: параметры

Таблица 10.2.1 Результаты проверки модели производства поездок

	a	b	R ²
Семьи без автомобилей	1.7293	0.0005051	0.9373
Семьи с автомобилями	2.3202	0.0004846	0.8309

10.2.2 Число поездок на душу населения в будущем

На основе прогноза будущего социально-экономического состояния, проведенного в Главе 9, были определены общие показатели в будущем (см. Таблицу 10.2.2).

При определении будущей базы был установлен средний уровень семейного дохода с учетом отсутствия точных данных. Примененная модель производства поездок требует вводные данные по среднему доходу семей с автомобилями и без автомобилей. Хотя полностью решить проблему отклонения не удалось, будущие поездки населения были спрогнозированы с использованием параметров уровня дохода и наличия автомобиля (Таблица 10.2.2), предполагая, что темпы роста среднего уровня дохода семей обеих категорий одинаковы.

Таблица 10.2.2 Вводные данные для модели производства автомобилей

	2000		2020	
Доход семей без автомобиля	67 (1.00)	\$США/мес	229 (3.25)	\$США/мес
Доход семей с автомобилем	89 (1.00)	\$США/мес	235 (3.25)	\$США/мес
Средний семейный доход	71.7	\$США/мес	233 (3.25)	\$США/мес
Население без личных автомобилей	1434864	74.8%	738577	32.4%
Население с личными автомобилями	484540	25.2%	1540210	67.6%
Численность населения старше 4 лет	1919418		2278787	
Автомобилей/1000 человек	62		166	
Число легковых автомобилей	127596		405590	

Прим.: в скобках приводятся темпы роста

Прогнозируемое число поездок на человека в будущем с учетом семейного дохода составит 2,22 поездки на человека в семьях без автомобилей и 2,94 поездки в семьях с автомобилями. В целях калибровки модели были использованы различные темпы роста семейного дохода обеих групп при фиксированном показателе общего среднего семейного дохода. Сравнение различных показателей подтвердило, что результаты прогнозирования являются достоверными.

10.2.3 Производство поездок в будущем

На основе сегодняшних показателей количества поездок по целям поездок и наличия автомобиля в семье было спрогнозировано, что общее число поездок на территории исследования возрастет с 3 921 785 поездок в сутки в 2000 году до 6 171 320 поездок в сутки в 2020 году. Таким образом, расчетное число поездок на человека возрастет с 2,04 поездки на человека в 2000 году до 2,71 поездки в 2020 году. Хотя этот показатель достаточно высокий, он все же представляется достоверным при сравнении с другими крупными городами: 2,68 в Бухаресте, Румыния (1998 г.), и 2,72 в г. Хиросима, Япония (1987 г.).

Таблица 10.2.3 Число поездок на человека в зависимости от наличия автомобиля в семье

[Число поездок на человека в 2000 году]					
	На работу	В школу	Домой	Другие	Всего
Семьи без автомобилей	0.2545	0.2428	0.9179	0.4750	1.8902
Семьи с автомобилями	0.4446	0.2844	1.1731	0.5943	2.4964
Всего	0.3025	0.2533	0.9823	0.5051	2.0432
[Число поездок в 2000 году]					
	На работу	В школу	Домой	Другие	Всего
Семьи без автомобилей	365 173	348 385	1 317 062	681 560	2 712 180
Семьи с автомобилями	215 426	137 803	568 414	287 962	1 209 605
Всего	580 599	486 188	1 885 476	969 522	3 921 785
[Число поездок на человека в 2020 году]					
	На работу	В школу	Домой	Другие	Всего
Семьи без автомобилей	0.2989	0.2852	1.0781	0.5579	2.2201
Семьи с автомобилями	0.5240	0.3352	1.3826	0.7004	2.9422
Всего	0.4510	0.3190	1.2839	0.6542	2.7082
[Число поездок в 2020 году]					
	На работу	В школу	Домой	Другие	Всего
Семьи без автомобилей	220 761	210 642	796 260	412 052	1 639 715
Семьи с автомобилями	807 070	516 278	2 129 494	1 078 763	4 531 605
Всего	1 027 831	726 920	2 925 754	1 490 815	6 171 320

10.3 Прогнозирование генерации поездок

10.3.1 Моделирование генерации поездок

Цель моделирования генерации поездок состоит в прогнозировании числа поездок, которые начинаются или заканчиваются в каждой транспортной зоне на территории

исследования. В данном исследовании применялись модели линейной регрессии с учетом наличия автомобиля в семье и цели поездок. Параметры модели приведены в Таблице 10.3.1.

$$G_i = a_i \times X_{1i} + b_i \times X_{2i} +$$

$$A_j = a_j \times X_{1j} + b_j \times X_{2j} +$$

Где: G_i : Генерация поездок в зоне i

A_j : Прибывающие поездки в зону j

X_i, X_j : Характеристики зон i, j

a_i, a_j, b_i, b_j : Коэффициенты

Таблица 10.3.1 Параметры модели распределения поездок

Цель			Нас4	Д Студент	Д Р2	Д Р3	Д Рвсего	R ²
Семьи без автомобилей	На работу	G_i	0.14352					0.7799
		A_j					0.59245	0.8511
	В школу	G_i	0.14938					0.9241
		A_j		0.49531				0.9429
	Домой	G_i		1.42130	1.69472	0.11163		0.8986
		A_j	0.56548					0.9264
	Другие	G_i	0.30389					0.9509
		A_j	0.32844					0.9555
Семьи с автомобилем	На работу	G_i	0.07554					0.7888
		A_j					0.38389	0.8480
	В школу	G_i	0.06668					0.8377
		A_j		0.17753				0.9296
	Домой	G_i		0.49481	0.28280	0.32039		0.8627
		A_j	0.21801					0.8872
	Другие	G_i	0.06814			0.29979		0.9426
		A_j	0.06938			0.34438		0.9236

Нас4 – население старше 4 лет

Д_Студенты – число студентов на местах учебы

Д_Р2 – число рабочих вторичной промышленности, прибывающих на работу

Д_Р – число рабочих третичной промышленности, прибывающих на работу

Д_Рвсего – общее число рабочих, прибывающих на работу

10.3.2 Будущая структура по зонам

На Рисунках 10.3.1 и 10.3.2 показана численность населения и работающего населения по зонам в 2000 и 2020 годах.

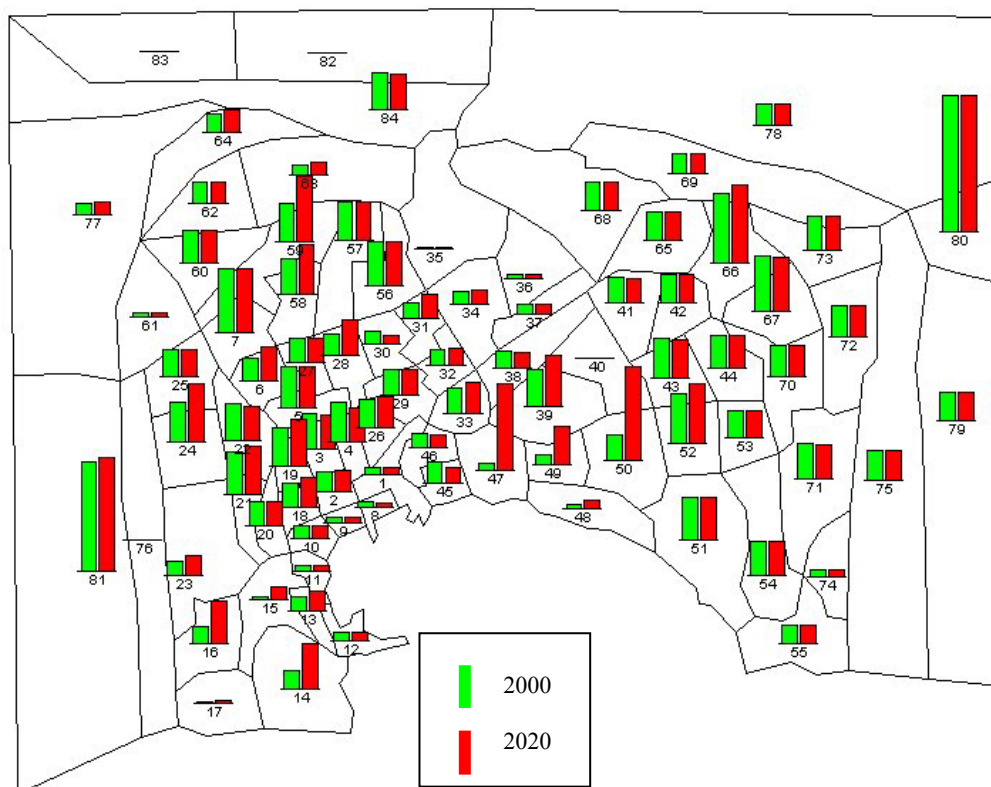


Рисунок 10.3.1 Численность населения по зонам в 2000 и 2020 гг.

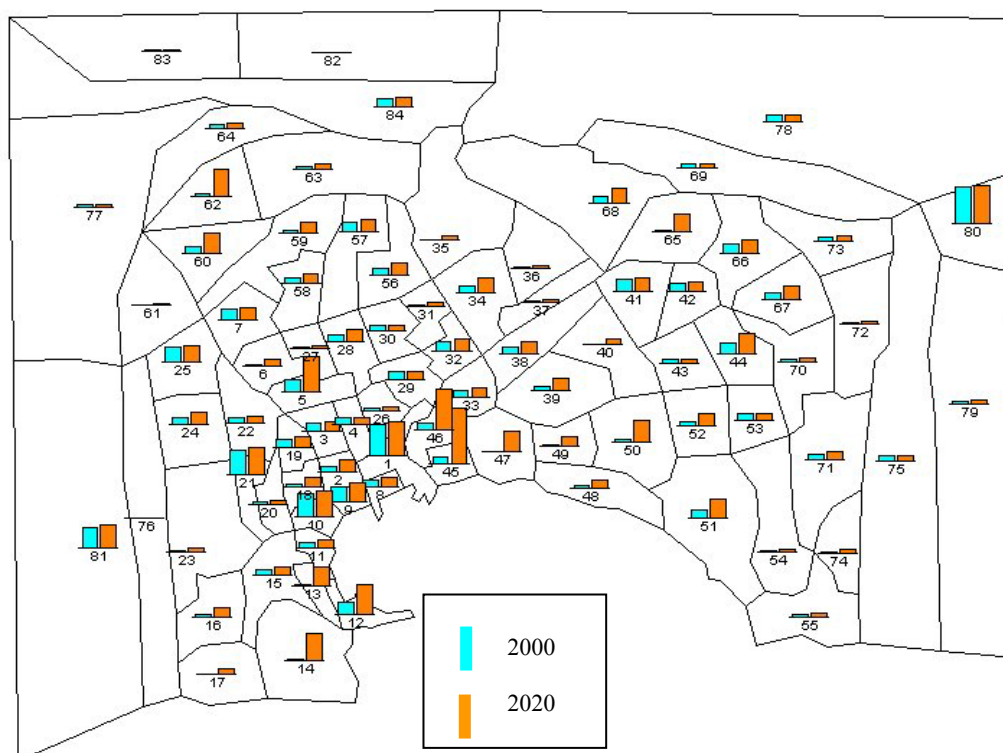


Рисунок 10.3.2 Численность работающего населения по зонам в 2000 и 2020 гг.

10.3.3 Генерация поездок в будущем

На Рисунке 10.3.3 показана расчетная будущая генерация поездок по зонам. Было определено, что генерация поездок особенно возрастет на северо-западе (зоны 60, 62, 64), юго-западе (зона 14, 16) и востоке (зоны 47, 49, 50) центральной части города. Расчет числа прибывающих рейсов имеет такие же характеристики, как и генерация поездок.

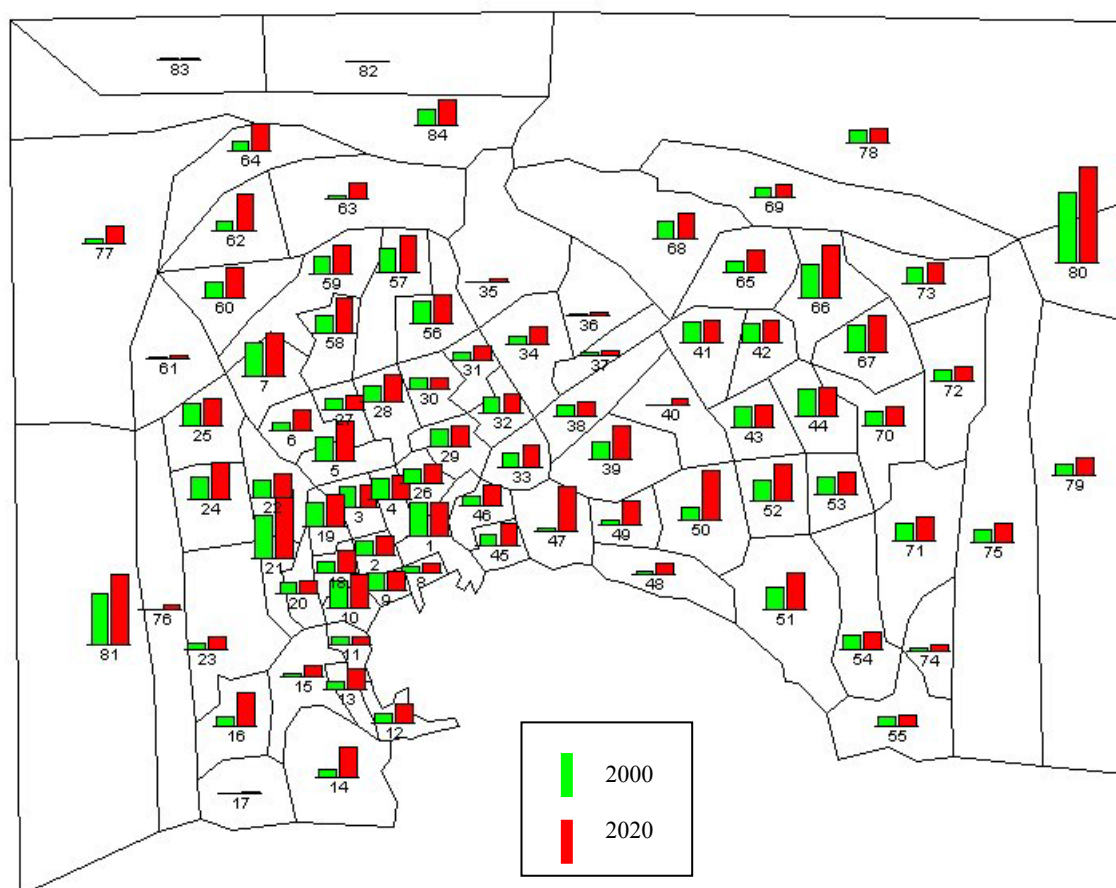


Рисунок 10.3.3 Генерация поездок по зонам в 2000 и 2020 гг.

10.4 Прогнозирование распределения поездок

На следующем этапе четырехэтапного процесса было спрогнозировано число поездок между всеми зонами.

10.4.1 Моделирование распределения поездок

В данном исследовании для прогнозирования распределения поездок были использованы гравитационная модель для межзональных поездок и модель частоты поездок для внутризональных поездок (см. формулы ниже). Длина внутризональных поездок (L_{ij}) в межзональной модели была взята за 0,5 км для каждой зоны.

Межзональная поездка $T_{ij} = K \times O_i^{\alpha} \times D_j^{\beta} / L_{ij}^{\gamma}$

Внутризональная поездка $T_{ii} = R_i \times \frac{G_i}{R_i^{2k} / \sqrt{(G_i^{2k} \times D_j^{2k})}}$

Где:

T_{ij} – распределение межзональных поездок из зоны i в зону j

T_{ii} – распределение внутризональных поездок в зоне i

O_i – генерация поездок в зоне i

D_j – прибывающие поездки в зоне j

L_{ij} – длина поездки из зоны i в зону j (км)

R_i – частота внутризональных поездок в зоне i

G_i – генерация поездок в зоне i

G_i^{2k}, D_j^{2k} – генерация и привлечение поездок в 2000 году

K, α, β, γ – параметры модели

Таблица 10.4.1 Параметры межзональной модели

		α	β	γ	K	R ²
Семьи без автомобиля	На работу	5.4830E-01	4.4630E-01	-4.2340E-01	-3.2679E+00	0.7827
	В школу	4.8141E-01	3.8600E-01	-4.0686E-01	-2.3679E+00	0.6918
	Домой	5.8037E-01	6.8626E-01	-6.9709E-01	-6.1305E+00	0.8018
	Другие	5.6867E-01	4.3436E-01	-5.3761E-01	-3.8197E+00	0.7163
Семьи с автомобилем	На работу	3.3079E-01	3.0251E-01	-2.8514E-01	-2.1370E-01	0.7004
	В школу	3.4345E-01	2.7857E-01	-3.0448E-01	-1.6590E-01	0.6403
	Домой	4.1024E-01	4.9685E-01	-4.9788E-01	-2.5560E+00	0.7415
	Другие	3.6552E-01	3.9605E-01	-3.2945E-01	-1.4784E+00	0.7249

В Таблице 10.4.2. показаны показатели внутризональных поездок, рассчитанные на основе данных Исследования поездок населения. Эти показатели были применены для прогнозирования будущего спроса на транспорт.

Таблица 10.4.2 Показатели внутризональных поездок

Зона	Не имеющие автомобиль				Имеющие автомобиль			
	На работу	В школу	Домой	Другое	На работу	В школу	Домой	Другое
1	3.3%	8.2%	7.2%	10.9%	5.4%	12.7%	10.6%	12.4%
2	12.6%	34.1%	40.7%	53.4%	11.9%	22.8%	33.7%	41.6%
3	15.3%	35.8%	49.4%	65.9%	8.2%	14.7%	31.4%	41.0%
4	20.0%	41.0%	55.2%	73.9%	8.7%	29.6%	42.0%	51.5%
5	15.3%	42.0%	47.1%	61.2%	10.6%	29.3%	41.1%	49.3%
6	18.5%	54.8%	54.3%	75.7%	8.3%	46.0%	50.3%	72.2%
7	20.8%	65.9%	58.8%	68.4%	14.1%	65.1%	51.0%	55.7%
8	10.6%	12.1%	20.6%	66.5%	5.2%	9.4%	12.1%	29.5%
9	4.3%	9.4%	9.6%	18.6%	2.1%	7.8%	7.3%	15.3%
10	6.5%	11.5%	13.9%	24.3%	9.0%	16.2%	13.8%	21.0%
11	17.9%	54.8%	26.4%	31.0%	11.7%	17.4%	15.9%	22.8%
12	9.4%	52.9%	34.9%	48.8%	8.7%	42.3%	25.2%	32.7%
13	20.9%	75.4%	65.9%	78.6%	17.0%	46.0%	43.3%	61.3%
14	30.2%	66.9%	63.0%	78.1%	17.0%	72.5%	62.5%	69.4%
15	9.4%	54.8%	53.9%	66.5%	0.0%	46.0%	43.3%	53.1%
16	20.9%	81.5%	67.3%	80.3%	17.0%	61.5%	50.3%	65.4%
17	20.9%	54.8%	53.9%	66.5%	17.0%	46.0%	43.3%	53.1%
18	13.6%	39.9%	48.5%	67.8%	16.5%	31.2%	35.0%	45.5%
19	17.9%	44.8%	48.4%	57.9%	13.7%	35.2%	38.0%	49.4%
20	20.9%	34.3%	51.4%	72.0%	10.4%	31.1%	45.3%	64.3%
21	15.8%	21.7%	36.4%	62.4%	11.1%	20.7%	27.8%	46.4%
22	12.8%	47.9%	53.7%	74.3%	11.8%	46.8%	42.5%	59.6%
23	20.9%	54.8%	53.9%	72.7%	6.7%	50.1%	49.2%	64.4%
24	19.9%	58.5%	54.2%	73.3%	18.1%	56.2%	48.4%	60.4%
25	15.1%	34.8%	39.4%	55.1%	19.0%	49.3%	42.9%	48.0%
26	15.3%	62.9%	56.6%	66.7%	12.0%	53.0%	47.1%	61.9%
27	21.2%	60.8%	60.7%	78.1%	6.5%	55.1%	42.8%	64.8%
28	10.8%	14.3%	35.1%	48.3%	22.6%	14.3%	40.0%	43.4%
29	12.7%	20.9%	41.0%	62.4%	6.0%	25.4%	35.1%	45.8%
30	4.5%	10.2%	33.9%	54.0%	27.3%	19.0%	28.8%	30.2%
31	20.9%	38.5%	56.6%	62.4%	17.0%	46.0%	47.3%	51.6%
32	16.5%	26.2%	36.6%	43.2%	7.4%	25.6%	32.4%	31.7%
33	7.8%	41.2%	42.4%	57.8%	6.0%	44.6%	32.8%	44.1%
34	5.2%	61.9%	44.8%	75.3%	7.7%	41.2%	33.1%	46.3%
35	20.9%	54.8%	53.9%	66.5%	17.0%	46.0%	43.3%	53.1%
36	20.9%	54.8%	53.9%	66.5%	17.0%	46.0%	43.3%	53.1%
37	20.9%	54.8%	53.9%	66.5%	17.0%	46.0%	43.3%	53.1%
38	10.0%	69.0%	48.1%	65.9%	10.1%	63.0%	38.4%	52.2%
39	22.9%	74.1%	64.4%	76.4%	16.1%	70.7%	55.7%	72.9%
40	20.9%	54.8%	53.9%	66.5%	17.0%	46.0%	43.3%	53.1%
41	14.2%	63.8%	44.2%	46.8%	9.6%	46.5%	33.5%	38.9%
42	13.6%	62.3%	45.2%	54.3%	7.1%	49.6%	39.4%	46.7%
43	18.4%	66.0%	54.2%	60.5%	9.0%	47.2%	39.2%	53.3%

Зона	Не имеющие автомобиль				Имеющие автомобиль			
	На работу	В школу	Домой	Другое	На работу	В школу	Домой	Другое
44	13.9%	57.4%	39.0%	41.1%	13.2%	60.4%	40.0%	44.5%
45	22.0%	49.7%	53.5%	71.8%	14.6%	36.2%	37.5%	55.9%
46	12.4%	48.0%	45.6%	69.6%	4.4%	44.3%	30.8%	44.7%
47	20.9%	54.8%	53.9%	66.5%	17.0%	46.0%	43.3%	53.1%
48	4.8%	54.8%	53.9%	66.5%	17.0%	46.0%	43.3%	53.1%
49	20.9%	54.8%	53.9%	66.5%	17.0%	46.0%	43.3%	53.1%
50	15.2%	76.9%	64.7%	75.6%	18.1%	82.7%	63.0%	64.7%
51	18.5%	52.1%	50.9%	68.9%	10.7%	45.3%	41.9%	51.5%
52	12.6%	48.6%	53.2%	69.1%	5.7%	39.0%	46.3%	71.9%
53	17.3%	50.0%	50.2%	63.7%	12.6%	51.3%	41.2%	49.9%
54	17.5%	66.1%	62.6%	78.7%	17.0%	60.0%	57.4%	80.9%
55	15.3%	61.8%	54.1%	70.5%	17.0%	64.8%	57.2%	77.8%
56	12.9%	40.9%	51.7%	65.9%	7.7%	43.3%	43.7%	56.3%
57	16.5%	35.8%	49.4%	66.2%	24.2%	34.3%	46.5%	59.4%
58	26.3%	46.6%	55.1%	74.7%	13.6%	45.7%	44.5%	52.1%
59	12.9%	51.5%	58.2%	73.0%	9.3%	41.7%	43.4%	49.6%
60	43.4%	81.9%	75.3%	86.2%	19.7%	78.9%	57.4%	67.0%
61	20.9%	54.8%	53.9%	66.5%	17.0%	46.0%	43.3%	53.1%
62	34.0%	81.6%	71.4%	82.3%	17.0%	84.9%	59.3%	74.1%
63	27.3%	54.8%	53.9%	66.5%	17.0%	46.0%	43.3%	53.1%
64	36.4%	72.5%	74.9%	89.2%	17.0%	46.0%	50.5%	58.9%
65	20.9%	67.4%	64.2%	75.1%	17.0%	59.6%	57.3%	77.6%
66	29.7%	78.5%	69.4%	76.6%	25.5%	69.8%	55.7%	62.2%
67	19.3%	71.6%	60.9%	71.4%	9.1%	73.4%	53.0%	66.4%
68	23.6%	82.7%	68.4%	78.8%	31.6%	67.4%	56.9%	61.4%
69	23.0%	85.4%	71.5%	71.0%	60.6%	46.0%	43.3%	59.6%
70	22.8%	71.6%	64.8%	74.5%	17.0%	75.4%	57.8%	66.2%
71	18.6%	76.9%	61.1%	70.7%	10.9%	68.0%	52.0%	46.3%
72	20.9%	68.4%	67.6%	80.0%	17.0%	66.5%	67.2%	84.1%
73	29.1%	70.5%	68.5%	79.3%	12.0%	66.8%	58.0%	69.2%
74	20.9%	54.8%	53.9%	66.5%	17.0%	46.0%	43.3%	53.1%
75	22.3%	77.8%	65.5%	81.6%	21.8%	81.2%	57.0%	57.6%
76	20.9%	54.8%	53.9%	66.5%	17.0%	46.0%	43.3%	53.1%
77	57.4%	87.8%	81.0%	94.1%	50.5%	80.4%	68.7%	73.0%
78	34.3%	91.2%	69.6%	75.3%	25.6%	60.3%	44.3%	55.7%
79	33.6%	87.5%	75.8%	88.6%	30.8%	90.4%	63.6%	63.6%
80	62.6%	88.1%	80.3%	84.8%	52.0%	83.7%	71.7%	78.5%
81	70.5%	88.0%	87.6%	91.9%	56.9%	85.9%	77.6%	85.3%
82	57.4%	85.8%	80.0%	86.5%	50.5%	80.4%	68.7%	73.0%
83	57.4%	85.8%	80.0%	86.5%	50.5%	80.4%	68.7%	0.0%
84	55.4%	85.8%	73.6%	88.4%	65.4%	80.4%	66.6%	63.0%

10.4.2 Будущее распределение поездок в случае "ничего не делать"

Для обоснования применяемых моделей на Рисунке 10.4.1 представлены существующая и будущая длина поездок. Как видно из рисунка, длина поездок в будущем существенно не изменится.

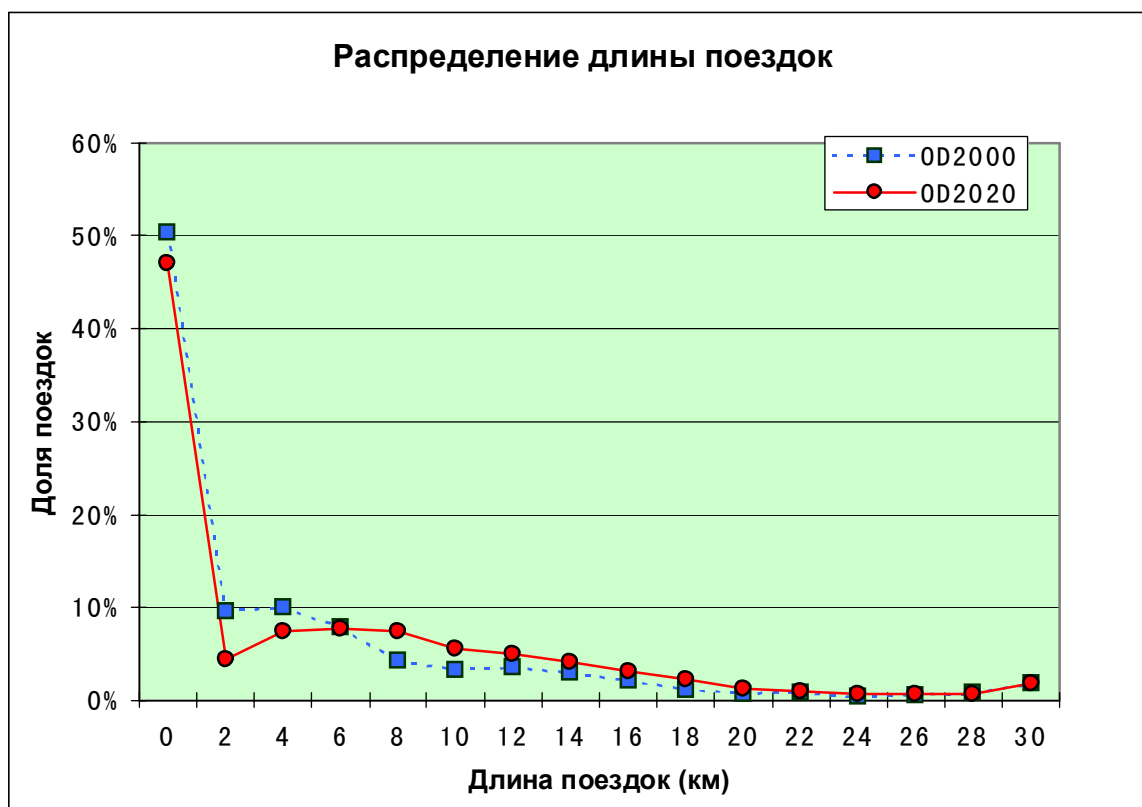


Рисунок 10.4.1 Распределение длины поездок в 2000 и 2020 годах

Тем временем, было выявлено, что интенсивность поездок сильно возрастет, как показано на Рисунках 10.4.2 и 10.4.3. Эти показатели являются результатом паутинового расположения дорог, поэтому почти в два раза возрастет интенсивность поездок по коридорам, соединяющим центр города и западную часть.

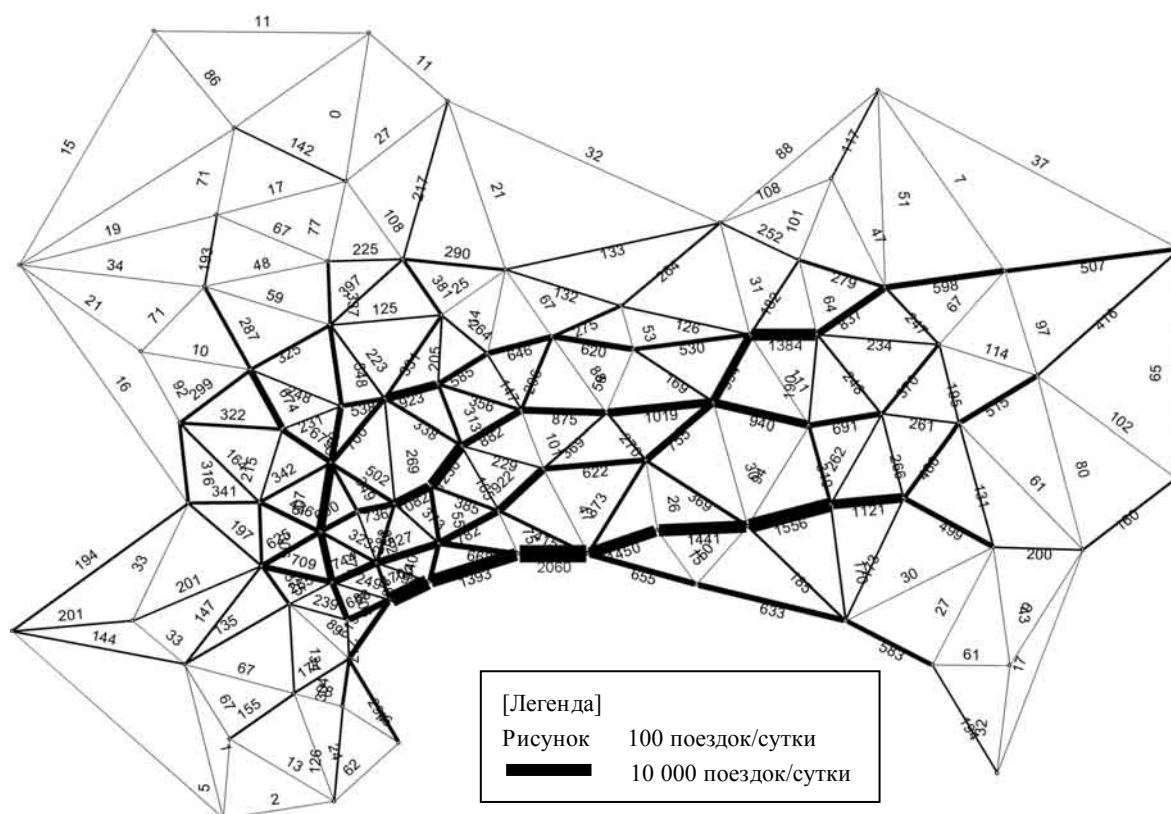


Рисунок 10.4.2 Распределение поездов в 2000 году (в виде паутины)

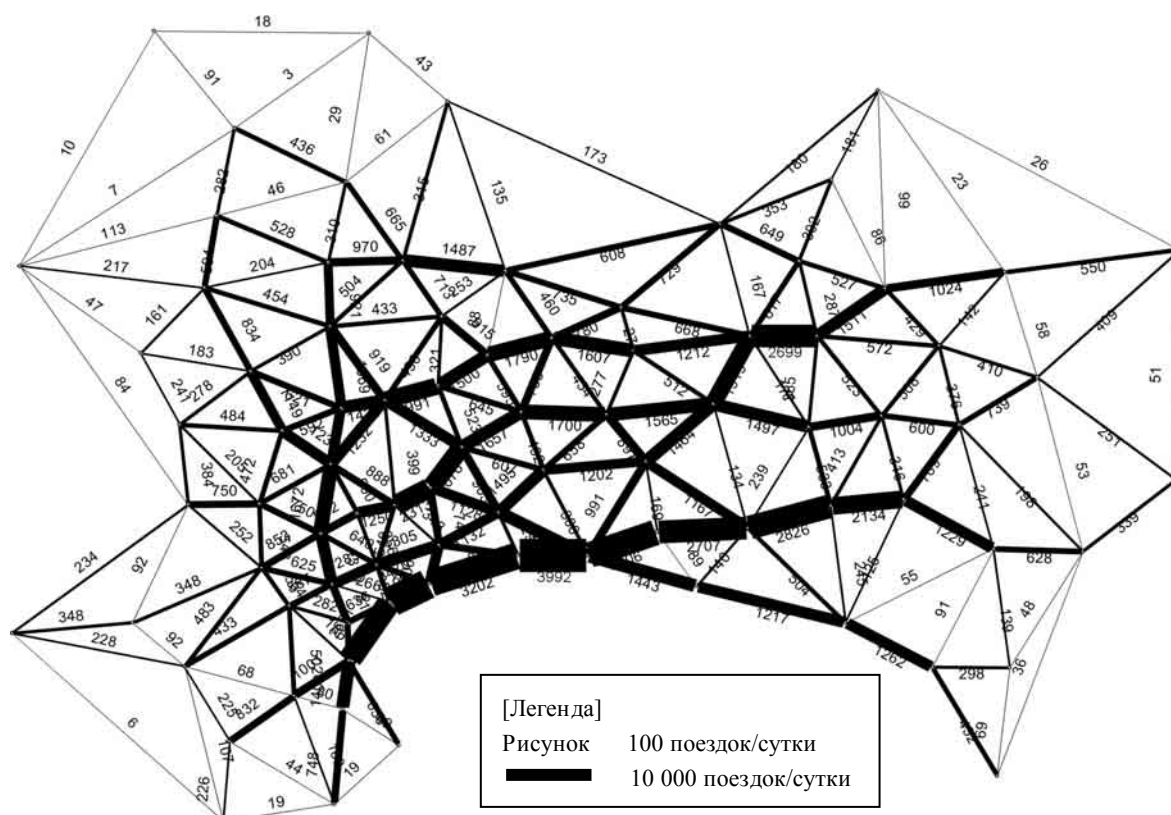


Рисунок 10.4.3 Распределение поездов в 2020 году – случай "ничего не делать" (в виде паутины)