

УДК 681.3

Об одной методике регрессионного анализа результатов имитационного моделирования городской транспортной сети

В. Н. ГАЛУШКО

Исследуем статистические зависимости между входными параметрами $\{X_i\}$ и откликами $\{Y_i\}$ ИМ ГТС, используя методики регрессионного анализа результатов имитационных экспериментов. В качестве средней точки исследователем используются данные, полученные в ходе натурного эксперимента (НЭ). Входными параметрами $\{X_i\}$ ИМ ГТС являются: средняя скорость движения транспортных средств между остановками маршрутов $v_{движ}$, частота поступления пассажиров на остановки $\lambda_{пасс}$, частота выхода транспортного средства на линию $\omega_{трансп}$. Откликами $\{Y_i\}$ ИМ ГТС будут средние значения: времени, проведенного всеми пассажирами в ГТС (τ_i); времени движения транспорта между остановками ($\tau_{трансп}$); наполнения салона между остановками (H_i); времени ожидания транспорта на остановках ($\tau_{ож}$); времени посадки и высадки ($\tau_{пос}$ и $\tau_{выс}$).

Статистические зависимости между входными параметрами $\{X_i\}$ и откликами $\{Y_i\}$ исследуем с помощью однофакторного эксперимента. Варьируя поочередно каждый из параметров $\{X_i\}$ ИМ ГТС при фиксированных значениях остальных параметров на уровне значений НЭ (в срединной точке), замеряем на ИМ матрицы откликов $\{Y_i\}$. Согласно процедуры Монте-Карло, по каждой выборке $\{Y_i\}$ формируются оценки математического ожидания

$M_{ST_{jh}}$ и дисперсия изменения статистики $S_{ST_{jh}}^2$ для h -го варианта ИЭ. По результатам имитационных экспериментов ИМ ГТС строим математическую модель уравнения регрессии в виде $\bar{y}_x = b_0 + b_1 \cdot x$. Коэффициенты b_0 и b_1 линейной эмпирической функции регрессии Y на X находим методом наименьших квадратов [1]. Для оценки тесноты связи между составляющими $\{Y_i\}$ и $\{X_i\}$ определяем эмпирические выборочные коэффициенты корреляции $\{\hat{r}_i\}$

$$\hat{r}_i = \frac{\sum_{i=1}^n ((x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y}))}{\sqrt{\sum_{i=1}^n ((x_i - \bar{x})^2) \cdot \sum_{i=1}^n ((y_i - \bar{y})^2)}}.$$

Проверяем значимость эмпирических выборочных коэффициентов корреляции $\{r_i\}$, которая позволит сделать вывод о существенности описания зависимости уравнением регрессии, либо о том, что данное уравнение никак не определяет существующую зависимость между $\{Y_i\}$ и $\{X_i\}$, а ненулевое значение коэффициента корреляции обусловлено лишь случайностью выборочных данных. Для проверки используется критерий значимости t_i , определяемый выражением $t_i = \hat{r}_i \sqrt{\frac{n-2}{1-\hat{r}_i^2}}$, который имеет распределение Стьюдента с $v = n-2$ степенями свободы. Таким образом, с вероятностью ошибки $\alpha=0,05$ можно утверждать, что гипотеза о линейной зависимости величин $\{Y_i\}$ и $\{X_i\}$ верна.

Результаты расчетов для ИМ ГТС приведены в таблицах 1, 2, 3.

Варьируем среднюю скорость движения транспортных средств между остановками маршрутов $v_{движ}$ (таблица 1).

Результаты расчетов для ИМ ГТС приведены в таблицах 1, 2, 3.

Варьируем среднюю скорость движения транспортных средств между остановками маршрутов $v_{движ}$ (таблица 1).

Получаем следующие уравнения регрессии: $\tau_i(v_{движj}) = -11,233 \cdot v_{движj} + 61,879$, $\tau_{транспi}(v_{движj}) = -1,974 \cdot v_{движj} + 6,818$, $H_i(v_{движj}) = 1,245v_{движj} + 27,58$, $\tau_{ожi}(v_{движj}) = -0,59 \cdot v_{движj} + 8,68$, $\tau_{высi}(v_{движj}) = -0,168 \cdot v_{движj} + 3,65$.

Таблица 1.

Исходные данные	Скорость движения транспортных средств на маршруте	Среднее время, проведенное всеми пассажирами в ГТС, мин	Среднее время движения транспорта между остановками, мин	Среднее наполнение салона между остановками, пасс.	Среднее время ожидания транспорта на остановках, мин	Среднее время посадки и высадки, мин
-0,5*Хср	1,5	44,91	3,84	29,15	7,91	3,42
-0,25*Хср	1,25	48,19	4,35	29,23	7,88	3,49
Хср	1	50,59	4,88	29,02	7,99	3,37
+0,25*Хср	0,75	52,99	5,34	29,00	8,23	3,51
+0,5*Хср	0,5	56,55	5,81	27,71	8,47	3,62
\hat{t}_i		-1,00	-1,00	0,78	-0,93	-0,69
t_i		-275,89	-786,96	25,87	-52,36	-19,83

Варьируем частоту поступления пассажиров на остановки $\lambda_{пассr}$ (таблица 2).

Получаем следующие уравнения регрессии: $\tau_i(\lambda_{пассr}) = 33,35 \cdot \lambda_{пассr} + 15,04$, $\tau_{транспi}(\lambda_{пассr}) = -7,66 \cdot \lambda_{пассr} + 1,979$, $H_i(\lambda_{пассr}) = 31,9 \lambda_{пассr} - 4,3$, $\tau_{ожi}(\lambda_{пассr}) = 6,73 \cdot \lambda_{пассr} + 0,79$, $\tau_{высi}(\lambda_{пассr}) = 3,54 \cdot \lambda_{пассr} - 0,23$.

Таблица 2

Исходные данные	Частота поступления пассажиров на остановки, пасс./5 мин	Среднее время, проведенное всеми пассажирами в ГТС, мин	Среднее время движения транспорта между остановками, мин	Среднее наполнение салона между остановками, пасс.	Среднее время ожидания транспорта на остановках, мин	Среднее время посадки и высадки, мин
-0,5*Хср	0,50	33,75	3,665	14,67	4,46	1,67
-0,25*Хср	0,75	35,88	3,629	14,38	5,13	2,2
Хср	1,00	50,59	4,88	29,02	7,99	3,37
+0,25*Хср	1,25	56,64	5,59	36,37	9,12	4,23
\hat{t}_i		0,96	0,94	0,94	0,97	0,99
t_i		74,58	58,46	58,54	85,57	155,08

Варьируем частоту выпуска транспорта на линию $\omega_{транспj}$ (таблица 3).

Получаем следующие уравнения регрессии: $\tau_i(\omega_{транспj}) = -88,36 \cdot \omega_{транспj} + 71,26$, $\tau_{транспi}(\omega_{транспj}) = 2,815 \cdot \omega_{транспj} + 6,89$, $H_i(\omega_{транспj}) = -88,61 \omega_{транспj} + 51,97$, $\tau_{ожi}(\omega_{транспj}) = -24,29 \cdot \omega_{транспj} + 13,97$, $\tau_{высi}(\omega_{транспj}) = -9,39 \cdot \omega_{транспj} + 5,78$.

Таблица 3

Исходные данные	Частота выпуска транспорта на линию, ед./ 5 мин	Среднее время, проведенное всеми пассажирами в ГТС, мин	Среднее время движения транспорта между остановками, мин	Среднее наполнение салона между остановками, пасс.	Среднее время ожидания транспорта на остановках, мин	Среднее время посадки и высадки, мин
$-0,5 \cdot X_{\text{ср}}$	0,15	59,68	6,03	42,94	11,38	4,49
$-0,25 \cdot X_{\text{ср}}$	0,18	56,56	5,65	36,25	9,57	4,36
$X_{\text{ср}}$	0,22	50,59	4,88	29,02	7,99	3,37
$+0,25 \cdot X_{\text{ср}}$	0,30	41,54	4,32	22,12	5,73	2,81
$+0,5 \cdot X_{\text{ср}}$	0,45	33,79	3,70	15,07	3,82	1,74
\hat{t}_i		-0,98	-0,95	-0,95	-0,96	-0,98
t_i		-96,06	-65,25	-63,33	-70,07	-94,91

Abstract. The paper considers a procedure of the regressive analysis of the results of simulation modeling of city transport network.

Литература

1. Математическая статистика: 2-е изд., перераб. и доп. А.И.Герасимович – Мн.: Выш. школа, 1983. – 279с.
2. Задачи и модели исследования операций. Ч.3. Технология имитации на ЭВМ и принятие решений: учебное пособие / И. В. Максимей [и др.] – Гомель: БелГУТ, 1999. – 150 с.

Белорусский государственный университет транспорта

Поступило 17.04.07