

Имитационное моделирование процесса формирования количества легковых автомобилей на улично-дорожной сети города

Е.Ф. Бояркина, В.Г. Логачев

Тюменский государственный нефтегазовый университет, Тюмень

Аннотация: В статье рассматриваются особенности имитационных моделей, описывается имитационная модель процесса формирования количества легковых автомобилей на улично-дорожной сети города. Приводятся математические модели закономерностей, имитационная модель процесса. Описывается проверка полученной математической модели системы.

Ключевые слова: имитационная модель, математическая модель, количество легковых автомобилей, улично-дорожная сеть города.

Возможности аналитических моделей ограничены. Часто, особенно при рассмотрении сложных систем [1-3], к которым относится система формирования количества легковых автомобилей на улично-дорожной сети (УДС), требуется аппарат имитационного моделирования.

Существенным достоинством имитационной модели является то, что она позволяет «проиграть» тысячи разных вариантов поведения исходной системы, что в реальной жизни потребовало бы большого объема денежных затрат, времени, а в некоторых случаях было бы просто невозможно. При этом рассматриваемая модель соответствует реальному объекту по всем ключевым параметрам, которые к тому же тоже можно менять на усмотрение исследователя.

Дополнительным плюсом имитационных моделей является возможность яркой и наглядной визуализации процесса, создание своего рода компьютерной игры или фильма. В то же время при необходимости разработчик может ограничиться весьма простым и доступным вариантом.

Для реализации имитационного моделирования была выбрана программная среда Matlab 7.3.0.267 R2006b, приложение Simulink, рабочее окно которого представлено на рис. 1.

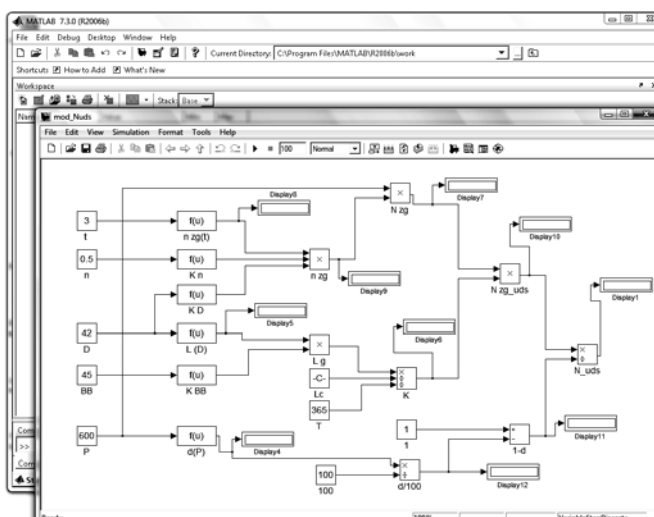
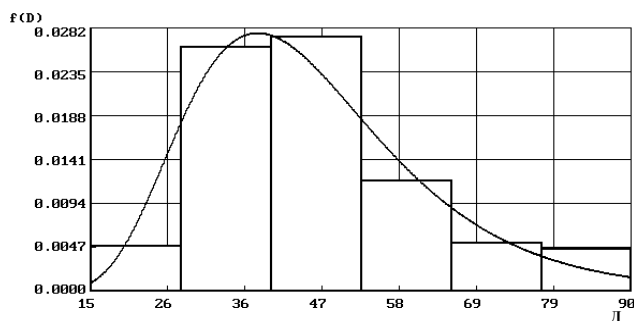


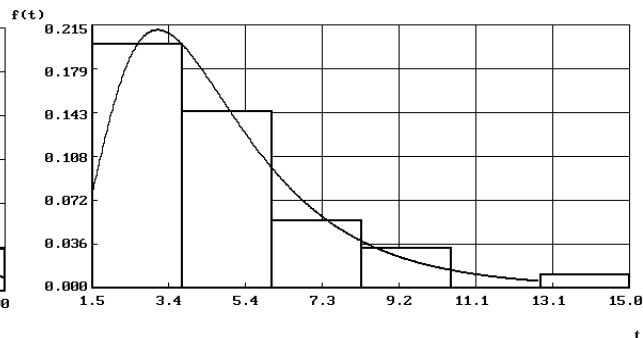
Рис. 1. - Процесс моделирования в среде Matlab Simulink

Перед началом моделирования заносятся исходные данные: F1 - количество автомобилей на одного человека в семье; F2 – срок владения автомобилем одним человеком; F3 – доход семьи в месяц; F4 – площадь города; F5 - возраст владельца автомобиля; F6 – численность населения города. Кроме того, необходимо внести значения некоторых составляющих модели, остающихся постоянными на протяжении процесса моделирования: LC – суточный пробег автомобиля; T – продолжительность календарного года.

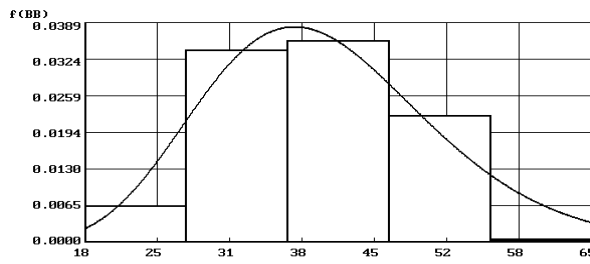
Затем указываются вид и параметры математических моделей закономерностей влияния факторов на функции отклика (рис. 2).



$$f(x) = \frac{1}{42} \cdot e^{-0,002 \cdot (2 - \ln x)^2}$$



$$f(x) = \frac{1}{0,4} \cdot e^{-0,07 \cdot (-0,4 - \ln x)^2}$$

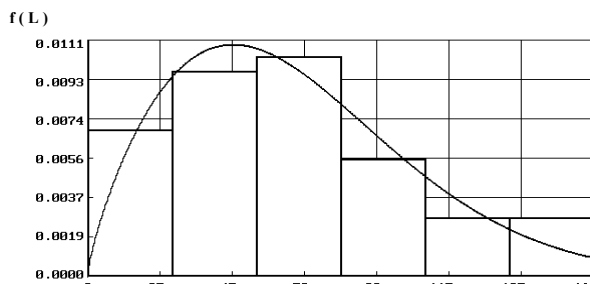
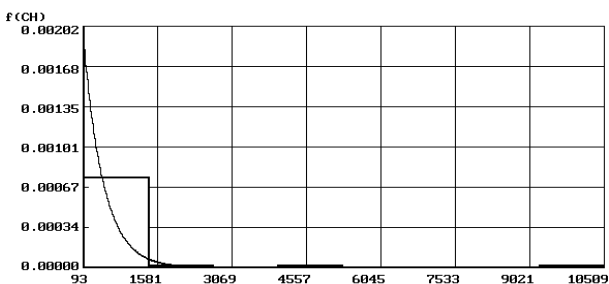


n_s

BB

$$f(x) = \frac{1}{7} \cdot e^{-17 \cdot (0,7 - \ln x)^2}$$

$$f(x) = \frac{3 \cdot 10^{-18} \cdot x^{14}}{e^{0,4x}}$$



CH

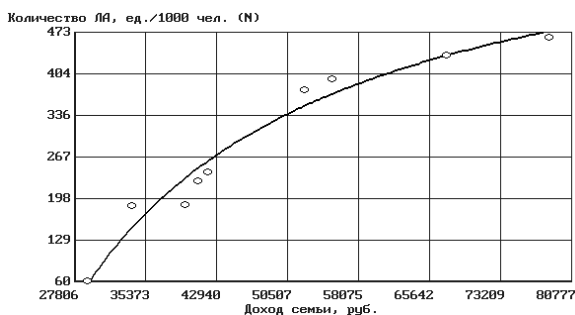
L

$$f(x) = 0,003 \cdot \frac{1}{e^{0,003 \cdot x}}$$

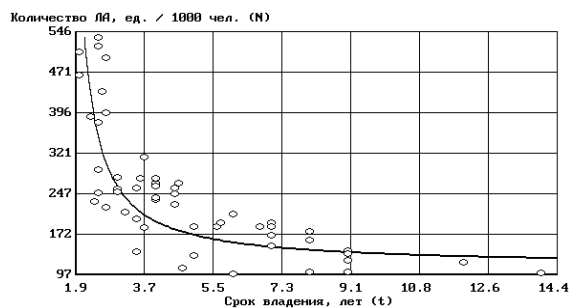
$$f(x) = 0,001 \cdot \left(\frac{x}{2027}\right)^{0,8} \cdot e^{\left(-\frac{x}{2027}\right)^{1,8}}$$

Рис. 2. – Вид и математические модели распределения факторов

Эксперимент включал в себя сбор данных о количестве транспортных средств, их пробеге, доле транзитных ТС, значении факторов в 40 городах России, отличных по рассматриваемым параметрам. Данные были обработаны с использованием известных методик [4,5], и получены регрессионные модели.



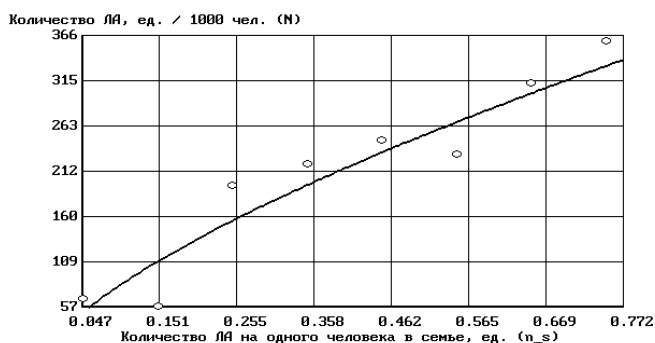
$$N = 723 - \frac{2 \cdot 10^4}{D}$$



$$N = 91 + \frac{402}{t}$$

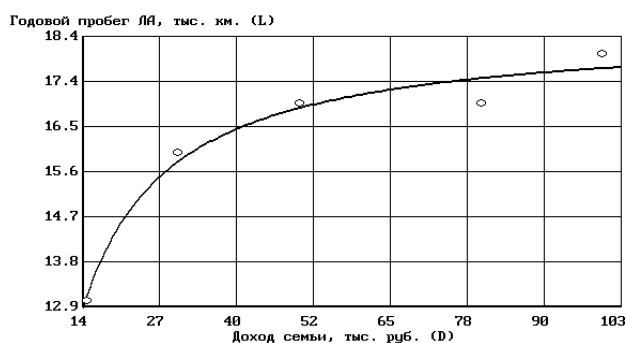
Рис. 3. – Зависимость N от D.

Рис. 4. – Зависимость N от t.



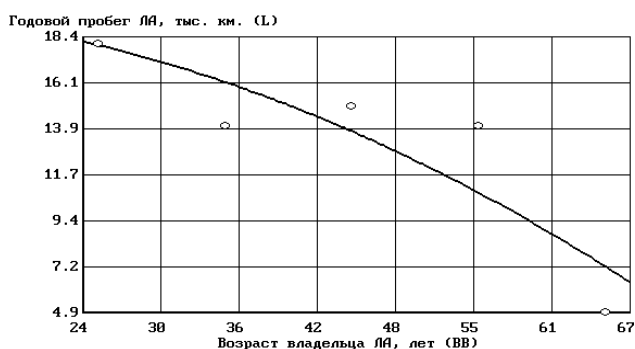
$$N = 404 \cdot n_s^{0,7}.$$

Рис. 5. – Зависимость N от n_s.



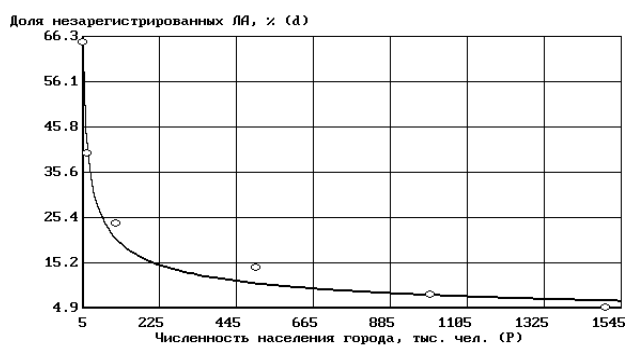
$$L = 19 - \frac{82}{D}.$$

Рис. 6. – Зависимость L от D.



$$L = 20 - 0,003 \cdot BB^2.$$

Рис. 7. – Зависимость L от BB.



$$d = 142 \cdot P^{-0,4}.$$

Рис. 8. – Зависимость d от P.

Представленные модели проверены на адекватность с помощью критерия Фишера.

Чтобы учесть влияние каждого из шести факторов, было принято решение рассматривать в качестве основных лишь несколько: время владения транспортным средством, семейный доход и число жителей населенного пункта, а влияние остальных выразить через поправочные коэффициенты следующего вида (форм. 1).

$$K = \frac{Y = f(X)}{Y = f(\bar{X})} = \frac{Y = f(X)}{\text{const}_Y}, \quad (1)$$

где $Y=f(X)$ – рассчитанное по полученным математическим моделям значение функции отклика; $Y = f(\bar{X})$ - рассчитанное по полученным

математическим моделям значение функции отклика от среднего значения фактора; const_Y – взятое за постоянную величину значение функции отклика от среднего значения фактора.

Данная аналитическая модель позволяет рассчитать среднее значение количества легковых автомобилей на УДС города, а также интервал варьирования данной величины. Далее рассматриваемую модель системы можно преобразовать (форм. 2).

$$N_{\text{удс}} = \frac{\left[\left(91 + \frac{402}{t} \right) \cdot \frac{723 - \frac{2 \cdot 10^4}{D}}{324} \cdot \frac{404 \cdot n^{0,7}}{230} \cdot P \right] \cdot \left[\frac{\left(19 - \frac{82}{D} \right) \cdot \left(\frac{20 - 0,003 \cdot BB^2}{15} \right)}{0,07 \cdot 365} \right]}{1 - \frac{142 \cdot P^{-0,4}}{100}} \cdot (1 \pm 0,1). \quad (2)$$

Логично предположить, что используемые в модели факторы имеют некоторую область значений: $t \in (0; +\infty)$ [6, 7]; $D \in [27; +\infty)$; $n \in (0; +\infty)$; $P \in (12; +\infty)$ [8]; $BB \in [18; 100]$ [7].

Полученная модель системы была проверена на адекватность (более 95%), а значит, она достаточно достоверна для применения, например, в градостроительном планировании [9, 10].

Литература

1. Захаров Н.С., Текутьев Л.А. Информационное обеспечение системы контроля индекса клиентской лояльности // Инженерный вестник Дона. 2014. №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2014/2506.

2. Захаров Н.С., Ракитин В.А. Оценка срока окупаемости газобаллонного оборудования с учетом изменения надежности газодизельных автомобилей // Инженерный вестник Дона. 2015. №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2p2y2015/2916.

3. Захаров Н.С., Шакиров И.Ф. Система формирования расхода топлива снегоочистительными автомобилями аэропортов // Инженерный вестник Дона. 2015. №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2015/2825.

4. Захаров Н.С., Ильюхин А.В. Распределение интервалов времени между заявками на проведение автотехнической экспертизы // Инженерный вестник Дона. 2015. №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2015/2811.

5. Пермяков В.Н., Новоселов О.А., Макарова А.Н. Моделирование закономерностей распределения наработок на отказ бульдозеров при строительстве оснований для нефтегазовых объектов / Инженерный вестник Дона. 2014. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2435.

6. Car use: lust and must. Instrumental, symbolic and affective motives for car use / Steg Linda // Transportation Research. Part A. 2005. № 2-3. pp. 147 – 162.

7. Golob T.F., Bunch D.S., Brownstone D. A vehicle use forecasting model based on revealed and stated vehicles type choice and utilization data. // Journal Transportation Economy and Policy. 1997. № 1. pp. 69 – 92, 139, 141, 143.

8. The Chinese way: Its-related funding opportunities in China. // Traffic Technology International. 2006. pp. 45 - 46.

9. Цурикова А.С., Титла И.М., Тюлькин В.А. Оптимизация структуры отраслевого органа администрации в сфере транспортного обслуживания города Тюмени // Инженерный вестник Дона. 2015. № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2p2y2015/3018.

10. Литвинов А.В., Мокрушин Ю.А. Современное состояние и перспективы развития пассажирского транспортного комплекса городской агломерации // Инженерный вестник Дона. 2015. №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2015/2749.

References

1. Zaharov N.S., Tekut'ev L.A. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2014, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2014/2506.



2. Zaharov N.S., Rakitin V.A. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2015, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2p2y2015/2916.
3. Zaharov N.S., Shakirov I.F. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2015, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2015/2825.
4. Zaharov N.S., Il'juhin A.V. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2015, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2015/2811.
5. Permjakov V.N., Novoselov O.A., Makarova A.N. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2014, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2435.
6. Car use: lust and must. Instrumental, symbolic and affective motives for car use. Steg Linda. Transportation Research. Part A. 2005. № 2-3. pp. 147 – 162.
7. Golob T.F., Bunch D.S., Brownstone D. A vehicle use forecasting model based on revealed and stated vehicles type choice and utilization data. Journal Transportation Economy and Policy. 1997. № 1. pp. 69 – 92, 139, 141, 143.
8. The Chinese way: Its-related funding opportunities in China. Traffic Technology International. 2006. pp. 45 - 46.
9. Curikova A.S., Titla I.M., Tjul'kin V.A. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2015, № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2p2y2015/3018.
10. Litvinov A.V., Mokrushin Ju.A. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2015, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2015/2749.