

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА КАК СОЦИОФИЗИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Валуев А. М., Соловьев А.А.

*(Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН,
г. Москва)*

Трафик на городской дорожной сети (ГДС) — одновременно физический и социальный феномен, что приводит к большим сложностям при его формальном описании и моделировании. Феноменологическая теория трех фаз транспортного потока [1] непригодна для детального прогноза дорожной обстановки и управления ею, различные макро- и микромоделли трафика [2] адекватны в узких областях применения, слабо учитывают организацию дорожного движения (ОДД) и мотивацию водителей. Для прогнозирования и управления трафиком следует использовать закономерности, для получения которых требуется выполнить микромоделирование в терминах движения автотранспортных средств (АТС), связанных между собой по условиям безопасности и достижения целей отдельных водителей (или идущих им на смену автопилотов, в программы управления которых закладываются те же условия). В докладе предлагается общая концепция микромоделирования трафика как гибридной системы [3], в которой на механическое движение отдельных АТС наложены неустойчивые сервосвязи, вытекающие из целей водителей, условий безопасности и ОДД на участках ГДС.

По условиям ОДД перемещение отдельного АТС как на дороге, так и на перекрестке должно выполняться вдоль заданных трасс (осей дорожных полос), за исключением перестроений между соседними полосами на разрешенных участках. Система трасс составляет носитель АТС; она описывается на верхнем уровне графом взаимосвязи трасс, а на нижнем — описанием самих трасс как кривых на поверхности дорожного покрытия.

Движение отдельного АТС вдоль трасс и в процессе перестроения в первом приближении рассматривается как движение материальной точки с управлением по ускорению. Другими управлениями являются: момент начала перестроения и номер

очередной трассы в точках их расхождения. Предлагается стратегия управления автомобилем, гарантирующая совместное безопасное движение цепочки АТС, для однополосного движения по прямолинейному участку дороги в соответствии с уравнениями (относительно положения переднего бампера)

$$(1) \quad \ddot{x}_i = a_i(t), -b_{\max i} \leq a_i(t) \leq a_{\max i}.$$

Она основана на соблюдении для $(i+1)$ -го АТС (в предположении, что $b_{\max i} \geq b_{\max i+1}$, при длине L_i i -го АТС) условия

$$(2) \quad x_{i+1}(t) + (\dot{x}_{i+1}(t))^2 / (2b_{\max i+1}) \leq x_i(t) + \dot{x}_i(t) \cdot \min\{\dot{x}_i(t) / (2b_{\max i}), \dot{x}_{i+1}(t) / (2b_{\max i+1})\} - L_i.$$

Формула (2) выражает неудерживающую связь для рассматриваемого случая и обобщается на случай $b_{\max i} < b_{\max i+1}$. Другие ограничения накладываются на скорость, в т.ч. на поворотах. Движение, подчиняющееся ограничению (2) и его обобщениям, исключает столкновения; при соблюдении скоростного ограничения выбор $a_{i+1}(t)$ из условия обращения (2) в равенство обеспечивает наибольшую скорость и плотность однополосного потока.

Для выбора момента перестроения между полосами или парковки на обочине определены условия, выражающие допустимость таких переходов, их безопасность и мотивацию водителя. Они также выражаются в виде неравенств, связывающих фазовые координаты соседних АТС. Вычислительные эксперименты с такими моделями позволяют установить интегральные зависимости, характеризующие динамику потоков [3].

Литература

1. KERNER B.S. *Introduction to modern traffic flow theory and control. The long road to three-phase traffic theory.* Springer Science & Business Media, 2009.
2. TREIBER M., KESTING A. *Traffic Flow Dynamics: Data, Models and Simulation.* Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag, 2013, xiii+504 p.
3. ВАЛУЕВ А.М., СОЛОВЬЕВ А.А. *Моделирование зависимостей, характеризующих динамику автотранспортных потоков // Информатизация и связь.* – 2018. – №2. – С. 106–113.