

СИНТЕЗ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ГАШЕНИЯ ВОЗМУЩЕНИЙ БОКОВОЙ СКОРОСТИ ДВИЖУЩЕГОСЯ АВТОМОБИЛЯ

Бабикова Ю.С.

Набережночелнинский институт ФГАОУ ВПО Казанский (Приволжский) федеральный университет, 423810, г. Набережные Челны, пр. Мира, д.68/19

e-mail: yuliya-babikova@mail.ru

поступила в редакцию 08 декабря 2014 года

Аннотация

В статье рассматривается процесс построения и численного моделирования работы нечёткого регулятора, предназначенного для гашения возмущений боковой скорости движущегося автомобиля.

Ключевые слова: *нечёткий регулятор, математическая модель движения автомобиля, база правил нечёткого контроллера, гашение возмущений боковой скорости.*

Введение. Одним из основных показателей качества автомобиля является его безопасность, на которую в свою очередь большое влияние оказывает курсовая (или траекторная) устойчивость. Многие модели автомобилей в наше время оснащены автоматическими системами обеспечения курсовой устойчивости, которые позволяют водителю лучше контролировать поведение автомобиля.

Система обеспечения курсовой устойчивости или система динамической стабилизации – это вспомогательная автомобильная система безопасности, которая предохраняет транспортное средство во время езды от заноса. Система способствует удержанию автомобиля в рамках заданной траектории во всех режимах движения. Она помогает водителю контролировать поведение машины, следя за тем, чтобы транспортное средство перемещалось в сторону поворота руля.

Проведенные исследования показывают, что одну треть аварий со смертельным исходом можно было бы избежать, если бы все автомобили были оснащены системами курсовой устойчивости [1].

Современный уровень развития автомобильной отрасли, а также постоянная конкуренция требуют от производителей комплексного подхода к разработке специальных систем повышения безопасности автомобилей. С одной стороны, необходимо повышать качество управления, затрачивая как можно меньше ресурсов и времени, с другой – увеличивать количество функций, выполняемых объектом, следовательно, необходимо учитывать всё больше факторов, которые не всегда поддаются строгой формализации. В условиях некоторых неопределенностей или неточностей в описании динамического объекта для управления как нельзя лучше подходят нечёткие контроллеры. Кроме того, в отличие от классических, нечёткие регуляторы достаточно хорошо работают при наличии помех и шумов, что значительно расширяет область их применения и при этом позволяет получить достаточно высокое качество управления при относительно невысоком уровне затрат по стоимости, времени и вычислениям.

Основная часть. Объект управления в рассматриваемой задаче представляет собой автомобиль, на который действуют внешние возмущения в виде неровностей дорожного полотна. Опишем объект следующей линеаризованной математической моделью:

$$\begin{cases} \dot{x} = Ax + B_1\alpha + B_2\theta \\ z = C_1x + D_{11}\alpha + D_{12}\theta, \\ y = C_2x + D_{21}\alpha \end{cases} \quad X = \begin{pmatrix} v_y \\ \omega_z \\ y \\ \varphi \end{pmatrix}.$$

Здесь $x \in R^{n_x}$ – состояние, $v \in R^{n_v}$ – возмущение, $u \in R^{n_u}$ – управление, $z \in R^{n_z}$ – управляемый выход, $y \in R^{n_y}$ – измеряемый выход, α – сигнал возмущения, θ – управляющий сигнал.

Переменные состояния: v_y – скорость движения центра масс относительно оси OY ,

ω – скорость вращения автомобиля относительно оси OZ ,

Y – боковое смещение автомобиля,

φ – угол поворота автомобиля относительно оси OZ .

Матрицы коэффициентов модели в пространстве состояний имеют следующий вид:[2]

$$A = \begin{bmatrix} -\frac{k_{y\theta 1} + k_{y\theta 2}}{m_a v_x} & -\left(\frac{k_{y\theta 1} l_1 - k_{y\theta 2} l_2}{m_a v_x} + v_x\right) & 0 & 0 \\ \frac{k_{y\theta 1} l_1 - k_{y\theta 2} l_2}{J_z v_x} & \frac{k_{y\theta 1} l_1^2 + k_{y\theta 2} l_2^2}{J_z v_x} & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & v_x \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}, B_1 = \begin{bmatrix} g \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, B_2 = \begin{bmatrix} \frac{k_{y\theta 1}}{m_a} \\ \frac{k_{y\theta 1} l_1}{J_z} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, C_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$C_1 = [0 \ 0 \ 1 \ 0], D_{11} = D_{12} = D_{21} = [0].$$

Здесь m_a – масса автомобиля, l_1 – расстояние от центра масс до переднего моста, l_2 – расстояние от центра масс до заднего моста, J_z – момент инерции относительно центра масс, $k_{y\theta 1}$ и $k_{y\theta 2}$ – коэффициенты сопротивления уводу переднего и заднего мостов соответственно, v_x – скорость движения центра масс автомобиля относительно оси Ox , g – ускорение свободного падения.

Задача гашения возмущений боковой скорости движущегося автомобиля состоит в определении необходимого угла поворота рулевого колеса α по измерениям текущего бокового смещения $Y(t)$ и боковой скорости v_y для того, чтобы автомобиль двигался строго по прямолинейной траектории. Т. о. нечеткий регулятор должен иметь 2 входа, на первый мы будем подавать текущее значение $Y(t)$, на второй – v_y . На выходе нечеткого регулятора будем иметь значение α , которое и будет являться управляющим воздействием на объект.

В качестве алгоритма нечеткого логического вывода использовался алгоритм Мамдани [3]. Для входных переменных определено по 5 термов: BL – большое влево, SL – малое влево, Z – около нуля, SR – малое вправо, BR – большое вправо. Для выходной переменной 7 термов: BL – большое влево, ML – среднее влево, SL – малое влево, Z – около нуля, SR – малое вправо, MR – среднее вправо, BR – большое вправо. В качестве функций активации использовались треугольная и трапецевидная. Диапазон изменения входной переменной «Перемещение»: [-1, 1], переменной «Боковая скорость»: [-2, 2], выходной переменной «Угол поворота руля»: [-45, 45].

Для того чтобы «научить» регулятор пользоваться знаниями водителей – экспертов представим их в виде формализованной базы правил:

Таблица 1. База правил.

		Перемещение				
		BL	SL	Z	SR	BR
Боковая скорость	BL	BR	BR	MR	MR	Z
	SL	BR	SR	SR	Z	ML
	Z	MR	SR	Z	SL	ML
	SR	MR	Z	SL	ML	BL
	BR	SL	ML	ML	BL	BL

Правила из таблицы читаются следующим образом:

1. ЕСЛИ перемещение большое влево И большая боковая скорость влево, ТО руль повернуть на большой угол вправо;
2. ЕСЛИ перемещение большое влево И малая боковая скорость влево, ТО руль повернуть на большой угол вправо; и т.д.

Для моделирования движения автомобиля была собрана схема в Simulink (рисунок 1) [4]. Объект управления здесь описан моделью в пространстве состояний. При моделировании использовались следующие характеристики легкового заднеприводного автомобиля:

$$m=1269, \quad v=15, \quad J=1200, \quad k_{uv1}=88783, \quad k_{uv2}=88783, \quad l_1=1.103, \quad l_2=0.92, \quad g=9.8$$

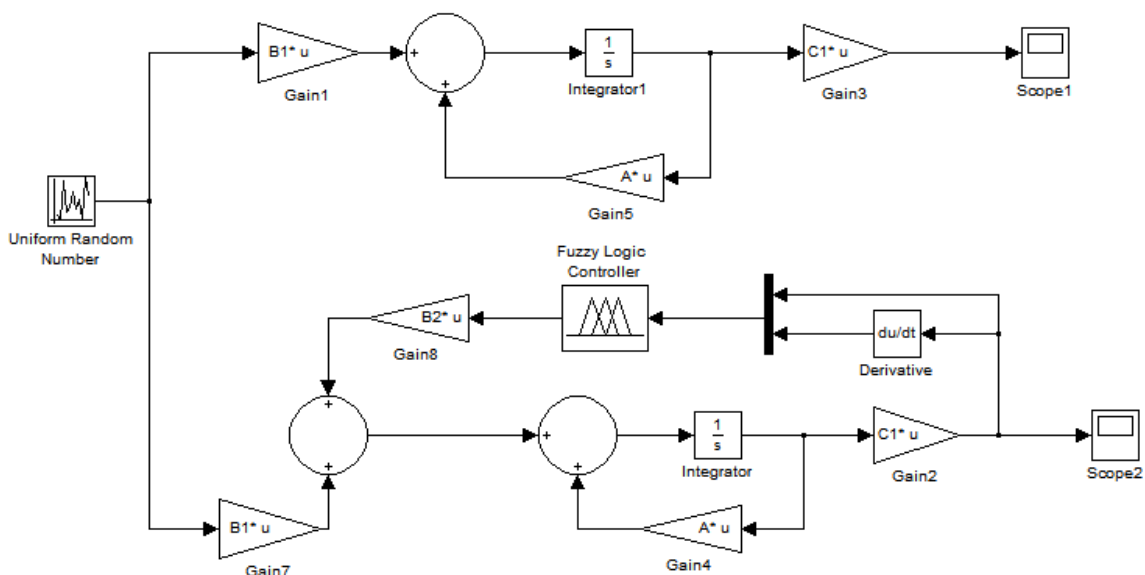


Рисунок 1. – Схема САУ с нечетким регулятором.

Подадим на вход объекта управления различные сигналы. Про моделируем движение автомобиля при наличии и отсутствии в цепи регулятора. Полученные результаты представлены на рисунках 2-5.

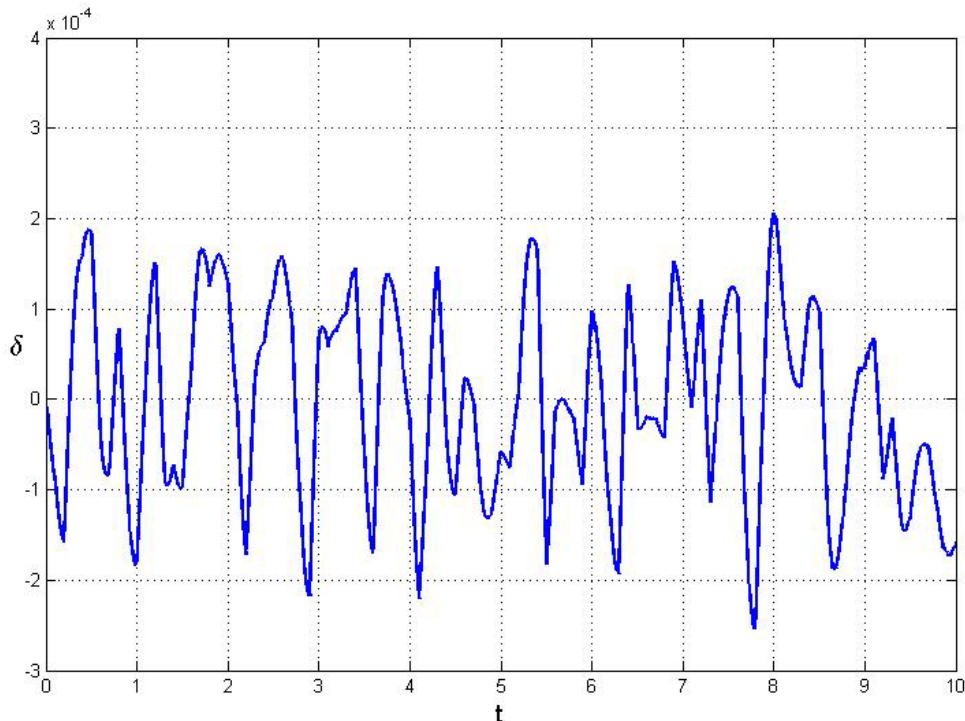


Рисунок 2. – Реакция системы на случайный сигнал при наличии регулятора.

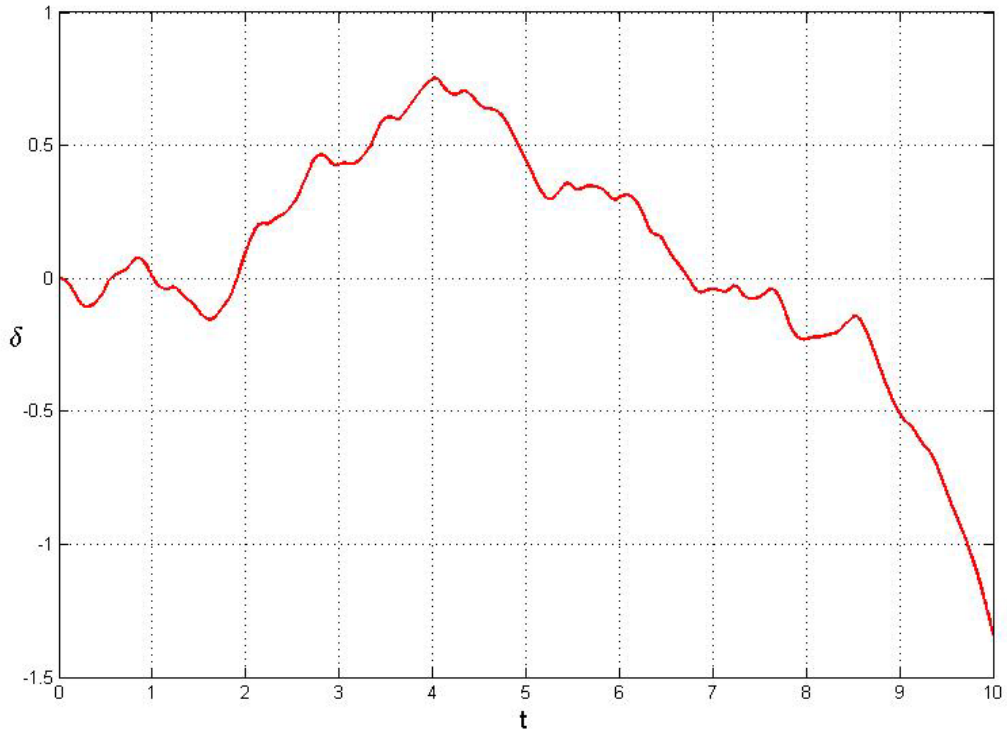


Рисунок 3. – Реакция системы на случайный сигнал при отсутствии регулятора.

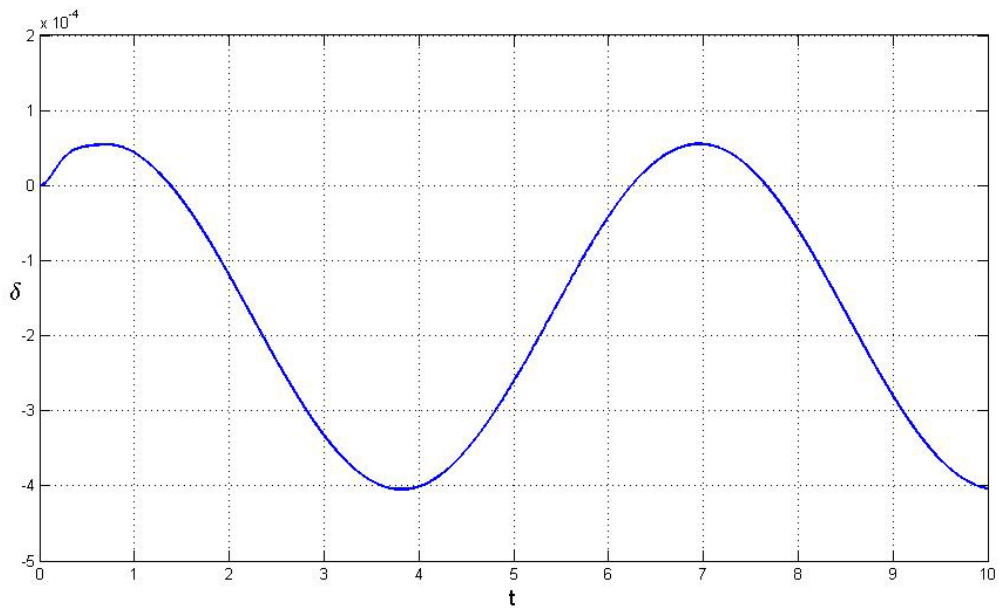


Рисунок 4. – Реакция системы на гармонический сигнал при наличии регулятора.

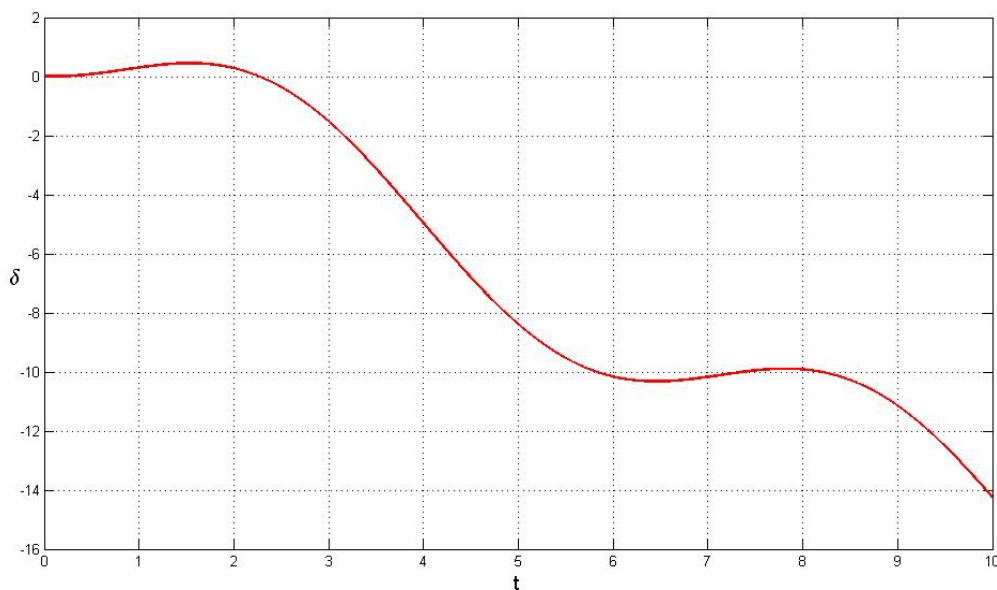


Рисунок 5. – Реакция системы на гармонический сигнал при отсутствии регулятора.

Заключение. В ходе работы с использованием инструментального пакета MATLAB был построен нечёткий регулятор для гашения возмущений боковой скорости движущегося автомобиля. Далее было проведено моделирование движения автомобиля при наличии и отсутствии в цепи нечёткого контроллера. Проанализировав графики движения, полученные на этапе численного моделирования, были сделаны выводы о том, что построенный регулятор достаточно хорошо стабилизирует траекторию при подаче на вход разнообразных возмущающих воздействий.

Благодарность. Выражаю особую благодарность своему научному руководителю – кандидату технических наук, доценту кафедры системного анализа и информатики Набережночелнинского института КФУ, Демьянову Дмитрию Николаевичу за помощь в подготовке данной статьи.

Список литературы

- 1) Интернет-ресурс: Autopresse. ESP-система, спасающая жизни. <http://autopresse.ru/autopedia.html?id=5> (Дата обращения: 17.09.2014).
- 2) Алексеев К.Б., Малявин А.А., Палвгута К.А. Сравнительный анализ предикторного и нечеткого управления движением автомобиля // Теоретический и прикладной научно-технический журнал «Мехатроника, автоматизация, управление». 2009. Т.5. С.38.
- 3) Ярушкина Н.Г. Основы теории нечётких и гибридных систем: Учебное пособие. М.: Финансы и статистика. 2004. 320 с.
- 4) Интернет-ресурс: Fuzzy Logic Toolbox. <http://matlab.ru/products/fuzzy-logic-toolbox> (Дата обращения: 25.08.2014).