

СИНТЕЗ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ГАШЕНИЯ ВОЗМУЩЕНИЙ ПРОДОЛЬНОЙ СКОРОСТИ ДВИЖУЩЕГОСЯ АВТОМОБИЛЯ

Степанов В.В.

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

e-mail: zurichelny@mail.ru

поступила в редакцию 10 декабря 2014 года

Аннотация

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

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

Введение. В настоящее время, показателем качества автомобиля является безопасность его движения и высокий уровень комфорта для водителя. Удовлетворяя этим качествам, многие модели автомобилей оснащены системами круиз контроля, которые обеспечивают водителю постоянный контроль над скоростью автомобиля, следя за тем, чтобы он перемещался с одной и той же скоростью.

Проблемы правильного принятия решений в сложных условиях занимают в настоящее время особое место в информационных технологиях. Существует ряд задач, которые не поддаются формальному описанию или решению, которые выполнял обычный регулятор. У человеческого интеллекта, наверное, самым впечатляющим является способность принимать такие решения в условиях неполной и нечеткой информации. Для разрешения таких задач существует термин «нечеткая логика». Предметом нечёткой логики считается исследование рассуждений в условиях нечёткости, размытости, сходных с рассуждениями в обычном смысле, и их применение в вычислительных системах.

В условиях некоторых неопределенностей или неточностей в описании динамического объекта для управления как нельзя лучше подходят использование нечетких регуляторов, главное достоинство которых, это эффективное управление объектами в условиях неопределенности их характеристик путем моделирования механизма обработки знаний аналогично поведению высококвалифицированного эксперта. Также в сравнении с обычным регулятором, нечеткий регулятор стабилизирует сигнал при погрешностях, шумах и неточностях в значениях коэффициентов, что тоже является большим преимуществом.

Основная часть. Объект управления в рассматриваемой задаче представляет собой автомобиль [1]:

$$\begin{cases} \dot{x} = Ax + B_1v + B_2u \\ z = C_1x + D_{11}v + D_{12}u \\ y = C_2x + D_{21}v \end{cases}$$

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.

Для расчётов берется математическая модель движения автомобиля как двухмассовой колебательной системы [2]:

$$\begin{cases} \left(J_e + \frac{J_t}{i_t^2} + \frac{J_f}{i_f^2} \right) \ddot{\alpha}_{CS} = T_e - T_f - \left(\frac{d_t}{i_t^2} + \frac{d_f}{i_t^2 i_f^2} \right) \dot{\alpha}_{CS} - \frac{k}{i_f} \left(\frac{\alpha_{CS}}{i_f} - \alpha_w \right) - \frac{d}{i_f} \left(\frac{\dot{\alpha}_{CS}}{i_f} - \dot{\alpha}_w \right) \\ \left(J_w + mr^2 \right) \ddot{\alpha}_w = \frac{k}{i_f} \left(\frac{\alpha_{CS}}{i_f} - \alpha_w \right) + \frac{d}{i_f} \left(\frac{\dot{\alpha}_{CS}}{i_f} - \dot{\alpha}_w \right) - (d_w + mr^2 c_2) \dot{\alpha}_w - \frac{1}{2} c_{air} A \rho r^3 \dot{\alpha}_w^2 - mr(c_1 + g \sin \chi) \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_1 = \frac{\alpha_{CS}}{i_f} - \alpha_w \\ x_2 = \dot{\alpha}_{CS} \\ x_3 = \dot{\alpha}_w \end{cases}$$

Переменные состояния:

x_1 – разность углов поворота в начале и конце обобщённой трансмиссии,

x_2 – угловая скорость коленвала,

x_3 – угловая скорость колес.

Окончательный вид системы [2] после линеаризации примет вид:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = 0,3x_2 - x_3 \\ \dot{x}_2 = -1046,892x_1 - 12,98x_2 + 3,49x_3 + 350,28 \\ \dot{x}_3 = 3,5998x_1 + 0,0037x_2 - 0,027x_3 - 0,31 \end{cases}$$

Матрицы коэффициентов модели в пространстве состояний имеют следующий вид:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0,3 & -1 \\ -1046,89 & -12,98 & 3,49 \\ 3,599 & 0,003 & -0,027 \end{bmatrix} \quad B_1 = B_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 350,28 \\ -0,31 \end{bmatrix}$$

$$C_1 = C_2 = [0 \quad 0 \quad 1] \quad D_{11} = D_{12} = D_{21} = 0$$

Для того чтобы автомобиль двигался с заданной скоростью необходимо знать текущее отклонение скорости ΔV и ускорение a , чтобы узнать необходимую степень нажатия на педаль газа p .

В данном случае нечеткий регулятор будет иметь 2 входа: текущее значение ΔV и a . На выходе – значения p , которое будет управляющим воздействием на объект.

В качестве алгоритма нечеткого логического вывода будем использовать алгоритм Мамдани со следующими параметрами:

- 1) And method – max;
- 2) Or method – min;
- 3) Implication – max;
- 4) Aggregation – min;
- 5) Defuzzification – centroid.

Для входных переменных определим по 5 термов: БО – большое отрицательное, МО – малое отрицательное, ОО – около нуля, МР – малое положительное, ВР – большое положительное. Для выходной переменной определим 7 термов: БО – большое отрицательное, СО – среднее отрицательное, МО – малое отрицательное, ОО – около нуля, МР – малое положительное, СП – среднее положительное, ВР – большое положительное. Диапазон изменения входной переменной «Отклонение скорости» возьмем равным $[-100, 100]$, для переменной «Ускорение» $[-3, 3]$, для выходной переменной «Степень нажатия на педаль газа» $[-1, 1]$.

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

Таблица 1. База правил.

		Ускорение				
Отклонение скорости		BO	MO	OO	MP	BP
	BO	BO	BO	BO	BO	BO
	MO	SO	SO	BO	BO	BO
	OO	SP	MP	OO	MO	SO
	MP	BP	SP	MP	MP	MO
	BP	BP	BP	BP	BP	SP

Правила из таблицы читаются следующим образом:

1. ЕСЛИ «Отклонение скорости» BO И «Ускорение» BO, ТО «Степень нажатия на педаль газа» BO;
2. ЕСЛИ «Отклонение скорости» BO И «Ускорение» MO, ТО «Степень нажатия на педаль газа» BO;
3. ЕСЛИ «Отклонение скорости» BO И «Ускорение» OO, ТО «Степень нажатия на педаль газа» BO; и т.д.

Для моделирования движения автомобиля была собрана схема в Simulink (рисунок 1).

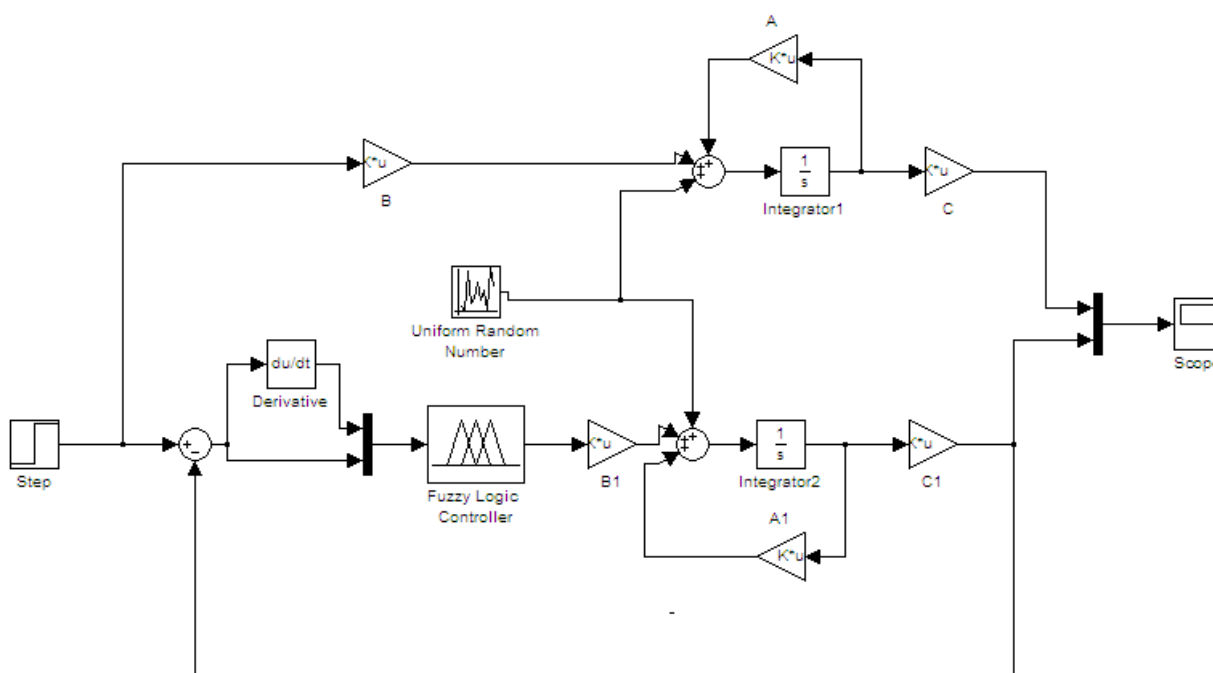


Рисунок 1. – Схема САУ с нечетким регулятором.

Подадим на вход объекта управления различные сигналы. Про моделируем движение автомобиля при наличии и отсутствии в цепи регулятора. Полученные результаты представлены на рисунках 2 и 3.

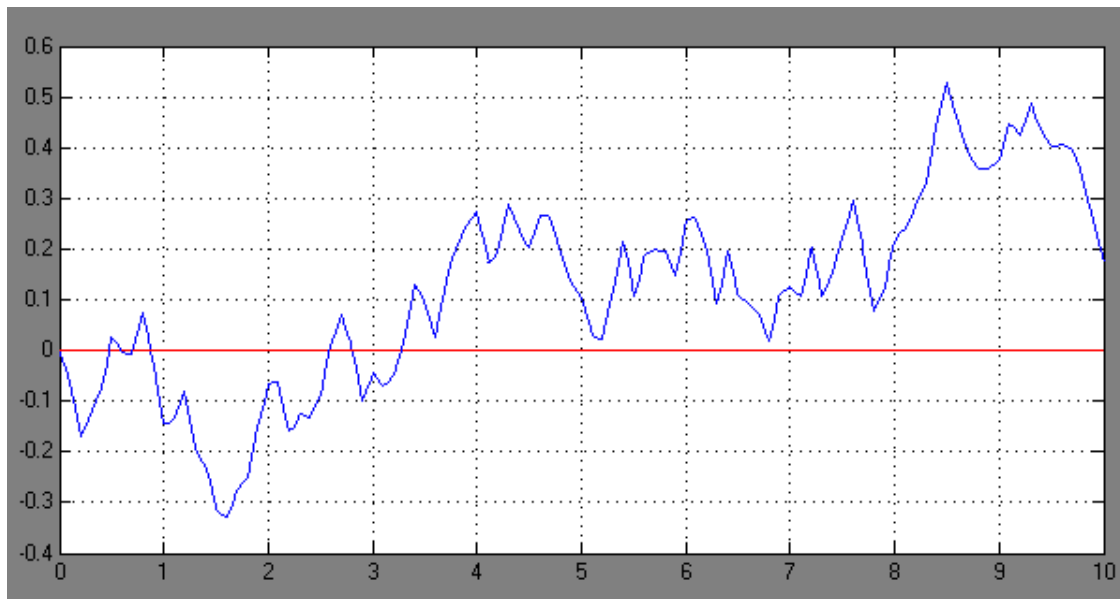


Рисунок 2. – реакция системы на случайный сигнал при наличии и отсутствии регулятора.

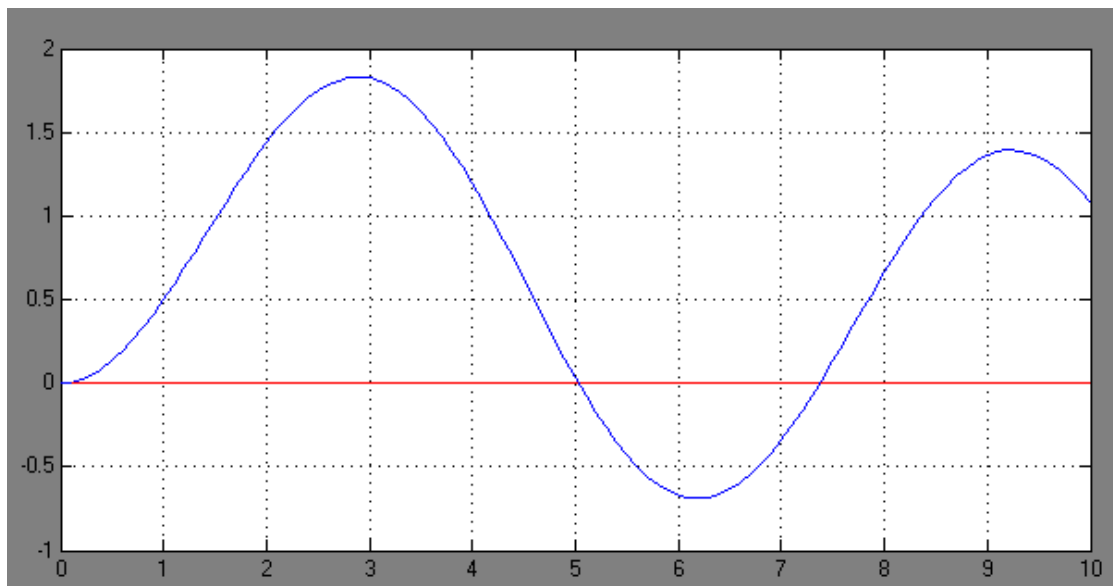


Рисунок 3. – реакция системы на синусоидальный сигнал при наличии и отсутствии регулятора.

Заключение. В ходе работы с использованием инструментального пакета MATLAB был построен нечёткий регулятор для гашения возмущений продольной 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) Баландин Д.В., Коган М.М. Синтез законов управления на основе линейных матричных неравенств. М.: Физматлит, 2007. С.108-109.

- 2) Ярушкина Н.Г. Основы теории нечётких и гибридных систем: Учебное пособие. М.: Финансы и статистика, 2004. 320 с.
- 3) Васильев В.И., Ильясов Б.Г. Интеллектуальные системы управления. Теория и практика: Учебное пособие. М.: Радиотехника, 2009. 392 с.
- 4) Гостев В.И. Нечёткие регуляторы в системах автоматического управления. К.: «Радиоаматор», 2008. 972 с.
- 5) Интернет-ресурс: Fuzzy Logic Toolbox. <http://matlab.ru/products/fuzzy-logic-toolbox> (Дата обращения: 25.08.2014).
- 6) Бузников С.Е., Тамбулатов П.В. Интеллектуальная система стабилизации безопасной скорости автомобиля // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2011. Т.9,№10. С.31-38.
- 7) Бузников С.Е., Тамбулатов П.В. Анализ решений задачи стабилизации скорости автомобиля // Мехатроника, автоматизация, управление. 2012. №2. С.49-55.