

4. *Рогозов Ю.И., Бутенков С.А., Свиридов А.С. и др.* Метод создания инструментальных средств разработки автоматизированных информационно-управляющих систем // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2008. – № 1 (82).
5. *Рогозов Ю.И., Бутенков С.А., Свиридов А.С. и др.* Метод создания инструментальных средств разработки информационных систем // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2008. – Т. 6. – № 3.

Рогозов Юрий Иванович

Технологический институт Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: rogozov@tsure.ru.

347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44.

Тел.: 88634371787.

Свиридов Александр Славьевич

E-mail: sviridov@tsure.ru.

Тел.: 88634371787.

Кучеров Сергей Александрович

E-mail: sergey.kutcherov@gmail.com.

Тел.: 89281922577.

Жибулис Юрий Алексеевич

E-mail: sharkru@mail.ru.

Тел.: 88634371787.

Rogozov Jury Ivanovich

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: rogozov@tsure.ru.

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: 88634371787.

Sviridov Alexander Slavevich

E-mail: sviridov@tsure.ru.

Phone: 88634371787.

Kuchеров Sergey Alexandrovich

E-mail: sergey.kutcherov@gmail.com.

Phone: 89281922577.

Gibulis Jury Alekseevich

E-mail: sharkru@mail.ru.

Phone: 88634371787.

УДК 681.322

Д.А. Белоглазов, И.С. Коберси, В.И. Финаев

СИНТЕЗ НЕЧЕТКИХ РЕГУЛЯТОРОВ

Рассматриваются особенности построения регуляторов для априори неопределенных объектов управления, показаны алгоритмы нечеткого вывода с примерами их реализации в среде Matlab.

Неопределенность параметров; нечеткая логика; регулятор; алгоритмы.

D.A. Beloglazov, I.S. Kobersi, V.I. Finaev
SYNTHESIS OF FUZZY REGULATORS

This article discusses the features of construction of regulators for the control of a priori ambiguous, fuzzy algorithms are shown in output, with examples of their implementation in the Matlab.

Uncertainty parameters; fuzzy logic; controller; algorithms.

Для управления нелинейными объектами, а также стохастическими объектами с трудноформализуемыми параметрами, применение классической теории автоматического управления не дает эффективных результатов. В связи с этим в последние десятилетия существует тенденция синтеза гибридных и нечетких регуляторов для управления объектами в условиях частичной априорной неопределенности. Регуляторы разрабатывают с применением методов теории нечетких множеств и нечеткой логики.

Применение аппарата нечеткой логики позволит избежать многих трудностей формализации [1], которые ранее препятствовали эффективному решению задач управления промышленными объектами. Например, регуляторы на основе нечеткой логики не требуют для своей реализации математической модели объекта, что является их преимуществом.

Нечеткая логика позволяет формализовать знания специалистов при решении задач управления. При разработке правил нечеткого логического вывода применяют элементы теории нечетких множеств, в которых функция принадлежности элемента множеству не бинарна (да/нет), а может принимать любое значение в диапазоне 0 – 1. Это дает возможность определять понятия, нечеткие по самой своей природе: "хороший", "высокий", "слабый" и т.д. Нечеткая логика позволяет выполнять над такими величинами весь спектр логических операций: объединение, пересечение, отрицание и др., дает возможность строить базы знаний и экспертные системы нового поколения, способные хранить и обрабатывать неточную информацию.

Область применения искусственного интеллекта - электронные системы различного назначения [1, 2], от систем оценки глобального загрязнения атмосферы и предсказания землетрясений до АСУ ТП предприятий.

По сравнению с традиционными методами анализа и вероятностным подходом методы нечеткого управления позволяют быстро производить анализ задачи и получать результаты с высокой точностью.

Характерными чертами алгоритмов решения задач методами нечеткой логики является наличие некоторого набора утверждений (правил) [3, 4], каждое правило состоит из совокупностей событий (условий) и результатов (выводов).

Рассмотрим пример составления базы правил [5] нечеткого регулятора, которые являются основой для алгоритмизации модели управления в условиях неопределенности. Правила нечеткого логического вывода и функции принадлежности составляют экспертами.

Используемый в различного рода экспертных и управляющих системах механизм нечетких выводов в своей основе имеет базу знаний, формируемую специалистами предметной области в виде совокупности нечетких предикатных правил вида: ЕСЛИ ..., ТО.

Перечислим алгоритмы нечеткого вывода:

- ◆ алгоритм Мамдани;
- ◆ алгоритм Цукамото;
- ◆ алгоритм Сугено и Такаги.

Рассмотрим движение лифта, приближающего к заказанному этажу, на основе вышеперечисленных алгоритмов, где необходимо предпринять некоторые действия: увеличить, снизить, сохранять скорость, или остановить лифт на нужном этаже:

- ◆ *если* этаж *есть* не нужный, второй заказ *есть*, и скорость *есть* высокая, *то* действие *есть* сохранять скорость;
- ◆ *если* этаж *есть* не нужный и скорость *есть* низкая, *то* действие *есть* увеличить скорость;
- ◆ *если* этаж *есть* не нужный и скорость *есть* высокая, *то* действие *есть* сохранять скорость;
- ◆ *если* этаж *есть* ближе к нужному и скорость *есть* высокая, *то* действие *есть* снизить скорость;
- ◆ *если* этаж *есть* нужный и скорость *есть* низкая, *то* действие *есть* тормозить.

Но эту задачу можно решать, задавая другие правила, где расстояние и скорость есть лингвистические переменные, тогда задается нечеткое правило термов: высокая, очень высокая, низкая, средняя и т.п.

Нечетко утверждая «дистанция маленькая», формируем следующие правила:

- ◆ *если* скорость *есть* низкая, дистанция *есть* длинная, *то* действие *есть* увеличить скорость;
- ◆ *если* скорость *есть* очень высокая, дистанция *есть* длинная, *то* действие *есть* сохранить скорость;
- ◆ *если* скорость *есть* очень высокая, дистанция *есть* короткая, *то* действие *есть* уменьшить скорость;
- ◆ *если* скорость *есть* высокая, дистанция *есть* очень короткая, *то* действие *есть* тормозить.

Для определения значения управляющего воздействия должны быть параллельно обработаны все правила, входящие в набор нечеткого алгоритма. Над каждым из этих правил должны быть проделаны операции определения значения активной начальной посылки и нечеткого вывода. Логика решения задачи управления скоростью лифта показана на рис. 1.

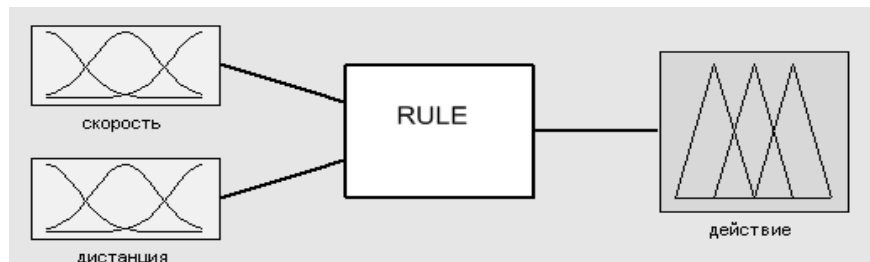


Рис. 1. Управление скоростью лифта

Определим задачу нечеткого логического вывода с применением алгоритмов Мамдани и Сугено. Выполним моделирование процесса работы лифта с применением алгоритма Мамдани. В рассматриваемой ситуации алгоритм Мамдани математически может быть описан следующим образом:

- 1) нечеткость: находятся степени истинности для предпосылок каждого правила;
- 2) нечеткий вывод: находятся уровни «отсечения» для предпосылок каждого из правил с использованием операции МИНИМУМ (пересечение), затем находятся «усеченные» функции принадлежности;

3) композиция: с использованием операции МАКСИМУМ (объединение) производится объединение найденных усеченных функций, что приводит к получению итогового нечеткого подмножества для переменной выхода с функцией принадлежности $\mu_Z(Z)$, где Z – функция выхода;

4) приведение к четкости для нахождения z_0 проводится центроидным методом.

Решение с применением этого алгоритма показано на рис. 2. На рис. 3 показан нечеткий вывод с применением алгоритма Мамдани.

Выполним моделирование процесса работы лифта с помощью алгоритма Сугено и Такаги.

В рассматриваемой ситуации алгоритм Сугено и Такаги математически может быть описан следующим образом:

- 1) как в алгоритме Мамдани;
- 2) находятся уровни «отсечения» для предпосылок каждого из правил с помощью операции МИНИМУМ, затем индивидуальные выходы;
- 3) определяется четкое значение переменной вывода.

Проиллюстрируем алгоритм на рис. 4.

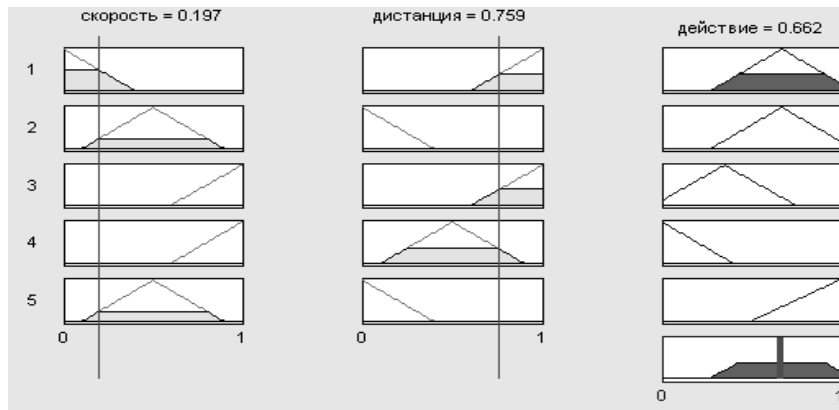


Рис. 2. Процедура графического вычисления нечеткого вывода с помощью алгоритма Мамдани

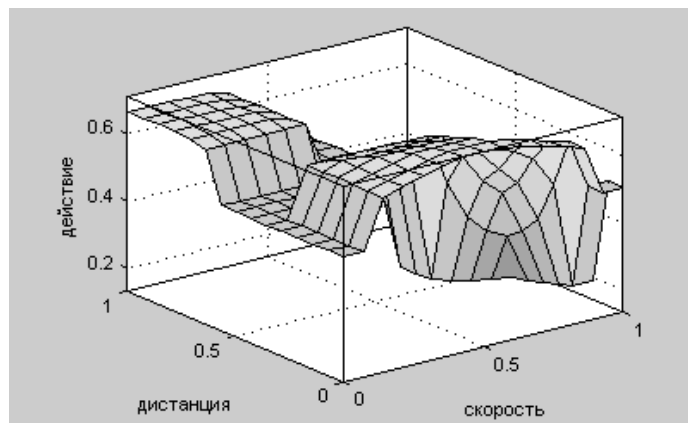


Рис. 3. Нечеткий вывод с помощью алгоритма Мамдани

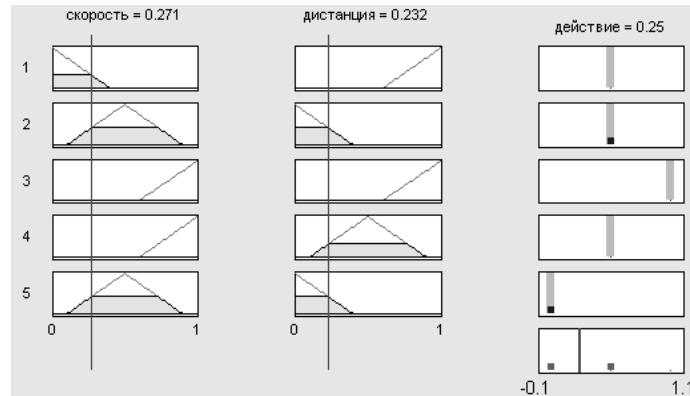


Рис. 4. Процедура графического вычисления нечеткого вывода с помощью алгоритма Сугено и Такаги

На рис. 5. показан нечеткий вывод с применением алгоритма Сугено и Такаги.

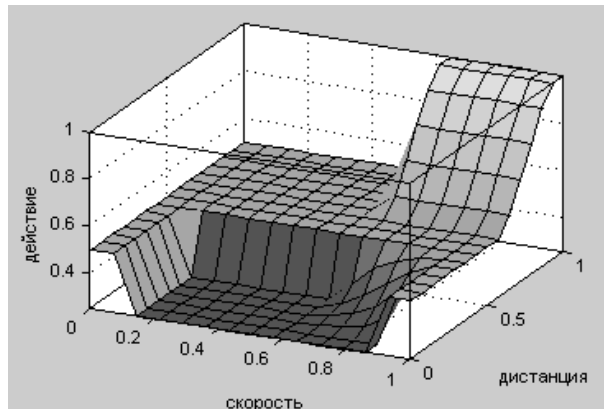


Рис. 5. нечеткий вывод с помощью алгоритма Сугено и Такаги

Перечисленные в ходе решения задачи выводы нечеткого управления лифтом представляют собой восходящие выводы от предпосылок к заключению, но в последнее время в нечетких системах начинают применяться исходящие выводы. Рассмотрим механизм подобного вывода на предыдущем примере, но рассматривать будем диагностику неисправности лифта:

- X_1 – неисправность двигателя лифта;
- X_2 – сигнал системы безопасности лифта;
- Y_1 – затруднение при запуске;
- Y_2 – неправильная работа тормоза;
- Y_3 – недостаток мощности.

Между X и Y существуют нечеткие причинные отношения, которые можно рассматривать в виде некоторой матрицы R с элементами $r_{ij} = x_i \rightarrow y_i \in [0,1]$. Конкретные входы и выходы системы можно рассматривать как нечеткие множества A и B на пространствах X и Y . Их отношения обозначим

$$B = A \circ R,$$

где \circ – правило композиции нечетких выводов.

В случае диагностики задается матрица R экспертом-механиком, наблюдаются выходы B и определяются входы A .

Пусть знания эксперта-механика имеют вид

$$R = \begin{bmatrix} 0,5 & 0,1 & 0,1 \\ 0,3 & 0,3 & 0,8 \end{bmatrix}.$$

В результате осмотра лифта его состояние можно оценить как

$$B = 0,5 / y_1 \quad 0,1 / y_2 \quad 0,1 / y_3.$$

Определим причину следующего состояния:

$$A = a_1 / x_1 + a_2 / x_2.$$

Отношение введенных нечетких множеств представим как

$$[0,5 \quad 0,6 \quad 0,1] = [a_1 \quad a_2] \circ \begin{bmatrix} 0,5 & 0,1 & 0,1 \\ 0,3 & 0,3 & 0,8 \end{bmatrix}.$$

При применении (max-min)-композиции последнее соотношение преобразуем к виду

$$0,5 = (0,5 \cap a_1) \cup (0,3 \cap a_2),$$

$$0,1 = (0,1 \cap a_1) \cup (0,3 \cap a_2),$$

$$0,1 = (0,1 \cap a_1) \cup (0,8 \cap a_2).$$

При решении данной системы заметим прежде всего, что в первом уравнении второй член правой части не влияет на первую:

$$0,5 = (0,5 \cap a_1), \quad a_1 \geq 0,5.$$

Из второго уравнения получим:

$$0,1 = (0,3 \cap a_2), \quad a_2 \geq 0,3.$$

Полученное решение удовлетворяет третьему уравнению, таким образом, имеем:

$$0 \leq a_1 \leq 0,5; \quad 0,3 \leq a_2 \leq 1,$$

т.е. необходимо починить двигатель (a_1 – параметр неисправности двигателя, a_2 – сигнал системы безопасности).

На практике в подобных задачах количество переменных может быть существенным, могут одновременно использоваться различные композиции нечетких выводов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Финаев В.И., Коберси И.С.* Методика нечеткого моделирования для микроконтроллеров // Материалы Международной научной конференции «Системы моделирования в информационном мире».– Таганрог, 2009.
2. *Финаев В.И.* Модели систем принятия решений: Учеб. пособие. – Таганрог: ТРТУ, 2005. – 118 с.

3. *Аверкин А.Н., Батырин И.З., Блишун А.Ф., Силаев Б.В., Тарасов Б.Н.* Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта. - М.: Наука, 1986. -312 с.
4. *Финаев В.И., Белоглазов Д.А.* Микропроцессорный нечеткий регулятор подачи топлива // Материалы VII Всероссийской научной конференции студентов и аспирантов «Техническая кибернетика, радиоэлектроника и системы управления». – Таганрог, 2004.
5. *Заде Л.* Понятие лингвистических переменных и его применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976. – 165 с.

Белоглазов Денис Александрович

Технологический институт Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: d.beloglazov@gmail.com.

347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44.

Тел.: 88634371689.

Коберси Искандар Сулейман

E-mail: salouma1@mail.ru.

Финаев Валерий Иванович

E-mail fin_val_iv@tsure.ru.

Beloglazov Denis Aleksandrovich

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: d.beloglazov@gmail.com.

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: 88634371689.

Kobersy Iskandar Syleiman

E-mail: salouma1@mail.ru.

Finaev Valery Ivanovich

E-mail fin_val_iv@tsure.ru.

УДК 004.416.6

И.А. Колоколов, А.Н. Литвиненко

АДАПТИРУЕМОСТЬ ПРОГРАММЫ К МОДИФИКАЦИЯМ

Рассматривается важное свойство программы – "адаптируемость к модификациям" и методы его достижения. Вводится понятие "виртуальные однородные пространства". Использование однородных пространств и регулярных соглашений позволяет существенно повысить "адаптируемость к модификациям" программ за счет применения ассоциативных связей и дополнительной косвенности.

Адаптируемость; безболезненность; однородное пространство; виртуальное однородное пространство; регулярные правила; инвариантность; ассоциативные связи; мета-программирование.

I.A. Kolokolov, A.N. Litvinenko

PROGRAM ADAPTABILITY TO MADIFICATIONS

The paper studies the important property of program - "adaptability to modifications" and methods of it achievement. The concept of "virtual homogeneous spaces" is introduced. Using of homogeneous spaces and regular agreements allows greatly to raise the "adaptability to modifications" of programs due to applying associative relations and additional indirection.