

УДК 551.501

Ю.В. Доронина, доцент, канд. техн. наук,

В.В. Увин

Севастопольский национальный технический университет

ул. Университетская 33, г. Севастополь, Украина, 99053

E-mail: root@sevgtu.sebastopol.ua

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ СБОРОМ ДАННЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ НА ОСНОВЕ НЕЧЁТКОЙ ЛОГИКИ

Рассматриваются аспекты построения прикладной системы управления сбором данных на метеорологической станции с применением аппарата нечеткой логики. Исследуются возможности системы для управления двумя параметрами автоматической метеостанции.

Одним из недостатков синоптического метода является то, что данные о погоде снимаются не чаще, чем раз в три часа. Поэтому возможна ситуация, когда будут упущены важные сведения о погоде. Если же увеличить частоту измерений, то возрастет объем данных, причём среди них может быть излишнее количество ненужной информации.

Для решения этой проблемы предполагается изменить систему сбора данных таким образом, чтобы частота измерений увеличивалась, если наблюдаются резкие перемены в погоде, или уменьшалась, если перемен нет. В качестве критерия, определяющего частоту измерений, предполагается взять скорость ветра, поскольку зачастую именно сильный ветер является причиной сильных изменений в погоде.

При этом очевидно, что с усилением ветра следует увеличить частоту измерений и, наоборот, при слабом ветре частота измерений должна быть минимальной. Для оценки силы ветра по его воздействию на наземные предметы или на волнение в открытом море применяют так называемую шкалу Бофорта, принятую Всемирной метеорологической организацией (таблица 1).

Таблица 1 — Фрагмент шкалы Бофорта для описания скорости ветра

Баллы	Ветер	Скорость ветра, м/с
0	Штиль	0,0 — 0,2
1	Тихий	0,3 — 1,5
2	Лёгкий	1,6 — 3,3
3	Слабый	3,4 — 5,4
4	Умеренный	5,5 — 7,9
5	Свежий	8,0 — 10,7
6	Сильный	10,8 — 13,8

Как видно из таблицы 1, характеристика силы ветра носит нечёткий характер и имеет смысл применить к решению задачи аппарат нечёткой логики.

Понятие нечеткого множества — это математическая формализация нечеткой информации для построения математических моделей. В основе этого понятия лежит представление о том, что составляющие данное множество элементы, обладающие общим свойством, могут обладать этим свойством в различной степени, и, следовательно, принадлежать к данному множеству с различной степенью. *Нечетким множеством (fuzzy set) $\tilde{A}$ на универсальном множестве U называется совокупность пар $(\mu_A(u), u)$, где $\mu_A(u)$ — степень принадлежности элемента $u \in U$ к нечеткому множеству $\tilde{A}$. Степень принадлежности — это число из диапазона $[0, 1]$. Чем выше степень принадлежности, тем в большей мере элемент универсального множества соответствует свойствам нечеткого множества [1].*

Цель работы состоит в построении нечёткой продукционной системы, которая оперирует двумя переменными: «скорость ветра» и «время между измерениями» для решения задачи оптимального управления датчиками метеорологических измерений.

Структура системы управления метеорологическими измерениями:

Для построения продукционной системы необходимо ввести правила вывода. Допустим, что имеют место следующие правила:

- 1) если скорость ветра слабая, то время между измерениями стандартное;
- 2) если скорость ветра умеренная, то время между измерениями стандартное;
- 3) если скорость ветра сильная, то время между измерениями уменьшенное;
- 4) если скорость ветра очень сильная, то время между измерениями сильно уменьшенное;
- 5) если скорость ветра ураганная, то время между измерениями сильно уменьшенное.

Таким образом, имеются две лингвистические переменные со следующими нечёткими значениями:

— скорость ветра = {слабая, умеренная, сильная, очень сильная, ураганная};

— время между измерениями = {стандартное, уменьшенное, сильно уменьшенное}.

Чтобы описать лингвистическую переменную, необходимо задать функции принадлежности для каждого из её нечётких значений. Система MATLAB имеет встроенный пакет Fuzzy Toolbox, предназначенный для работы с нечёткой логикой [2]. На рисунках 1 и 2 приведены функции принадлежности для вышеупомянутых переменных.

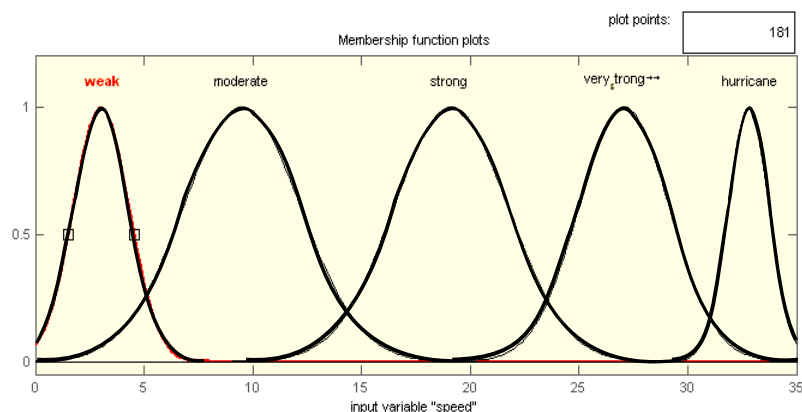


Рисунок 1 — Функции принадлежности для переменной «Скорость ветра»

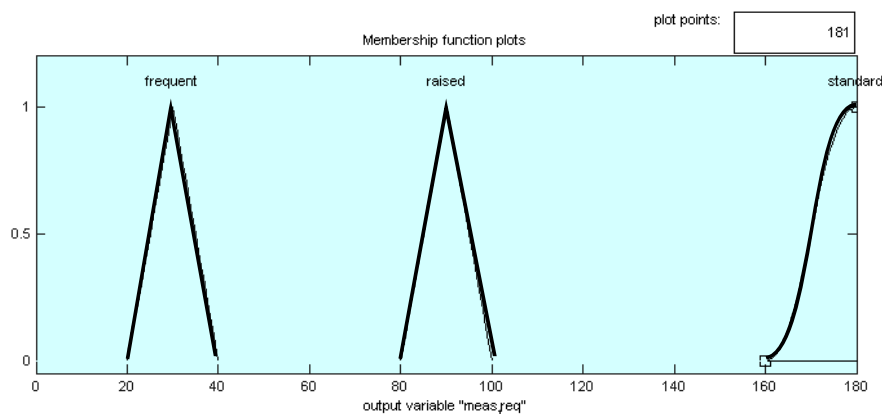


Рисунок 2 — Функции принадлежности для переменной «Время между измерениями» («Частота измерений»)

Сама производственная система функционирует по алгоритму Мамдани [2], и зависимость времени между измерениями от силы ветра показана на рисунке 3.

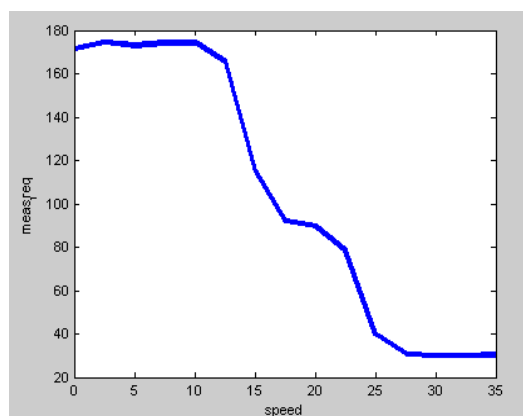


Рисунок 3 — График зависимости времени между измерениями от силы ветра

Однако такая система ещё не может использоваться в качестве подсистемы сбора данных, поскольку на её выходе оказывается время, которое не может использоваться в качестве сигнала управления. Рисунок 4 показывает один из вариантов решения данной проблемы.

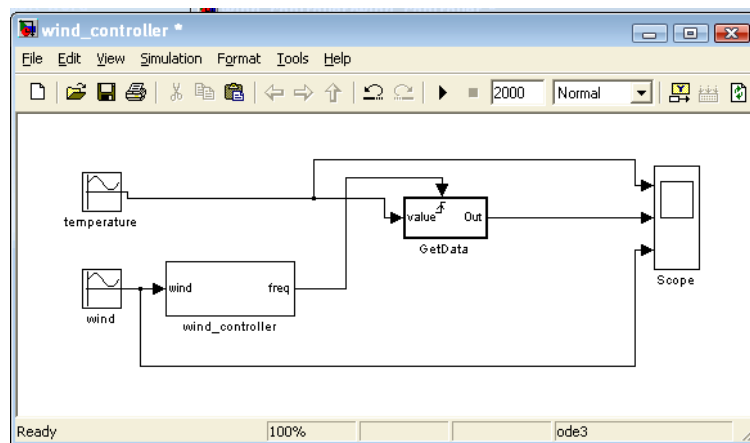


Рисунок 4 — Упрощённый вид системы управления сбором данных

Как видно, система содержит два основных компонента: `wind_controller` (подсистема управления, основанная на скорости ветра) и `GetData`, который по сигналу контроллера выдаёт текущее значение датчика (в данном случае-температуры). Рассмотрим подробнее назначение и особенности этих блоков.

Блок `wind_controller` изображён на рисунке 5.

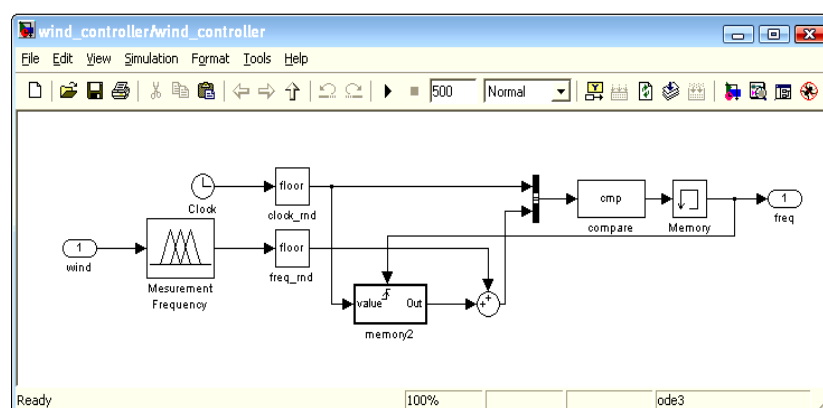


Рисунок 5 — Блок управления подсистемой управления сбором данных `wind_controller`

В основе блока `wind_controller` лежит ранее разработанная система управления частотой измерений на базе нечёткой логики (Measurement Frequency). Сигнал на её выходе представляет собой рекомендуемое в настоящий момент время между измерениями. Кроме того, имеются также часы (Clock), которые выдают текущее модельное время. Время последнего измерения сохраняется в блоке `memory2`, который активизируется по положительному фронту триггерного сигнала. При этом происходит запись значения на входе (`value`) с помощью компонента Data Store Write во внутреннюю память Data Store Memory. На выходе `Out` с помощью Data Store Read фиксируется текущее значение внутренней памяти. На рисунке 5 блок `GetData` также является блоком памяти.

Текущее модельное время постоянно сравнивается с временем последнего измерения плюс текущее значение времени между измерениями. Как только эта сумма станет меньше модельного времени, на выход системы будет выдан сигнал. Одновременно с этим этот сигнал производит запись времени последнего измерения в блок `memory2`. Чтобы исключить возникновение алгебраических петель и зависание системы моделирования, введён блок `Memory`, производящий задержку управляющего сигнала на один такт.

Анализ результатов моделирования.

Моделирование работы системы осуществлялось в течение 2000 минут модельного времени. Верхний график на рисунке 7 представляет собой реальное значение температуры, которое подаётся на вход системы. В данном случае он представлен синусоидой, однако может быть любой функцией.

Нижний график отображает изменение скорости ветра, которое измеряется соответствующим датчиком и подаётся на вход системы. Этот график также с целью наглядности представлен в виде синусоиды.

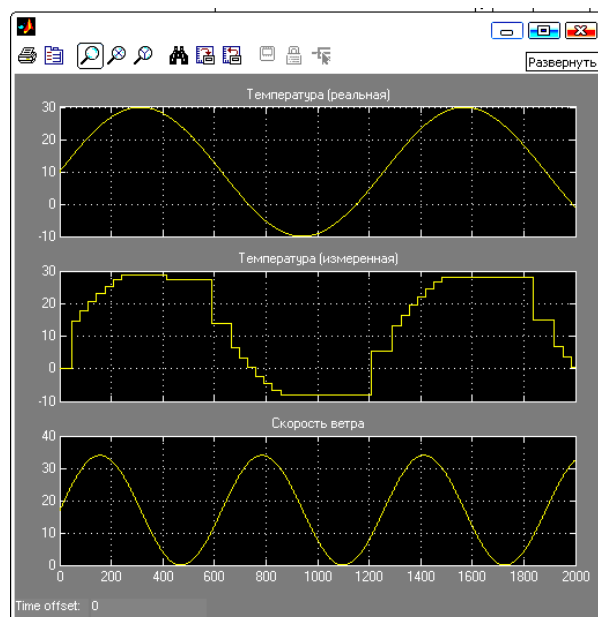


Рисунок 7 — Графики работы системы с нечёткой логикой

Наконец, средний график показывает, какой сигнал наблюдается на выходе системы. Видно, что скорость его изменения непостоянна и достигает наибольших значений при сильном ветре, а наименьших — при слабом. Для сравнения, на рисунке 8 представлен график температуры, снятой с выхода системы, не использующей нечёткую логику в своей работе.

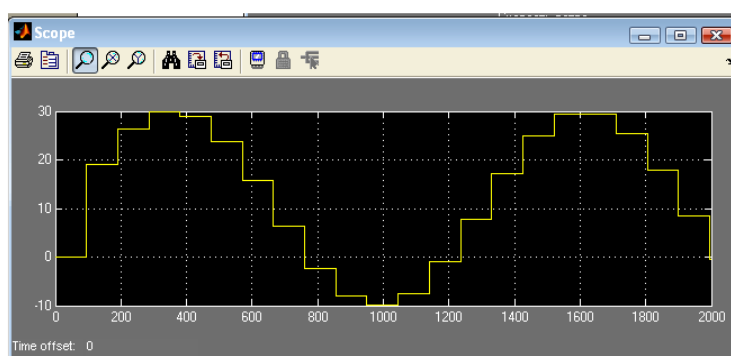


Рисунок 8 — График сигнала на выходе системы без нечёткой логики

Сравнивая графики, можно заметить, что система без нечёткой логики выполнила за время моделирования 20 измерений, в то время как другая система (с нечеткой логикой) — около 30. При этом, измерения проведены именно в те моменты, когда наблюдается наибольшая сила ветра. Следовательно, показания датчиков фиксируются чаще, если наблюдается высокая скорость ветра.

Перспективы развития.

В дальнейшем планируется усложнить блок принятия решений на основе нечёткой логики, добавив слежение не только за скоростью ветра, но и другими параметрами. Например, это может быть скорость изменения атмосферного давления, что позволит системе более точно реагировать на изменения погоды, более эффективно реализуя функцию управления датчиками метеорологических параметров.

Библиографический список

1. Штовба С.Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику / С.Д. Штовба <http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/book2/index.php>.
2. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / А.В. Леоненков. — Спб.: БХВ — Петербург, 2005. — 736 с.

Поступила в редакцию 05.05. 2008 г.