

тизация-2010». Донецк, 2010 р. – Выпуск 19 (171). – С. 77-82.

5. Турупалов В.В. Информационная система обеспечения безопасности промышленных предприятий / Турупалов В.В. // Науковий вісник Чернівецького університету «Комп'ютерні системи та компоненти. Збірник наукових праць. Том 3. Выпуск 2 – Чернівці, 2012. – С. 65-68.

6. Турупалов В.В. Роль телекомунікаційних технологій у системах автоматизації підприємств гірничого-добувного комплексу / Турупалов В.В. // Научно-теоретический журнал «Искусственный интеллект».- Донецк-2012. - №4. - С. 516 - 521.

7. И.А. Молоковский Исследование процесса распространения радиоволн в телекоммуникационных сетях специального назначения / И.А. Молоковский, В.В. Турупалов, Р.Ш. Абрамов // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Обчислювальна техніка та автоматизація. – Донецьк, 2013. – Выпуск 2(25). – С. 144-151.

8. Молоковский И.А. Аппаратно - программный комплекс для центра технического обслуживания сети специального назначения / И.А. Молоковский, В.В. Турупалов // Наукові праці Донецького інституту залізничного транспорту Української державної академії залізничного

транспорту. – Донецьк, 2013. – Выпуск 33. – С. 119-125.

9. Василенко А. В. Аппаратура позиционирования персонала и подвижного оборудования / А.В. Василенко, А.Г. Шевченко, В.И. Ревякин // Уголь Украины. – 2009. – Выпуск 12. – С. 12–14.

Аннотации:

У статті розглянуті питання реалізації системи зв'язку на основі випромінюючого кабелю для вугледобувних підприємств, який дозволяє оперативно отримати швидкий і точний потік технологічної інформації, а також здійснювати зв'язок між робітниками.

Ключові слова: Зв'язок - Випромінюючий кабель - Підземна частина вугледобувного підприємства.

В статье рассмотрены вопросы реализации системы связи на основе излучающего кабеля для угледобывающих предприятий, который позволяет оперативно получить быстрый и точный поток технологической информации, а также осуществлять связь между рабочими.

Ключевые слова: Связь – Излучающий кабель – Подземная часть угледобывающего предприятия.

In the article the author considers the problem of software for the coal mines and transmitting information of the mobile object in the underground part of the mine workings.

Keywords: Communication - Coaxial cable - The underground part of the coal company.

УДК 681.5.015

ЧЕРНЫШЕВ Н.Н., к.т.н., доцент (ДонНТУ)

Адаптация параметров математической модели в режиме реального времени методом стохастической аппроксимации

Актуальность

Одним из важных преимуществ методов параметрической идентификации является возможность использования рекуррентных алгоритмов, позволяющих

проводить текущую идентификацию в реальном времени при номинальных режимах работы объекта. Наиболее распространенные алгоритмы идентификации (метод наименьших квадратов, максимального правдоподобия) предполагают

что, вычисление оценок параметров модели производится лишь после того как сформирован весь массив измерений входа-выхода объекта [1,2,4].

После начальной настройки параметров модели часто возникает задача обеспечения адаптации идентифицируемых параметров модели в реальном времени для повышения адекватности модели физическому процессу. В свою очередь работа в реальном режиме времени, накладывает серьезные ограничения на алгоритмы настройки. Алгоритм настройки параметров должен обладать малой вычислительной сложностью и достаточной скоростью сходимости к истинному значению, поэтому применение рекуррентных алгоритмов идентификации на практике ограничено. Необходимо также учитывать действие шумов измерений, которые могут привести к смещению оценок параметров и увеличению дисперсии этих оценок [1,2,3].

Цель работы

Повышение адекватности математической модели исследуемого процесса за счет применения оперативной подстройки ее параметров в реальном масштабе времени.

Постановка задачи

Разработать модификацию алгоритма настройки параметров математической модели на основе метода стохастической аппроксимации.

$$\begin{aligned} \hat{k}_i(k) &= \hat{k}_i(k-1) + \gamma(k)[Y_i^{uzm}(k) - Y_i^{pac}(k)] = \\ &= \hat{k}_i(k-1) - \gamma(k)e_i(k) = \hat{k}_i(k-1) + \Delta\hat{k}_i(k), \quad k = 1, 2, \dots, \end{aligned} \quad (1)$$

где $\hat{k}_i(k)$ – оценка идентифицируемого коэффициента модели;
 $\gamma(k)$ – коэффициент коррекции;

Основная часть

Наиболее подходящим, по сравнению с рекуррентными методами наименьших квадратов, максимального правдоподобия, вспомогательных переменных и др., для решения поставленной задачи адаптации параметров при наличии ограничений (вычислительная сложность, действие шумов в каналах измерений, приемлемая точность и т.п.) является метод стохастической аппроксимации (МСА). Несмотря на медленную сходимость оценок, алгоритмы МСА из-за своей простоты находят применение в практических задачах идентификации линейных и нелинейных моделей объектов с независимым аддитивным шумом [3,4].

Предположим, что через некоторые промежутки времени Δt измеряется регулируемый технологический параметр. На вычислительном устройстве параллельно управляемому процессу моделируется динамика объекта с помощью его математической модели, на входы которой подаются входы реального процесса. Полученные результаты с помощью модели и реальные измерения сравниваются. По полученным отклонениям необходимо корректировать параметры модели, сводящие это отклонение к нулю.

Оперативная подстройка параметров заключается в уточнении настраиваемых коэффициентов модели, полученных в результате решения задачи начальной настройки параметров. В соответствии с МСА алгоритм настройки имеет вид:

$e_i(k)$ – невязка, соответствующая оцениваемому коэффициенту теплопередачи модели;
 $Y_i^{uzm}(k)$ – измеренный регулируемый параметр;

$Y_i^{расч}(k)$ – рассчитанный параметр на модели.

Сходимость алгоритма зависит от выбора последовательности $\gamma(k)$, в рамках теории стохастической аппроксимации нет рекомендаций по выбору скорости сходимости последовательности $\gamma(k)$, однако она должна удовлетворять условиям

$$\sum_{k=1}^{\infty} \gamma(k) = \infty \text{ и } \sum_{k=1}^N \gamma^2(k) < \infty,$$

а дисперсия помех ограничена и модель объекта устойчива, то выполняется условие

$$\lim_{k \rightarrow \infty} \hat{k}_i(k) = k_i.$$

$$\gamma(k) = \begin{cases} c/(k-1), & \text{если } \text{sign}(e(k-1)) = \text{sign}(e(k)) \\ c/k, & \text{если } \text{sign}(e(k-1)) \neq \text{sign}(e(k)) \end{cases}, \quad (2)$$

где c – параметр определяющий скорость сходимости, $c > 0$ [4].

Принятый закон изменения $\gamma(k)$ позволит обеспечить постоянство элементов последовательности, если сохраняется знак невязки, и быстрое изменение $\gamma(k)$ в случае частых перемен знака невязки, свидетельствующих о близости подстраиваемого параметра к истинному значению. При наличии шумов в цепи измерения, улучшить сходимость можно приняв упрощенный вариант расчета $\Delta \hat{k}_i(k)$ равным

Для совершенствования алгоритма настройки параметров модели в реальном масштабе времени и с целью сокращения количества итераций необходимо, чтобы в процессе подстройки элементы последовательности медленно изменялись вдали от истинного значения и быстро уменьшались, когда получена оценка близкая к значению параметра. Один из способов достичь такой сходимости можно, если формировать последовательность $\gamma(k)$ по правилу

$$\Delta \hat{k}_i(i) = -\gamma(k) \text{sign}(e_i(k)) \quad (3)$$

Рассмотрим процесс подстройки на примере настройки коэффициента теплопередачи кладки в теплообменнике смешения [5,6]. В качестве измеренных температур принимались рассчитанные по модели с аддитивным белым гауссовым шумом и дисперсией, отражающей погрешность измерения температуры газов на выходе камеры смешения. Критерием точности подстройки параметров и окончания процесса служит фильтр скользящего среднего.

Таблица 1

Результаты моделирования процесса подстройки параметра

СКО ПОМЕХИ, °С	ЗНАЧЕНИЕ ПАРАМЕТРА С	КОЛИЧЕСТВО ИТЕРАЦИЙ
2	3	>150
	1	>200
	0,8	>500
5	3	>450
	1	>600
10	3	>600

Для $c < 1$ значения последовательности так быстро уменьшаются, что подстраиваемый параметр не успевает войти в окрестность истинного значения и для получения требуемой точности (5 %) необходимо не менее 500 итераций. Для $c \geq 1$ в начале процесса значение подстраиваемого параметра быстро движется к истинному значению и после 200 итераций совершает колебания с малой амплитудой, постепенно входя в окрестность решения.

Выводы

1. С целью адаптации идентифицируемых параметров модели в реальном масштабе времени, для оперативной подстройки параметров модели, можно использовать метод стохастической аппроксимации. Данный метод не требует сложных вычислений и позволяет производить подстройку параметров модели в процессе работы системы управления с поступлением каждого нового значения измерений.

2. При наличии шумов в цепи измерения необходимое число итераций для получения оценки параметра близкой к истинной увеличивается с ростом дисперсии помехи измерений и начального значения последовательности коррекции.

Список литературы

1. Современные методы идентификации систем: Пер. с англ./Под ред. П. Эйкхоффа. – М.: Мир, 1983. – 400 с.

2. Эйкхофф П. Основы идентификации систем управления. Оценивание параметров и состояния [пер. с англ. под ред. Н.С. Райбмана] / П. Эйкхофф. – М.: Мир, 1975. – 681 с.

3. Граничин О.Н. Введение в методы стохастической оптимизации и оценивания: [учебное пособие] / О.Н. Граничин. – СПб: Изд-во Санкт-Петербургского университета, 2003. – 131 с.

4. Ткаченко В.Н. Математическое моделирование, идентификация и

управление технологическими процессами тепловой обработки материалов. Серия «Задачи и методы: математика, механика, кибернетика», том 13 / В.Н. Ткаченко. – Киев: Наукова думка, 2008. – 440с.

5. Чернышев Н.Н. Алгоритмы идентификации параметров математической модели печи–котла для сжигания сероводородного газа / Н.Н. Чернышев, В.Н. Ткаченко, // Вісник східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – Луганськ: Видавництво Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2010. – Вип. № 2 (144). – С. 163-169.

6. Чернышев Н.Н. Разработка и исследование математической модели технологического процесса производства серной кислоты / Н.Н. Чернышев, В.Н. Ткаченко // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Сер. обчислювальна техніка та автоматизація. – Донецьк: ДонНТУ. – 2009. – Вип. 16 (148). – С. 22-29.

Аннотации:

Розглянуто методику адаптації параметрів математичної моделі досліджуваного процесу на підставі методу стохастичною апроксимації. Запропоновано удосконалений алгоритм, що володіє високою швидкістю збіжності.

Ключові слова: адаптація, модель, алгоритм, стохастична апроксимація.

Рассмотрена методика адаптации параметров математической модели исследуемого процесса на основании метода стохастической аппроксимации. Предложен усовершенствованный алгоритм, обладающий высокой скоростью сходимости.

Ключевые слова: адаптация, модель, алгоритм, стохастическая аппроксимация.

The technique of adaptation of parameters of mathematical model on the basis of a method of stochastic approximation is considered. An improved algorithm has a high rate of convergence.

Keywords: adaptation, model, algorithm, stochastic approximation.