



Петрозаводский государственный университет
Кафедра информатики и математического обеспечения



О. Ю. Богоявленская

Нечеткий метод первичной классификации данных микроэлектромеханических систе

Научный семинар

«Проблемы современных информационно-вычислительных систем»
НИИ Механики МГУ, 11 Апреля 2023

Проблема первичной классификации

- Автономные/роботизированные в т.ч. мобильные устройства являются сложными программно-аппаратными комплексами.
- Находят применение в широком спектре приложений во многих видах экономической деятельности и персональной активности: промышленность, торговле, природоохранных проектах, образовании, сельском хозяйстве, деятельности домохозяйств и ряде других
- Действуют в частично или полностью незнакомой среде автономно или с ограниченным вмешательством удаленного оператора.
- Среда изменяется за счет случайных факторов, возможнч сбои в работе самого устройства.

Проблема первичной классификации

- Информацию о состоянии окружающей среды и элементов самой системы поставляют МЕМС (датчики)
 - ▶ Доступность
 - ▶ Сравнительно невысокая точность
 - ▶ Аналого-цифровые преобразования результата измерений
 - ▶ Шум, нестационарный сигнал
- Высокая частота измерений \implies большой объем данных
- Каждое автономное устройство снабжено набором датчиков
- Первичные данные МЕМС содержат неопределенность из-за их низкой точности и влияния внешних факторов, вносящих погрешность в измерения требуемых величин

Проблема первичной классификации

- Традиционно рассматривают две основные задачи:
 - 1 Устранение неопределенности
 - 2 Интеллектуальная обработка
- Ограничение ресурсов: вычислительная мощность, ресурсы сети, заряд батареи
- Значимость элементов соответствующих временных рядов варьируется:
 - ▶ критическое значение для целостность АМУ и/или окружающей среды
 - ▶ существенное значение для правильной работы системы и выполнения плановых заданий
 - ▶ незначительны или бесполезны для целей идентификации и управления

Классы известных методов

- Методы анализа сигналов МЕМС:
 - ▶ Сглаживание (не снижает общий объем данных)
 - ▶ Адаптивная фильтрация (эталонный сигнал, предположения о природе шума)
 - ▶ Нечеткая логика в адаптивных системах (большой объем экспертной работы, система продукций)
 - ★ НЛ первого рода оперирует с точными данными
 - ★ НЛ второго рода требует предположения о природе погрешности
 - ▶ Нейросети (обучение и переобучение)
- Высокие вычислительные затраты
- Большие объемы данных, передаваемые по сети

Постановка задачи

- Первичная классификация данных
- Управлению интенсивностью наблюдения и контроля
 - ▶ Снижение интенсивности наблюдения в условиях стабильной работы устройства и отсутствия случайных факторов внешней среды
 - ▶ Увеличение интенсивности наблюдения
- Разделение функций отбора и интеллектуального анализа данных
- Управление интенсивностью наблюдения. Примеры:
 - ▶ Колесная платформа внутри здания: отдельный сотрудник vs. обеденный перерыв
 - ▶ Колесная платформа на улице: тень, облако, освещенный участок
 - ▶ Уровень заряда батареи
 - ▶ Носимый акселерометр

Метод классификации

- Будем рассматривать сенсор как отображение $\mathcal{S}_m \mapsto \mathcal{S}_n$, где $\mathcal{S}_m \subset \mathbb{R}^m$ и $\mathcal{S}_n \subset \mathbb{R}^n$. В подавляющем большинстве случаев $|\mathcal{S}_m| > |\mathcal{S}_n|$ при этом $m > n$.
- Первичные фильтры, применяемые производителями, могут произвести дополнительное преобразование элементов пространства \mathcal{S}_n .
- Рассмотрим два элемента $x, y \in \mathcal{S}_n$ и определим норму $\|x - y\| \in \mathbb{R}$.
- Будем считать, что норма аддитивна и $\|ax\| = a\|x\|$, $a \in \mathbb{R}$, $x \in \mathcal{S}_n$. Определим последовательность $s^i = \{s_0^i, s_1^i, \dots\}$, $s_k^i \in \mathcal{S}_n$ данных, предоставленных сенсором i и последовательность $t^i = \{t_0^i, t_1^i, \dots\}$ временных меток, соответствующих s^i .
- Представим одно измерение сенсора как сумму

$$\|s_k\| = \|\sigma_k\| + r_k$$

Метод классификации

- Пусть $\|\sigma_k\| = \mathit{const}$, что характеризует отсутствие случайных факторов и “нештатных ситуаций”.
- Если измеряемая переменная остается неизменной или изменяется незначительно, это означает, что нет необходимости передавать повторно эти новые значения модулям интеллектуальной обработки данных
- Если показания датчиков меняются в “нормальном” режиме работы необходимо построить метрику, которая остается постоянной.
- Определим задержку τ_n , которая применяется при отправке данных сенсора модулям интеграции данных и управления.

$$\tau_{n+1} = \begin{cases} \alpha\tau_n, & \text{если произошло событие в потоке данных} \\ \tau_n + \delta, & \text{иначе.} \end{cases} \quad (1)$$

Здесь $0 < \alpha < 1$ коэффициент уменьшения задержки и $\delta > 0$ константа роста .

Метод классификации

Определим события, влияющие на величину τ_n

- 1 Пусть $E[r_k] = 0$ и его распределение симметрично, а $E[\sigma_k]$ известно из иных соображений. Тогда

$$P\{s_k > E[\sigma_k] \text{ } n \text{ раз подряд}\} = 2^{-n}$$

- 2 Критерий знаков. $S > 0$ если $n > 10$.
- 3 Значение $\|s_k^i - s_{k-1}^i\| > 0$ или $\|s_k^i - s_{k-1}^i\| < 0$ для n значений s_k^i подряд, где n - параметр метода.
- 4 Значение $\|s_{2k}^i - s_{2(k-1)}^i\| > 0$ или $\|s_{2k}^i - s_{2(k-1)}^i\| < 0$ для n значений s_k^i подряд, где n - параметр метода.
- 5 Значение $\|s_k^i\| > v\|s_{k-1}^i\| > 0$ для n значений s_k^i подряд, где v , n - параметры метода.
- 6 Определено критическое событие. Список критических событий формируется заранее. Отправляется сигнал k_{urgent} .

Численные примеры

Открытый репозиторий Uci machine learning repository. center for machine learning and intelligent systems. [Online]. Available: <https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Activity+Recognition+from+Single+Chest-Mounted+Accelerometer>

Представлены данные носимого на груди акселерометра. 15 участников выполняли следующие виды активности:

- 1 Работа за компьютером
- 2 Стоит на месте
- 3 Ходьба
- 4 Ходьба по лестнице
- 5 Разговор во время ходьбы
- 6 Разговор стоя

Численные примеры

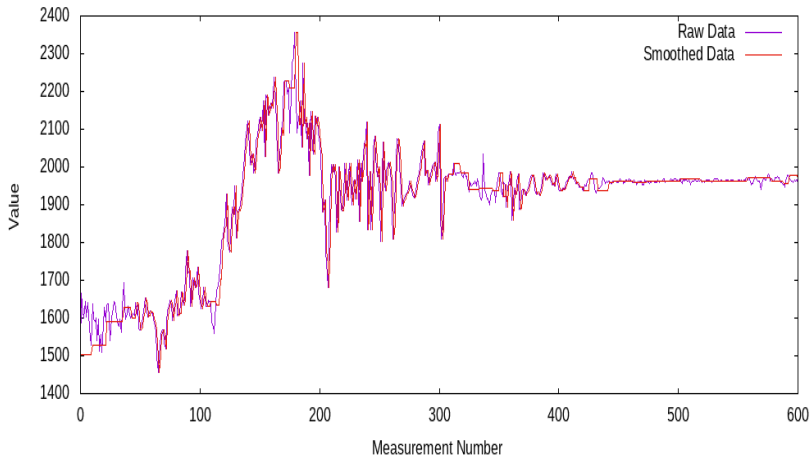


Рис.: Пример классификации данных акселерометра. Ось x . $n = 3$

Численные примеры

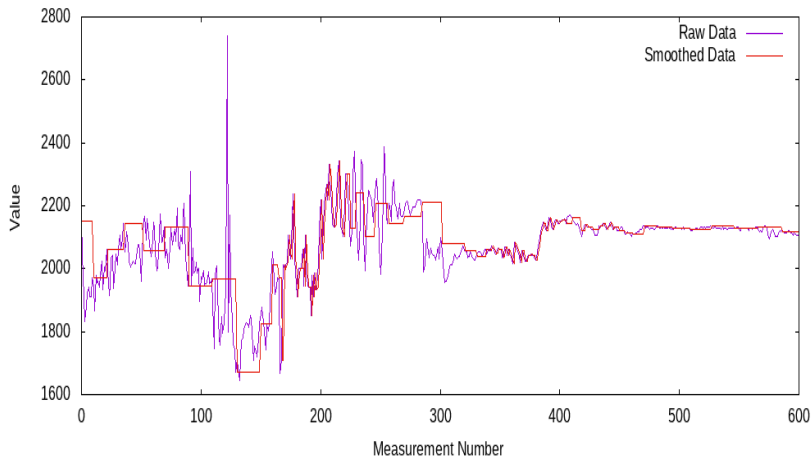


Рис.: Пример классификации данных акселерометра. Ось z . $n = 5$

Численные примеры

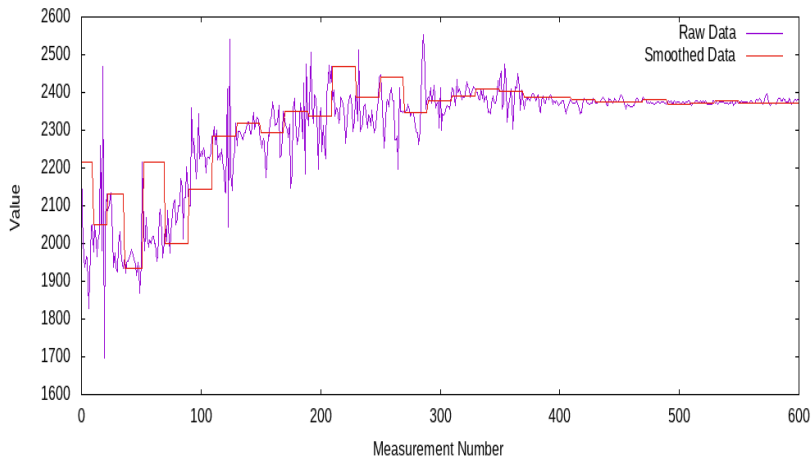


Рис.: Пример классификации данных акселерометра. Ось y . $n = 7$

Численные примеры

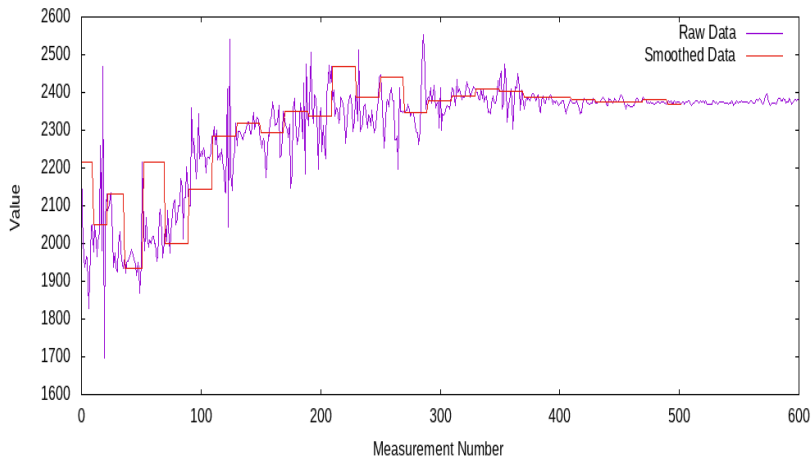


Рис.: Пример классификации данных акселерометра. Ось y . $n = 10$