

Кафедра программного обеспечения ВТ и АС

# Разработка и реализация алгоритма вычисления уровня топлива в баках сложной конфигурации

Автор работы:

Притчин Иван Сергеевич, магистрант МИВТ-191

Руководитель:

Зуев Сергей Валентинович, канд. ф-м наук

5 июня 2021 г.

Компании, осуществляющие мониторинг за транспортными средствами, столкнулись с проблемой точности вычислений уровня топлива в баках сложной конфигурации:

- большое количество вариаций форм
- ограничения на стороне сервера у систем спутникового мониторинга в расчете уровня топлива по данным, отсылаемых трекером;
- тяжелые условия эксплуатации, приводящие к колебаниям топлива.



- Специалист сервисной службы осуществляет монтаж датчика уровня топлива (ДУТ) в бак
- Производится процесс тарирования. Повторяются следующие действия:
  - Заливается  $v_i$  литров в бак
  - Снимаются показания  $D_i$  с датчика

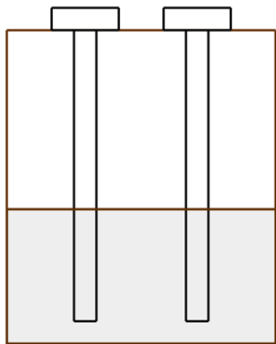
В результате тарировки получаем функцию, заданную множеством точек:  $\{(D_i, V_i)\}$ , где

$$V_i = \sum_i v_i$$

- 1 Трекер считывает данные с датчиков и формирует сообщение
- 2 Сообщение отправляется на сервер, на котором сохранена функция преобразования (тарировочная таблица):

$$f : D \rightarrow V$$

- 3 Если приходящее с трекера значение  $D$  отсутствует в таблице, используются алгоритмы линейной интерполяции и экстраполяции для расчёта  $V$

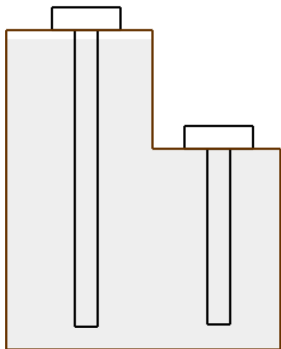


В данном примере датчики отсылают значения  $D_1$ ,  $D_2$ . Вычисляются показания:

$$fuel_1 = f_1(D_1) \quad fuel_2 = f_2(D_2)$$

И для баков простой конфигурации является достаточным использование среднего арифметического:

$$fuel = \frac{fuel_1 + fuel_2}{2}$$



Допустим, что данный бак рассчитан на 140 литров, а максимальное показание, которое может увидеть второй (правый) ДУТ - 100 литров. Далее для него начинается слепая зона.

Если бак полон, будут присланы значения  $D_1$  и  $D_2$  соответствующие 140 и 100 литрам, и тогда уровень топлива:

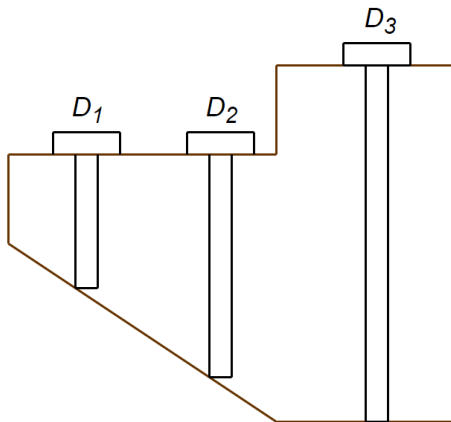
$$fuel = \frac{fuel_1 + fuel_2}{2} = 120$$

Цель: улучшение точности измерения количества топлива в баках сложной конфигурации при использовании нескольких датчиков уровня топлива.

Задачи:

- 1 исследовать существующие подходы к решению задач определения уровня топлива в баках сложной конфигурации.
- 2 определить требования к программному обеспечению.
- 3 разработать и реализовать в программном обеспечении алгоритм адаптации данных, получаемых с датчиков уровня топлива для систем спутникового мониторинга.
- 4 провести тестирование разработанного продукта.
- 5 описать алгоритм для специалистов технической поддержки по внедрению метода вычислений в системы спутникового мониторинга.

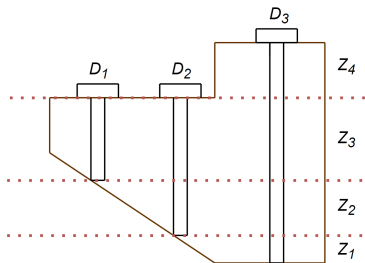
Рассмотрим бак следующей конфигурации с тремя датчиками:





## Этап 1: выделение зон

В баке выделяются зоны на основании множества ДУТов, покрывающих данный уровень:



$$fuel(Z_1) = f_3(D_3)$$

$$fuel(Z_2) = \frac{f_2(D_2) + f_3(D_3)}{2}$$

$$fuel(Z_3) = \frac{f_1(D_1) + f_2(D_2) + f_3(D_3))}{3}$$

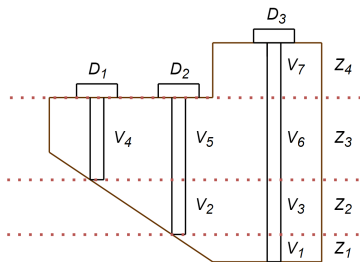
$$fuel(Z_4) = f_3(D_3)$$

В данном виде значение не может быть рассчитано:

- Формула имеет разветвляющуюся структуру;
- Для вычисления зоны надо знать уровень топлива, но чтобы знать уровень топлива - надо знать зону.

## Этап 2: получение виртуальных датчиков

Назовём виртуальным датчиком уровня топлива (ВДУТ) некоторый отрезок ДУТа. Границы зон  $Z_1, \dots, Z_4$  разделяют физические датчики  $D_1, \dots, D_3$  на множество виртуальных  $V_1, \dots, V_7$ :



Важно помнить, что датчик задаётся множеством точек  $\{(D_i, V_i)\}$ . Каждому из виртуальных датчиков необходимо сопоставить множество точек на ДУТе.

# Этап 3: получение тарифов ВДУТ

Процесс разбиения  $D_3$  на виртуальные датчики:

$L$	$D_3$
0	30
10	100
20	213
30	345
40	450
50	567
60	710
70	842
80	960
90	1080
100	1200
110	1315
120	1435
130	1553
140	1670
150	1800

$L$	$D_3$
0	30
10	100
20	213
30	345
40	450
50	567
60	710
70	842
80	960
90	1080
100	1200
110	1315
120	1435
130	1553
140	1670
150	1800

$L$	$D_3$
0	30
10	100
20	213

$L$	$D_3$
20	213
30	345
40	450
50	567
60	710

$L$	$D_3$
60	710
70	842
80	960
90	1080
100	1200
110	1315
120	1435

$L$	$D_3$
120	1435
130	1553
140	1670
150	1800

$L$	$D_3$
0	30
10	100
20	213

$L$	$D_3$
20-20	213
30-20	345
40-20	450
50-20	567
60-20	710

$L$	$D_3$
60-60	710
70-60	842
80-60	960
90-60	1080
100-60	1200
110-60	1315
120-60	1435

$L$	$D_3$
120-120	1435
130-120	1553
140-120	1670
150-120	1800

$L$	$D_3$	$V_1$
0	30	
10	100	
20	213	

$L$	$D_3$	$V_3$
0	213	
10	345	
20	450	
30	567	
40	710	

$L$	$D_3$	$V_6$
0	710	
10	842	
20	960	
30	1080	
40	1200	
50	1315	
60	1435	

$L$	$D_3$	$V_7$
0	1435	
10	1553	
20	1670	
30	1800	

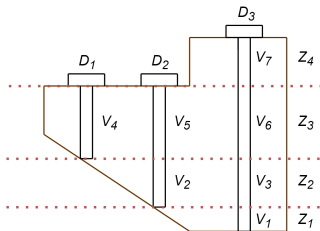
## Этап 4: подавление экстраполяции

Чтобы вычисления происходили корректно, необходимо подавить экстраполяцию. Достаточно добавить две точки, которые бы дублировали показания литров, но отличались на единицу в показаниях на ДУТе:

$L$	$D_3$
0	709
0	710
10	842
20	960
30	1080
40	1200
50	1315
60	1435
60	1436

## Этап 5: получение формулы

Наличие виртуальных датчиков с устраненной экстраполяцией от ССМ позволяет для случая получить формулу:



$$\begin{aligned} fuel = & f_{v_1}(D_3) + \frac{f_{v_2}(D_2) + f_{v_3}(D_3)}{2} + \\ & + \frac{f_{v_4}(D_1) + f_{v_5}(D_2) + f_{v_6}(D_3)}{3} + f_{v_7}(D_3) \end{aligned}$$

где  $f_{v_i}$  - функция для вычисления количества топлива для виртуального ДУТа  $v_i$ , а  $D_i$  - показания с  $i$ -го физического датчика.

Проведенные вычисления было легко осуществить, так как мы имели представление о форме бака и местоположений датчиков.

Была поставлена задача разработать такой продукт, который бы не имел такой информации, а ориентировался только на тарифовочные таблицы.

Более того, программа должна корректно обрабатывать баки в форме сообщающихся сосудов.

Язык программирования: Python 3.X

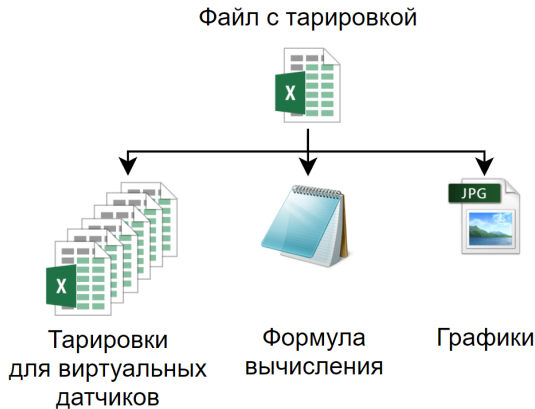
Среда разработки: PyCharm Community

Библиотеки:

- для чтения и записи исходных данных: xlrд, openpyxl;
- для обработки данных: pandas, numpy;
- для визуализации данных: matplotlib;
- для unit-тестирования: unittest.

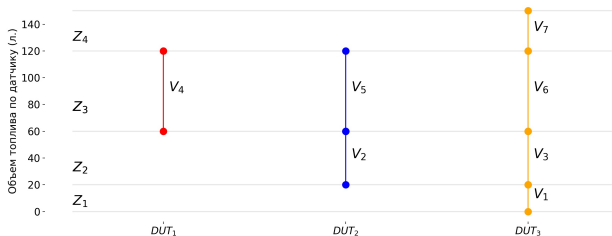
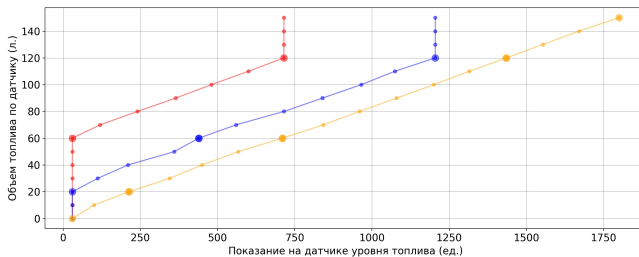
# Результаты работы программы

Программа выполняет разбиение тарифовочной таблицы на множество файлов:

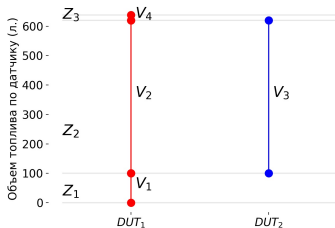
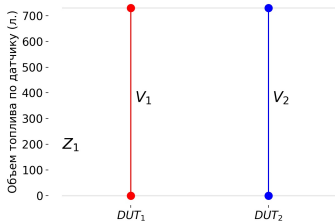
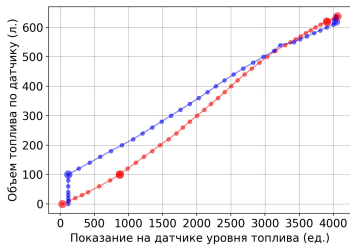
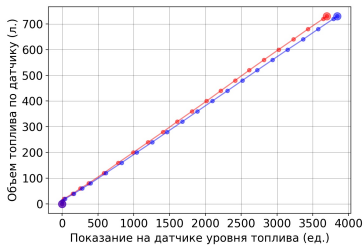


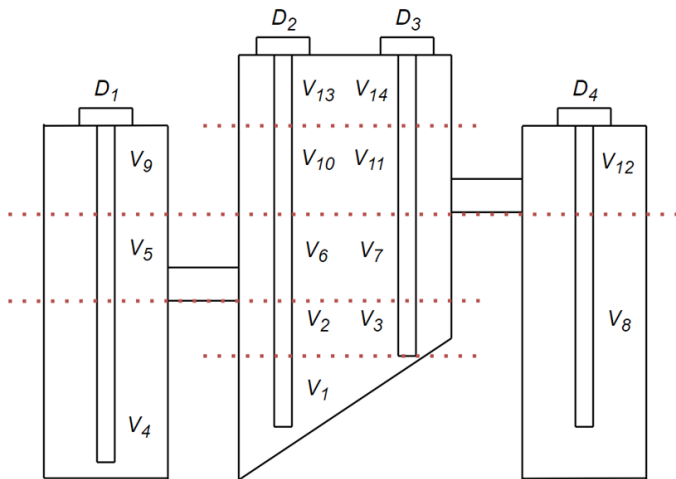


$$V_1 + \frac{V_2 + V_3}{2} + \frac{V_4 + V_5 + V_6}{3} + V_7$$



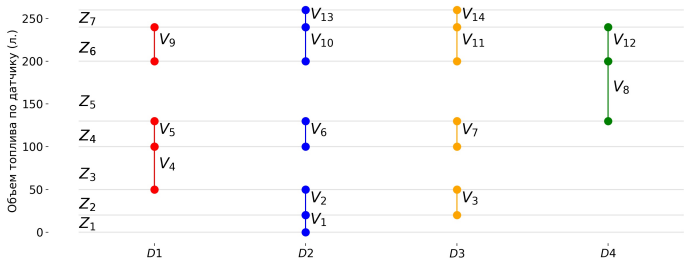
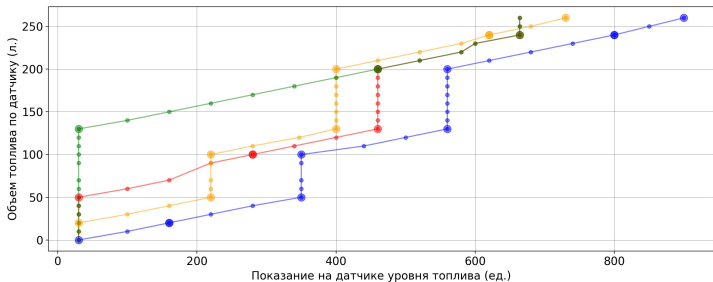
$$\left[ \frac{V_1 + V_2}{2} \right] + \left[ V_1 + \frac{V_2 + V_3}{2} + V_4 \right]$$

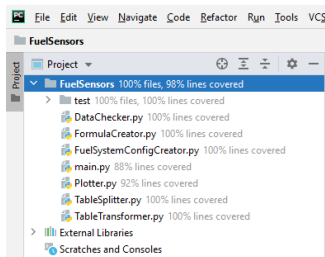




Конфигурация бака для слайда №20

$$V_1 + \frac{V_2 + V_3}{2} + V_4 + \frac{V_5 + V_6 + V_7}{3} + V_8 + \frac{V_9 + V_{10} + V_{11} + V_{12}}{4} + \frac{V_{13} + V_{14}}{2}$$





- Unit-тестирование. Достигнуто 98%-е покрытие строк
- Инсталляционное тестирование в лаборатории технической защиты информации
- Эксплуатационное приёмочное тестирование в ООО "Эксперт-ком"

В рамках выпускной квалификационной работы:

- 1 исследованы подходы повышения точности вычисления уровня топлива;
- 2 разработан и реализован алгоритм на ЯП Python для разбиения тарифовочной таблицы на виртуальные датчики уровня топлива, получения формулы вычисления и построения графиков;
- 3 проведено unit-тестирование, инсталляционное, эксплуатационное приёмочное тестирования;
- 4 описан алгоритм действия для специалистов технической поддержки по внедрению метода вычислений на примере ССМ wialon.