

Uživatelský manuál pro práci se softwarem Sensor Data Analysis

Autoři: Martin Hruška ¹ (hruskaa@vscht.cz), Tomáš Dropa ², Michal Bodnár ³

1. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze

2. Státní ústav jaderné, chemické a biologické ochrany, v.v.i

3. Tesla Blatná a.s.

Úvod

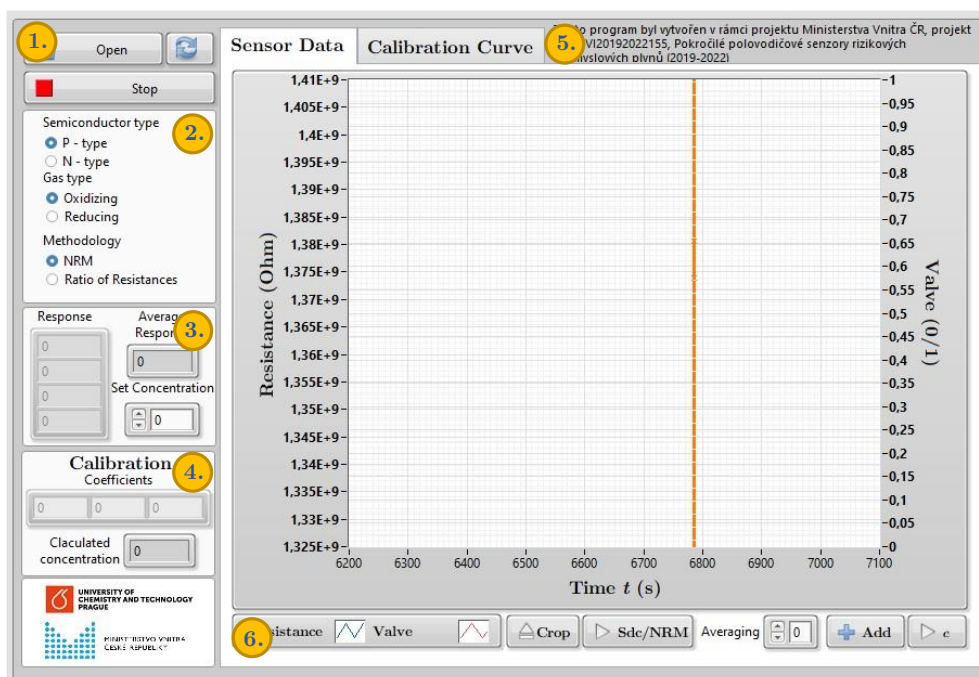
Tento manuál shrnuje základní postupy vyhodnocování naměřených senzorových dat pomocí programu *Sensor Data Analysis*, který vznikl v rámci bezpečnostního výzkumu Ministerstva Vnitra České republiky, projekt číslo VI20192022155, Pokročilé polovodičové senzory rizikových průmyslových plynů. Program byl vytvořen v programovém prostředí *NI LabView* verze 2019. V programu tedy fungují základní úkony běžné pro toto prostředí a uživatelé zvyklí na práci s *LabView* budou mít při práci s programem výhodu.

Poznámka:

Tento návod předpokládá, již základní znalost senzorových měření a cílí na vyhodnocení stejnosměrné odezvy z přechodových jevů při měření chemiresistorů. Pro plnou funkci programu je nutné, aby data obsahovala časový záznam měřené proměnné – stejnosměrného elektrického odporu (R) a také informaci o sepnutí ventilů (0 – reference, 1 – analyt).

Základní popis prostředí programu *Sensor Data Analysis*

Po otevření programu *Sensor Data Analysis* se nám načte okno s následujícím rozložením (Obrázek 1).



Obrázek 1: Prostředí programu *Sensor Data Analysis*

V tomto okně nalezneme záložky jednotlivých grafů a menu lištu se základním ovládáními a jednotlivými podmenu:

1) Podmenu pro načtení dat a jejich rychlé obnovení

Tlačítko *Open* slouží k načtení dat z textového souboru a jejich zobrazení v grafu *Sensor Data*. Data se po načtení uloží také do paměti programu a lze je tedy vždy obnovit do

základního stavu pomocí ikonky *znovunačení* . Při kliknutí na tlačítko *Open* se zobrazí podokno pro načtení dat (Obrázek 2). V tomto podokně se zvolí textový soubor s daty, která chceme načíst a následně se zvolí: na kterém řádku v souboru má čtení dat začít, počet řádků, které má program načíst a pak také které sloupce v textovém dokumentu odpovídají příslušným veličinám – čas (X), elektrický odpor ($Y1$) a sepnutí ventilů ($Y2$). Data v textovém souboru musí být oddělena pomocí tabulátoru.

Obrázek 2: Podokno pro načtení dat

2) Podmenu pro zvolení metody vyhodnocení odezvy

Toto *podmenu* obsahuje volby pro výběr správné metodiky pro vyhodnocení senzorové odezvy. Základní výběr spočívá ve zvolení druhu aktivní vrstvy chemiresistoru – polovodič typu P nebo polovodič typu N , a ve zvolení typu měřeného analytu – redukující nebo oxidující plyn.

Pro popis elektrického odporu při sepnutí ventilu se obvykle používají termíny R_{air} – odpor senzoru v referenční atmosféře a R_{gas} – odpor senzoru v měřeném analytu. V závislosti na použitém typu polovodičové vrstvy a v závislosti na měřeném analytu odpor senzoru při expozici roste, či klesá, viz Tabulka 1.

Tabulka 1: Vývoj elektrického odporu aktivní vrstvy

	Polovodič typu P	Polovodič typu N
Oxidující plyn	$R_{\text{air}} > R_{\text{gas}}$	$R_{\text{air}} < R_{\text{gas}}$
Redukující plyn	$R_{\text{air}} < R_{\text{gas}}$	$R_{\text{air}} > R_{\text{gas}}$

Pro vyhodnocení odezvy senzoru program umožňuje využít dvě základní metodiky. První metodikou je vyhodnocení tzv. stejnosměrné odezvy, někdy citlivosti, (S_{DC}), v jednoduchosti se jedná o poměr odporů (1). Druhou metodikou je pak tzv. normalizovaná senzorová odezva (NRM), kdy se změna odporu vyjadřuje jako poměr ku základní hladině odporu R_{air} .

Odpory R_{air} a R_{gas} jsou počítány jako průměr posledních N hodnot před přepnutím ventilu, N lze nastavit pomocí pole *Averaging* v *podmenu* Chyba! Nenalezen zdroj odkazů..

$$S_{\text{DC}} = \left(\frac{R_{\text{air}}}{R_{\text{gas}}} \right)_{\text{Typ P, Ox.}} = \left(\frac{R_{\text{gas}}}{R_{\text{air}}} \right)_{\text{Typ P, Red.}} \quad (1)$$

$$\text{NRM} = \frac{|R_{\text{air}} - R_{\text{gas}}|}{R_{\text{air}}} \quad (2)$$

3) Podmenu pro zobrazení vyhodnocené senzorové odezvy

V tomto *podmenu* se zobrazují hodnoty vyhodnocené odezvy, ať již už metodikou (S_{DC}) nebo (NRM). Pokud se odezva analyzuje z více cyklů měření, je zde uveden i průměr, který se následně započítává do *kalibrační křivky*. Pro zápis bodu do kalibrační křivky je nutné vyplnit

pole s koncentrací *Set Concentration*. Zápis se provede pomocí ikony *Add* z *podemnu* Chyba! Nenalezen zdroj odkazů..

4) Podmenu pro výpis koeficientů kalibrační křivky

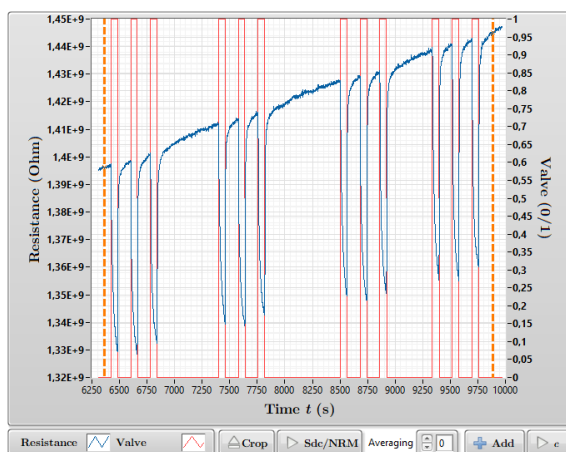
Program umožňuje vytvoření *kalibrační křivky* a to proložením kalibračních dat lineární regresí nebo polynomem druhého řádu pomocí metody nejmenších čtverců. Koeficienty prokladu jsou pak uvedeny v tomto podmenu.

$$y = A \cdot x + B \quad (3)$$

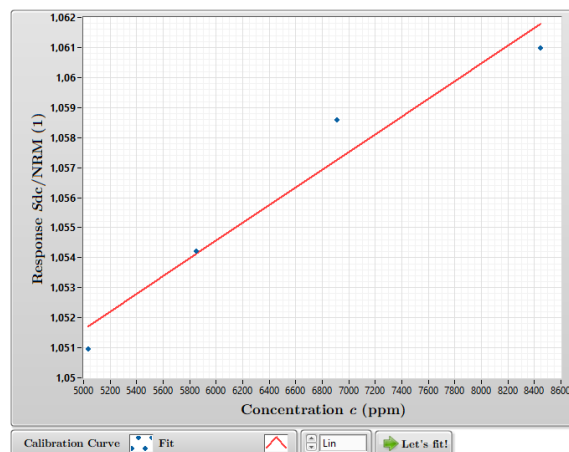
$$y = A \cdot x^2 + B \cdot x + C \quad (4)$$

5) Podmenu pro přepínání záložek – grafů

Toto menu slouží pouze k přepnutí mezi jednotlivými grafy. V záložce *Sensor Data* je uveden graf se surovými daty, tedy závislost elektrického odporu na čase – levá osa Y a informace so sepnutí ventilů – pravá osa Y. Záložka *Calibration Curve* obsahuje pak jednotlivé kalibrační body a příslušný proklad.



Obrázek 3: Záložka *Sensor Data*



Obrázek 4: Záložka *Calibration Curve*

6) Podmenu s funkčními tlačítky

Toto podmenu obsahuje většinu ovládacích prvků, jsou zde po řadě tlačítka:

- *Crop* – tlačítko pro ořez a výběr dat na kterých se provede vyhodnocení senzorové odezvy. Označení dat lze provést pomocí oranžových kurzorů v grafu *Sensor Data*.
- *S_{DC}/NRM* – tlačítko pro vyhodnocení senzorové odezvy dle příslušné metodiky po výběru dat
- *Averaging* – pole pro zvolení počtu posledních hodnot elektrického odporu přepnutím ventilů, ze kterých se vyhodnocuje odezva senzoru
- *Add* – tlačítko pro přidání kalibračního bodu do datového setu kalibrační křivky
- *c* – tlačítko pro výpočet koncentrace neznámého bodu dle vytvořené kalibrační křivky
- *Let's fit* – tlačítko (nachází se v záložce *Calibration Curve*) sloužící pro vytvoření lineárního či polynomiálního fitu a kalibrační křivky

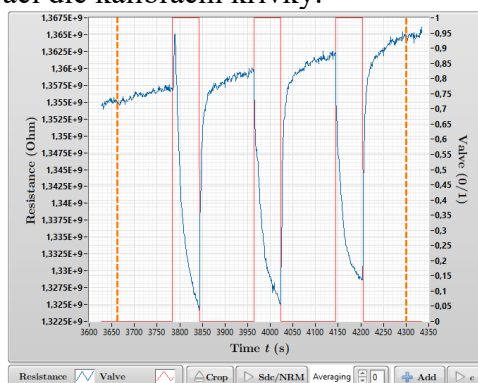
2. Ukázka práce s programem *Sensor Data Analysis*

Prvním úkonem, kterým v programu začneme, je načtení dat, které provedeme pomocí tlačítka *Open* a vybráním příslušných veličin v *podmenu*, viz bod 1). Po načtení dat je nutné vybrat a oříznout příslušný datový set, ze kterého vybereme bod do kalibrační dat. To provedeme pomocí kurzorů v grafu, jimiž označíme vybraná data, která následně ořízneme tlačítkem *Crop*, Obrázek 5. Z takto

oříznutých dat je následně možné pomocí tlačítka S_{DC}/NRM vypočítat senzorovou odezvu, dle příslušné metodiky (*podmenu 2*). Po vyhodnocení senzorové odezvy přidáme kalibrační bod do kalibrační křivky pomocí tlačítka *Add*. Dále se vrátíme zpět k celkovému výběru dat pomocí ikony *znovunačtení* a celý proces opakujeme znovu, čímž do kalibračních dat přivádíme další body.

Kalibrační křivku následně sestojíme pomocí tlačítka *Let's fit*.

Po vytvoření kalibrační křivky, je možné do programu nahrát data s přechodovým dějem pro neznámou koncentraci, vyhodnotit odezvu dle příslušné metodiky a následně pomocí tlačítka *c* vyhodnotit neznámou koncentraci dle kalibrační křivky.



Obrázek 5: Oříznutá data pro analýzu