

# AUTOMATIC ACQUISITION OF VALUES FROM MEASUREMENT DEVICES WITHOUT COMMUNICATION INTERFACE

**Martin Dohnálek**

Bachelor Degree Programme (3), FEEC BUT

E-mail: xdohna46@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Jan Kunz

E-mail: kunzj@feec.vutbr.cz

**Abstract:** This paper deals with optical character recognition (OCR) of measured values from displays of measuring instruments without communication interface. Proposed algorithm functions as a bridging between a screen of the instrument and a measuring software. It enables the acquisition of the displayed value from a snapped picture from the input camera stream, so that it is comprehensible for computers. The execution is, after necessary initialization done by the user, fully automated. Supported camera connection interfaces are USB and WiFi, meaning that either standard office webcam, or smartphone with third party app running is usable. The final algorithm recognized both 99 % valid values and its speed was exceeding the refresh rate of most common instruments (as fast as 34 ms per iteration). This means that it is not bottlenecking the measurement itself.

**Keywords:** Computer vision, optical character recognition, automated measurement systems, LabVIEW, preprocessing, character segmentation

## 1 ÚVOD

Automatizované měřicí systémy jsou nedílnou součástí novodobé laboratorní práce. Snižují nejenom časovou vytíženost experimentátorů při pokusech, ale také eliminují chybovost odečtení hodnoty z přístroje. Automatizované měření je však možné pouze s použitím takových přístrojů, které disponují možností přenášet naměřená data do obslužného softwaru spuštěného například na počítači. Vzhledem k ceně kvalitního laboratorního vybavení je obměna přístrojů zdoluhavý proces a ladem tak často leží kvalitní přístroje, které nejsou využívány právě kvůli absenci komunikačního rozhraní. Řešením této problematiky se zabývá následující text. Popisuje aplikaci optického rozpoznávání znaků, anglicky Optical Character Recognition (OCR), které je podoblastí rozpoznávání struktur v počítačovém vidění [1], k nahrazení experimentátora v procesu odečítání hodnot z přístrojů. Znakům nasnímaným webkamerou je algoritmicky přiřazen počítači srozumitelný význam. Po zralé úvaze bylo rozhodnuto, že k vypracování této problematiky bude vhodné využít programovacího jazyka LabVIEW, předně kvůli robustním nástrojům sloužícím k práci s obrazem, ale také díky faktu, že ve většině laboratoří je LabVIEW pro účely měření využíváno a bude tak možné implementovat vytvořený kód do již existujících programů.

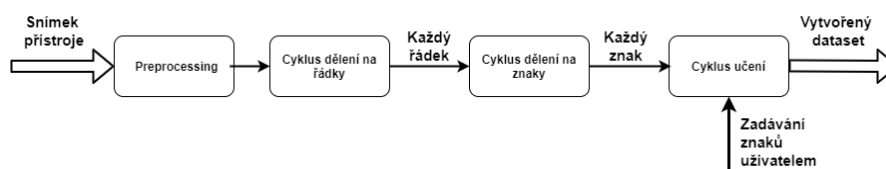
## 2 OPTICKÉ ROZPOZNAVÁNÍ ZNAKŮ

Základní strukturu aplikace pro realizaci OCR lze rozdělit do čtyř základních částí: získání obrazu, preprocessing, segmentace znaků a samotné rozpoznání znaků s případným postprocessingem [2]. S tímto dělením korespondují také dílčí kroky, které musely být algoritmem splněny. Převod z grafické podoby na význam zajišťuje dataset, což je soubor obsahující podobu znaků seřazených do skupin podle jejich významu. Rozpoznávání potom spočívá ve vyhodnocování podobnosti na-

snímaného znaku se skupinami známých znaků, přičemž hledá se největší shoda. Jedná se tedy o OCR princip srovnávání se vzorem.

### 3 ALGORITMUS PRO TVORBU DATASETU

Na obrázku 1 je zobrazeno blokové schéma navrženého algoritmu pro vytváření datasetu pro OCR aplikaci. Výchozím bodem celého procesu jsou fotografie displeje měřidla, pro něž je dataset vytvářen. Je klíčové, aby na nich byly rovnoměrně zastoupeny všechny číslice, jednotky, znaménko minus a desetinná tečka, tedy všechny znaky, které budou později rozpoznávány. Při testování se osvědčilo zastoupení každého znaku alespoň 10x.



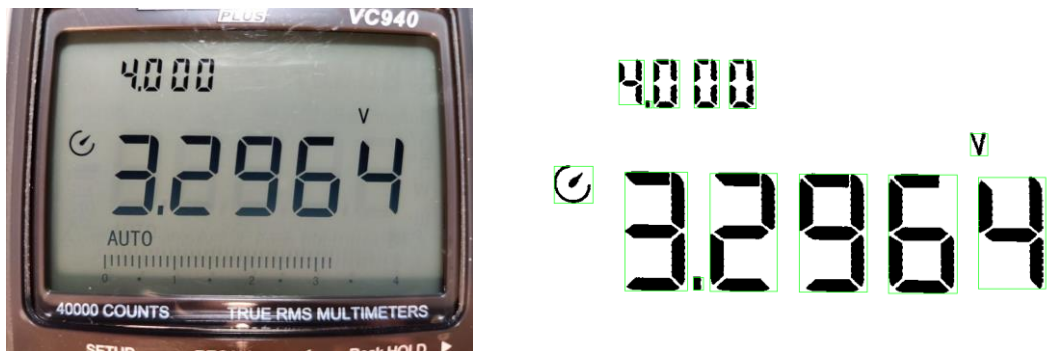
**Obrázek 1:** Blokové schéma tvorby datasetu pro OCR algoritmus

Snímky jsou po jednom předzpracovány, což spočívá v extrakci zvolené barevné složky. Vhodná složka je doporučena algoritmicky na základě srovnání míry zašumění obrazu pro jednotlivé složky, přičemž se hledá ta obsahující nejméně šumu, avšak finální volba zůstává uživateli. Tím dojde k přechodu do stupňů šedi. Dále je z obrazu vyříznuta uživatelem zvolená oblast zájmu, na níž se nachází číslice. V neposlední řadě je snímek podroben binarizaci, kdy číslice jsou reprezentovány logickou 1 a pozadí 0.

Binarizovaná oblast zájmu je dále rozdělena pomocí navrženého stavového automatu na řádky. Oblast je nejprve převedena na pole binárních hodnot, kterým se iteruje po řádcích (řádek pole odpovídá řádku pixelů obrazu). Výchozím stavem je SPACE, reprezentující pozadí znaků. V každém dalším řádku se sleduje četnost výskytu černých pixelů. Pokud je vyšší než zvolený threshold (při tvorbě datasetu byl nastaven na 5 pixelů), uloží se číslo řádku jako hranice a stavový automat přechází do stavu LINE. V něm algoritmus setrvává, dokud iteruje řádky s vyšším počtem černých pixelů, než je zvolený threshold. Zde bylo zapotřebí ošetřit možnost, kdy se v sedmsegmentové číslici může nacházet horizontální mezera, i když znak ještě nebyl ukončen (např. zobrazený údaj „07.100“). Algoritmus v takovém případě čeká s rozhodnutím o ukončení řádku a několik iterací setrvává ve stavu MAYBE SPACE, což pokryje možnost mezery v údaji. Pokud nebyla splněna podmínka návratu do stavu LINE, uloží se druhá hranice řádku a přechází se do stavu SPACE. Iterování probíhá, dokud nebyly prověřeny všechny řádky pixelů v oblasti zájmu.

Jednotlivé nalezené řádky jsou následně rovněž pomocí stavového automatu rozděleny na jednotlivé znaky (číslíce). Jsou vytvořeny oblasti zájmu odpovídající hranicím nalezených řádků, které jsou postupně předkládány k vyhodnocení. Celý proces je analogický jako v případě segmentace řádků, kromě toho, že iterace probíhá sloupci pixelů nalezených řádků. Liší se také zvolené pixelové konstanty pro přechod mezi stavy. Ve stavu CHAR (analogický k LINE) je navíc ověřováno, zda hraniční černé pixely v právě zpracovávaném sloupci nejsou vzdálenější, než aktuální uložená hranice znaku (horní a spodní hrana ohraničujícího obdélníku), a pokud ano, dojde k její aktualizaci.

Testování odhalilo problém algoritmu s kurzívou znaků displeje, kdy se překrývaly hranice znaků a nedocházelo tak k segmentaci desetinné tečky. Toto bylo vyřešeno vyrovnáním oblastí zájmu o počet pixelů zjištěný hranovou transformací provedenou metodou First Edge Rake a následným proložením úsečky nalezenou hranou. Výchozí snímek pro multimetr Voltcraft VC940 a výsledek předzpracování a segmentace je na obrázku 2. Samotná tvorba datasetu by nebyla možná bez přispění uživatele. Jsou mu postupně zobrazovány jednotlivé segmentované znaky, k nimž je zapotřebí zadat jejich význam. Tedy, zobrazí-li se například číslice „3“, uživatel musí z klávesnice zadat právě „3“.



Obrázek 2: Východí a výsledný snímek pro multimetr Voltcraft VC940

#### 4 ALGORITMUS PRO ROZPOZNÁVÁNÍ ZNAKŮ

Druhý vytvořený algoritmus slouží již pro samotné rozpoznávání znaků z displejů měřicích přístrojů. K tomuto je využíváno obrazu buď z webkamery připojené přes rozhraní USB, ale také smartphonu připojeného přes WiFi díky aplikaci DroidCAM umožňující bezdrátový přenos obrazu z kamery telefonu do počítače bez výrazného zpoždění. Algoritmus je realizován jako stavový automat. Jeho klíčové části lze shrnout do následujícího řetězce: inicializace, zachycení snímku, předzpracování, rozeznání údaje, rozhodnutí o validnosti, uložení hodnot.

V prvním kroku uživatel nastaví polohu kamery vůči měřicímu přístroji, případně upraví osvětlení podle situace a dále zvolí oblast zájmu, ve které budou rozpoznávány číslice. Snímek je pak v určitých časových intervalech s uživatelem nastavenou periodou zachycen a je podroben obdobnému předzpracování popsanému v předchozí kapitole. K rozeznání údaje je použit dataset vytvořený v ní popsaným postupem, přičemž principiálně se jedná o metodu porovnávání se vzorem. Znaků je tedy přiřazen význam jemu nejvíce podobné skupiny vzorů z datasetu. Výstupem rozeznání je řetězec znaků (číslic, desetinné tečky a znaménka), přičemž následně je vyhodnocena jeho validnost dle následujících kritérií: nesmí obsahovat znak „?““, který byl zvolen jako zástupný symbol při nerozpoznání znaku a dále musí obsahovat právě jednu desetinnou tečku. Tím je určena smysluplnost údaje a dle uživatelských preferencí se rozhodne o jeho zařazení do pole výsledků, které bude na konci běhu programu uloženo do výsledného souboru. Ten obsahuje nejenom hodnotu, ale i jednotku a časovou značku, kdy byl údaj kamerou zachycen. Měření probíhalo na dvou multimetrech, Metex M-3850D a Voltcraft VC940 a měřené napětí bylo generováno laboratorním zdrojem Tesla BK 127. K zachycení obrazu byla použita kancelářská webkamera Creative Live! Cam VF0770 a smartphone OnePlus 7. Sledována byla nejenom validnost údajů, ale také rychlost běhu algoritmu, která může být klíčovým parametrem u jistých typů měření rychle se měnících veličin.

##### 4.1 VÝSLEDKY TESTŮ VALIDNOSTI

V tabulce 1 jsou uvedeny výsledky měření pro oba multimetry a obě kamery, přičemž pro každou kombinaci kamera-multimetr bylo provedeno právě 5005 měření. Kritéria, dle kterých bylo rozhodováno o validnosti údaje, jsou uvedena v kapitole 4.

Kamera	Multimetr	Celkem měření	Validní	Nevalidní	Úspěšnost [%]
Creative	Voltcraft VC940	5005	4953	52	<b>98,96</b>
	Metex M-3850D	5005	4034	971	<b>80,60</b>
OnePlus	Voltcraft VC940	5005	4949	56	<b>98,88</b>
	Metex M-3850D	5005	4502	503	<b>86,95</b>

Tabulka 1: Úspěšnost rozpoznávání znaků z displejů Voltcraft a Metex s webkamerou Creative a smartphonem OnePlus

Z výsledků je patrné, že zatímco pro multimetr Voltcraft je dosahovaná validnost takřka 99 %, pro multimetr Metex je tato hodnota pouhých 80 %, respektive 87 %. Důvodem tohoto rozdílu je rozdílná perioda překreslování displeje obou měřidel, kdy Voltcraft aktualizuje hodnoty frekvencí 3 Hz [2] a Metex 10 Hz [3]. Rozdílná úspěšnost rozpoznávání je tedy vysvětlena statisticky častějším zaznamenáním neúplně vykresleného údaje v případě multimetru Metex.

#### 4.2 VÝSLEDKY TESTŮ RYCHLOSTI

V tabulce 2 jsou zobrazeny délky naměřených časových intervalů potřebných k vykonání jednotlivých kroků. Testování bylo prováděno na notebooku Acer Aspire E5-575G-5660 disponujícím dvoujádrovým procesorem Intel Core i5-7200U (frekvence jádra 2,5 GHz) a 16 GB paměti RAM. Je vidět, že největší část doby iterace zabírá zachycení, přičemž toto se liší mezi USB a WiFi o třetinu. Z časového rozložení jednotlivých kroků plyne dostatečná optimalizace algoritmu.

	ITR	ACQ	PRP	OCR	VAL	SAV
<b>Creative [ms]</b>	100,693	94,121	4,410	1,600	0,006	0,556
<b>OnePlus [ms]</b>	34,401	29,435	3,075	1,641	0,006	0,244

**Tabulka 2:** Úspěšnost rozpoznávání znaků z displejů multimetrů Voltcraft a Metex se smartphonem OnePlus (Použité zkratky: ITR = celá iterace, ACQ = zachycení snímku, PRP = předzpracování, OCR = rozpoznání znaků, VAL = validnost a SAV = uložení snímku.)

## 5 ZÁVĚR

Vyčítání údajů z displejů měřících přístrojů bez komunikačního rozhraní je možné díky využití OCR. Pro účely rozeznávání údaje z displeje byl vytvořen algoritmus, jehož výstupem jsou měřené údaje společně s časovou značkou (časem, kdy byla hodnota zachycena). Pro jeho funkčnost je klíčové využití datasetu, jehož tvorba je pro libovolné měřidlo možná díky druhému vytvořenému algoritmu. Testování algoritmu bylo prováděno na dvou multimetrech (Voltcraft VC940 a Metex M-3850D) za použití dvou kamer (webkamera Creative Live! Cam VF0770 a smartphone OnePlus 7), přičemž byla sledována validnost rozeznávaných údajů a rychlost rozpoznávání. Dosažená maximální validnost je takřka 99 % (viz tabulka 1). Rychlost běhu programu se liší dle zvoleného obrazového vstupu, kdy za předpokladu využití WiFi připojení dosahuje až 34,401 ms/iteraci (iterací se rozumí provedení celého řetězce OCR pro daný snímek) (viz tabulka 2).

## REFERENCE

- [1] EIKVIL, Line. *OCR - Optical Character Recognition* [online]. Oslo, 1993 [cit. 2020-10-17]. Dostupné z: <https://www.nr.no/~eikvil/OCR.pdf>
- [2] ZHANG, Tao, Yanqiu CUI a Yaning YANG. Design of a Character Recognition System Based on LabVIEW. *Proceedings of the 4th International Conference on Mechatronics, Materials, Chemistry and Computer Engineering 2015* [online]. Paris, France: Atlantis Press, 2015, , - [cit. 2020-10-10]. ISBN 978-94-6252-133-9. Dostupné z: doi:10.2991/icmmce-15.2015.72
- [3] VOLT CRAFT VC940. *Voltcraft®* [online]. Version 01/13. Hirschau [cit. 2021-02-26]. Dostupné z: <https://asset.conrad.com/media10/add/160267/c1/-/%23%23/000123297ML04/000123297ML04.pdf>
- [4] METEX M-3850D. *Metex®* [online]. [cit. 2021-02-26]. Dostupné z: <https://www.manualslib.com/manual/1369505/Metex-M-3850d.html#manual>