



- Infinite Loop
- Mariani Ave
- Valley Green
- Bandley Dr
- De Anza Blvd



● Infinite Loop ● Mariani Ave ● Valley Green ● Bandley Dr ● De Anza Blvd

PŘEDNÁŠKA KURZU MPC-POV

Strojové rozpoznávání kódů a znaků

P. Petyovský (email: petyovsky@vut.cz)

Technická 12, VUT v Brně



Computer Vision Group

Department of Control and Instrumentation
Faculty of Electrical Engineering and Communications
Brno University of Technology

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
Faculty of Electrical Engineering and Communications

rev. 2022.6

Pojmy a opakování

Strojové čtení Braillova písma

- Popis Braillova písma

- Postup zpracování

- Příklad strojového čtení Braillova písma

Strojové čtení čárových kódů

- Popis kódu EAN13

- Postup zpracování

- Příklad strojového čtení čárového kódu

Strojové čtení znaků - OCR

- Segmentace znaků

- Metody rozpoznávání znaků, tvorba příznaků

 - Rozpoznávání podle vzoru

 - Příznaky získané z popisu tvaru

 - Příznaky získané pomocí statistických charakteristik

Strojové čtení RZ vozidel - LPR

- Příklad segmentace znaku

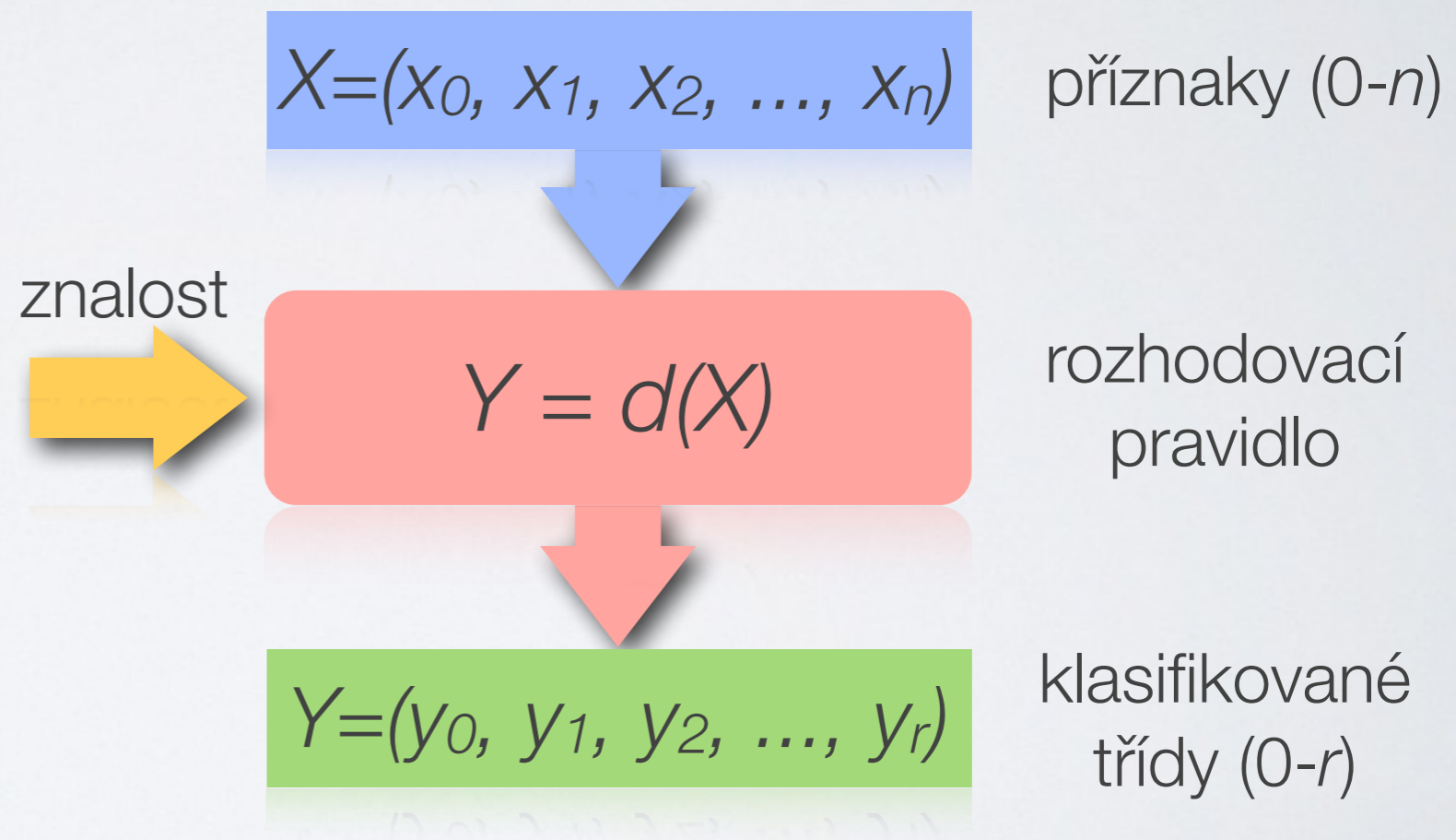
- Příklady špatné kvality segmentovaných znaků

Dotazy, úkoly

Literatura, použité zdroje

POJMY A OPAKOVÁNÍ

- Histogram
- Pojem hrana v obraze
- Segmentace
- Pojem příznak
- Získávání příznaků
- Předzpracování příznaků
- Pojem znalost
- Strojová klasifikace
- Lineární klasifikátor



STROJOVÉ ČTENÍ BRAILLOVA PÍSMÁ

Popis Braillova písma

Braillovo písmo je systém písma pro nevidomé a slabozraké, vytvořený v letech 1825–1829 Louisem Braillem.

Šestnáctiletý Braille, sám nevidomý, zjednodušil systém bodového slepeckého písma, který navrhl Charles Barbier de la Serre v roce 1815 pro francouzskou armádu jako písmo, umožňující čtení i po tmě.

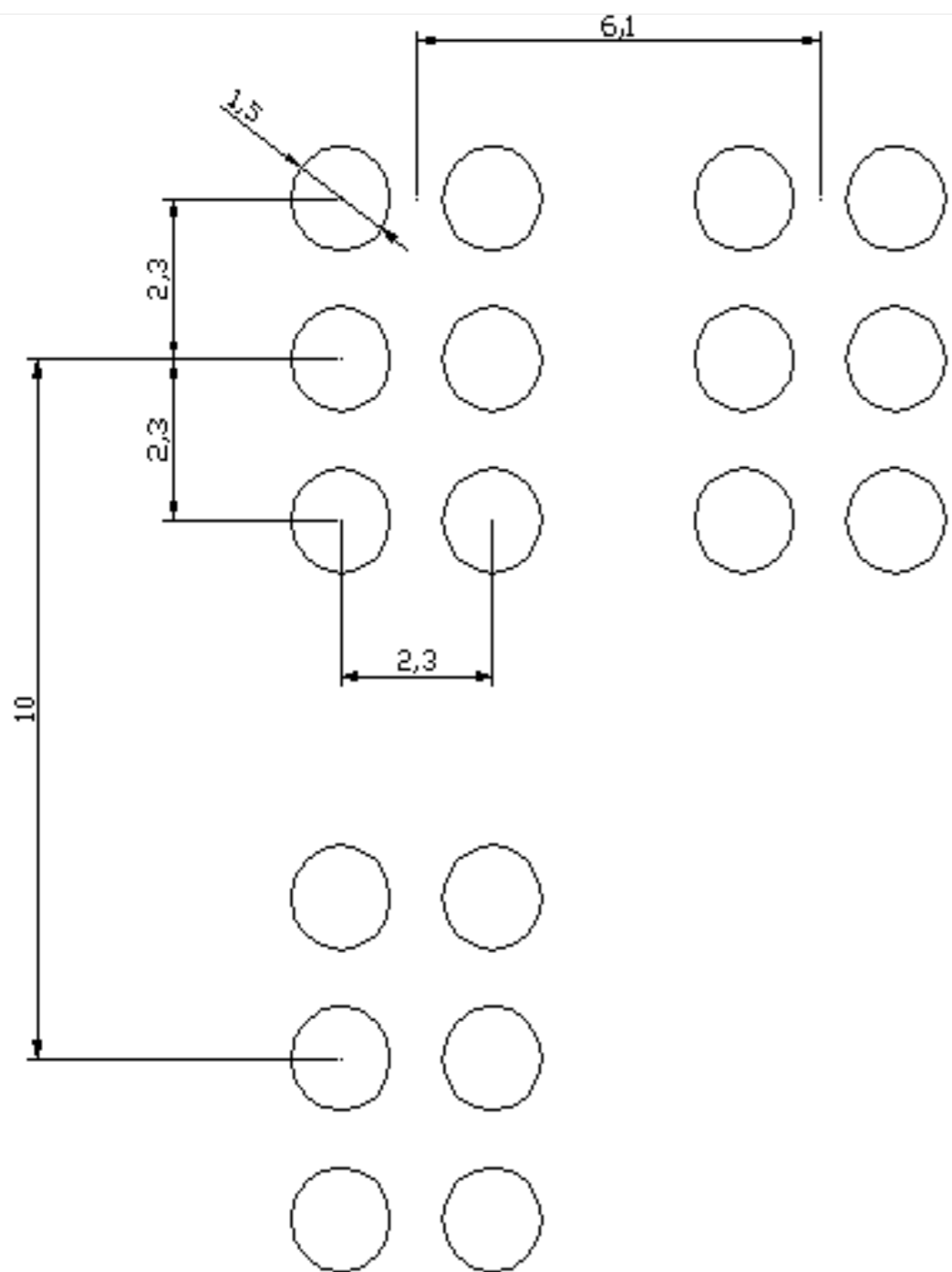
V roce 1850 bylo Braillem upravené písmo uznáno Francouzskou akademií a v roce 1854, dva roky po Braillově smrti, byla jeho šestibodová abeceda prohlášena za oficiální slepecké písmo v celé Francii.

V průběhu pařížského Mezinárodního kongresu pro zlepšení osudu nevidomých a hluchoněmých byly v roce 1878 jednotlivé metody porovnány a ze závěrečné diskuse vzešlo usnesení, aby se Brailův systém zavedl celosvětově jako jediné slepecké písmo. Pouze USA vyčkávaly s jeho zavedením až do roku 1917.

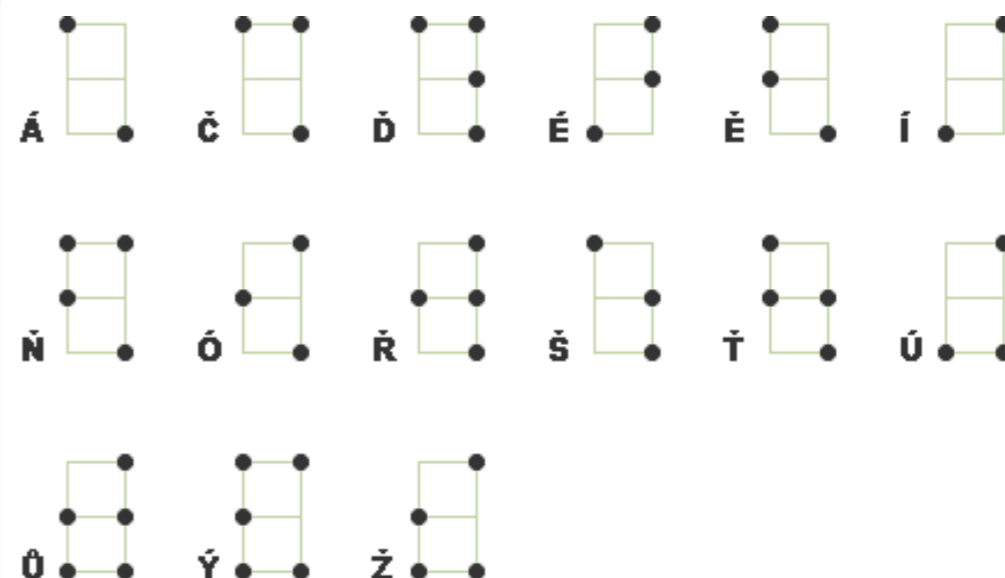
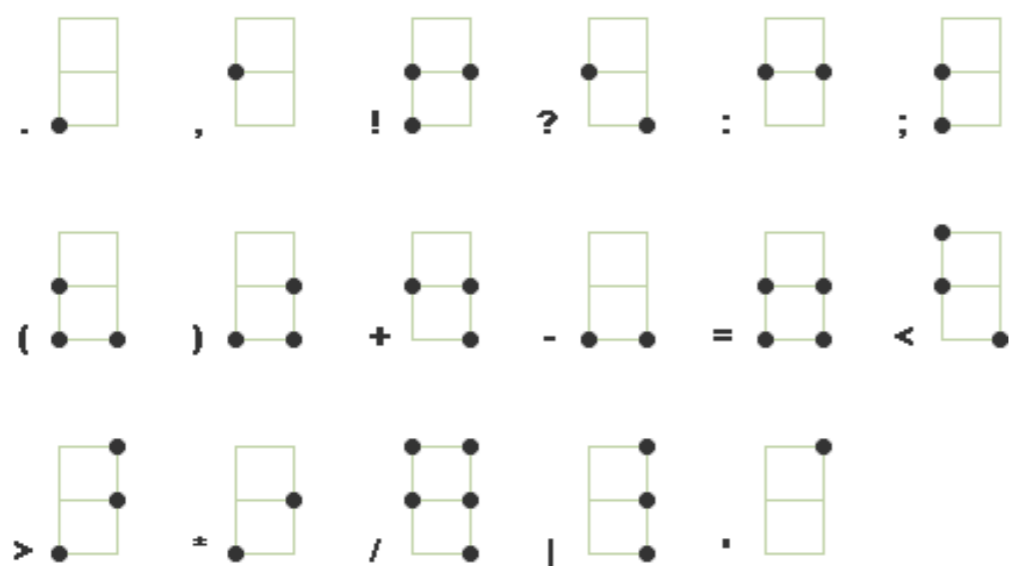
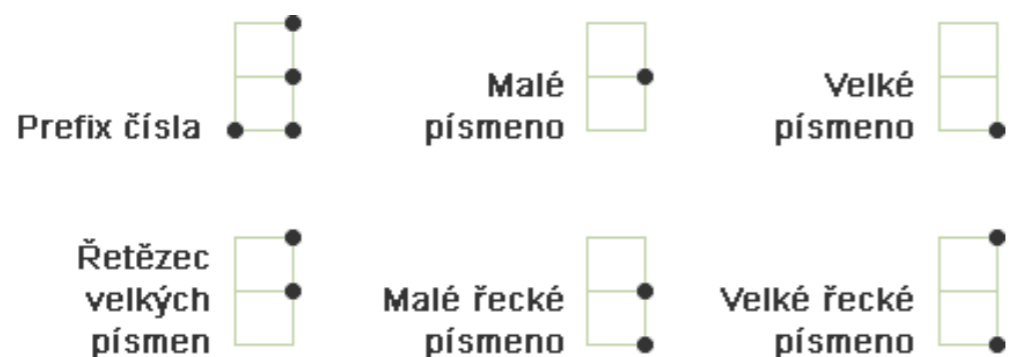
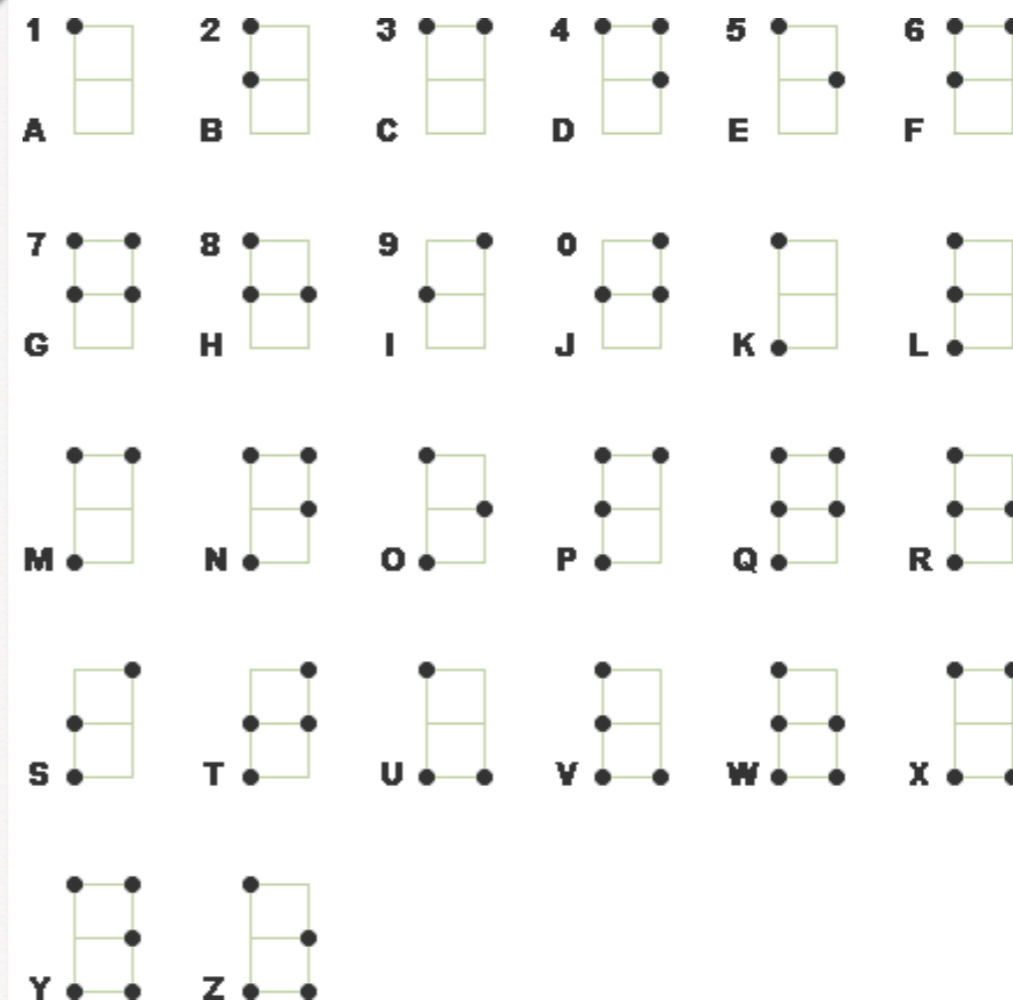
V roce 1929 byla v Paříži přijata dohoda o standardizaci slepeckého notového písma v systému Braille.

Každý znak v Braillově abecedě je reprezentován šesti body, jejichž přítomnost nebo absence definuje výsledný znak.

Počet kombinací představuje možnost zapsat 63 znaků a mezeru. Pro psaný záznam se využívá Pichtův psací stroj, případně speciální tiskárny a hmatové displeje.



Pouhých 63 kombinací nedostačuje k popisu všech znaků, proto je využíváno tzv. prefixů, tj. znaků měnících významy následujících znaků. Tyto pravidla rozšiřují počet kombinací a tedy i celkový počet vyjádřitelných znaků. Každý z těchto prefixů používá vlastní pravidla pro ukončení svojí platnosti.



Příklad:



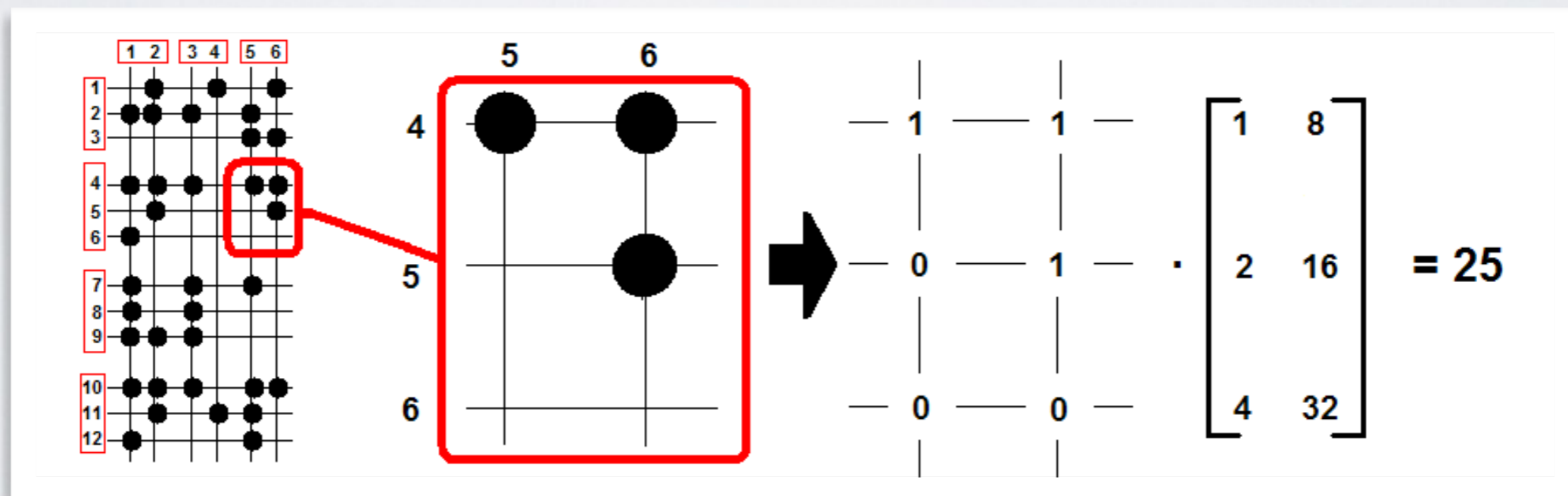
ZVĚDAVĚ

1	2	3	4	5	6
A	B	C	D	E	F
7	8	9	0		
G	H	I	J	K	L
M	N	O	P	Q	R
S	T	U	V	W	X
Y	Z				

Á	Č	Ď	É	Ě	Í
Ň	Ó	Ř	Š	Ť	Ú
Ů	Ý	Ž			

Postup zpracování:

1. Pořízení digitální předlohy.
2. Kompenzace geometrického zkreslení (natočení, zkosení (*Skew*), měřítko).
3. Kompenzace jasového zkreslení (nerovnoměrné osvětlení scény).
4. Segmentace braillských bodů.
5. Segmentace braillských znaků.
6. Syntaktická analýza (zpracování prefixů)
7. Aplikace slovníku slov pro sporné případy klasifikace znaků. (ad. 4)
8. Prezentace a uložení výstupu.

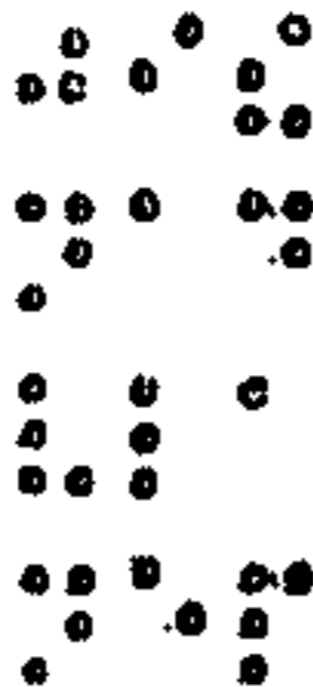


Příklad strojového čtení Braillova písma

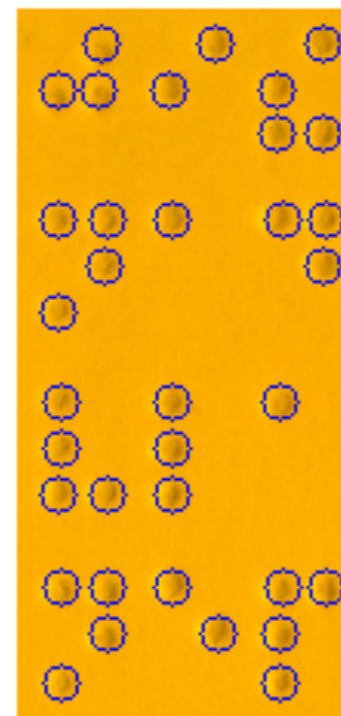
vstupní obraz



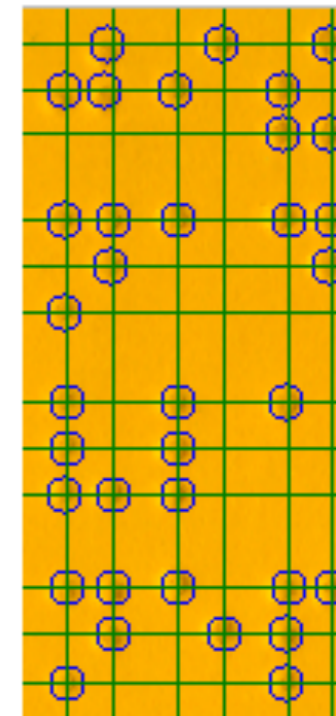
předzpracovaný obraz



segmentované body



mřížka pro segmentaci znaků



výsledný text

již

nad

vla

nep

kódy znaků

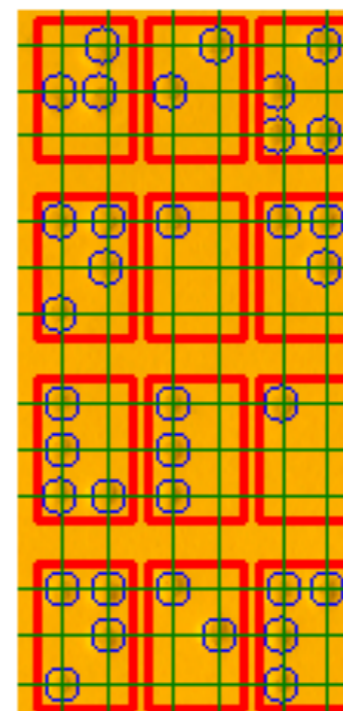
26 10 46

29 1 25

39 7 1

29 17 15

segmentované znaky



ČÁROVÉ KÓDY

Čárové kódy navrženy právě za účelem vytvořit jednoduchý a spolehlivý systém pro strojové čtení informace (*Automatic Identification and Data Capture - AIDC*).

První koncepce čárových kódů, vznikaly již v roce 1948. První praktické aplikace (kód UPC) 1974.

Základní rozdělení dle uložení informace:

Pouze v jednom rozměru: 1D kódy, Lineární kódy, (*Barcodes*).

V obou rozměrech: 2D kódy, Maticové (mozaikové) kódy, (*Matrix codes*).

V obou rozměrech a využívajících barvu: Barevné maticové kódy, (*Color matrix codes*).

Code 39



Code 39 Full ASCII



Code 39 HIBC



Codabar



Code 93



Code 128



UCC/EAN-128



Interleaved 2 of 5



UPC A



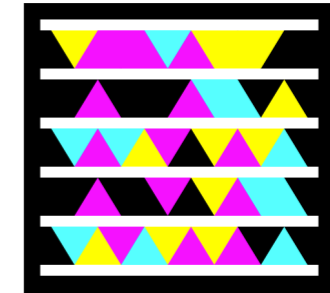
UPC E



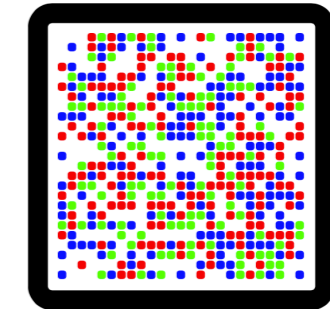
EAN 13



EAN 8



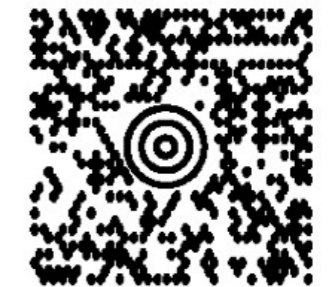
HCCB



CrontoSign



QR



MAXICODE



DATA MATRIX

UCC/EAN-128

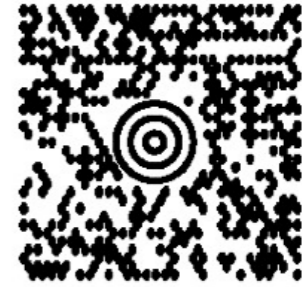


(8101)0 54321 1200(21)12345678

Interleaved 2 of 5



1234568890999000



MAXICODE



UPC A



UPC E



EAN 13



EAN 8



DATA MATRIX



Bookland

Telepen



Morovia

Telepen Numeric



1234567890

POSTNET



PLANET



ROYAL MAIL / IMB



PDF417

MSI / PLESSEY



123456

Code 11



123-456

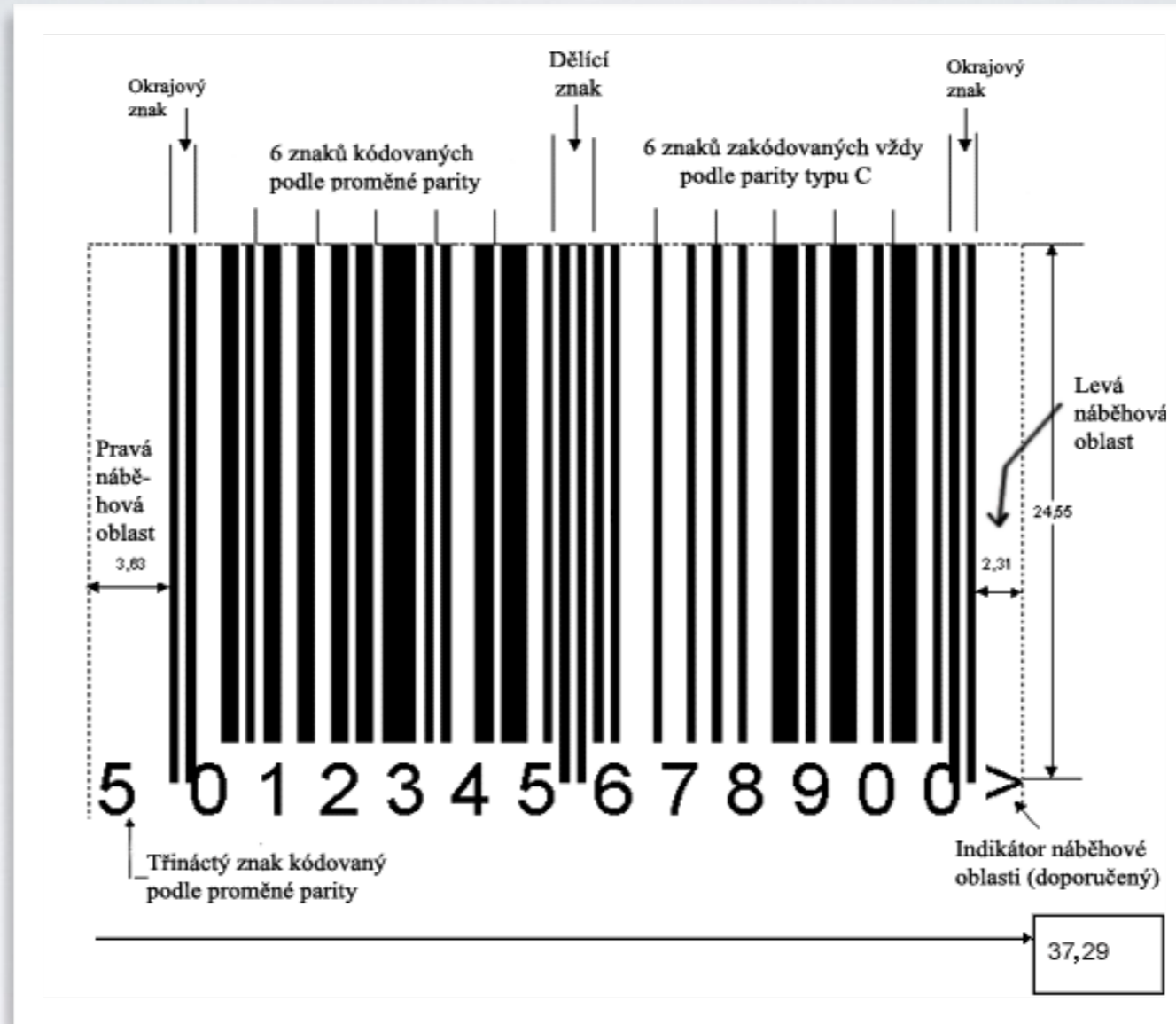
Code 25



1234567890

Popis kódu EAN13

EAN13 má povinných 12 číslic a 13.pozice je pro doplňkovou číslici.



Pozice	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
EAN13	P1	P2	P3	O1	O2	O3	O4	V1	V2	V3	V4	V5	K

P1 - P3 Přidělený EAN prefix (pro ČR: 859).
 O1 - O4 Číslo organizace na základě regionu.
 V1 - V5 Číslo identifikující výrobek.
 K Kontrolní znak.

Hodnota P1	Typ parity pro: P2-O4	Typ parity pro: V1-V5, K
0	AAAAAA	CCCCCC
1	AABABB	CCCCCC
2	AABBAB	CCCCCC
3	AABBBA	CCCCCC
4	ABAABB	CCCCCC
5	ABBAAB	CCCCCC
6	ABBBAA	CCCCCC
7	ABABAB	CCCCCC
8	ABABBA	CCCCCC
9	ABBABA	CCCCCC

Kontrolní znak se určuje jako zbytek po dělení 10 takto:

1. Proved' ciferný součet na všech sudých pozicích kódu.
2. Tento součet vynásob třemi.
3. Proved' ciferný součet na všech lichých pozicích kódu.
4. Proved' součet obou hodnot určených v 2. a 3.
5. Určíme doplněk do nejbližšího čísla dělitelného deseti (většího nebo stejného).

Příklad: Máme tyto hodnoty kódu: 001234567890K

$$0 + 2 + 4 + 6 + 8 + 0 = 20$$

$$20 * 3 = 60$$

$$0 + 1 + 3 + 5 + 7 + 9 = 25$$

$$60 + 25 = 85$$

$$85 + K = 90$$

(nejvyšší nebo stejné číslo dělitelné 10 je 90), kontrolní znak je tedy: $K = 5$.

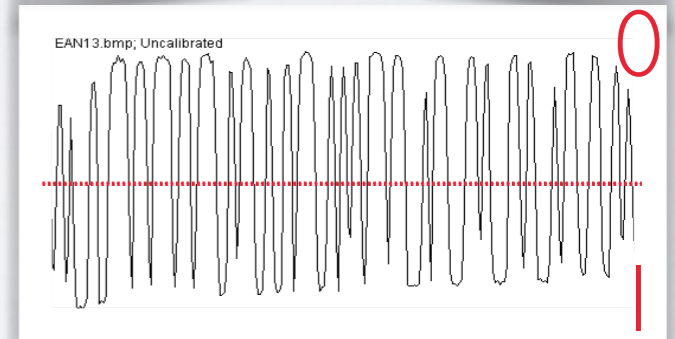
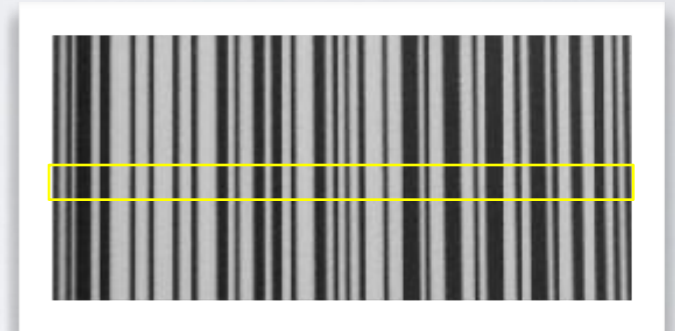
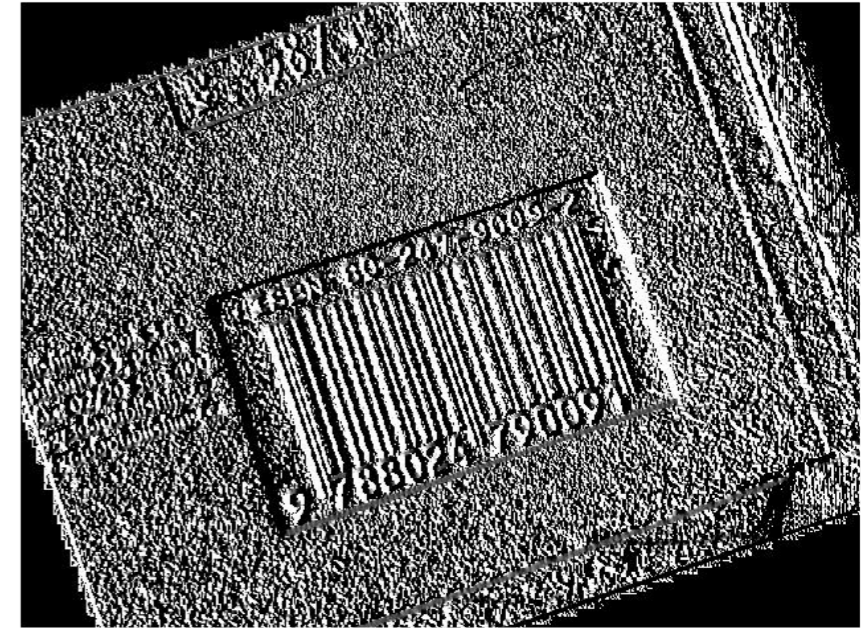
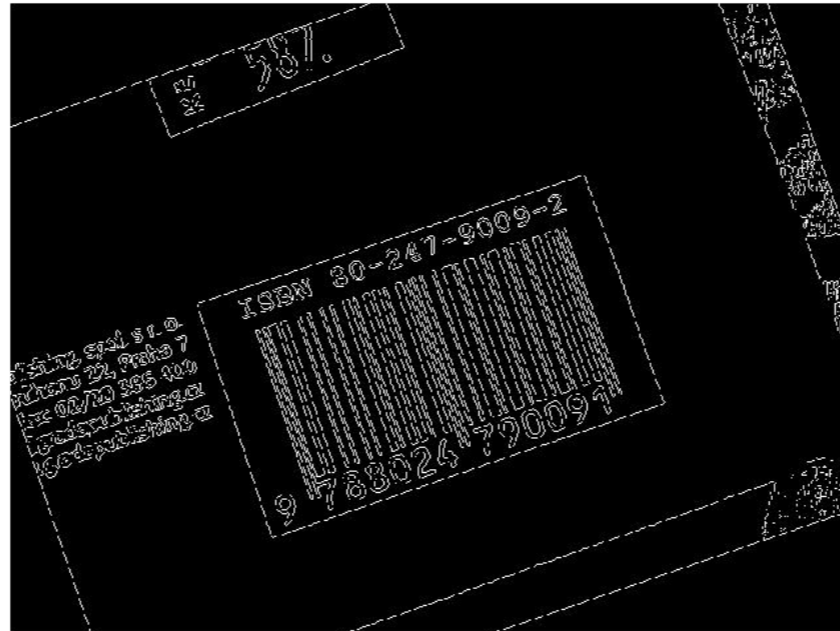
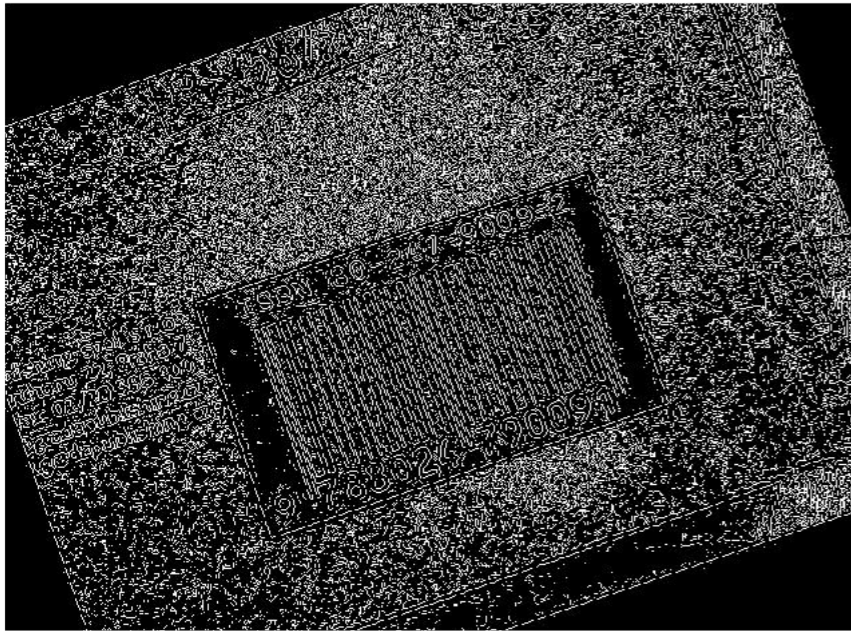
Hodnota znaku	Parita typu A (lichá)	Parita typu B (sudá)	Parita typu C (sudá)
0			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			

Postup zpracování:



1. Nalezení oblasti kódu ve snímku.
2. Kompenzace geometrického zkreslení: natočení, měřítko, zkosení (*Skew*).
3. Kompenzace jasového zkreslení (nerovnoměrné osvětlení scény).
4. Segmentace (separace) jednotlivých čar kódu.
5. Rozpoznání a převod jednotlivých skupin čar na znaky (detekce parit).
6. Syntaktická analýza správnosti přečtených znaků (určení znaku P1).
7. Kontrola správnosti dle kontrolního součtu.
8. Prezentace a uložení výstupu.

Příklad:



0111011 0001001 0001001 0001101 0011011 0100011
01010
1000100 1110100 1110010 1110010 1110100 1100110

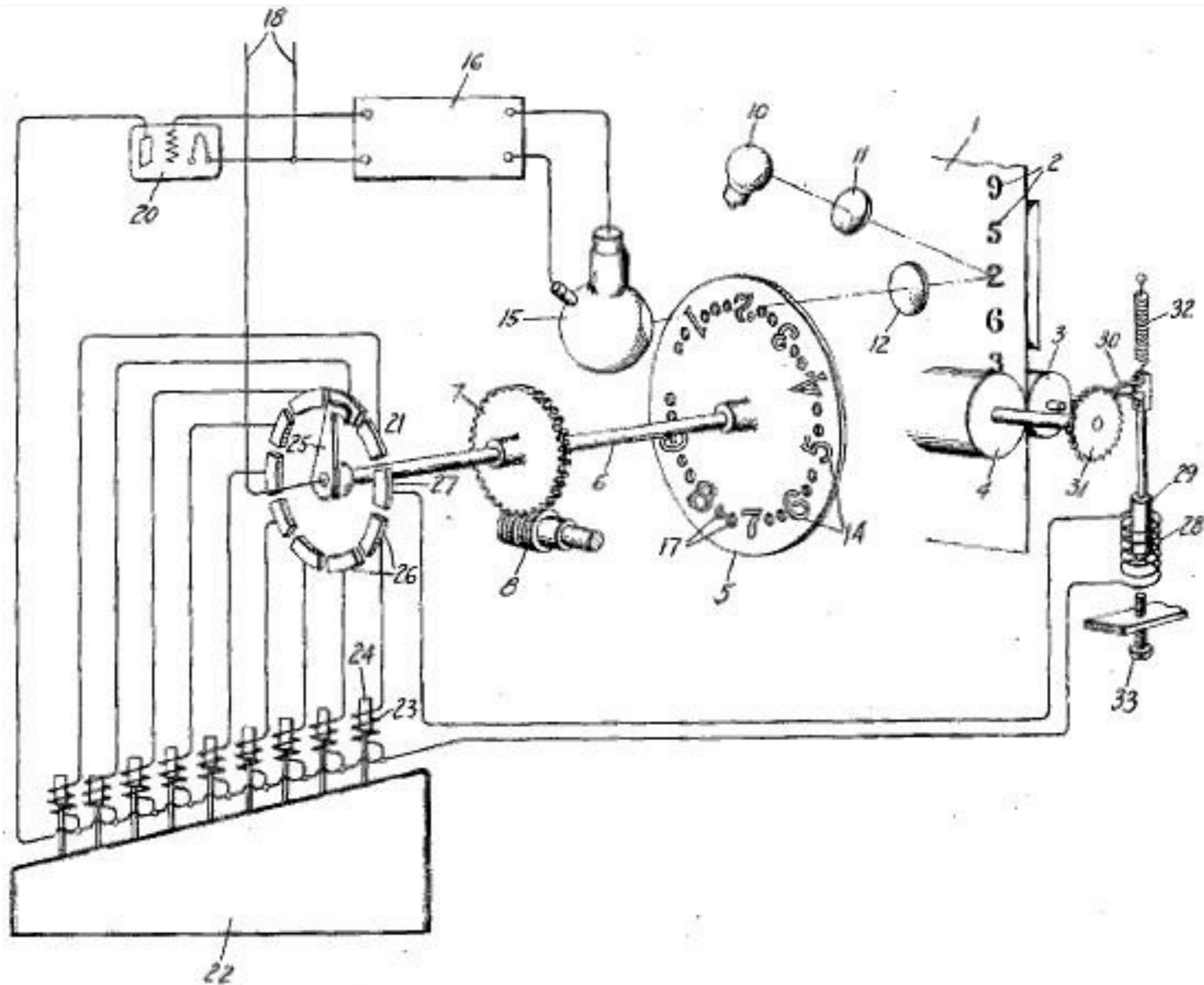
STROJOVÉ ČTENÍ ZNAKŮ

Optical character recognition - OCR

Problematika strojového čtení běžných tiskových dokumentů obsahující znaky latinské abecedy, je dnes považována za úspěšně vyřešenou. Úspěšnost strojového čtení dosahuje 99%.

Pro dokumenty obsahující znaky jiných abeced, případě dokumenty psané rukou, ještě nebylo dosaženo takto uspokojivých výsledků. A proto jsou tyto úlohy stále součástí výzkumu.

Zaměříme se proto pouze na problematiku strojového čtení tiskových dokumentů.



1933 US Patent 1915993 - Statistical machine

Obecný postup zpracování:

1. Označení samostatných oblastí obsahujících text (tzv. bloky).
2. Odvození toku textu (tj. logické návaznosti jednotlivých bloků).
3. Geometrické transformace bloku (natočení, měřítko, skew).
4. Kompenzace jasového zkreslení (nerovnoměrné osvětlení bloku).
5. Rozpoznání jednotlivých řádků textu v bloku.
6. Rozpoznání jednotlivých slov v řádcích.
7. Segmentace (separace) jednotlivých znaků (popř. ligatur) ve slovech.
8. Rozpoznání jednotlivých znaků (resp. ligatur).
9. Aplikace slovníku slov pro sporné případy klasifikace znaků. (ad. 7)
10. Prezentace a uložení výstupu

Mezi první důležité kroky patří segmentace a rozpoznávání jednotlivých znaků. Řešení vede často na iterativní metody segmentace a rozpoznávání.

Postup segmentace znaků:

Segmentaci je možné provést buď na základě detekce hran jednotlivých znaků, např. hranovým filtrem detekujícím průchod nulou druhé parciální derivace jasové funkce.

Případně jednoduchým procentním prahováním a to za předpokladu, že známe poměr ploch znaků a pozadí.

Tento údaj je možné u tištěného textu stanovit empiricky.

Metody rozpoznávání znaků, tvorba příznaků

Rozpoznávání podle vzoru

Vhodné pro „kvalitní“ předlohy, klasifikační metoda silně závislá na geometrických a jasových zkresleních obrazu.

Principem metody je vytvoření vhodných etalonů představujících jednotlivé znaky a nalezení toho etalonu, od něhož má hledaný obraz nejmenší rozdíl.

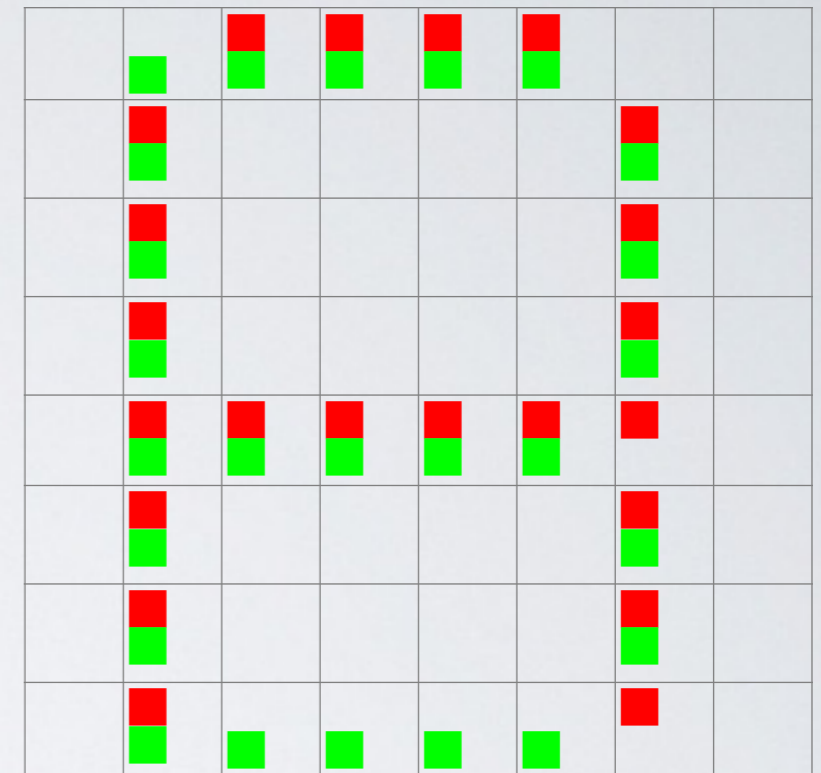
Výsledný rozdíl představuje sumu rozdílů mezi jednotlivými obrazovými elementy etalonu a hledaného znaku.

$$\Delta_{celk} = \sum_{i=0}^X \sum_{j=0}^Y \text{abs} (f_{znak}(i, j) - f_{etalon}(i, j))$$

Případně váhovanou sumu rozdílů (tj. rozdíl v některých obrazových elementech je důležitější než v jiných).

$$\Delta_{celk} = \sum_{i=0}^X \sum_{j=0}^Y f_{vah}(i, j) \cdot \text{abs} (f_{znak}(i, j) - f_{etalon}(i, j))$$

Výpočetně nenáročná metoda, nepotřebujeme další klasifikátor.



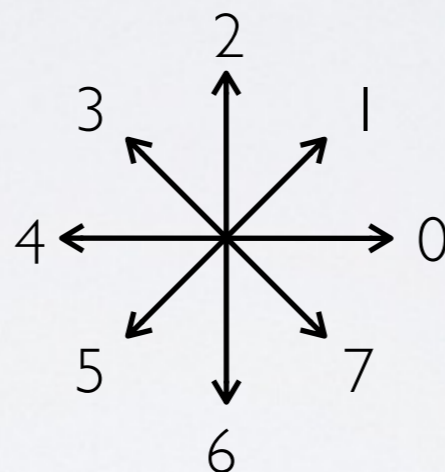
Příznaky získané z popisu tvaru

Řetězové kódy, Freemanův kód (Freeman chain codes)

Řetězové kódy slouží k popisu hranice objektu.

Lze je s výhodou použít k popisu tvaru jednotlivých etalonů i neznámého objektu a porovnávat pouze oba popisné řetězce.

Výhodou je možnost zpětné rekonstrukce objektu a nezávislost na posunutí. Nevýhodou je nutnost definovat vždy stejně počáteční místo a směr popisu.



Znak A lze popsat jako tento řetězec:

„00076666622244444666222222 |“

Další výhodou přináší diferenciální zápis, který je nezávislý na natočení objektu s krokem 45°.

„0,0,0,-1,-1,0,0,0,0,0,-4,0,0,2,0,0,0,0,2,0,0,-4,0,0,0,0,0,-1 |“

		■	■	■	■		
		S0	0	0	7		
	■					■	
	1					6	
	■					■	
	2					6	
	■					■	
	2					6	
	■	■	■	■	■	■	
	26	4	4	4	4	46	
	■					■	
	26					26	
	■					■	
	26					26	
	■					■	
	2					2	

Příznaky získané pomocí statistických charakteristik

Na jasovou funkci $f(x,y)$ definující hodnoty pixelů v obraze můžeme pohlížet jako na náhodnou veličinu a využít ke klasifikaci hodnoty některých statistických veličin.

Výhodou je nezávislost na posunutí a natočení obrazu, malý objem výstupních dat. Nevýhodou je výpočetní náročnost a nutnost určit chování a počet jednotlivých statistických veličin pro všechny etalony. Definujme statický obecný moment (N -tého řádu) pro dvourozměrnou náhodnou veličinu $f(x,y)$:

$$m_{pq} = \sum_{x=-X}^{+X} \sum_{y=-Y}^{+Y} x^p y^q f(x, y)$$
$$N = p + q$$

Hodnota obecného momentů je ale závislá na geometrických (posunutí) i „jasových (střední hodnota) zkresleních“ vstupní funkce, proto normalizujeme $f(x,y)$ dle střední hodnoty a definujeme centrální moment:

$$\mu_{pq} = \sum_{x=-X}^{+X} \sum_{y=-Y}^{+Y} (x - x_t)^p (y - y_t)^q f(x, y)$$

Kde, x_t a y_t představují souřadnice těžiště objektu určeného pomocí obecných momentů takto:

$$x_t = \frac{m_{10}}{m_{00}}; \quad y_t = \frac{m_{01}}{m_{00}}$$

Centrální moment je tedy nezávislý na „jasových zkresleních“ a posunutí.

Dále je možné definovat normovaný centrální moment, který nezávislý na změně měřítka:

$$\vartheta_{pq} = \frac{\mu_{pq}}{(\mu_{00})^\gamma}$$
$$\gamma = ((p + q) \operatorname{div} 2) + 1$$

Kde zápis: (*dělenec*) *div* (*dělitel*) představuje celočíselné dělení.

Cílem je tedy stanovit vhodný počet centrálních momentů daných řádů, pomocí kterých je možné spolehlivě rozpoznat jednotlivé etalony.

Jako vhodné příznaky se používá sedm momentových charakteristik.

$$\varphi_1 = \vartheta_{20} + \vartheta_{02}$$

$$\varphi_2 = (\vartheta_{20} + \vartheta_{02})^2 + (2\vartheta_{11})^2$$

$$\varphi_3 = (\vartheta_{30} - \vartheta_{12})^2 + (3\vartheta_{21} - \vartheta_{03})^2$$

$$\varphi_4 = (\vartheta_{30} + \vartheta_{12})^2 + (\vartheta_{21} + \vartheta_{03})^2$$

$$\begin{aligned} \varphi_5 = & (\vartheta_{30} - 3\vartheta_{12})(\vartheta_{30} + \vartheta_{12})[(\vartheta_{30} + \vartheta_{12})^2 - 3(\vartheta_{21} + \vartheta_{03})^2] + \dots \\ & + (3\vartheta_{21} - \vartheta_{03})(\vartheta_{21} + \vartheta_{03})[3(\vartheta_{30} + \vartheta_{12})^2 - (\vartheta_{21} + \vartheta_{03})^2] \end{aligned}$$

$$\varphi_6 = (\vartheta_{20} - \vartheta_{02})[(\vartheta_{30} + \vartheta_{12})^2 - (\vartheta_{21} + \vartheta_{03})^2] + 4\vartheta_{11}(\vartheta_{30} + \vartheta_{12})(\vartheta_{21} + \vartheta_{03})$$

$$\begin{aligned} \varphi_7 = & (3\vartheta_{21} - \vartheta_{03})(\vartheta_{30} + \vartheta_{12})[(\vartheta_{30} + \vartheta_{12})^2 + \dots \\ & - 3(\vartheta_{21} + \vartheta_{03})^2] - (\vartheta_{30} + 3\vartheta_{12})(\vartheta_{21} + \vartheta_{03})[(3\vartheta_{30} + \vartheta_{12})^2 - (\vartheta_{21} + \vartheta_{03})^2] \end{aligned}$$

Další užitečné momenty:

$$M_{compact} = \frac{m_{00}}{\mu_{20} + \mu_{02}}; \quad M_{excentr} = \frac{\sqrt{(\mu_{20} - \mu_{02})^2 + (2\mu_{11})^2}}{\mu_{20} + \mu_{02}}$$

Oba tyto momenty jsou nezávislé na posunu, rotaci i změně měřítka.

STROJOVÉ ČTENÍ RZ VOZIDEL

Licence plate reading / recognition – LPR

RZ – registrační značka (dříve SPZ)

Postup zpracování:

1. Nalezení RZ ve snímku.
2. Kompenzace geometrického zkreslení (natočení, měřítko, skew).
3. Kompenzace jasového zkreslení (nerovnoměrné osvětlení scény).
4. Segmentace (separace) jednotlivých znaků na RZ.
5. Rozpoznání jednotlivých znaků.
6. Syntaktická analýza správnosti přečtených znaků (lze využít regulární výrazy).
7. Prezentace, uložení výsledků.

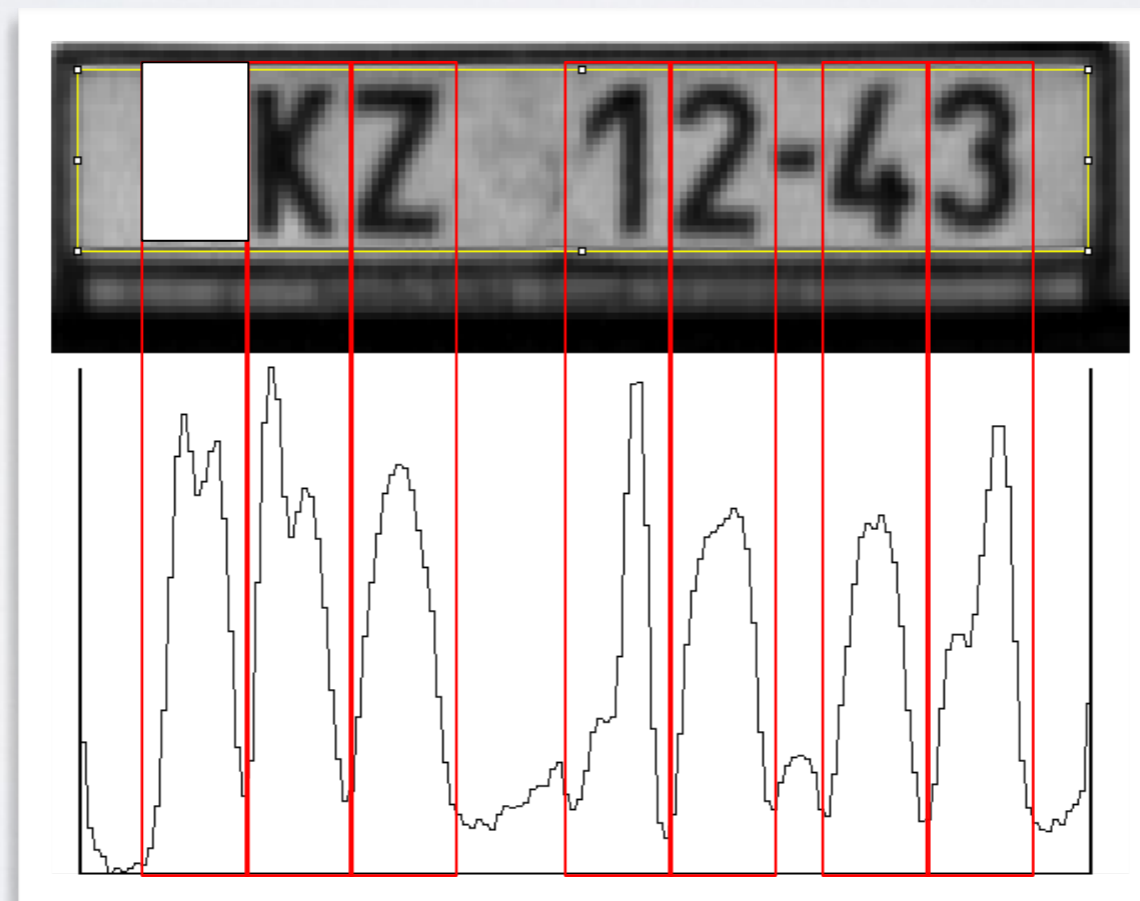
Úspěšné přečtení RZ znamená, správně klasifikovat každý znak z RZ (pro ČR sedm znaků včetně pomlčky)!

Z důvodů zvýšení přesnosti čtení RZ se některé znaky nepoužívají vůbec (např. znak Q) nebo pouze na některých pozicích (znak I), případně jsou jejich tvary upraveny tak, aby byla zvýšena čitelnost a tedy i úspěšnost správné klasifikace znaku.

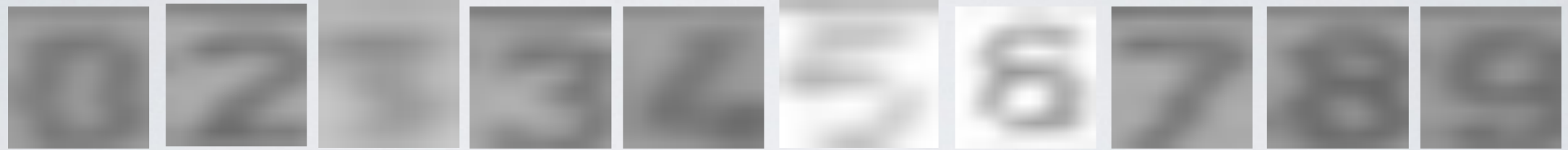
Příkladem může být např. Holandsko, kde došlo na začátku 90. let, k úpravě znaků PR, právě za účelem snížení chybovosti správné klasifikace těchto znaků při strojovém čtení.



Příklad segmentace znaků RZ



Příklad trénovacích vzorů pro čtení RZ



DOTAZY?

LITERATURA, POUŽITÉ SNÍMKY

- [1] Jan J.,: Poznámky ke kurzu Digitální zpracování a analýza obrazového signálu, FEKT 1999.
- [2] Jan J., Dub P.: Poznámky ke kurzu: Vyšší metody číslicového zpracování obrazu, FEKT 2001.
- [3] Sousedík, J.: Rozpoznání a třídění objektů podle tvaru, diplomová práce, FEKT 2004
- [4] Dušek, S.: Systém optického rozpoznávání čárových kódů, bakalářská práce, FEKT 2007.
- [5] Pluskal, R.: Systém optického rozpoznávání Braillova písma, bakalářská práce, FEKT 2007.
- [4] Šonka M., Hlaváč V.: Počítačové vidění, Computer press 1992, ISBN 80-85424-67-3
- [5] Hlaváč V., Sedláček M.: Zpracování signálů a obrazů, skriptum ČVUT 2001.
- [6] Žára J., Beneš B., Felkel P.: Moderní počítačová Grafika, Computer press 2004, ISBN 80-251-0454-0
- [7] Žára J. a kol.: Počítačová grafika - Principy a algoritmy, Grada 1992, ISBN 80-85623-00-5
- [8] Wiley InterScience: Encyclopedia of Imaging Science and Technology, <http://www3.interscience.wiley.com>
- [9] Wikipedia, The free encyclopedia, <http://en.wikipedia.org/wiki>

DĚKUJI ZA POZORNOST