

# Digitalizace a zpracování obrazu

Jaroslav Fiřt <sup>a)</sup>, Radek Holota <sup>b)</sup>

<sup>a)</sup> Nové technologie – výzkumné centrum  
Sedláčkova 15  
306 14 Plzeň  
tel. (+420) 377236881, kl. 237  
e-mail: [firt@kae.zcu.cz](mailto:firt@kae.zcu.cz)

<sup>b)</sup> Nové technologie – výzkumné centrum  
Sedláčkova 15  
306 14 Plzeň  
tel. (+420) 377236881, kl. 242  
e-mail: [radek.holota@centrum.cz](mailto:radek.holota@centrum.cz)

## Abstrakt

Tento článek se zabývá základními principy a postupy zpracování obrazu. Popisuje posloupnost základních kroků zpracování obrazu od jeho pořízení až po klasifikaci objektů obsažených v obraze. Podrobněji se zabývá problematikou digitalizace obrazu.

## Zpracování obrazu

Vlastní průběh zpracování a rozpoznávání obrazu reálného světa obvykle rozdělujeme do několika základních kroků. Rozdělení postupu není zcela jednoznačné, a tak můžeme v literatuře nalézt různá dělení. Záleží však již na dané aplikaci, zda budou provedeny všechny kroky tak, jak budou zde uvedeny. Postupy zpracování obrazu se zabývají [1], [2], [3], [4].

Posloupnost základních kroků:

- Snímání a digitalizace obrazu
- Předzpracování
- Segmentace obrazu
- Popis objektů
- Klasifikace

Dále se budeme podrobněji zabývat jednotlivými kroky.

## Snímání a digitalizace obrazu

Základním kamenem pro zpracování a rozpoznávání obrazu je vlastní získání obrazu reálného světa, jeho převod do digitální formy vhodné pro uložení a další zpracování v počítači či jiném systému.

### *Snímání*

Snímání obrazu je převod optické veličiny na elektrický signál, který je spojitý v čase i úrovni. Vlastní proces snímání můžeme též chápat jako radiometrické měření. Na výsledný sejmutý obraz má samozřejmě vliv mnoho různých faktorů. Může to být například ozáření snímaného objektu a jeho vlastnosti. Pokud ale předem známe některé veličiny, jakými jsou např. právě ozáření a odrazivost povrchu, mohou nám pomoci při částečné rekonstrukci 3D scény z 2D obrazu, který získáme při snímání. Podrobnější pohled na problematiku radiometrických měření a důležitých veličin, hrajících v nich důležitou roli, naleznete v [2]. Při snímání a rekonstrukci 3D scény se však většinou používají jiné metody, které jsou založeny na vyšším počtu snímacích zařízení.

Vstupní informací při snímání nemusí být vždy jen jas z kamery či scanneru, ale mohou jí být i jiné veličiny, jako jsou intenzita rentgenového záření, ultrazvuk či tepelné záření. Dále budeme uvažovat, že vstupním signálem je jasová složka z kamery.

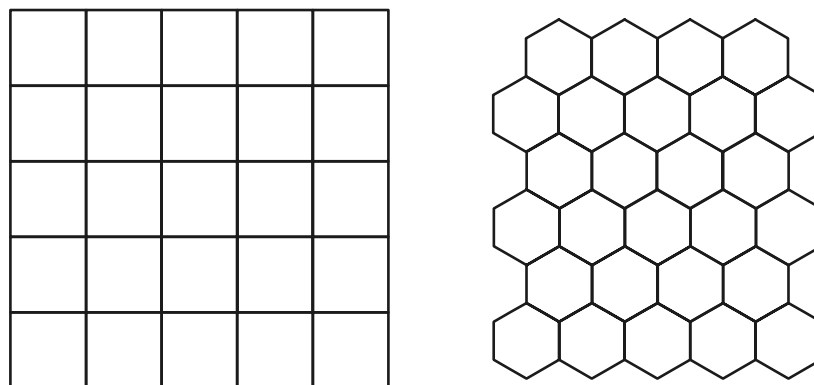
### **Digitalizace**

Druhým krokem při získávání obrazu vhodného pro další zpracování v počítačích je převod spojitého analogového signálu na signál digitální – digitalizace.

Digitální obraz je ekvivalentem spojitě obrazové funkce  $f(i,j)$ , kde  $i$  a  $j$  jsou souřadnice v prostoru. Je získán pomocí vzorkování obrazu do matice  $M \times N$  bodů a kvantováním do  $K$  úrovní.

Vzorkování se řídí obecně známou Shanonovou větou. Z té plyne, že nejmenší detail v digitálním obraze musí být minimálně dvojnásobkem vzorkovacího intervalu. Volba vhodného rozlišení obrazu je jedním z nejzásadnějších kroků digitalizace. Při nízkém rozlišení budeme ztrácet informaci o detailech v obraze, a naopak při velkém rozlišení nám bude stoupat výpočetní náročnost při dalším zpracovávání obrazu. Velikost obrazu se většinou udává v obrazových bodech – pixelech (picture element). Rozlišení obrazu je uváděno v jednotkách body/palec – DPI (dots per inch). U kvantování úrovní jasu volíme jejich počet tak, aby nedocházelo k falešným obrysům. Ty začínají být člověku patrné pokud počet úrovní klesne pod 50.

Důležitou součástí digitalizace je volba vzorkovací mřížky. Nejčastěji používanými mřížkami jsou mřížky čtvercové a hexagonální. Jejich struktura je zobrazena na obr.1. Čtvercová mřížka vychází z konstrukce většiny snímacích prvků a je velmi snadno realizovatelná. Má však i své nevýhody týkající se především měření vzdáleností a spojitosti objektů. Hexagonální mřížka většinu těchto problémů řeší, ale není zase vhodná pro některé operace, jakými jsou např. Fourierova transformace. Podrobnější rozbor naleznete v [1]. Dále budeme uvažovat jen čtvercovou vzorkovací mřížku.

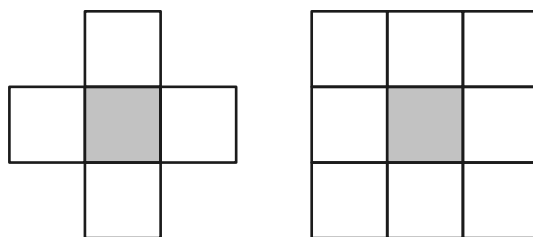


**Obr. 1: Čtvercová a hexagonální vzorkovací mřížka**

Pro další práci s digitálním obrazem si ještě nadefinujeme důležitou vlastnost, a tou je vzdálenost dvou obrazových bodů udanými souřadnicemi  $(i,j)$  a  $(x,y)$ . Obecně je vzdálenost dvou bodů chápána jako Eukleidovská vzdálenost  $D_E$ , definovaná dle následujícího vztahu:

$$D_E = \sqrt{(x-i)^2 + (y-j)^2} .$$

Pokud je, ale prostor diskretizován, tak definujeme nejprve sousedství bodu a pak vzdálenost bodů v obraze za předpokladu daného sousedství. Při použití čtvercové vzorkovací mřížky můžeme uvažovat 4-sousedství nebo 8-sousedství (viz. obr. 2).



**Obr. 2: 4-sousedství a 8-sousedství ve čtvercové mřížce**

Vzdálenosti bodů jsou pak definovány dle následujících vztahů:

$$D_4 = |x - i| + |y - j|$$

resp.

$$D_8 = \max\{|x - i|, |y - j|\}.$$

### **Popis barev v obraze**

Barva – barevnost – obrazu je důležitým nositelem informace. Pro určení přesného odstínu barvy jsou vytvořeny barevné modely. Ty se liší podle použitých složek

#### ***Model RGB***

Tento popis barev je využíván v zobrazovacích zařízeních (monitor, TV), kdy jeden viditelný bod (pixel) tvoří tři velmi blízko umístěné body barevných složek Red, Green, Blue (červená, zelená a modrá). Jejich sloučením vzniká opticky jiná barva.

Tento model barev je aditivní – tedy pro hodnoty 0,0,0 je výsledná barva černá. Se zvyšující se hodnotou se barvy „přidávají“, až po maximální hodnotu 1,1,1 kdy je výsledná barva bílá.

Platí, že pokud jsou hodnoty jednotlivých složek stejné, jedná se o odstín šedi.

V počítačové grafice se většinou uvažuje rozsah hodnot v celých číslech v rozmezí 0–255. V této souvislosti se hovoří i o „hloubce barev“, která udává právě číselné rozmezí pro jednotlivé složky.

Barevná hloubka 8 bitů je tvořena výběrem (tabulkou) 256 definovaných barev. Výběr barev je buď definován (WEB safe colors – barvy využívané pro bezpečné zobrazení na internetu), nebo musí být definována k danému obrazu. U použití 24 bitové hloubky hovoříme již o „TrueColor“ obrazech – obraz může obsahovat až  $2^{24}$  barev, odpovídá tedy tomu, co je možno vidět v reálném světě.

#### ***Model CMY a CMYK***

Tento barevný model je využíván pro tisk a při výrobě fotografií.

Na rozdíl od předchozího (RGB) barevného systému se jedná o substraktivní systém. Barvy se neskládají, ale odečítají od původně bílé. Čím je tedy hodnota dané složky vyšší, tím se více blížíme k černé barvě.

Vztah mezi RGB a CMY (Cyan, Magneta, Yellow – azurová, purpurová, žlutá):

$$\begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

Platí tedy, že barva 1,0,0 v RGB je ekvivalentem 0,1,1 v CMY. Jinak řečeno – RGB systém barvy vyznačuje, CMY pohlcuje.

V tiskárnách se většinou doplňuje CMY složkou K (black – černá), která se v tisku používá velmi často (pro ‘černou’ se jinak musí nanést všechny tři barevné složky a výsledně složená barva je spíše šedá).

### **Model HSI**

Oproti předchozím modelům nejsou jeho složky tvořeny různými základními barvami, ale jejich třemi vlastnostmi: Hue, Saturation a Intensity mají význam: barva, sytost a jas.

- *Barva* je udávána jako „úhel“ v rozmezí 0–360° (0° resp. 360° – červená, 120° – zelená, 240° – modrá). Barvy tvoří uzavřený kruh a jsou lineární. Lze tedy zadat libovolný zlomek úhlu pro určení požadované barvy.
- *Sytost* určuje množství přidané bílé složky. Tedy červená barva s 50% bílé je růžová.
- *Jas* určuje, kolik světla daná barva odrazí – jak jasná (zářivá) tedy bude.

Použití tohoto barevného modelu je asi nejlépe vidět v případě obrazů – kdy se používají barvy, do kterých se přidává černá a bílá pro vytvoření jejich odstínů.

### **Model YUV**

Tento model se v obrazovém zpracování nepoužívá. Jedná se o systém, který má uplatnění v televizní technice. Y představuje jas, nebo šedivost a U a V jsou barevné složky.

### **Šedá škála**

V některých aplikacích postačí obraz v šedé škále. Tedy v rozmezí bílá – stupně šedi – černá. Většinou se využívá 256 odstínů, tedy 8 bitů hloubky.

### **Předzpracování obrazu**

Po úspěšném získání obrazu a jeho digitalizaci máme k dispozici digitální obraz pozorované scény. Obraz však může být zkreslen díky způsobu snímání nebo nevhodných podmínkách při jeho průběhu. Pokud je znám charakter zkreslení, je možné tuto chybu opravit pomocí korekcí, které jsou jednou z metod předzpracování obrazu. Existuje však velké množství dalších metod, které usnadňují další analýzu obsahu obrazu, identifikaci objektů nebo jen zvýrazňují důležité rysy obrazu pro snažší pozorování člověkem.

Základní rozdělení metod předzpracování obrazu:

- jasové transformace
- geometrické transformace
- filtrace a ostření

Jsou zde zmíněny jen základní způsoby předzpracování obrazu, které zde budou blíže nastíněny. Samozřejmě lze nalézt mnoho dalších jako jsou například metody matematické morfologie (dilatace, eroze, otevření atd.). Bližší informace viz. [1], [3], [5].

### **Segmentace**

Jedním z nejtěžších kroků zpracování obrazu je segmentace obrazu. Jedná se o analýzu obrazu vedoucí k nalezení objektů v obraze. Za objekty se zde považují části obrazu, které jsou bodem zájmu v dalším průběhu zpracování. Cílem segmentace tedy je rozdělení obrazu do částí odpovídající předmětům či oblastem reálného světa. Výsledkem segmentace by měl být soubor oblastí, které odpovídají objektům ve vstupním obraze. Jedná se pak o tzv. kompletní segmentaci. Pokud ale oblasti neodpovídají přesně objektům, tak tuto segmentaci nazýváme částečnou. Kompletní segmentace obecně využívá vyšší úroveň zpracování, která

je založena na znalostech řešeného problému. Částečná segmentace je založena na principu homogenity obrazových vlastností (např. jas, barva) uvnitř segmentu.

### **Popis obrazu**

Čtvrtým krokem je popis obrazu nebo též popis nalezených objektů z předešlé segmentace. Existují dva základní způsoby popisu. Jeden je založen na kvantitativním přístupu, což znamená popis objektů pomocí souboru číselných charakteristik. Mohou jimi být např. velikost objektu, kompaktnost apod.. Druhou možností je kvalitativní přístup, ve kterém jsou popisovány relace mezi objekty a jejich tvarové vlastnosti. Způsob popisu je zvolen vždy podle toho, k čemu bude dál využit. Ve většině případů je tento popis vstupní informací pro rozpoznávání (klasifikaci) objektů. Výběr popisu je pak závislý na použitém rozpoznávacím algoritmu.

### **Klasifikace**

Finálním krokem při zpracování obrazu je klasifikace (rozpoznání obrazu). Ve většině případů se jedná o zařazení objektů nalezených v obraze do skupiny předem známých tříd. Metody klasifikace objektů se dělí do dvou základních skupin, které jsou úzce spjaty se způsobem popisu objektů. Jedná se o příznakové rozpoznávání a strukturální rozpoznávání. Příznakové metody jsou založeny na principu využití příznaků, což je skupina číselných charakteristik objektu. Učení vlastního klasifikátoru zde může být s trénovací množinou i bez ní, na principu shlukové analýzy. Strukturální rozpoznávání využívá jako vstupu kvalitativní popis objektů. Objekty jsou zde popsány primitivy. Dále je definována abeceda, jazyk popisu a gramatiky jednotlivých tříd. Vlastní rozpoznávání je pak založeno na principu rozboru slova a kontroly správnosti syntaxe pro všechny třídy. Metody rozpoznávání jsou blíže popsány v [4].

### **Závěr**

Článek si kladl za cíl stručně seznámit s postupy zpracování obrazu. Nejedná se zdaleka o úplný výčet metod, ale jen o nástin základního postupu při rozpoznávání obrazu.

### **Poděkování**

Tento článek vznikl za finančního přispění MŠMT v rámci projektu výzkumu a vývoje LN00B084.

### **Literatura**

- [1] Hlaváč V., Šonka M.: Počítačové vidění, Grada, Praha, 1992, ISBN 80-85424-67-3.
- [2] Hlaváč V., Sedláček M.: Zpracování signálů a obrazů. Vydavatelství ČVUT, Praha, 2000, ISBN 80-01-02114-9.
- [3] Šonka M., Hlaváč V., Boyle R.: Image processing, Analysis, and Machine Vision, PWS Publishing, Pacific Grove, 1999, ISBN 0-534-95393-X.
- [4] Kotek Z., Mařík V., Hlaváč V., Psutka J., Zdráhal Z.: Metody rozpoznávání a jejich aplikace, Academia, Praha, 1993, ISBN 80-200-0297-9.
- [5] Petrou M., Bosdogianni P.: Image Processing – The Fundamentals. John Wiley & Sons, New York, 1999, ISBN 0-471-99883-4.