

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE  
TECHNICKÁ FAKULTA

KATEDRA TECHNOLOGICKÝCH ZAŘÍZENÍ  
STAVEB



DETEKCE POHYBU V CCTV SYSTÉMECH  
Bakalářská práce

Vedoucí práce: Ing Zdeněk Votruba, Ph.D.

Autor práce: Jakub Dvořák

Praha 2017

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jakub Dvořák

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

**Detekce pohybu v CCTV systémech**

Název anglicky

**Moving detection in CCTV system**

---

### **Cíle práce**

Cílem práce je zpracovat problematiku spolehlivosti detekce pohybu v obraze CCTV systémů

### **Metodika**

1. Princip detekce pohybu založený na rozdílové metodě.
2. Analýza obrazu, formát MPEG-2.
3. Návrh kamerového systému CCTV s funkcí nahrávání při detekci pohybu na určitém místě.
4. Ověření funkce a testy
5. Vyhodnocení, Závěr

**Doporučený rozsah práce**

30 až 40 stran textu včetně obrázků, grafů a tabulek

**Klíčová slova**

CCTV, zpracování obrazu, detekce pohybu

---

**Doporučené zdroje informací**

JANEČKOVÁ, E., BÁRTÍK, V.: Kamerové systémy v praxi – Praktická právní příručka, Linde, 2011, ISBN: 978-80-7201-850-5

LAJDAR, M.: 333 tipů a triků pro digitální video, CPress, 2013

příslušná norma a legislativa, především ČSN 50 132-2, zák 101/2001 Sb. a další

Spurná, I.: Počítačové sítě – praktická příručka správce sítě, CPress, 2010, ISBN: 978-80-7402-036-0

---

**Předběžný termín obhajoby**

2016/17 LS – TF

**Vedoucí práce**

Ing. Zdeněk Votruba, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra technologických zařízení staveb

---

Elektronicky schváleno dne 20. 1. 2015

**doc. Ing. Jan Malaťák, Ph.D.**

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 30. 6. 2015

**prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.**

Děkan

V Praze dne 28. 03. 2017

Prohlašuji, že jsem diplomovou/bakalářskou práci na téma: Detekce pohybu v CCTV systémech vypracoval/a samostatně a použil/a jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědom/a, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Jsem si vědom/a, že moje bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí. Jsem si vědom/a že, na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů

V Praze dne: .....

.....

(podpis autora)

## **Poděkování**

Děkuji tímto Ing. Zdeňku Votrubovi, za jeho podporu a vedení při tvorbě této bakalářské práce.

V Praze dne: .....

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce zkoumá problematiku spolehlivosti detekce pohybu v obraze CCTV systémů. V práci jsou popsány základní metody pro detekci pohybu v obraze. Detailněji je rozpracována rozdílová metoda, která je díky své jednoduchosti využívána v mnoha situacích. V práci je také popsán princip kódování informací pomocí formátu MPEG, se kterým systémy CCTV pracují. V praktické části je zpracován návrh kamerových systémů.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

CCTV, kamerový systém, pohyb v obraze, zpracování obrazu, detekce pohybu, analýza obrazu, rozdílová metoda, MPEG, snímek, pohyb

## **ABSTRACT**

The Bachelor thesis explores the issue of the reliability of motion detection in CCTV systems. It describes basic methods for motion detection in the image. A more detailed analysis is devoted to a differential method, the simplicity of which makes it desirable in many situations. The work also describes the principle of information encoding, which utilises MPEG format, that CCTV systems work with. The practical part deals with CCTV designs.

## **KEYWORDS**

CCTV, camera system, image motion, image processing, motion detection, image analysis, difference method, MPEG, image, motion

## OBSAH

1	Úvod.....	1
2	Rozdělení kamerových systémů.....	2
	2.1 Analogový systém.....	2
	2.2 AHD systém.....	3
	2.3 IP systém.....	3
3	Kódování informací .....	4
	3.1 Soustava JPEG .....	4
	3.1.1 Proces komprese .....	4
	3.2 MPEG.....	5
	3.3 MPEG 2.....	5
	3.4 MPEG 4.....	6
	3.5 Standard H.264.....	6
	3.6 Princip MPEG .....	6
	3.6.1 Diskrétní kosinová transformace (DCT).....	7
	3.6.2 Inverzní diskrétní kosinová transformace (IDCT).....	8
	3.6.3 Diferenční pulsní kódová transformace (DPCM).....	9
	3.6.4 GOP .....	10
	3.6.5 Entropické Huffmanovo kódování (VLC).....	11
4	Analýza obrazu.....	12
	4.1 Pohyb v obraze.....	12
	4.2 Analýza pohybu .....	13
	4.3 Obrazová sekvence.....	14
	4.4 Rozdílová metoda.....	14
	4.4.1 Detekce pohybu pomocí rozdílové metody .....	16
	4.4.2 Použití rozdílové metody na křižovatce.....	17
	4.4.3 Detekce hran .....	18

4.5	Metoda porovnávání histogramu mezi snímky .....	18
4.5.1	Použití metody v praxi .....	19
4.6	Local Binary Patterns .....	20
4.7	Optický tok.....	20
4.8	Detekce významných bodů .....	21
5	Detekce definovaného obrazu .....	22
5.1	ANRP rozpoznávání SPZ.....	22
5.1.1	Princip ANPR (Automatic Number Plate Recognition) .....	22
5.2	Detekce čárových a QR kódů.....	24
5.2.1	Princip EAN-13 .....	24
5.2.2	Čtení kódu v obraze .....	26
5.3	Detekce nedefinovaného obrazu .....	28
6	Návrh nastavení CCTV systému .....	30
6.1	Vlivy na detekci pohybu .....	30
6.2	Zásady při plánování kamerového systému .....	31
6.3	Návrh komponent kamerového systému.....	33
7	Finanční zhodnocení .....	35
7.1	Enkodéry s integrovanou detekcí pohybu .....	35
7.2	Software .....	37
7.2.1	Softwarové řešení .....	37
8	Závěr .....	39



# 1 Úvod

Tato práce je zaměřena na detekci obrazu v kamerových systémech, která je využívána v mnoha odvětvích lidské činnosti, proto je kladen důraz na jejich vylepšování a rozšiřování. Chceme-li rozpoznat pohyb na snímaném obrazu, potřebujeme více snímků jedné snímané scény s pohybujícím se objektem. Posloupnost statických snímků tvoří dynamický obraz a lze již určit pohybující se objekt na snímané scéně. Základním postupem pro rozpoznání pohybu je oddělení pozadí od popředí, kde pozadí bereme jako tu část obrazu, na které chceme zjistit změny a popředí je bráno jako nositel změny. Ve vyhodnocování probíhají změny i na pozadí, ovšem tyto změny jsou nepatrné, tím pádem je metody detekce pohybu zanedbávají. Mezi nejpoužívanější metodu rozpoznávání pohybu patří metoda rozdílová. Mezi její výhody patří bezesporu její jednoduchost. Metoda dokáže rozpoznat pohyb, což může být v mnoha situacích užitečné, ovšem pokud chceme znát i směr nebo rychlost pohybu, musíme metodu propojit s dalšími algoritmy.

## 2 Rozdělení kamerových systémů

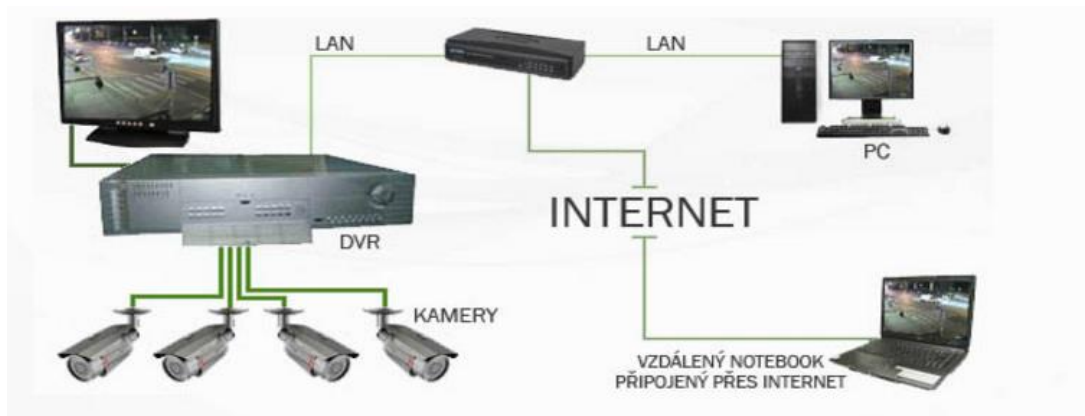
V dnešní době se kamerové systémy rozdělují do tří hlavních kategorií. Analogové systémy, jehož hlavní výhodou je nízká cena a vysoká odolnost, AHD systémy, které jsou modernizací analogového systému a IP systémy. Každý systém má určité výhody. Proto musíme zvážit, pro jakou situaci kamerový systém navrhujeme.

### 2.1 Analogový systém

Základními prvky analogového kamerového systému jsou kamera a záznamové zařízení. Výběr kamery je jedním z nejkritičtějších okamžiků při návrhu kamerového systému. Základním parametrem při výběru kamery je snímací čip. Kamery jsou osazeny CMOS nebo CCD čipem. Kamery s CMOS čipy jsou cenově výhodnější, ovšem jejich koupě není doporučována, protože CCD čipy nabízejí mnohem delší životnost, kvalitnější kresbu obrazu a barevné podání při zhoršených světelných podmínkách. Další důležitý parametr při výběru kamery je funkce noční vidění. Možnost přisvětlení zajišťuje řada LED diod, které dokáží osvětlit snímáný prostor.

V dnešní době se pro záznam dat pořízených kamerou používá záznamové zařízení DVR. Do zařízení je přenášen signál nezávislým vedením z každé kamery zvlášť. Toto zařízení nejprve zdigitalizuje analogový signál a následně zapíše na pásku nebo na HDD. Výhoda zdigitalizovaného signálu je možnost snadného vyhledávání a vysoká kapacita uložení. Hlavní výhodou analogového systému je nízká cena oproti IP systému. [9]

Obr. 1. Analogový kamerový systém



Zdroj: [http://www.miricom.cz/kamerove\\_systemy.html](http://www.miricom.cz/kamerove_systemy.html)

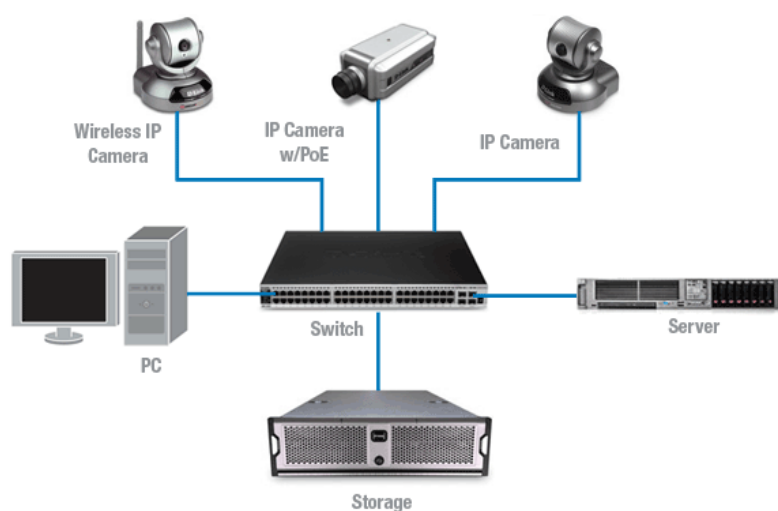
## 2.2 AHD systém

AHD systém je modernizovaný analogový systém. Velký rozdíl oproti analogovému systému je v rozlišení, které narostlo z 704x576 na 1280x720, resp. 1920x1080 (AHD 2.0). Systém nabízí vysokou kvalitu obrazu při nízké úrovni osvětlení. Pro přenos signálu se využívá koaxiální kabel nebo UTP kabeláž. Výhoda tohoto systému spočívá v možnosti kombinace AHD s analogem. Analogové kamery dokáží pracovat s AHD DVR a naopak.

## 2.3 IP systém

Oproti výše uvedeným systémům je obraz zpracováván přímo v kameře a následně v digitální formě přenášén na záznamové zařízení. Kamera má vestavěný webserver, který umožňuje po připojení kamery do počítačové sítě přenášet obraz na libovolné místo. Nastavení kamer lze také provést odkudkoli pomocí internetového prohlížeče, stačí znát adresu dané kamery. Rozlišení IP kamer může dosahovat i 10 Mpix, ale nejrozšířenější typ kamer dosahuje rozlišení 2 Mpix (1920x1080). Kamery poskytují dobrou rozlišovací schopnost, proto se používají např. pro snímání SPZ nebo k identifikaci osob. Výhodou IP kamerových systémů je snadná integrace do stávajících síťových rozvodů, tudíž odpadá nutnost budování vlastní sítě pro kamerový systém. [9]

Obr. 2. IP kamerový systém



Zdroj: <http://www.techtrendsnng.com/the-lagos-state-cctv-surveillance-camera-project---how-sustainable/>

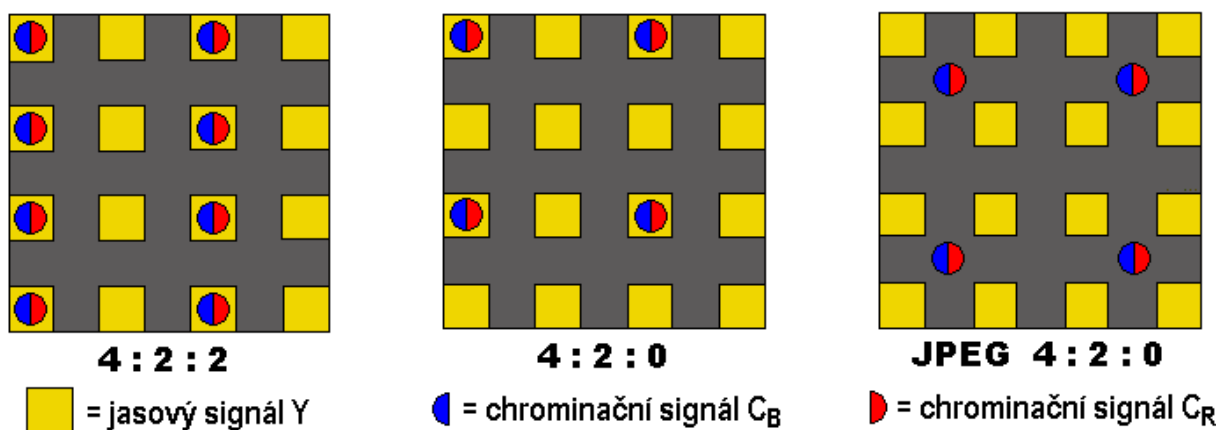
### 3 Kódování informací

Nekomprimovaný videosignál obsahuje velké množství dat, která obsahují irelevantní a redundantní data. Bez komprimace takto velkého množství dat by bylo jejich zpracování velice obtížné, proto existují metody, které velikost signálu redukují.

#### 3.1 Soustava JPEG

První soustava určená k přenosu nepohyblivých obrazů byla soustava nazvaná JPEG. Tato metoda pracuje na základě transformačního kódování. Vstupní signál obsahuje jasovou složku Y a dvě složky chrominanční Cr a Cb. Obraz je vzorkován poměrem 4:2:0 (obr. 3). Je-li obraz snímán vzorkováním 4:2:2 musí se před transformací převést na formát vzorkování 4:2:0. Počet chrominančních složek je před transformací oproti jasovým vždy poloviční. [2]

Obr. 3. Vzorkovací struktury komprimovaných digitálních obrazových signálů



Zdroj: <http://atrey.karlin.mff.cuni.cz/~vlada/mkompresevidea.html>

##### 3.1.1 Proces komprese

Vstupní signál je převeden z formátu 4:2:2 na formát 4:2:0 s neprokládaným řádkováním. Počet jasových bodů Y se rovná rozlišení obrazu ( $Y = 1920 \times 1080 = 2\,073\,600$ ), Chrominančních bodů je přesně polovina. Na bloky (8x8) je aplikována diskrétní kosinová transformace a získané koeficienty jsou kvantovány pomocí kvantizační matice, která dělí koeficienty různými celými čísly, aby se snížil počet bitů. Pro vyčítání výsledných hodnot



možné. Je to Diskrétní kosinová transformace viz str. 7, Hoffmanova transformace viz str.11 a DPCM modulace s jednosměrnou i obousměrnou predikcí viz str.9.

### **3.4 MPEG 4**

První verze standardu MPEG 4 byla vydána v roce 1998. Tento standard vylepšuje již existující MPEG-2 z hlediska kompresní účinnosti i flexibility. Základ standardu vychází z modelu DCT/DPCM, ovšem je doplněn o další pokročilé nástroje pro kódování, kompresi a spolehlivost přenosu. Jedno z hlavních vylepšení spočívá v nezávislém kódování objektů s libovolným tvarem pozadí a popředí scény, na rozdíl od MPEG-2, kde je možno uvažovat pouze bloky (makrobloky). Také nabízí zvýšenou odolnost proti chybám při přenosu. [1]

### **3.5 Standard H.264**

Standard H.264 neboli MPEG-4 část 10 byl vyvinut v roce 2003 skupinou ITU-T. Cílem této skupiny bylo vylepšit MPEG-4 snížením přenosových toků při zachování uspokojivé kvality. Výsledkem tohoto standardu je snížení bitového toku cca o polovinu oproti předchozím verzím MPEG-4. Díky tomuto snížení přenosových toků lze standard využít v širokém rozsahu. Standard je vhodný pro televizní signál ve standardním nebo HDTV rozlišení, DVD záznamy nebo RTP/IP síť. [1]

### **3.6 Princip MPEG**

Video je ve skutečnosti sled statických obrazů využívající nedokonalosti lidského oka. Průměrnému člověku se jeví 16 snímků promítnutých za sebou za jednu sekundu jako plynulý, netrhaný záznam. Právě tohoto nedostatku lidského oka se využívá. V praxi se používá snímková frekvence 24, 30 nebo 60 snímků za sekundu. Hodinový pořad při snímkové frekvenci 24 snímků za sekundu obsahuje 86 400 snímků, proto by byla velikost videa bez komprese pro většinu účelů příliš vysoká. Při standardním rozlišení 720 x 576 pixelů a snímkovou frekvencí 24 snímků/s je přenosová rychlost cca 270Mbps. Tato rychlost přenosu je pro aplikaci na konečného uživatele příliš vysoká. Aby se snížila přenosová rychlost, využívá se komprese videa. Existují dva druhy komprese, ztrátová a bezztrátová.

Ztrátová komprese snižuje kvalitu obrazu, ale zároveň dokáže uspořit daleko více dat. Beztrátová komprese nesnižuje kvalitu obrazu, ale úspora dat je výrazně nižší. [2]

### 3.6.1 Diskrétní kosinová transformace (DCT)

Nekomprimovaný obrazový signál obsahuje velké množství informací, které jsou redundantní nebo irelevantní, proto se tyto informace dají vyloučit bez výrazného ovlivnění kvality obrazu. Vyloučení nadbytečných informací je založeno na faktu, že nikdy nebude struktura obrazového pole tak jemná, aby všechny obrazové body ve vodorovném i svislém směru obsahovaly různou informaci. Při snížení objemu redundantních dat dojde k beztrátovému snížení informačního toku. Při vyloučení irelevantních dat dochází ke ztrátové kompresi. Protože jde ovšem o vyloučení nedůležitých dat, je vliv na kvalitu obrazu zanedbatelný. [2]

Diskrétní kosinovou transformaci lze uskutečnit ve dvou rozměrech (x, y). Tzn. Že musíme nejdříve transformovat matici prostorovou, na matici kmitočtovou  $f_x = u$  a  $f_y = v$ . Koeficienty diskrétní kosinové transformace tj. funkce  $G(u, v)$  se pro matici o 8 x 8 prvcích podle rovnice

$$G(u, v) = \frac{1}{4} C(u)C(v) \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 g(x, y) \cos \frac{(2x+1)u\pi}{2N} \cos \frac{(2y+1)v\pi}{2N} \quad [1]$$

Kde  $u, v =$  souřadnice ke kmitočtové oblasti

$x, y =$  souřadnice v prostorové (časové) oblasti

$N = 8$

Konstanty:  $C(u) = C(v) = 1 /$  pro  $u = v = 0$

$C(v) = 1$  pro  $u > 0, v > 0$ .

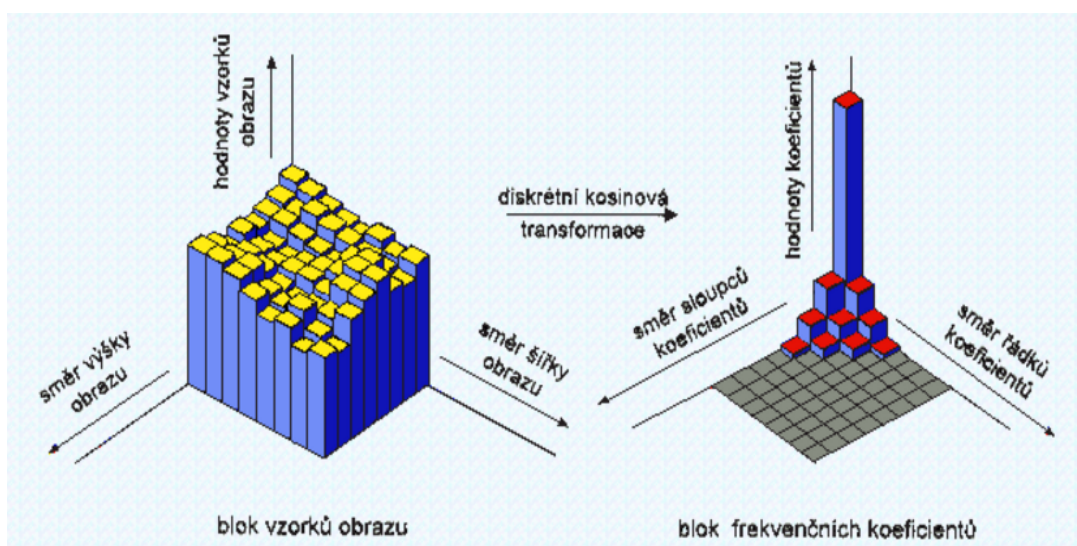
Obr. 5 Příklad neceločíselných hodnot po aplikaci vzorce [1].

139	144	149	153	155	155	155	155	235.6	-1.0	-12.1	-5.2	2.1	-1.7	-2.7	1.3
144	151	153	156	159	156	156	156	-22.6	-17.5	-6.2	-3.2	-2.9	-0.1	0.4	-1.2
150	155	160	163	158	156	156	156	-10.9	-9.3	-1.6	1.5	0.2	-0.9	-0.6	-0.1
159	161	162	160	160	159	159	159	-7.1	-1.9	0.2	1.5	0.9	-0.1	0.0	0.3
159	160	161	162	162	155	155	155	-0.6	-0.8	1.5	1.6	-0.1	-0.7	0.6	1.3
161	161	161	161	160	157	157	157	1.8	-0.2	1.6	-0.3	-0.8	1.5	1.0	-1.0
162	162	161	163	162	157	157	157	-1.3	-0.4	-0.3	-1.5	-0.5	1.7	1.1	-0.8
162	162	161	161	163	158	158	158	-2.6	1.6	-3.8	-1.8	1.9	1.2	-0.6	-0.4

Zdroj: <https://www.root.cz/clanky/programujeme-jpeg-kvantizace-dct-koeficientu/>

Každý koeficient získaný diskretní kosinovou transformací je kvantován do 256 úrovní a kódován 8 bity. Jasový signál  $Y$  má tedy 256 úrovní mezi bílou a černou. Všechny ostatní funkce  $x$ ,  $y$  mohou dosahovat kladných, ale i záporných hodnot. Podobná funkce může nastat i pro chrominanční signály  $C_b$  a  $C_r$ . Koeficienty, které těmto funkcím odpovídají jsou také kvantovány do 256 úrovní a kódovány 8 bity. Počet koeficientů, které se v daném bloku přenášejí, zcela závisí na struktuře obrazu v daném bloku. Pokud je signál v daném bloku stejný, stačí pouze přenést koeficient stejnosměrné složky. Pro více strukturované bloky je zapotřebí přenést více koeficientů. Maximálně jich však může být 64 ( $8 \times 8$ ). V tomto extrémním případě ke kompresi vůbec nedochází. K tomuto jevu ovšem prakticky vůbec nedochází. V běžném případě je komprese struktury bloků výrazná jako v případě komprese na obrázku 6. [5]

Obr. 6. Aplikace DCT na obraz s malými rozdíly v hodnotách vzorků



Zdroj: <http://atrey.karlin.mff.cuni.cz/~vlada/mkmpresevidea.html>

### 3.6.2 Inverzní diskretní kosinová transformace (IDCT)

Po aplikaci DCT je celý obraz selektován jako soubor koeficientů spektrálních funkcí blok po bloku. Pro následné zpracování obrazového signálu ovšem tato struktura zápisu nevyhovuje. Obraz musí být zapsán v původní formě zápisu. Pro získání původního digitálního obrazového složkového signálu  $Y$ ,  $C_b$ ,  $C_r$  použijeme inverzní diskretní kosinovou transformaci.



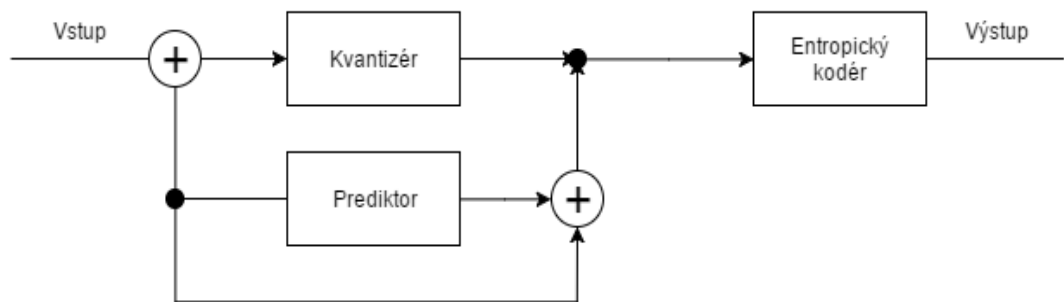
Transformovaná funkce  $G(u, v)$  se převede na původní funkci  $g(x, y)$  pomocí inverzní diskrétní kosinové transformace IDCT podle rovnice [1]

$$g(x, y) = \frac{1}{4} C(u)C(v) \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 C(u)C(u, v) \cos \frac{(2x+1)u\pi}{2N} \cos \frac{(2y+1)v\pi}{2N} \quad [2]$$

### 3.6.3 Diferenční pulsní kódová transformace (DPCM)

Podstatou velkého ušetření bitů u soustav MPEG je redukce redundance v časové oblasti. Děje se tak na základě diferenční pulsní kódové modulace DPCM. Diferenční pulsní kódová modulace je postup konverze převodu analogového signálu na signál digitální, kde vznikají pouze kvantové difference mezi skutečnou úrovní a úrovní predikovanou. Predikce jsou prováděny nejrůznějšími způsoby. Způsob predikce je naznačen na obrázku 7. [1]

Obr. 7. Způsob predikce DPCM



[Zdroj: (Vlastní)]

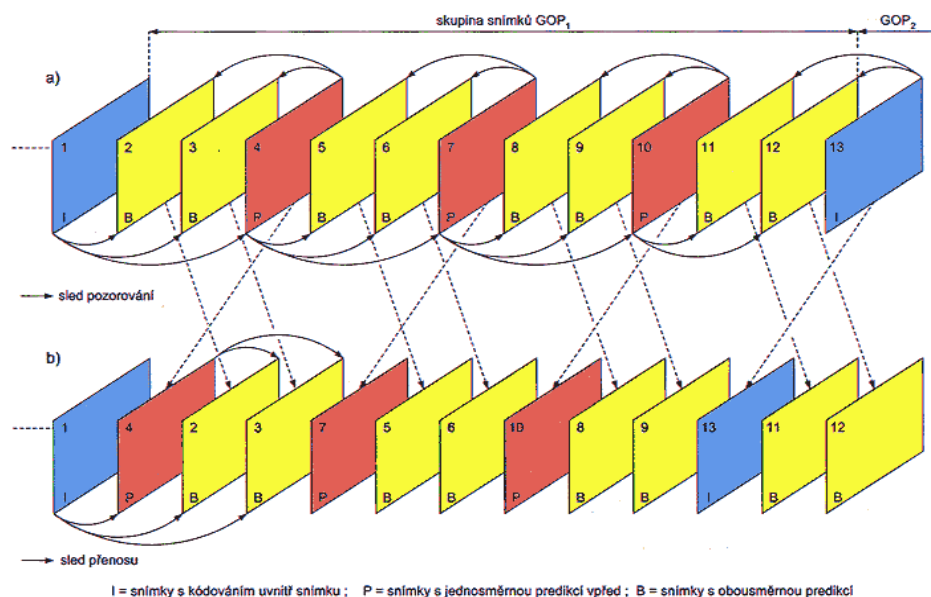
Můžeme se setkat s predikcí meziřádkovou, kde je hodnota predikována z předchozího řádku. Existují také predikce mezispůsňmkové a mezisňmkové, kde pro získání predikované hodnoty využíváme pŮsňmkové nebo sňmkové paměti. Predikce může být využita jednosměrně nebo obousměrně. Při jednosměrné predikci je hodnota získávána pouze z předchozích hodnot. Při predikci obousměrné lze využít jak hodnot předchozích, tak hodnot následujících. Obousměrná mezisňmková predikce využívá daleko více vícesňmkové paměti, ale výsledkem je úspora bitového toku.

### 3.6.4 GOP

V soustavě MPEG 2 se využívá mezisnímková modulace, kdy se vyhodnocuje rozdíl mezi sousedními snímky. Při metodě predikce je nutné jednou za určitý časový úsek vložit klíčový snímek I, který není predikován z okolních snímků. Míra četnosti výskytu těchto snímků silně ovlivňuje výsledný datový tok. Mezi těmito hlavními snímky se vyskytují tzv. Snímky P a B. Snímek P označujeme snímek predikovaný z rozdílu mezi současným a předchozím snímkem, jedná se o predikci dopřednou. Predikovat ovšem lze i oboustranně ze snímku předchozího i následujícího. Tyto snímky označujeme jako snímky B. Skupina snímků I, P, B je nazývána jako skupina GOP (Group of Pictures). Délkou skupiny GOP se dá výrazně ovlivnit přenosová rychlost. V následující tabulce jsou znázorněny různé typy, od  $GOP = 1$ , kde je signál složen pouze z klíčových snímků I, až po  $GOP = 12$ , kde je klíčový snímek I opakován jedenkrát za 12 snímků a snímky mezi jsou predikovány. [6]

V kamerových systémech je využívána skupina snímků  $GOP = 12$  a  $M = 3$ , při snímkové frekvenci 25 snímků za sekundu. Originální snímek I je tedy přenášén zhruba každých 0,5 sekundy. Při poruše predikovaných snímků může chyba reprodukce trvat maximálně tuto dobu. Na obrázku 8. lze vidět sled reprodukováných snímků při přenosu a při pozorování.

Obr. 8. Predikce snímků s opakováním klíčového snímku jedenkrát na 12 snímků.



Zdroj: <http://atrey.karlin.mff.cuni.cz/~vlada/mkompresevidea.html>

### **3.6.5 Entropické Huffmanovo kódování (VLC)**

Jedná se o ztrátovou kompresi, která snižuje redundanci a délku slova. Délka slova je závislá na četnosti výskytu hodnot. Pro statisticky méně časté hodnoty je slovo delší než pro výskyt časté hodnoty. Tím se signál dále komprimuje a tím pádem se snižuje jeho přenosová rychlost. [4]

## 4 Analýza obrazu

Analýza obrazu se v dnešní době využívá v mnoha oborech. Pro systémy CCTV je to jedna z nejdůležitějších funkcí. Analýzou obrazu se dají získat informace o pohybujících se objektech, např. směr pohybu, rychlost, zrychlení nebo poloha. Cílem analýzy obrazu v kamerových systémech je zachycení pohybu na předem vytyčených místech. Pro co nejpřesnější výsledky analýzy obrazu je nutné počítat s faktory ovlivňující kvalitu:

- Jasová funkce
- Rozlišení snímače
- Snímkovací frekvence
- Druh kamery (statická, pohyblivá)

Podle těchto parametrů se dále volí metoda pro analýzu obrazu.

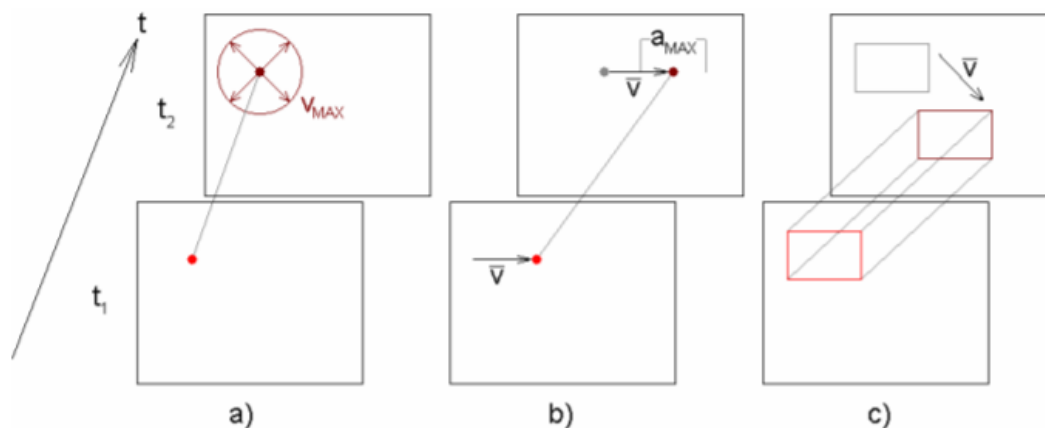
### 4.1 Pohyb v obraze

Prostorový pohyb objektů ve 3D prostoru je při analýze pohybu zpracován do 2D obrazu. Každý bod je charakterizován dvousložkovým vektorem (směr; amplituda). Z hlediska detekce obrazu v kamerových systémech vznikají dva problémy:

- *Aperturní problém – z hlediska zaznamenaného obrazu nejednoznačný pohyb způsobený konečnými rozměry snímacího čipu a objektivu (apertury). Prostorově omezená projekce nenes informace o směru skutečného pohybu. [3]*
- *Projekční problém – nejednoznačný pohyb, těleso se oddaluje, resp. přibližuje od obrazové roviny, tj. konečný úsek objektu ve scéně se postupně zvětšuje, resp. zmenšuje. [3]*

Pro větší spolehlivost analýzy pohybu vznikly předpoklady o pohybu těles:

Obr. 9. Předpoklady pro pohyb těles.



Zdroj: Ing. Horák, Karel Ph.D., Ing. Kalová Ilona Ph.D., Ing. Petyovský, Petr Ph.D., Ing. Richter, Miloslav Ph.D., Počítačové vidění. Brno: 2008

- a) *Omezení maximální rychlosti – bod se může posunout pouze omezeně, do kruhu o určitém poloměru*
- b) *Omezení akcelerace – velikost změny mezi časovými úseky je omezená*
- c) *Pohybová korespondence – nemění se topologické vlastnosti těles (tuhá tělesa se během pohybu nedeformují)*

## 4.2 Analýza pohybu

Analýza pohybu se v praxi provádí ve třech krocích:

- 1) Detekce pohybu – prosté detekování pohybu bez nutnosti určení směru pohybu. Na tento krok se využívá rozdílová metoda.
- 2) Lokalizace objektů a predikce trajektorie – v tomto kroku se rozpozná pohybující se objekt a určí se jeho souřadnice (x,y)

- 3) Statovení vlastností objektů v prostoru – nalezení vlastností objektu z třídímenzového prostoru ze série snímků. Tato metoda se aplikuje jen na několik snímků v obraze. Jakmile jsou u objektu stanoveny fyzikální vlastnosti, těleso se dále touto metodou nezkoumá. [3]

Analýza pohybu se dělí na závislou nebo nezávislou

- Závislá analýza je realizována pomocí detekce těles a lze využít předpokladu o pohybu tuhých těles
- Nezávislá analýza je realizována bez ohledu na pohyb těles (blokově, bodově orientovaná)

Všechny analýzy obrazu mají společný cíl. Detekovat pohyb a vyvarovat se falešným poplachům (šumy, stíny).

### 4.3 Obrazová sekvence

Pro kvalitní analýzu obrazu je zapotřebí znát kromě prostorových dimenzí x, y také dimenzi časovou. To znamená, že pro analýzu je potřeba znát sekvenci obrazů. Na tuto posloupnost obrazů se následně aplikuje algoritmus rozlišující neměnnou scénu (pozadí) a pohyblivé objekty (popředí). V reálném světě nastávají tyto situace podle pohybu snímané scény a snímacího zařízení

- Snímací zařízení v klidu, objekty v klidu
- Snímací zařízení v klidu, objekty v pohybu
- Snímací zařízení v pohybu, objekty v klidu
- Snímací zařízení v pohybu, objekty v pohybu

Každá kombinace má své opodstatnění a je vhodná do jiné situace. Hlídací kamerové systémy mají zpravidla snímací zařízení v klidu a detekují pohyb objektů v obraze.

### 4.4 Rozdílová metoda

Principiálně se jedná o jednoduchou metodu, u které je největší výhodou její jednoduchost. Zjišťuje rozdíly mezi pořízenými obrazy za časový úsek. Tato metoda kvůli stálému porovnávání dvou snímků nepatří mezi nejrychlejší metody, ale může být využita v různých situacích. V praxi se metoda využívá například ve funkci alarm. Tato funkce

dokáže odhalit pohyb ve sledovaném prostoru a upozornit uživatele pomocí sledováním rozdílných bodů mezi snímky. Signál se převede na černobílý obraz a obrazy se od sebe odečtou, viz. Obr. 11. Ve výsledném obrazu jsou pixely, kde nedošlo ke změně označovány černě a změněné pixely bíle. Čím větší je jasový rozdíl mezi pixely, tím jsou pixely ve výsledném obrazu světlejší. Pokud počet světlých pixelů přesáhne určitou hodnotu, je na kamerovém systému detekován pohyb. [11]

*Obr. 10. Průběh detekce pohybu rozdílovou metodou.*



Zdroj: <https://www.stasanet.cz/Standardizace-protokolu-a-videoanalyza>

*Obr. 11. Odečtení snímků od sebe.*



Zdroj: <https://www.stasanet.cz/Standardizace-protokolu-a-videoanalyza>

Rozdílová metoda zjišťuje rozdíly mezi pořízenými obrazy za časový úsek. Jestliže se porovnávané obrazy liší o více, než je stanovená mez  $\varepsilon$ , je na pozici rozdílového obrazu vložena hodnota 1. Pokud se hodnota výrazně neliší (nepřekročila stanovenou mez), je zanesena hodnota 0. Výsledný binární obraz lze definovat jako: [3]

$$d(x, y) = \begin{cases} 0 & |f_1(x, y) - f_2(x, y)| < \varepsilon \\ 1 & |f_1(x, y) - f_2(x, y)| \geq \varepsilon \end{cases} \quad [3]$$

Jednotková hodnota (oblast pohybu) s koordinátory  $x$  a  $y$  ve výstupním binárním obraze může být způsobena několika stavy:

- $f_1(x, y)$  je element pohybujícího se objektu a  $f_2(x, y)$  je element nepohybujícího se pozadí nebo obráceně
- $f_1(x, y)$  je element pohybujícího se objektu a  $f_2(x, y)$  je element jiného pohybujícího se objektu
- $f_1(x, y)$  a  $f_2(x, y)$  jsou elementy stejného pohybujícího se objektu v místech různého jasu
- Vlivem šumu a jiných nepřesností při snímání [8]

#### 4.4.1 Detekce pohybu pomocí rozdílové metody

Z rozdílového obrazu se dá relativně jednoduše detekovat pohyb, ovšem nedá se určit jeho směr nebo velikost. Rozdílový snímek lze vypočítat jednosměrně nebo obousměrně. Jednosměrný bere v potaz pouze kladné změny jasových hodnot prvního snímku oproti snímku následujícímu. V případě záporných hodnot se hodnoty nulují. Obousměrný je počítán vzorcem pro výpočet rozdílového snímku včetně absolutní hodnoty (vzorec 4). Nevýhodou této metody, tedy absence informace o směru pohybu, částečně řeší metoda kumulativního rozdílového obrazu (obr. 12). S prvním, tzv. referenčním snímkem se provede operace rozdílu a díky součtu všech rozdílových snímků vzniká kumulativní rozdílový snímek. Hodnoty rozdílového snímku určují, jak se daný bod změnil vzhledem k referenčnímu snímku. Díky tomu můžeme určit směr pohybu viz obr. 13. [8]

$$d_{kum}(x, y) = \sum_{i=1}^N w_i \times d_i = \sum_{i=1}^N w_i \times |f_1(x, y) - f_2(x, y)| \quad [4]$$

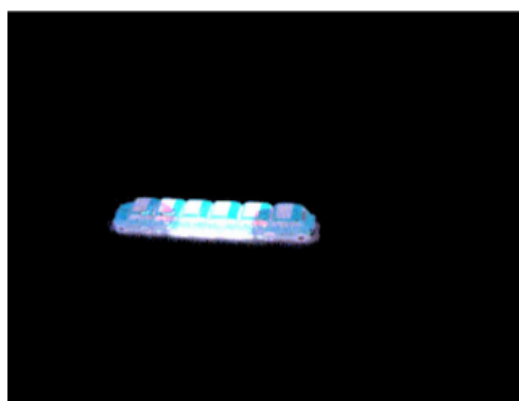


*Obr. 12. Pohyb objektu v obraze*



Ing. Horák, Karel Ph.D et.al. Počítačové vidění. Brno: Vysoké učení technické v Brně. Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2008.

*Obr. 13. Kumulativní rozdílový snímek*



Ing. Horák, Karel Ph.D et.al. Počítačové vidění. Brno: Vysoké učení technické v Brně. Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2008.

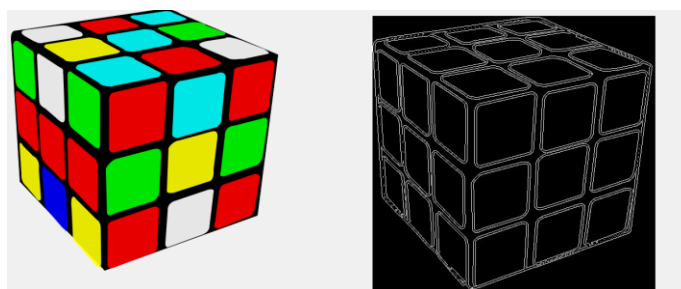
#### **4.4.2 Použití rozdílové metody na křižovatce**

Pro monitorování křižovatky rozdílovou metodou může nastat zásadní problém, že se některé auto nezobrazí na výsledném rozdílu z důvodu absence pohybu (auto stojí). Tomuto problému se předchází vytvořením obrazu pozadí (silnice bez aut) a následně se porovnají obrazy ze sekvence s tímto obrazem. Tím jsme zajistili, že na pozadí již nebudou žádné nepohybující se objekty. [8]

### 4.4.3 Detekce hran

Metoda detekce hran je založena na aplikaci filtru pro zvýraznění hran (obr.14) ve sledovaném obraze před aplikací rozdílové metody. Tato metoda využívá faktu, že rozdílové metodě pro porovnávání snímků stačí znát právě jen hrany pozorovaných objektů. Výhoda této metody spočívá v tom, že zvýrazněné hrany dokáží více odlišit objekty od šumu. Po následném prahování se ztrácí všechen šum, kterému se nepovedlo vytvořit samostatný objekt. [12]

*Obr. 14. Detekce hran objektu.*



Zdroj: <http://stackoverflow.com/questions/11319937/c-sharp-paint-image-within-edges>

### 4.5 Metoda porovnávání histogramu mezi snímky

Tato metoda porovnává histogramy snímků se snímky, které reprezentují statickou scénu, na které se žádný objekt nepohybuje. Jakákoliv změna na sledovaném snímku způsobí, že v porovnání s referenčním snímkem bude aktuálně porovnávaný snímek vykazovat v histogramu jinou jasovou charakteristiku, viz obr. 16. Tato metoda patří k méně výpočetně náročným, jelikož minimálně jeden histogram pro porovnávaný snímek máme již vytvořený dopředně, čímž se dá ušetřit následný výpočet. Mezi nevýhody této metody patří zejména šumová informace, která je pořízena spolu s referenčním snímkem. S tímto problémem se počítá a nastavuje mez, která určuje, zda jde v porovnávání mezi snímky pouze o šum, nebo jestli na sledované scéně dochází k pohybu. Šum na referenčním snímku se dá dále redukovat různými filtry, které ovšem zvyšují výpočetní nároky.

*Obr. 15. Referenční snímek.*



[Zdroj: (vlastní)]

*Obr. 16. Snímek porovnávaný se snímkem referenčním*



[Zdroj: (vlastní)]

#### **4.5.1 Použití metody v praxi**

Tato metoda se využívá především v programech typu „alarm“, kde upozorní na pohyb na sledovaném místě. Samotná metoda ovšem nedokáže vyznačit místo pohybu. Metoda se používá převážně pro monitorování prostor se stálými světelnými podmínkami. Při monitorování venkovních prostor nastává problém s referenčním snímkem, který při změně světelných podmínek vlivem počasí nebo denní dobou již neodpovídá aktuálnímu snímku, i když na snímané scéně neprobíhá žádný pohyb. Tento problém se řeší aktualizováním referenčního snímku. Čím častěji je referenční snímek aktualizován, tím vyšší jsou nároky na výpočetní výkon. Lze také vytvořit histogram, který je tvořen z průměrů snímků, na kterých nebyl zaznamenán pohyb, pouze se měnily světelné podmínky na scéně. Další nevýhoda této metody spočívá ve slabé reakci na pomalu se pohybující předmět, který nemusí být detekován kvůli průměrování referenčního snímku.

## 4.6 Local Binary Patterns

Metoda Local Binary Patterns je účinnou formou analýzy obrazu, mezi jejíž přednosti patří především rychlost a výpočetní nenáročnost. Tato metoda umožňuje v reálném čase detekovat pohyb pomocí LBP operátoru. Tento operátor jednotlivým pixelům přiřazuje hodnotu podle jeho osmi okolních bodů. Operátor pracuje na principu, kdy je snímek analyzován pixel po pixelu, přičemž hodnota každého pixelu je stanovena pomocí váhování a prahování. Díky tomu je každý pixel textury snímku popsán pomocí specifického kódu. Algoritmus pracuje ve stupních šedi, což má za následek úsporu paměti. [22]

## 4.7 Optický tok

Analýzu obrazu lze také určit pomocí výpočtu optického toku. Pro přesný výsledek této metody musíme zajistit vysokou vzorkovací frekvenci. Při výpočtu se stanovují vektory určující směr a rychlost pohybu daného bodu. Metodu optického toku můžeme použít v situacích: snímací zařízení v klidu a objekty v pohybu, snímací zařízení v pohybu, objekty v klidu nebo když se snímací zařízení i objekty pohybují. Snímky můžeme popsat pomocí jasové funkce polohy a času. Když budeme předpokládat neměnné osvětlení obrazu při translačním pohybu tak platí: [10]

$$f(x + dx, y + dy, t + dt) = f(x, y, t) + \frac{\delta f}{\delta x} dx + \frac{\delta f}{\delta y} dy + \frac{\delta f}{\delta t} dt \quad [5]$$

$$f(x, y, t) + \frac{\delta f}{\delta x} dx + \frac{\delta f}{\delta y} dy + \frac{\delta f}{\delta t} dt = f(x, y, t) + f_x dx + f_y dy + f_t dt \quad [6]$$

Když budeme předpokládat neměnné osvětlení při translačním pohybu daném hodnotami  $dx$  a  $dy$  tak platí:

$$f(x + dx, y + dy) = f(x, y, t) \quad [7]$$

$$-f_t = f_x \frac{dx}{dt} + f_y \frac{dy}{dt} \quad [8]$$

Cílem výpočtů je také určit rychlost charakterizovanou jako:

$$v = \left( \frac{dx}{dt}, \frac{dy}{dt} \right)^T \quad [9]$$

## 4.8 Detekce významných bodů

Metoda obrazových bodů se skládá ze dvou částí, tou první je nalezení významných bodů (jasově odlišné objekty), tou druhou je nalezení korespondence již nalezených bodů mezi jednotlivými obrazy. Analýzu lze použít na sekvence obrazů, které netrvají příliš krátce. Nejprve tedy analýza nalezne důležitá místa (vrcholy těles, hranice objektů) a následně použije rozdílovou metodu pro detekci, jestli se tato významná místa začala pohybovat, či nikoli. Nyní musíme najít korespondence mezi důležitými pohybujícími se body následujících obrazů a určit tzv. rychlostní pole. Tento proces začíná sloučením všech potencionálně spojených bodů dvou po sobě jdoucích obrazů. Nejdříve se vyřadí dvojce, které porušují předpoklady o pohybu těles, následně je každá další nevyřazená dvojce ohodnocena pravděpodobností udávající míru jejich korespondence. Pravděpodobnosti jsou dále zpřesňovány díky principu společného pohybu. Kladný výsledek je potvrzen, když je shoda dvojce obrazů větší než stanovený práh. [15]

## 5 Detekce definovaného obrazu

Pokud je nám předem znám objekt, který chceme snímat, jedná je o tzv. detekci definovaného obrazu. Při této metodě rozpoznávání známe například tvar nebo rozměry objektu. Metoda se využívá pro rozpoznávání SPZ, čárových kódů nebo QR kódů.

### 5.1 ANRP rozpoznávání SPZ

Tato metoda je založena na principu OCR (Optical Character Recognition). OCR metoda rozpoznává znaky z naskenovaných značek a následně je převádí do binárního kódu. Metoda OCR je základním principem rozpoznávání SPZ. Úspěšnost metody se pohybuje od 80% do 98%. Možnosti využití metody pro automatické rozpoznávání poznávacích značek jsou značné. Lze ji využít pro sledování dopravních přestupků, zda vozidlo nepřekročilo povolenou rychlost nebo jestli vozidlo neprojelo na červenou. Dále se může metoda využít jako kontrola SPZ z databází. Díky tomu lze odhalit, jestli je auto odcizené nebo lze metodu využít například k automatickému otevírání brány. [22]

#### 5.1.1 Princip ANPR (Automatic Number Plate Recognition)

Metoda OCR popsaná již výše, je základem pro ANPR. Nejdříve se však musí lokalizovat oblast SPZ pomocí hranových detektorů. Po vyhledání hran SPZ v obraze, probíhá prahování obrazu. Tento krok odstraní vzniklý šum a převede obraz do 1 bitové reprezentace. Lokalizace poznávací značky probíhá pomocí vzorové šablony reprezentující SPZ. [13]

*Obr. 17. Lokalizace oblasti poznávací značky*



Zdroj: Ing Dobrovolný, Martin, Ph.D. Rychlý algoritmus rozpoznávání registračních značek vozidel. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2009.

Nyní je značka zaměřena, ale nestává se často, že by byla SPZ natočena přímo proti objektivu snímací kamery. Proto je nutné provést korekci natočení snímané značky.

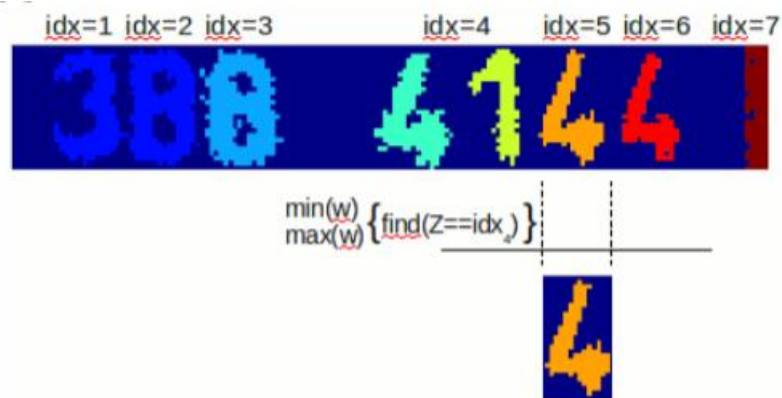
Obr. 18. Natočení snímané značky



Zdroj: Ing Dobrovolný, Martin, Ph.D. Rychlý algoritmus rozpoznávání registračních značek vozidel. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2009.

Z takto připraveného obrazu SPZ je možné extrahovat jednotlivé symboly. Poznávací značka je převedena na černobílé vyjádření a pomocí aplikace morfologické eroze dojde k odstranění malých objektů. Tímto postupem je výsledný obraz zbaven většiny nežádoucích artefaktů a je možné přikročit k extrakci jednotlivých znaků. [13]

Obr. 19. Extrakce jednotlivých symbolů SPZ

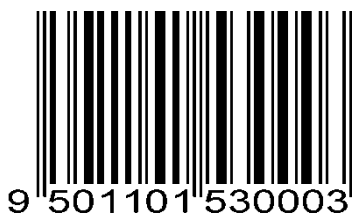


Zdroj: Ing Dobrovolný, Martin, Ph.D. Rychlý algoritmus rozpoznávání registračních značek vozidel. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2009.

## 5.2 Detekce čárových a QR kódů

Čárové a QR kódy slouží jako jednoduchý způsob, jak zakódovat určitou informaci. Jejich velká výhoda spočívá ve vysoké variabilnosti. Kódy lze natisknout prakticky jakoukoliv tiskárnou na různé druhy materiálu a následné čtení lze provést celou řadou zařízení. Existuje mnoho druhů kódů, nejpoužívanějšími jsou *EAN-13* (obr.20) a QR kód (obr.21). Výhoda QR kódu oproti *EAN-13* je možnost zakódovat vyšší množství informací na stejně velkém prostoru. [22]

Obr. 20. Čárový kód EAN-13



Zdroj: <http://www.gs1.org/sites/default/files/docs/barcodes/EAN-13.png>

Obr. 21. QR kód



Zdroj: <https://sociobiology.files.wordpress.com/2013/07/strassmann-queller-qr-code.jpg>

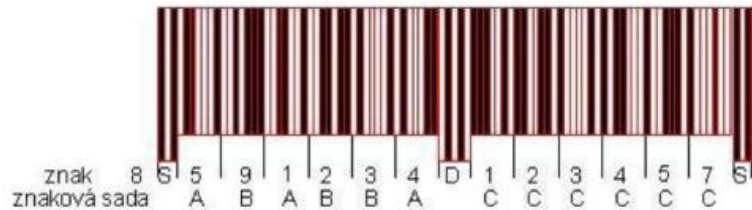
### 5.2.1 Princip EAN-13

Informace u tohoto čárového kódu jsou zakódovány do 1D posloupnosti čar a mezer. Kód má pevně stanovenou délku a skládá se ze šesti znaků oddělených znakem dělicím (D). Znak (S) značí začátek a konec čárového kódu. Všechny čárové kódy mají pevně stanovenou posloupnost znaků. Kód je člen zleva, kde první tři číslice značí stát, další čtyři firmu, následujících produkt a poslední číslo slouží pro kontrolní součet. Pod čárovým kódem jsou



čísla odpovídající čárovému kódu nad ním. Toto číslo slouží jako pojistka, pokud selže čtecí zařízení. [16]

Obr. 22. Rozdělení znaků na čárovém kódu



Zdroj: Tyc, Lukáš. Dekódování čárového kódu v obraze. Brno : Vysoké učení Technické v Brně, 2009.

Na následujícím obrázku (23) je znázorněno kódování jednotlivých čísel. Kóduje se pomocí čar a mezer, které mohou být různě široké, ale vždy musejí být násobkem základní jednotky. Pro vyjádření jednoho čísla se využívá sedmi základních jednotek. Na posledním řádku tabulky je zobrazen kód okrajového a dělicího znaku.

Obr. 23. Kódovací tabulka EAN

Kódovací tabulka EAN			
znak	sada A	sada B	sada C
0			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
okrajové znaky		dělicí znak	

Zdroj: Tyc, Lukáš. Dekódování čárového kódu v obraze. Brno : Vysoké učení Technické v Brně, 2009.

**Poslední, kontrolní číslice se stanovuje následovně:**

1. Součet sudých pozic ( $5+2+4+5+2+7=25$ )
2. Vynásobení třemi ( $25*3=75$ )
3. Součet lichých pozic ( $8+5+3+2+4+2=24$ )
4. Součet hodnot ( $75+24=99$ )
5. Zaokrouhlení na desítky ( $99=100$ )
6. Rozdíl zaokrouhlené a původní hodnoty ( $100-99=1$ )

### 5.2.2 Čtení kódu v obraze

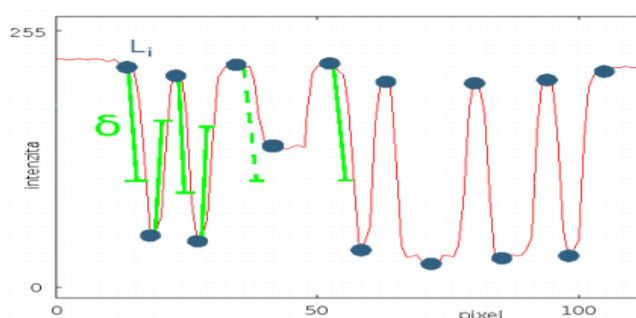
Detekování kódu v obraze může být obtížné kvůli možné deformaci nebo zakrytí části kódu. Pro lokalizaci kódu v obraze existuje několik metod, které pracují na principu detekce hran nebo prahování. Tyto metody pracují na principu vytvoření binárního obrazu v oblasti, která odpovídá nastaveným kritériím. Tyto metody jsou vysoce přesné, ale také vysoce výpočetně náročné, proto nejsou vhodné pro použití v reálném čase.

Pro lokalizaci čárového kódu v reálném čase se ukázala jako velice vhodná metoda řádkového čtení, která pracuje s profilem jasových intenzit. V obraze jsou analyzovány řádky, ze kterých se zpracuje informace o výsledné intenzitě, která je vypočítána podle vrozce 9. Experimentálně bylo prokázáno, že k zachycení všech možných natočení kódu stačí, když budou čtené řádky vzájemně orientovány  $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$  a  $135^\circ$ . Čárový kód v obraze je následně rozpoznán podle oblasti řádku s významnou změnou jasových hodnot (obr. 24). Změna je definována dvěma po sobě jdoucími lokálními extrémy v signálu, jehož hodnota je vyšší než práh  $\delta$ . [17]

$$I=0,229R+0,578G+0,114B \quad [9]$$

$$|L_i - L_{i+1}| > \delta \quad [10]$$

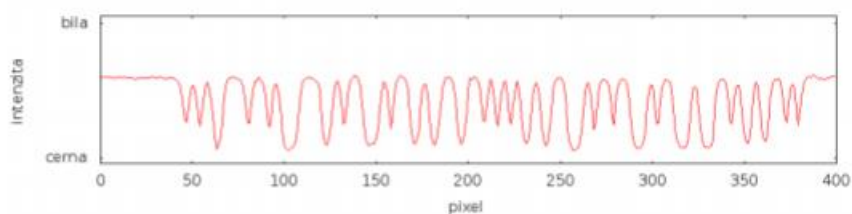
Obr. 24. Změna jasových hodnot



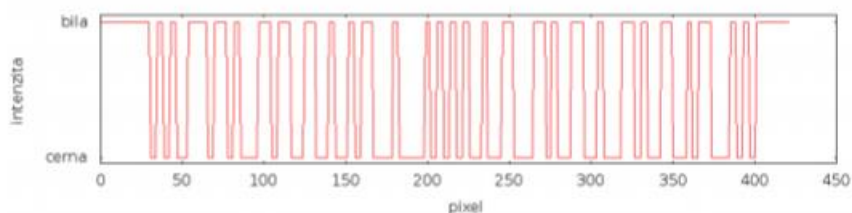
Zdroj: Šimurda, Pavel. Lokalizace čárového kódu v obraze. Brno : Vysoké učení technické v Brně, 2011. Bakalářská práce.

Čtení čárových kódů pomocí kamery není ideální řešení. Mohou zde nastat dva problémy. Obraz není ideálně zaostřen jsou nebo špatné světelné podmínky. Zde nastává problém s nastavením prahu  $\delta$ , kdy nelze přesně určit zaostření nebo světelné podmínky. Z obrázku 25 je patrné, že profil reálného profilu se k ideálnímu pouze přibližuje.

Obr. 25. Porovnání reálného a ideálního profilu



(a) Reálný čárový kód.



Zdroj: Šimurda, Pavel. Lokalizace čárového kódu v obraze. Brno : Vysoké učení technické v Brně, 2011. Bakalářská práce.

### 5.3 Detekce nedefinovaného obrazu

Detekce nedefinovaného obrazu je metoda detekce, u které není známo, jaký má přesně hledaný objekt tvar, rozměry nebo vzhled. Hledaný objekt ale není úplnou neznámou, vždy je zařazen do určité třídy, např. obličej, postava nebo vozidlo.

Pro rozpoznání obličeje existuje celá řada metod, které lze využívat, ovšem všechny tyto metody vyžadují určité podmínky, aby osobu identifikovaly s vysokou mírou přesnosti. Proces rozpoznávání osob podle obličeje ovlivňuje např. osvětlení, stíny nebo natočení obličeje. Tyto nežádoucí okolnosti metody dokáží normalizovat. Daleko větší problém při identifikaci osob je mimika a změny vlivem stárnutí. [18]

Při detekci postavy v obraze musíme jako první postavu oddělit od pozadí. Na tento krok je vhodná metoda detekce pohybu v obraze. Nejčastěji používaná je rozdílová metoda založená na sledování rozdílových bodů viz kapitola 4.4. Po oddělení pozadí zbydou pouze pohybující se objekty. Pro zanalyzování, zda je pohybující se objekt postava, existují dvě metody, metoda detekce lidské postavy podle siluety a metoda detekce lidské postavy podle jednotlivých částí.

Nejrozšířenější metoda pro detekci lidské postavy podle siluety je metoda HOG (obr. 26) (Histogram of Oriented Gradients). Tato metoda počítá gradient z černobílého nebo barevného obrazu. U barevného obrazu se směr růstu počítá pro všechny tři složky. Velikost gradientu lze spočítat pomocí vektoru, který hledá významné hrany v obraze. [18]

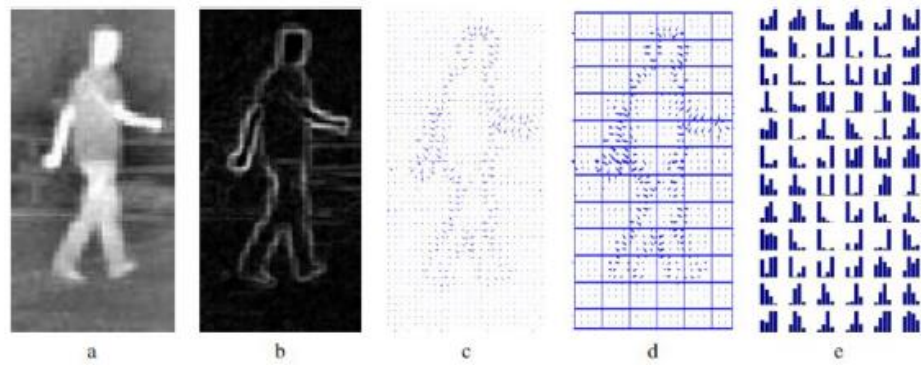
Vzorec pro x-ovou a y-ovou osu

$$G_x = [-1,0,1] * (x, y) \quad [11]$$

$$G_y = [-1,0,1]^T * I_r(x, y) \quad [12]$$

$$G = \sqrt{G_x(x, y)^2 + G_y(x, y)^2} \quad [13]$$

Obr. 26. Metoda HOG



Zdroj: Bc. Havelka, Jan. Detekce pohybujících se objektů ve videosekvenci. Brno : Vysoké učení technické v Brně, 2011. Diplomová práce.

## 6 Návrh nastavení CCTV systému

Kamerové systémy jsou v dnešní době nepostradatelnou součástí v mnoha oborech. Jejich rozvoj nám usnadňuje život, ať už se jedná o monitorování provozu, hlídání objektů nebo rozpoznávání SPZ značek. Pro většinu oborů, kde se kamerové systémy využívají je nepostradatelnou součástí detekce pohybu.

Díky této funkci můžeme například ušetřit kapacitu uložení, když kamera začne nahrávat pouze v případě, že zaznamená pohyb. Metody detekování pohybu popsané v kapitole 4. mají různé využití a každá metoda má jiné přednosti a jiné nevýhody. Pro prosté detekování se nejvíce hodí metoda rozdílová nebo metoda porovnávání histogramů mezi snímky. Tyto metody jsou jednoduché a výpočetně tolik nezatěžují servery. Pokud budeme chtít znát směr pohybu objektu, použijeme metodu optického toku, která nám tuto informaci poskytne, ovšem tato metoda je výpočetně daleko náročnější. V praxi také není výjimkou, že se metody na detekci pohybu kombinují. Je možno použít nejprve metodu pro pouhé rozpoznání pohybu, která z videa získá tuto informaci daleko rychleji, než následná metoda na určení podrobnějších informací, např. směr pohybu.

### 6.1 Vlivy na detekci pohybu

Při detekování pohybu v kamerovém systému mohou nastat situace, kdy k pohybu na snímaném místě nedošlo, přesto je detekován pohyb. V praxi běžná situace je pavučina na objektivu. Vlivem větru se pavučina pohybuje a na kameře je neustále detekován pohyb. Jediná možnost, jak tuto situaci vyřešit, je odstranění pavučiny. Dalším problémem může být stín, který dokáže oklamat kamerový systém. Například je snímán vnitřní prostor, ve kterém k pohybu nedošlo, ovšem stín projíždějícího auta způsobí, že kamera detekuje pohyb.

K opačné situaci může dojít např. v případě, že se snímáný objekt pohybuje příliš pomalu nebo je od kamery vzdálen. Při vzdálenosti cca 15 metrů od kamery již není pomalu se pohybující člověk detekován. Pokud máme nastavenou nižší citlivost pro detekci pohybu, nemusí je kamera zaznamenat. Další možností je, že objekt splyne s pozadím. Pokud kamera nemá integrovanou funkci IR přísvisitu, je možné, že se ve špatně osvětlené oblasti pohybuje

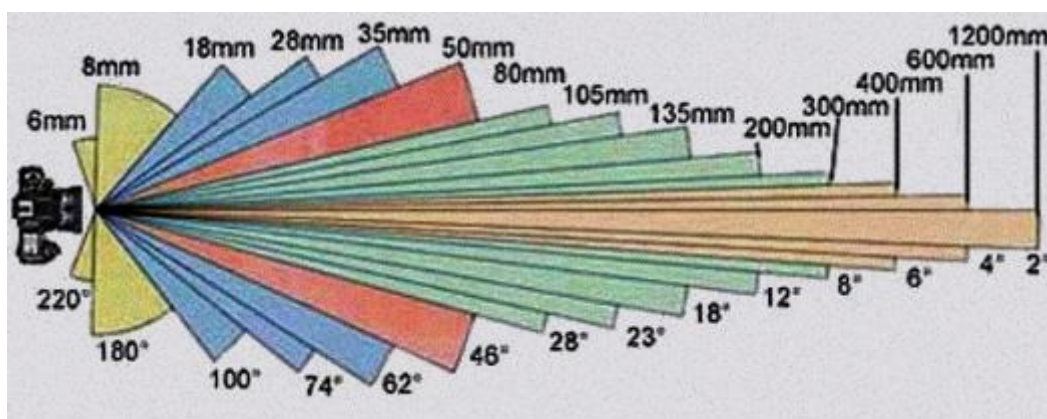
objekt, který nevyvolá žádnou reakci. Těmto situacím se dá výrazně předejít výběrem vhodného kamerového systému popsaného v následující kapitole.

## 6.2 Zásady při plánování kamerového systému

Při návrhu kamerového systému musíme dbát na zásady, které je nutno dodržet, aby kamerový systém splnil naše očekávání. Jako první musíme přesně určit jaké jsou na CCTV systém kladeny požadavky a jaký přesně bude jeho účel. Od tohoto bodu se bude celý návrh realizovat.

Je nutné naplánovat umístění kamer. Tento krok skýtá několik možností řešení. Při umístění uvnitř objektu není potřeba řešit odolnost kamer, ovšem při venkovním umístění je nutné dbát na ochranu kamery okolními vlivy jako je déšť, vítr nebo mráz. Kameru lze koupit odolnou proti těmto vlivům nebo se dá pořídit ochranný kryt. Další rozhodovací parametr je vzdálenost pozorovaného prostředí. Musíme přesně definovat jaký prostor chceme monitorovat. Při malé vzdálenosti pozorovaného místa od kamery volíme objektiv s malou ohniskovou vzdáleností, případně objektiv fisheye. Při větší vzdálenosti monitorovaného místa volíme objektiv s vyšší ohniskovou vzdáleností. Vzdálenější místa se dají přiblížit také přímo při pozorování obrazu na již zapojených kamerách, ovšem jde pouze o digitální přiblížení, tudíž se kvalita obrazu snižuje.

Obr. 27. Ohnisková vzdálenost objektivů



Zdroj: <http://www.dtpko.cz/clanky/objektiv-oko-fotoaparatu-dil-prvni/>

Pro splnění požadovaných vlastností kamerového systému je nutné také zvážit parametry kamer. Nutné je zvolit správné rozlišení. Rozlišení HD bude dostatečné pro velké

množství kamerových systémů. Velikost rozlišení přímo ovlivňuje bitový tok, tzn. čím vyšší rozlišení, tím vyšší bitový tok. Na druhé straně při vysokém rozlišení se dají objekty lépe rozpoznat. Pro monitorování velkého prostoru se dá využít otočná kamera, u které lze nadefinovat průběh jejího otáčení. Další možnost zlepšení kvality obrazu je optický zoom na kameře. Nejčastěji se tato možnost využívá při reálném sledování kamer, kdy si pozorovatel může přiblížit objekt bez ztráty kvality. Při zpětném pozorování již optický zoom nelze využít. V případě, že plánujeme použít kameru v noci je vhodné použít přísvit v infračerveném spektru. Tato metoda se také používá při snímání SPZ, kde se světlo odráží od značky zpět ke zdroji a tím pádem je značka lépe viditelná.

*Tab. 1. Porovnání rozlišení videa s datovým tokem*

Rozlišení	Datový tok (Mbps), 30 snímků za sekundu	Datový tok (Mbps), 60 snímků za sekundu
2160p	45	65
1440p	16	24
1080p	8	12
720p	5	7,5
480p	2,5	4
360p	1	1,5

[Zdroj: (vlastní)]

Další prvek, který je dobré brát na vědomí při realizaci kamerového systému je délka přenosového média. Vznikající útlum signálu, který vzniká na přenosovém médiu lze posílit videozesilovačem. Pokud je to možné, je určitě úspornější navrhnout síť tak, aby se videozesilovač nemusel použít. Reálná délka vedení bez zesilovače činí 150-250 metrů.



### 6.3 Návrh komponent kamerového systému

Každý kamerový systém nabízí řadu výhod a nevýhod, proto je nutné před instalací kamerového systému zvážit, jaký bude pro náš účel nejvhodnější. Lze volit mezi třemi typy kamerových systémů popsaných v kapitole 1. V tabulce 2. je porovnání zvolených kamer. V tabulce 3. jsou porovnány záznamová zařízení.

Tab. 2. Porovnání kamer

Kamera	Systém	Rozlišení [px]	Ohnisko objektivu [mm]	Přisvícení [m]	Cena [Kč]
TCD5800 IRVF	Analogový	800 x 600	2,8 - 12	30	1399
VCA5815 IRVF	AHD	1920 x 1080	2,8 - 12	40	1999
IPC-HFW2300R	IP	2048 x 1536	2,7 - 12	30	4699

Zdroj: <https://www.variant.cz/dokumenty/obor-cctv/>

Tab 3. Porovnání záznamových zařízení

DVR	Systém	Počet video vstupů	Maximální rozlišení [Mpix]	Cena [Kč]
XVR5108HS	Analogový	8	1920 x 1080	4769
ADR8800	AHD	8	1920 x 1080	4599
ND8322P	IP	9	2560 x 1920	11009

Zdroj: <https://www.variant.cz/dokumenty/obor-cctv/>

#### Analogový kamerový systém

Pro návrh analogového systému doporučuji kameru **TCD5800 IRVF**. Tato kamera je určena pro vnitřní i venkovní použití. Jako záznamové zařízení jsem zvolil **XVR5108HS**. Toto DVR dokáže zaznamenávat obraz v rozlišení až 1080p, což je pro zvolené kamery dostačující. Zajímavá funkce je podpora dalších 4 IP kamer, které lze kombinovat

s analogovými. DVR je vybaveno čtyřmi typy inteligentních detekcí. Detekuje chybějící a přidaný objekt, průchod, překročení a tváře. [14]

### **AHD systém**

Zvolíme kameru **VCA5815 IRVF** , která disponuje rozlišením Full HD (1920 x 1080). Díky tomuto rozlišení dosáhneme detailnějšího obrazu. Jako záznamové zařízení zvolíme **ADR8800**. Osmikanálové zařízení dokáže pracovat se záznamem až do 1080p, což zvolené kameře dostačuje. DVR nabízí funkci detekce pohybu. [14]

### **IP systém**

Při návrhu použijeme 3Mpix kameru **IPC-HFW2300R-Z** (1602-003), která nabízí možnost nastavení detekce pohybu, její citlivost a oblast. Kamera nabízí rozlišení 2048 x 1536 při 20sn/s. Jako záznamové zařízení bude sloužit **VIVOTEK ND8322P**. Toto záznamové zařízení dokáže přijímat signál z devíti IP kamer zároveň. [20]

## 7 Finanční zhodnocení

IP kamery již obsahují funkci detekce pohybu. Díky této zabudované funkci se dají snížit požadavky na čerpání úložného prostoru a také na výkon záznamového zařízení. Při pořizování nových kamer je nutné zvážit, zda tuto funkci u kamer požadujeme či nikoli. Návrh pracuje s potřebou osmi kamer k pokrytí celého prostoru, který chceme sledovat. V tab. 4. je provedeno srovnání cen digitálních a analogových kamerových systémů.

Tab. 4. Cenové porovnání kamerových systémů

Druh systému	Cena jedné kamery [kč]	Cena osmi kamer [kč]	Cena DVR [kč]	Celková cena [kč]
Analogový	1 399	11 192	4 769	15 961
AHD	1 999	15 992	4 599	20 591
IP	4 699	37 592	11 009	48 601

Zdroj: <https://www.variant.cz/dokumenty/obor-cctv/>

### 7.1 Enkodéry s integrovanou detekcí pohybu

Detekovat pohyb nemusí být implementováno pouze do kamer. Existují situace, kdy je výhodnější detekovat pohyb na enkodérech, které slouží jako převodníky analogového signálu na digitální. Vzniká zde také možnost kombinace kamery, která nabízí jiné pokročilé funkce namísto možnosti detekce pohybu. Níže jsou uvedeny enkodéry, které funkci detekce pohybu podporují.

#### AXIS Q7401 Video Encoder

Tento enkodér nabízí možnost detekce pohybu na základě rozdílové metody. Při nastavování detekce pohybu může být určeno až deset detekčních zón. Přístup k tomuto enkodéru je možný pomocí internetového prohlížeče. **Cena enkodéru: 11 067Kč [20]**

*Obr. 28. Enkodér AXIS Q7401*



Zdroj: <https://www.axis.com/cz/cs/products/axis-q7401>

### **ACTi ACD-2100**

Tento enkodér nabízí funkci detekce pohybu, tato funkce lze nastavit ve třech detekčních zónách. Enkodér nabízí možnost přístupu z internetového prohlížeče. **Cena enkodéru: 6 165Kč [21]**

*Obr 29. Enkodér ACTi ACD-2100*



Zdroj: <http://www.oxe.cz/acti-acd-2100-1xmpeg-4-d1-25fps/>

## 7.2 Software

Pokud je zapotřebí provádět složitější analýzu obrazu, je nutné použít specializovaný software, který nabízí větší počet funkcí, než funkce zabudované přímo do kamer nebo enkodérů. Žádný software neobsahuje všechny dostupné funkce, proto je nutné software pečlivě vybírat. Specializovaný software je nutné nainstalovat na počítač, který slouží jako videosever. Cena software se odvíjí od komplexnosti řešení úloh a také od jejich specializace.

### 7.2.1 Softwarové řešení

#### **EVČ Pro**

Profesionální systému EČV od společnosti Total Security Systém s. r. o. umožňující rozpoznávání SPZ z živého videa nebo uložených statických snímků. Systém se pyšní vysokou úspěšností rozpoznávání SPZ. Pro méně náročného uživatele existuje varianta BASIC, která má menší rozpoznávací úspěšnost. **Doporučená cena verze Pro 99 750Kč. Doporučená cena verze Basic 12 250Kč [19]**

#### **Hikvision iVMS-5200**

Software pro správu, zobrazení živého obrazu, přehrávání záznamu pro zařízení (kamer, DVR, NVR). Software je určen pro hlídání objektů. Software nabízí možnost monitorovat až 64 kamer v jednom okně. Program nabízí funkci nahrávání videa při detekci pohybu na předem určených místech. K základní verzi tohoto programu společnost nabízí přídavné moduly, které software rozšiřují o další specializované funkce. **Cena 25 612Kč [23]**

#### **Rozšiřující moduly základního software iVMS-5200:**

##### **iVMS-5200-P-VS-B**

Modul analýzy SPZ pro kamery s detekcí SPZ. **Cena modulu: 19 198Kč [23]**

##### **iVMS-5200-P-BI-B**

Modul bussines inteligence včetně analýzy transakčních dat, analýzy počítání osob a analýzy pohybu osob na sledovaném místě. **Cena modulu: 17 525Kč [23]**

**iVMS-5200-ANPR-PS-B**

Modul parkovacího systému, který hlídá vjezd a výjezd vozidel, zobrazuje volná parkovací místa na displeji a je možno pomocí tohoto softwaru ovládat brány či závory.

**Cena modulu: 11 140Kč [23]**

## 8 Závěr

V moderních kamerových systémech je obrazový signál přenášen pomocí formátu H.264. Pokud chceme detekovat pohyb v obraze, nejprve musíme porozumět právě tomuto formátu, který je založen na soustavě MPEG. Díky soustavě MPEG lze zpracovávat větší množství snímaných dat díky pokročilým metodám komprese signálu. Z výše uvedených poznatků je patrné, že indikování detekce pohybu v obraze lze dosáhnout mnoha způsoby. V práci jsou popsány hlavní metody detekce pohybu, včetně rozdílové metody, která je výhodná zejména díky své jednoduchosti a nízké zátěži na výpočetní výkon. Další kapitola se zabývá metodami detekce definovaného obrazu, které se snaží nalézt předem definovaný objekt. Tímto objektem bývá v praxi např. SPZ nebo čárový kód.

V praktické části bakalářské práce jsou navrženy tři kamerové systémy. Analogový, AHD a IP systém. Kamery byly porovnávány dle technických parametrů. Mezi porovnávané parametry patří rozlišení snímacího čipu, ohnisková vzdálenost objektivu, přisvícení a cena. Dále bylo provedeno základní testování kamer, zda vyhovují pro funkci detekce pohybu v obraze. U IP kamery byla funkce detekce pohybu vyžadována přímo v kameře. Vybrané kamery jsou uvedeny v tabulce 2. Ke kamerám byly zvoleny vhodné záznamové zařízení. V případě analogového a AHD systému bylo nutno, aby DVR nabízela funkci detekce obrazu. Záznamová zařízení jsou uvedena v tabulce 3. Systémy byly následně otestovány na software Hikvision iVMS a Siemens Sistrore. Všechny zvolené systémy dokáží detekovat pohyb i při zhoršených světelných podmínkách.

## Seznam použité literatury

- [1] Legiň, Martin. Televizní technika DVB-T. Praha: BEN - technická literatura, 2006.
- [2] Ing. Zahradník, Jiří. Televizní technika 1. Praha: BEN - technická literatura, 2010.
- [3] Ing. Horák, Karel Ph.D et.al. Počítačové vidění. Brno: Vysoké učení technické v Brně. Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2008.
- [4] Fischer, Walter. Digital television: a practical guide for engineers. New York: Springer, 2004.
- [5] Overview the JPEG Image Compression Systems [Online]. [Citace: 3. Březen 2017].  
<http://web.ece.ucdavis.edu/cerl/ReliableJPEG/Cung/jpeg.html>
- [6] Programujeme JPEG [Online]. [Citace: 3. Březen 2017].  
<https://www.root.cz/clanky/programujeme-jpeg-kvantizace-dct-koeficientu/>
- [7] Kompresie videa [Online]. [Citace: 3. Březen 2017].  
<http://atrey.karlin.mff.cuni.cz/~vlada/mkompresievidea.html>
- [8] Zítka, Michal. Detekce pohybu v obraze. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2007. Semestrální práce.
- [9] Ing. Votruba, Zdeněk Ph.D., Elearning [Online]. [Citace: 5. Březen 2017].  
<https://moodle.czu.cz/course/view.php?id=1131>
- [10] Dedeoglu Yigithan, Moving object detection, tracking and classification for smart video surveillance. Bilkent university, 2004, Ankara
- [11] Standardizace protokolů a videoanalýza [Online]. [Citace: 5. Březen 2017]. <https://www.stasanet.cz/Standardizace-protokolu-a-videoanalyza/>



- [12] C# paint image within edges [Online]. [Citace: 3. Březen 2017].  
<http://stackoverflow.com/questions/11319937/c-sharp-paint-image-within-edges>
- [13] Ing Dobrovolný, Martin, Ph.D. Rychlý algoritmus rozpoznávání registračních značek vozidel. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2009.
- [14] Variant [Online]. [Citace: 19. Březen 2017].  
<https://www.variant.cz/dokumenty/obor-cctv/>
- [15] Zítka, Michal. Detekce pohybu v obraze. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2008. Bakalářská práce.
- [16] Tyc, Lukáš. Dekódování čárového kódu v obraze. Brno: Vysoké učení Technické v Brně, 2009.
- [17] Šimurda, Pavel. Lokalizace čárového kódu v obraze. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2011. Bakalářská práce.
- [18] Bc. Havelka, Jan. Detekce pohybujících se objektů ve videosekvenci. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2011. Diplomová práce.
- [19] TSS Group [Online]. [Citace: 19. Březen 2017].  
<http://www.tssgroup.cz/ecv-pro--rozpoznavani-spz/>
- [20] Síťové kamery [Online]. [Citace: 19. Březen 2017].  
[https://www.sitovekamery.cz/nvr-rekorder/vivotek-nd8322p/?gclid=Cj0KEQjw-73GBRCC7KODI9zToJMBEiQAj1Jgf5ZSJ5hCx5WdXn1IVd-RwqxZqvsF\\_rYCONimozCj1\\_oaAjF88P8HAQ](https://www.sitovekamery.cz/nvr-rekorder/vivotek-nd8322p/?gclid=Cj0KEQjw-73GBRCC7KODI9zToJMBEiQAj1Jgf5ZSJ5hCx5WdXn1IVd-RwqxZqvsF_rYCONimozCj1_oaAjF88P8HAQ)
- [21] Oxe [Online]. [Citace: 11. Březen 2017].  
<http://www.oxe.cz/acti-acd-2100-1xmpeg-4-d1-25fps/>
- [22] Chuchla, Pavel. Detekce pohybu v CCTV systémech. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2012. Bakalářská práce.
- [23] Euroalarm [Online]. [Citace: 19. Březen 2017].  
<https://www.euroalarm.cz/bezpecnostni-kamerove-systemy-cctv/software/ivms-5200-p-b>

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Analogový kamerový systém.....	2
Obrázek 2: IP kamerový systém.....	3
Obrázek 3: Vzorkovací struktury komprimovaných digitálních obrazových signálů.....	4
Obrázek 4: Metoda vyčítání cik cak.....	5
Obrázek 5: Příklad neceločíselných hodnot po aplikaci vzorce [1].....	8
Obrázek 6: Aplikace DCT na obraz s malými rozdíly v hodnotách vzorků.....	9
Obrázek 7: Způsob predikce DPCM.....	10
Obrázek 8: Predikce snímků s opakováním klíčového snímku jedenkrát na 12 snímků.....	11
Obrázek 9: Předpoklady pro pohyb těles.....	13
Obrázek 10: Průběh detekce pohybu rozdílovou metodou.....	15
Obrázek 11: Odečtení snímků od sebe.....	15
Obrázek 12: Pohyb objektu na obraze.....	16
Obrázek 13: Kumulativní rozdílový snímek.....	17
Obrázek 14: Detekce hran objektu.....	17
Obrázek 15: Referenční snímek.....	18
Obrázek 16: Snímek porovnávaný se snímkem referenčním.....	18
Obrázek 17: Lokalizace oblasti poznávací značky.....	21
Obrázek 18: Natočení snímané značky.....	22
Obrázek 19: Extrakce jednotlivých symbolů SPZ.....	22
Obrázek 20: Čárový kód EAN-13.....	23
Obrázek 21: QR kód.....	23
Obrázek 22: Rozdělení znaků na čárovém kódu.....	24
Obrázek 23: Kódovací tabulka EAN.....	24
Obrázek 24: Změna jasových hodnot.....	25
Obrázek 25: Porovnání reálného a ideálního profilu.....	26
Obrázek 26: Metoda HOG.....	27

Obrázek 27: Ohnisková vzdálenost objektivů.....	28
Obrázek 28: Enkodér AXIS Q7401.....	34
Obrázek 29: Enkodér ACTi ACD-2100.....	34