

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Technická fakulta**

**Katedra technologických zařízení staveb**



## **Diplomová práce**

**Ovlivnění spolehlivosti strojového čtení registračních značek vozidel prostřednictvím prostorové orientace kamery**

**Bc. Ondřej Aksler**

© 2022 ČZU v Praze

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Ondřej Aksler

Informační a řídicí technika v agropotravinářském komplexu

Název práce

Ovlivnění spolehlivosti strojového čtení registračních značek vozidel prostřednictvím prostorové orientace kamery

Název anglicky

Influence the reliability of the machine reading of vehicle license plates through the camera's spatial orientation

---

Cíle práce

Diplomová práce je tematicky zaměřena na problematiku moderních kamerových systémů pro rozpoznání registračních značek vozidel. Hlavním cílem je provést popis jednotlivých typů kamerových systémů s funkcí rozpoznání registračních značek vozidel a otestovat spolehlivost IP systémů při instalaci detekční kamery v různých úhlech a to jak v horizontálním tak i vertikálním směru.

Dílčí cíle diplomové práce jsou:

- vytvořit přehled řešené problematiky,
- definovat jednotlivé principy a základní funkce kamer pro rozpoznání registračních značek vozidel,
- provést základní měření spolehlivosti IP kamer pro rozpoznání registračních značek vozidel.

Metodika

Metodika řešené problematiky diplomové práce je založena na studiu a analýzách odborných informačních zdrojů. Praktická část práce je zaměřena na zhodnocení spolehlivosti IP kamerových systémů pro rozpoznání registračních značek vozidel a následného zpracování výsledných údajů při instalaci detekční kamery v různých úhlech a to jak v horizontálním tak i vertikálním směru. Na základě rozboru teoretických poznatků a výsledků praktické části práce budou formulovány závěry diplomové práce.

Osnova:

- 1 Úvod
  - 2 Cíl práce
  - 3 Metodika práce
  - 4 Přehled řešené problematiky
  - 5 Praktická část práce
  - 6 Výsledky a diskuse
-

7 Závěr a doporučení

8 Seznam použitých zdrojů

9 Přílohy



**Doporučený rozsah práce**

50 až 60 stran textu včetně obrázků, grafů a tabulek

**Klíčová slova**

detekce, registrační značka, spolehlivost, úhel instalace

---

**Doporučené zdroje informací**

HERWOOD, E.M.: Digital CCTV. Oxford: Butterworth-Heinemann Ltd, 2007. ISBN: 0750677457.

HEŘMAN, J., et al.: Elektrotechnické a telekomunikační instalace. Praha: Verlag Dashöfer, 2008. ISSN 1803-0475.

JANEČKOVÁ, E. – BARTÍK, V. *Kamerové systémy v praxi : právní režim z pohledu ochrany osobních údajů a ochrany osobnosti*. Praha: Linde, 2011. ISBN 978-80-7201-850-5.

KRUEGLE, H.: CCTV Surveillance, Video Practices a Technology. Amsterdam: Elsevier Science & Technology. 2006. ISBN: 9780750677684.

LOVEČEK, T. – NAGY, P.: Kamerové bezpečnostné systémy. Žilina: EDIS-vydavateľstvo, 2008. ISBN: 978-80-8070-893-1.

---

**Předběžný termín obhajoby**

2020/2021 LS – TF

**Vedoucí práce**

Ing. Jan Hart, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra technologických zařízení staveb

---

Elektronicky schváleno dne 3. 3. 2020

doc. Ing. Jan Malaťák, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 10. 2. 2021

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 11. 10. 2021

---

### **Čestné prohlášení**

„Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: „Ovlivnění spolehlivosti strojového čtení registračních značek vozidel prostřednictvím prostorové orientace kamery“ vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové 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, že moje diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí.

Jsem si vědom, že na moji diplomovou 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, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.“

V Praze dne: .....

.....

Ondřej Aksler

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval doc. Ing. Janu Hartovi, Ph.D., za vedení diplomové práce a pomoc v průběhu její realizace.

Dále bych rád poděkoval Ing. Petru Jindrovi, Ph.D., za výpomoc při konstrukční realizaci držáku kamery.

A v neposlední řadě bych rád poděkoval své rodině a přítelkyni Mgr. Barboře Mitlenerové za trpělivost a podporu při psaní této práce.

# Ovlivnění spolehlivosti strojového čtení registračních značek vozidel prostřednictvím prostorové orientace kamery

## Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá kamerovými systémy a analýzou vlivů změny pozorovacího úhlu kamery určené pro rozpoznávání registračních značek vozidel pozemní dopravy vůči ploše cílové registrační značky. Práce rozebírá jednotlivé varianty kamerových systémů a jejich klíčové komponenty. Dále práce formuluje principy analýzy obrazu, které mají za cíl detekci objektů v obraze a interpretaci znaků v obraze. Práce také definuje faktory ovlivňující rozpoznání a korektní interpretaci registrační značky vozidla pomocí kamerových systémů. V praktické části práce je provedeno základní měření spolehlivosti IP kamery určené pro rozpoznávání registračních značek vozidel pod proměnlivým pozorovacím úhlem kamery, a to z proměnlivé instalační výšky tak, aby byl ověřen vliv posunu v horizontálním i vertikálním směru snímání kamery vůči ploše registrační značky projíždějícího vozidla na úspěšnost rozpoznání a korektní interpretaci registrační značky vozidla.

**Klíčová slova:** detekce, registrační značka, spolehlivost, úhel instalace

# **Influence the reliability of the machine reading of vehicle license plates through the camera's spatial orientation.**

## **Abstract**

This diploma thesis deals with camera systems and analysis of the effects of changing the viewing angle of a camera designed for the recognition of registration plate of land transport vehicles in relation to the area of the target registration plate. The thesis analyzes individual variants of camera systems and their key components. Furthermore, the work formulates the principles of image analysis, which aim to detect objects in the image and interpret characters in the image. The work also defines the factors influencing the recognition and correct interpretation of the vehicle registration plate using camera systems. In the practical part of the work is a basic measurement of the reliability of an IP camera designed to recognize vehicle license plates under a variable camera viewing angle, from a variable installation height to verify the effect of displacement in the horizontal and vertical direction of the camera relative to the license plate area of a passing vehicle to the success of the recognition and correct interpretation of the vehicle registration plate.

**Keywords:** detection, registration plate, reliability, installation angle



# Obsah

<b>1. Úvod.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Cíl práce .....</b>	<b>3</b>
<b>3. Metodika práce.....</b>	<b>4</b>
<b>4. Přehled řešené problematiky .....</b>	<b>5</b>
4.1    Druhy kamerových systémů.....	6
4.1.1    Analogové systémy .....	6
4.1.2    AHD Analog .....	9
4.1.3    IP systémy .....	10
4.2    Typy kamer dle konstrukčního provedení.....	12
4.2.1    Box kamery .....	13
4.2.2    Bullet kamery .....	14
4.2.3    Dome kamery .....	15
4.2.4    Turret kamery .....	16
4.2.5    Cube kamery .....	16
4.2.6    Otočné PTZ kamery .....	17
4.2.7    Speciální kamery.....	18
4.3    Záznamová zařízení .....	19
4.3.1    Záznamové zařízení pro analogové systémy .....	21
4.3.2    Záznamové zařízení pro IP systémy .....	24
4.4    Analýza obrazu.....	25
4.4.1    Předzpracování obrazu.....	27
4.4.2    Segmentace obrazu .....	28
4.4.3    Rozpoznávání objektů v obraze .....	30
4.5    Automatická detekce SPZ .....	35
4.5.1    Způsob detekce a vyhodnocení SPZ.....	36
4.5.2    Faktory ovlivňující korektní interpretaci SPZ .....	40
<b>5. Praktické měření .....</b>	<b>41</b>
5.1    Navržení kamery .....	41
5.2    Nosná konstrukce .....	43
5.3    Metodika měření .....	44
5.4    Konfigurace systému.....	45
5.5    Průběh měření .....	48
<b>6. Výsledky a diskuse .....</b>	<b>50</b>
<b>7. Závěr.....</b>	<b>54</b>

<b>8. Bibliografie .....</b>	<b>55</b>
------------------------------	-----------

# 1. Úvod

Kamerové systémy jsou nasazovány do aplikací, kde nahrazují lidský faktor jako dohledový prvek v daném procesu. Vývoj kamerových systémů zaznamenal významný rozmach s rozvojem elektrotechniky a nyní jsou kamerové systémy přítomny v širokém spektru aplikací. Kamerové systémy v dnešní době neslouží pouze k zaznamenávání obrazu, který musí obsluha fyzicky shlédnout, aby ze záznamu získala informaci. Schopnosti strojového čtení obrazu a interpretace zaznamenaných informací do elektronicky zpracovatelných dat umožňují kamerovým systémům autonomní funkci.

Autonomní režim kamerových systémů se využívá například pro zastřežení určité oblasti, ve které je analyzován obraz s cílem detekovat překročení linie. Kamerovými systémy mohou být střeženy také objekty pomocí kontroly přítomnosti v obraze. Dále v rámci sledování objektů lze využít kamerový systém pro počítání kusů výrobků na skladě či pro kontrolu výrobků ve výrobním procesu, jako je například osazování desek plošných spojů a všude jinde, kde velikost prvků či přesnost výroby hraje významnou roli a lidská obsluha vnáší přílišnou chybovost. Kamerové systémy mohou také snímat a identifikovat biometrické údaje osob v obraze. Do této kategorie řadíme rozpoznání osob v obraze, počítání osob, rozpoznávání pohlaví či přibližného věku, a především identifikace osob, která umožňuje reakci systému na výskyt konkrétních osob v obraze.

Kamerové systémy jsou využívány také pro řízení pozemní dopravy, jak na veřejných komunikacích, tak v soukromých objektech. Kamerovým systémem jsou rozpoznávány a identifikovány SPZ v zájmové oblasti, případně jsou identifikována i samotná vozidla nesoucí SPZ. Na veřejných komunikacích jsou nejčastěji kamerové systémy využívány pro měření rychlosti vozidla. Tato analýza je v některých případech obohacena o rozpoznání řidiče, kdy je analyzováno, zda je řidič připásán či zda telefonuje. Systémy s touto schopností analýzy však nejsou v tuto chvíli příliš rozšířené. Množství dat zaznamenávaných kompletní strukturou kamerových sítí umožňují obsluze vyhledávat cílová vozidla dle známých parametrů. Pomocí kamerových systémů lze také řídit vjezd vozidel do uzavřených prostor, jako jsou například parkoviště, ale třeba také soukromé objekty.

Diplomová práce rozebírá principy kamerových systémů a jejich jednotlivých komponent. Práce ve svém úvodu seznamuje čtenáře s obecnou problematikou kamerových systémů, které je následováno vysvětlení rozdílů mezi jednotlivými kamerovými systémy. Následně se práce zabývá nejdůležitějšími prvky kamerového systému, jako jsou kamery a jednotlivé typy záznamových zařízení. Jelikož je práce zaměřena na spolehlivost korektního strojového čtení obrazu z kamer pod proměnlivým pozorovacím úhlem, jsou následné kapitoly věnovány analýze obrazu. Analýzy obrazu, které práce rozebírá, jsou zaměřeny na aplikace s požadavkem na rozpoznání a korektní interpretaci objektů a znaků v obraze. Závěrem teoretické části je rozebrána problematika detekce a interpretace SPZ z obrazu. Praktická část diplomové práce je zaměřena na ověření teoretických předpokladů o maximálních možných hodnotách pozorovacího úhlu mezi světlocitlivým čipem kamery a plochou SPZ projíždějícího vozidla.

## 2. Cíl práce

Diplomová práce je tematicky zaměřena na problematiku moderních kamerových systémů určených pro rozpoznání registračních značek vozidel pozemní dopravy. Hlavním cílem je provést popis jednotlivých typů kamerových systémů s funkcí rozpoznání registračních značek vozidel a otestovat spolehlivost IP systémů při instalaci detekční kamery v různých úhlech, a to jak v horizontálním, tak i vertikálním směru.

Dílčí cíle diplomové práce jsou:

- vytvořit přehled řešené problematiky
- rozebrat jednotlivé typy kamerových systémů
- definovat základní prvky kamerového systému a rozebrat jejich vlastnosti
- formulovat jednotlivé principy analýzy obrazu, které mají za cíl detekci objektů v obraze a interpretaci znaků v obraze
- definovat faktory ovlivňující rozpoznání a korektní interpretaci registrační značky vozidla pomocí kamerových systémů
- provést základní měření spolehlivosti IP kamery určené pro rozpoznávání registračních značek vozidel pod proměnlivým pozorovacím úhlem kamery, a to z proměnlivé instalační výšky tak, aby byl ověřen vliv posunu v horizontálním i vertikálním směru snímání kamery vůči ploše registrační značky projíždějícího vozidla na úspěšnost rozpoznání a korektní interpretaci registrační značky vozidla

### **3. Metodika práce**

Metodika diplomové práce je založena na analýze odborných zdrojů a vytvoření přehledu kamerových systémů společně s nejdůležitějšími prvky těchto systémů. Dále jsou na základě studia odborných zdrojů definovány jednotlivé typy analýz obrazu, které jsou nasazovány pro účely detekce registračních značek vozidel a interpretace jejich textové části. Také jsou definovány na základě těchto zdrojů možné příčiny selhání kamerových systémů při rozpoznání registračních značek vozidel. Praktická část práce ověřuje vlivy instalační pozice kamery na úspěšnost rozpoznání registrační značky. Toho dosahuje pomocí jednotlivých sad měření registrační značky z definovaných pozic kamery, při kterých měla kamera proměnlivý úhel snímání obrazu vůči ploše registrační značky, a to jak v horizontálním, tak vertikálním směru. Tohoto úhlu bylo dosahováno posouváním bodu snímání kamery ve stanovené vzdálenosti od registrační značky po pomyslném půlkruhu, jehož poloměr tvořila vzdálenost stojanu kamery od registrační značky. Pro zohlednění vertikálního posunu byla kamera umísťována do několika rozdílných instalačních výšek. Na základě rozboru teoretických poznatků a výsledků praktické části práce jsou formulovány závěry diplomové práce.

## 4. Přehled řešené problematiky

Kamerové systémy jsou využívány pro různorodé aplikace, kde nahrazují lidský prvek jako místně kontrolní orgán a umožňují zefektivnění dohledové činnosti. Možnost koncentrace obrazu z mnoha míst do jednoho uceleného systému s kontrolním stanovištěm nám poskytuje nejen snížení lidské práce, ale také možnost využití pokročilých analýz obrazu. (1) (2) (3)

Kamerový systém je soubor kamer, záznamových zařízení, pamětí a tras pro nepřetržitou kontrolu zájmové oblasti a ukládání záznamů do trvalé paměti. Těmto systémům se také říká průmyslové kamery či průmyslová televize. Tato označení vycházejí z počátků využití těchto systémů, kde byla převážná část nasazení určena pro průmysl a výrobu. Až s postupnou modernizací a vzestupem slaboproudých technologií docházelo k nasazení zasahujícího do soukromého života občanů. (1) (4) (2)

Kamera představuje v kamerovém systému významný prvek, jelikož dle jejího výstupu dělíme kamerové systémy do jednotlivých kategorií. Trasy představují jednotlivé silnoproudé a slaboproudé vodiče, optické linky či bezdrátový přenos. Záznamové zařízení je ústřední prvek kamerového systému, který řídí jeho jednotlivé segmenty. (5) (1) (6)

Při rozhodování o nasazení či případné modernizaci kamerového systému bývají nejvíce limitujícím faktorem samotné trasy. Jednotlivé kamery, záznamová zařízení a převodníky lze poměrně bez problémů nahradit. Reinstalace tras však většinou znamená potřebu bouracích prací a následné rekonstrukce. Výjimkou mohou být budovy s páteřními trasami vybavené systémy kabelových tras pokračujícími do zdvojených podlah či stropů. Je však nutné vyhnout se souběhům datových a silových tras tak, aby nedocházelo k ovlivnění kvality přenášeného signálu. Většina rekonstrukcí se však týká budov staršího data kolaudace, kdy požadavky na trasy byly nesrovnatelně nižší. (6) (2) (3)

## 4.1 Druhy kamerových systémů

Kamerové systémy bychom mohli rozdělit do několika kategorií dle použitého signálu pro přenos dat. Analogové systémy započaly éru kamerových systémů, která nyní vyústila v masivní použití IP systémů. Souběžně se vznikem IP technologie byla vyvinuta vylepšení analogových systémů, jako jsou AHD systémy pro udržení kroku s IP technologií. (2) (7)

### 4.1.1 Analogové systémy

První kamerové systémy vznikly na analogovém principu distribuce dat. V tomto systému analogová kamera snímající obraz převádí světelné záření pomocí světlo citlivého čipu na elektrický signál v analogové podobě. Jednotlivá data pak představují samotné napěťové úrovně výstupního signálu. Analogová kamera tedy nijak neupravuje výstupní signál vyjma zesílení. Ten putuje zpravidla kabelovými rozvody do záznamového zařízení, které představuje jediný prvek systému schopný zpracování dat pro další využití. Každá jednotlivá kamera vyžaduje samostatnou linku koaxiálního vodiče a příslušný port v záznamovém zařízení. Výstupní signál je normovaný standardem kódování PAL, který obsahuje 704x576 pixelů. (5) (6) (8)

Pro kabelové rozvody bývá využit koaxiální vodič, který pro tuto technologii představuje ideální médium, avšak skýtá omezení ve vzdálenostech možného přenosu. U tenkého koaxiálního vodiče je spolehlivá vzdálenost pro přenos do 100 m. V některých případech však vzdálenost segmentu dosahuje i 180 m. Delší vzdálenost segmentu vodiče však znamená příliš velký útlum vedeného signálu. Tlustý koaxiální vodič poskytuje možnou délku segmentu až 500 m, ovšem při dvojnásobném zvýšení průměru vodiče. Pro dosažení větších vzdáleností je následně nutné využít zesilovače, případně nasazení kroucené dvoulinky. (2) (6) (3) (8)



Kroucená dvoulinka může být využita na vzdálenosti segmentu do 300 m. Pro její zapojení do koaxiální sítě je však nutné využít takzvaných balun převodníků. Tyto převodníky umožňují propojení koaxiálního vodiče a kroucené dvoulinky. Zároveň slouží jako pasivní vysílače. Zesilují tedy vysílaný signál. Jedním vodičem UTP je možné přivádět signál až ze čtyřech kamer. (2) (6) (3)

Napájení kamery je realizováno pomocí samostatného napájecího transformátoru umístěného poblíž kamery. Tento transformátor převádí síťové napětí na napájecí napětí. Dle typu kamer se jedná většinou o 24, 16, nebo 12 V. Napájení lze také přivést pomocí kroucené dvoulinky. Využitím jednoho páru pro napájení a jednoho páru pro data docílíme možnosti zapojení kamery i v místech s horší dostupností nebo omezenými možnostmi přivedení síťového napětí. Síťový zdroj pak bývá umístěn v ústředně kamerového systému. Maximální délka napájecího vodiče bývá do 100 m, záleží však na kvalitě transformátoru, trasy a proudovém odběru kamery. (2) (6) (5)

Ústředním prvkem analogového kamerového systému je záznamové zařízení. Dříve se pro tento účel využívaly videomagnetofony (VCR). Tato zařízení ukládala data z kamer v analogové podobě na magnetickou pásku. Malá kapacita, nesnadné vyhledávání v záznamu a relativně rychlé opotřebení mechanických ústrojí vedly k postupnému ústupu této technologie. O její náhradu se postaraly digitální videorekordéry (DVR). (6) (2) (5)

Digitální videorekordér převádí přijatá data v analogové podobě a převádí je do digitální podoby. Tento záznam je poté uložen na paměťové médium. V masovém měřítku jsou využívány pro tento účel pevné disky (HDD), které poskytují velkou kapacitu a uspokojivý počet možných přepsání paměťových bloků. Rychlost zápisu vyhovuje datovému toku běžných kamer, rychlost čtení však výrazně ovlivňuje analytické procesy. V dnešní době je možné se setkat i s polovodičovými disky (SSD), které poskytují mnohonásobně vyšší čtecí a zapisovací rychlosti. Pro lokální nasazení kamerového systému malého rozsahu jsou také využívány paměťové karty většinou typu SD. (2) (6) (5)

Pomocí videorekordéru je možné připojit kamerovou síť a její záznam k síti ethernet. Můžeme tím tedy dosáhnout jak vzdáleného přístupu v rámci jedné lokální sítě, tak vzdáleného přístupu skrze veřejný internet. Tato varianta však vyžaduje zvýšené nároky na zabezpečení jak samotné sítě, tak serveru. (2) (6) (5)

K záznamovému zařízení také připojujeme periferie pro lokální správu systému, jako jsou monitory, klávesnice, ovladače apod. Pokud systém obsahuje motorické prvky se vzdálenou správou, jsou jejich ovladače připojeny taktéž v záznamovém zařízení. (2) (6) (5)

Analogové systémy jsou v dnešní době překonanou technologií. Jejich přednosti představují především nízké pořizovací náklady, oddělení kamerové sítě od ethernetové a prakticky nulové zpoždění. Rozdělení datové a kamerové sítě umožňuje výrazné zvýšení bezpečnosti jak samotného systému, tak uložených dat. Tyto kamery mají také nejvyšší světlocitlivost a hodí se tak do méně osvětlených oblastí. Nevýhodou tohoto systému je především nízká kvalita obrazu. Tento problém řeší nadstavby analogového systému. Tyto nadstavby byly vyvíjeny za účelem zdokonalení analogového přenosu. Umožnění vyššího datového přenosu vedlo k zvýšení kvality výsledného obrazu. Nasazení analogového kamerového systému je tedy vhodné do prostor, kde vyžadujeme dohledovou činnost na bázi přehledu o situaci a nevyžadujeme detail scény. (4) (7) (8)

#### 4.1.2 AHD Analog

AHD systémy jsou nadstavbou analogového systému umožňující přenos HD signálu až do kvality Full HD, tedy 2 Mpix (1920x1080 pixelů) pomocí koaxiální kabeláže. Jsou tedy vhodné pro rekonstrukce původních analogových systémů. Při zachování původní kabeláže lze výrazně zvýšit kvalitu snímaného obrazu, který může být prakticky 4násobný oproti běžným analogovým kamerám. (2) (7) (8)

Kamera disponující AHD technologií snímaný obraz převádí na analogový signál a v nekomprimované podobě putuje koaxiální kabeláží do záznamového zařízení. Toto záznamové zařízení musí být taktéž přizpůsobeno pro provoz technologie AHD. Nelze kombinovat žádné prvky mezi analogovou a AHD technologií vyjma kabeláže. (2) (7) (3) (8)

Kabeláž má oproti analogové technologii zvýšené nároky na kvalitu. Příliš odboček a spojů zvyšují odpor vodiče, který vede k útlumu signálu. Při správně provedené kabeláži lze dosáhnout i 300 m délky jednotlivých úseků koaxiálního vodiče. Původní kabeláž je většinou účinná pro vedení do 100 m. Podobně jako u analogových systémů lze využít Balun převodníků pro nahrazení koaxiální kabeláže kroucenou dvoulinkou. (2) (3)

Tyto systémy tedy přinesly pouze vylepšení stávající technologie. V tuto chvíli se však zdá, že 2 Mpix jsou maximum, jehož lze u této technologie dosáhnout. Vedle AHD technologií vznikla i technologie IP systémů založená na zcela odlišné struktuře umožňující další zvýšení kvality přenášeného obrazu. (2) (9)

### 4.1.3 IP systémy

IP technologie přinesla revoluci do kamerových systémů. Tento systém totiž pracuje na principu, kdy každá kamera pracuje jako samostatný celek. Snímaný obraz IP kamerou je zpracováván přímo v kameře na digitální signál, který může být modifikován či vyhodnocován pomocí software. Tento signál je pomocí síťové karty možné distribuovat do datové sítě. Moderní kamery pracují z pohledu sítě jako server, umožňují tedy přímý přístup pomocí LAN připojení. To může být realizováno jak skrze konektor RJ-45, tak pomocí WiFi připojení. Velkou výhodou IP kamery oproti analogové kameře představuje fakt, že veškeré zpracování a analýzu obrazu může provádět samotná kamera. Díky čemuž není výpočetní výkon záznamového zařízení příliš vytěžován. (1) (2) (4) (7)

IP kamera může pracovat v samostatném režimu, kdy nahrávání záznamu probíhá na paměťovou kartu nejčastěji typu SD. Při připojení kamery do ethernetové sítě může uživatel přistupovat na kameru pomocí webového rozhraní. Pomocí uživatelské webové aplikace může upravovat nastavení software. Taktéž je možno sledovat stream z kamery. (2) (4) (5)

Nejčastěji jsou však kamery sdružovány do uzavřených systémů. Jádrem takového systému je záznamové zařízení nazývané digitální videorekordér (DVR). Na tomto centrálním prvku probíhá ukládání na paměťové disky nejčastěji HDD v menších zařízení spíše přenosného charakteru SD a u novějších typů i SSD. Stále však převládá zastoupení pevných plotnových disků, většinou z důvodu poměru ceny/velikosti paměti/počtu možného přepsání paměťových bloků. (2) (4) (8)

Na záznamovém zařízení může také probíhat centrální analýza obrazových vstupů. K tomuto účelu jsou vytvořené speciální softwarové nástroje pro analýzu obrazu. Záznamové zařízení zároveň disponuje síťovou kartou pro připojení do ethernetové sítě. Přístup k záznamovému zařízení lze realizovat z jakéhokoli zařízení v místní síti. V případě požadavku na přístup mimo místní ethernetovou síť je nutné vytvořit komunikační tunel na routeru sítě a nakonfigurovat videorekordér pro toto využití. (2) (5) (8)

Nasazení IP systému je velice snadné z pohledu kabeláže a kabelových tras. Kamery lze zapojit do stávající lokální sítě tvořené kroucenou dvoulinkou, případně optickým vláknem. Nejčastěji však kamerové datové linky tvoří kabely kroucené dvoulinky kategorie 5e či 6. Kategorie 7 se prakticky nevyužívá u kamerových systémů běžného nasazení. Limity tedy tvoří datová propustnost stávající sítě a možnosti zabezpečení dat. (2) (7) (9)

Pro systémy vyžadující vyšší úroveň zabezpečení je nutné vytvořit v daném objektu 2 samostatné datové sítě. Jedna bude sloužit čistě pro provoz kamerového systému a druhá pro běžný ethernetový provoz objektu. Mimo hrozby ztráty dat či kontroly nad kamerovým systémem je nutné zohlednit právní aspekty přístupu k citlivým datům. (1) (2) (3)

Kamerové systémy s technologií IP se hodí pro realizaci veškerých nových systémů, kde je vyžadován detailní záznam. Tyto systémy mohou dosahovat různých rozsáhlostí, jelikož nejsou teoreticky omezené počtem kamer. Počínaje samostatnými kamerami pracujícími v režimu all-in-one, který nevyžaduje žádné další prvky, po rozsáhlé kamerové systémy čítající stovky kamer. Limitujícím faktorem pro počet kamer v systému je datová propustnost sítě. (2) (7) (9)

Mezi hlavní výhody patří kvalita přenášeného obrazu, možnosti využití analytických nástrojů, možná rozsáhlost systému a kompatibilita jednotlivých prvků. Hlavními nevýhodami jsou pořizovací náklady, menší citlivost čipu na světlo, delší odezva kvůli zpracování obrazu přímo na kameře a při využití běžné ethernetové sítě i možné nebezpečí ztráty dat. (2) (7) (9)

## 4.2 Typy kamer dle konstrukčního provedení

Kamera je základním prvkem kamerového systému. Její typ z hlediska funkce snímání obrazu je závislý na typu celého kamerového systému. Avšak její typ z hlediska mechanického provedení a designu krytu může být různého charakteru. Kamery jsou vyráběny v provedení pro interiér, nebo pro interiér a exteriér. (1) (2) (4) (8)

Kamery umožňující instalaci v exteriéru vyžadují speciální vlastnosti. Mezi ně patří především krytí před klimatickými vlivy, typicky IP 67. Případně speciální anti-vandal provedení jehož konstrukční provedení poskytuje spolehlivou ochranu proti útočníkovi, který není vybaven speciálními nástroji a znalostmi. Dále patří varifokální objektiv a elektronické zaostření mezi běžné prvky výbavy exteriérové kamery. Mezi neméně důležité, ale doplňkové vlastnosti patří IR přísvit, který běžně dosahuje 30–100 m dosvitu pro účely nočního režimu kamery. V rámci mechanického provedení kamery řešíme také varianty pevné, nebo otočné (PTZ) kamery, viz obr. č.1. (2) (10) (8)



Obrázek 1 PTZ kamera DS-2DE3A400BW-DE(F1)(S5)(B) (Zdroj:(8))

#### 4.2.1 Box kamery

Boxované kamery představují nejstarší provedení kamer. Tyto kamery byly nasazovány především do průmyslových oblastí. Od těžkého kovohutiho průmyslu po lehký strojírenský průmysl, petrochemii a dopravní infrastrukturu. Typem krytu a jeho vlastnostmi bylo umožněno instalovat kamery do nejrůznějších prostředí. Kryt umožňuje instalaci kamer v prostředí nevhodných pro lidskou přítomnost i pro instalaci běžných elektrotechnických zařízení. (2) (10)

Pro zprovoznění kamery je nutné vybavit kameru objektivem, držákem a krytem kamery. Případně také vyhříváním, ventilací apod. Jelikož nejsou tyto komponenty součástí samotné kamery, viz obr. č.2., vyžaduje instalace těchto komponent zvýšený instalační čas, tedy náklady na instalaci. Z těchto důvodů se opouští od tohoto typu kamer. (10) (11)



Obrázek 8 Box kamera Hikvision DS-2CD5026G0 (zdroj: (10))

Box kamery se také instalují do vnitřních prostor. V takovém případě nemusí být využit kryt kamery. Pokud je již předinstalován varifokální objektiv, poskytují tyto kamery poměrně flexibilní řešení. (11) (10)

#### 4.2.2 Bullet kamery

Bullet kamery nacházejí své využití především pro venkovní instalace. Využívají se pro plášťovou ochranu budov při střežení objektu kamerou, čtení registračních značek automobilů apod. Většinou jsou kamery vybaveny IR přísvitem s dosahem až 100 m. Krytí proti vlivům okolního prostředí bývá IP66-IP68. Kamery jsou vybaveny také clonou zamezující přímému osvětlu čočky sluncem, usazení nečistot a zatékání vody, viz obr. č.3. Vlastnosti těchto kamer snižují náklady na jejich následnou údržbu ve venkovních prostředích běžného znečištění. (10) (11) (12)



Obrázek 9 *Bullet kamera Hikvision DS-2CD2T43G0-l8(6mm )(zdroj(8))*



### 4.2.3 Dome kamery

Dome kamery se hodí především do interiérů. Svým půlkulatým vzhledem nepůsobí tak rušivě zvláště v případech, kdy dojde k částečnému zapuštění kamery do podhledu. Oproti hojně využívaným Bullet kamerám nezabírají tolik prostoru a nevyčnívají z pohledových zón. Avšak z důvodů absence clony se mohou objevovat problémy se vznikem vlhkosti, ulpívání prachu a následné snížení čitelnosti obrazu. Ačkoli se Dome kamery vyrábějí s krytím proti okolním vlivům nejčastěji v hodnotách IP66-IP67, nehodí se z těchto důvodů pro venkovní instalace. (10) (11)

Jelikož instalace kamer probíhá v interiérech, kde nemůžeme polohou zajistit bezpečnost kamery, je vhodné využít provedení antivandal, které disponuje zvýšenou odolností krytu proti úderu těžkým břemenem. V interiérech se dále často využívá kouřové zatmavení skla pro skrytí polohy čočky. (11) (12)

IR přísvit u Dome kamer dosahuje většinou maximálně 30 m. A to z důvodu nutnosti průchodu přísvitu půlkulatým krytem (viz obr. č.4), který vytváří nežádoucí odlesky a ztlumení intenzity přísvícení. (10) (11)

Tyto kamery standartně disponují monofokálním objektivem. Z tohoto důvodu je pro nastavení zaostření nutné odejmou kryt. Změna ohniskové vzdálenosti je většinou realizována odnímatelnou čočkou. (10) (11)



Obrázek 10 Dome kamera Hikvision DS-2CD1123GOE-I(Zdroj:(8))

#### 4.2.4 Turret kamery

Turret kamery vznikly kombinací vlastností Dome kamer z hlediska půlkulatého krytu a absence clony, jak můžeme vidět na obrázku č.5 a Bullet kamer díky možnostem natočení objektivu a rychlostí instalace kamery. Infračervený přísvit těchto kamer dosahuje 30 m. Tyto kamery disponují mikrofonom, reproduktorem a stroboskopem. Skvěle se tak hodí pro odrazení případného útočníka, jakmile naruší zabezpečenou oblast. (10) (11) (12)



Obrázek 11 Turret kamera Hikvision DS-2CD2346G2-ISU/SL (Zdroj:(8))

#### 4.2.5 Cube kamery

Cube kamery jsou interiérové kamery. Krytí proti vnějším vlivům není významné a dosah přísvitu je okolo 10 m. Jejich snadná instalace a provedení, které znázorňuje obr. č.6, je vhodné pro chodby a recepcce hotelů či kancelářské police. Díky PIR čidlu může software uspořít místo na SD kartě ukládáním záznamu pouze při aktivování senzoru. Konektivita je realizována pomocí Wi-Fi připojení či kroucenou dvoulinkou. Napájení kamery může být pomocí síťového adaptéru, nebo pomocí PoE. Pro přístup na kameru a náhled na stream slouží aplikace Hik-Connect. (10) (12)



Obrázek 12 Cube kamera Hikvision DS-2CD2421G0-IW (zdroj (8))

#### 4.2.6 Otočné PTZ kamery

PTZ kamery jsou plně dálkově ovládatelné kamery, které disponují motorickým varifokálním objektivem. Příklad této kamery je vyobrazen na obr. č. 7. PTZ kamery slouží pro dohledovou činnost na velkých prostranstvích a v rozsáhlých objektech. Pohyb kamery bývá umožněn plně o 360 stupňů horizontálně a 90 stupňů vertikálně díky systému servopohonů a ovládacího software. Obsluha ovládá pohyb kamery pomocí joysticku na ovládací klávesnici připojené k NVR/DVR kamerového systému či pomocí webového rozhraní skrz aplikaci kamery. Případně lze využít automatický softwarový pohyb kamery v čase tak, že kamera v určitém časovém úseku periodicky snímá zájmovou oblast. Instalace těchto kamer se provádí pomocí speciálních držáků většinou na rohy budov, tak aby měla kamera co největší výhled. Infračervené přisvícení dosahuje až 150 m. Krom silného přisvitu disponují PTZ kamery velmi vysokými hodnotami optického přiblížení. Dále se jako doplněk u lepších modelů s vysokým rozlišením používá elektronické přiblížení. Uplatnění tyto kamery nacházejí většinou jako doplněk standardních kamer pro získání jednotlivých detailů scény na základě konkrétního požadavku. (10) (12)



Obrázek 13 PTZ kamera Hikvision DS-2DE5432IW-AE(S5) (zdroj:(8))

#### 4.2.7 Speciální kamery

Mezi speciální kamery patří takové kamery, jejichž vlastnosti předurčují způsob využití kamery. Jako specializované kamery bychom mohli nazvat například panoramatické kamery, skryté kamery, termovizní kamery a kamery pro biometrii obličeje. (10) (11)

Panoramatické kamery disponují více snímači. Datový výstup ze snímačů sloučí kamera pomocí softwarového nástroje do uceleného obrazu. Díky panoramatické kameře tak není nutné instalovat více kamer pro pokrytí většího prostoru. Případně se panoramatická kamera kombinuje s PTZ kamerou. Obsluha tak při zpozorování situace z panoramatické kamery vyžadující její pozornost může zaostřit danou scénu PTZ kamerou a získat tak detail situace. (10) (11)

Skryté kamery, či kamery pro skrytou montáž mohou nabývat různých podob, avšak v drtivé většině se jedná o kamery spadající do IP systémů. Miniaturizace a rozdělení jednotlivých funkčních komponent kamery pro skrytou montáž, které můžeme vidět na obr. č.9, umožňuje rozličné umístění instalace závislé spíše na lidské představivosti. Skryté kamery mohou být instalovány například do propisek, flash disků, klíčů od auta, poznámkových bloků, nabíjecích stanic, reproduktorů apod. Kvalita obrazu těchto kamer běžně dosahuje Full HD, tedy min 2 Mpix. Záznam probíhá na paměťovou kartu a stream je možné sledovat pomocí Wi-Fi či kroucenou dvoulinkou. Jelikož je toto připojení realizováno cloudovým řešením, je možné sledovat stream i mimo lokální síť. (10) (13)



Obrázek 14 Kamera pro skrytou montáž Hikvision DS-2CD6425G0-30 (zdroj (8))

### 4.3 Záznamová zařízení

Záznamové zařízení představuje centrální prvek, takzvané jádro kamerového systému. Je nepostradatelný při potřebě sloučení několika samostatných kamer do jednoho celku. Toto zařízení slouží pro ukládání, správu, editaci a analýzu obrazu zaznamenaného kamerami. Mimo obrazový formát vstupních dat může záznamové zařízení zpracovávat také audio signál přiváděný z kamer. Mezi základní softwarové nástroje záznamových zařízení patří analýza obrazu, vyhledávání objektů v obraze, filtrování obsahu, úprava obrazu, komprese záznamu, vyvolání poplachových stavů na základě vyhodnocených dat a další chytré funkce, které umožňují vyšší vytěžení zaznamenaných dat. (1) (2) (5) (6)

Ovládací prvky kamerového systému jsou připojeny do záznamového zařízení. Jedná se například o joysticky, ovládací klávesnice a celé PC sestavy pro polohování PTZ kamer, manuální přepínání režimu kamer, ostření pomocí varifokálních objektivů a podobné dálkově nastavitelné funkcionality. Záznamové zařízení pak řídí přenos a distribuci instrukčních signálů. Do záznamového zařízení se taktéž připojuje zobrazovací zařízení (monitory). Z tohoto důvodu bývá umístění záznamového zařízení ve velině dané budovy. (1) (2) (5)

Výsledná konektivita jednotlivých kamer musí být vyvedena do záznamového zařízení. Při pevné instalaci kamer je vždy preferováno pevné připojení pomocí kroucené dvoulinky, optického vlákna či u analogových systémů koaxiálním vodičem. Na místech, kde nelze připojit datový vodič, je možné realizovat konektivitu pomocí Wi-Fi za předpokladu nasazení IP systému. (1) (2) (5)

Síťová karta záznamového zařízení umožňuje komunikaci mezi kamerovým systémem a lokální sítí či internetem. Na záznamové zařízení je tak umožněn přístup jak ze zařízení umístěných v dané budově, tak kdekoli na světě. V případě možnosti přístupu do záznamového zařízení vzdáleně, tedy skrze veřejný internet, je nutné kvalitní zabezpečení sítě proti úniku dat. (2) (4) (14)

Konstrukční provedení záznamových zařízení se různí v závislosti na požadovaném počtu připojených kamer a velikosti úložného prostoru. Pro nejmenší varianty kamerového systému postačí PCI či USB karta. Lokální instalace menšího charakteru využijí samostatně stojící záznamové zařízení. Pro rozsáhlejší realizace s vyšším počtem kamer je určena racková varianta záznamového zařízení. Speciálním typem jsou záznamová zařízení pro skrytou instalaci. (2) (11) (12) (15)

Rozšiřující karty PCI či moduly do USB portu jsou výhodné z hlediska jednoduchosti instalace a nízkých pořizovacích nákladů, jelikož umožňují využití stávající síťové infrastruktury. Poskytují však nízký výpočetní výkon a malé množství vstupů. Další nevýhodou je potřeba trvalého běhu kontrolního počítače, z které plyne vyšší spotřeba elektrické energie oproti specializovaným systémům. (11) (12)

Takzvaně samostatně stojící model je vhodný pro menší realizace, jelikož počet jeho kamerových vstupů není vysoký. Lze však umístit do námi vybraného prostoru takřka libovolně, pouze s dodržением předepsané pozice instalace, přístupu chladicího vzduchu a samotné konektivity silového a datového charakteru. Samostatně stojící záznamové zařízení je díky aktivnímu chlazení vzduchem nejen určitým způsobem hlučné, ale také citlivé na vlhkost a prašnost okolního prostředí. Jeho výhodou je však kompletní vybavení včetně pevných disků a softwarové výbavy, která bývá velice uživatelsky přívětivá díky svému jednoduššímu charakteru. (10) (11) (12)

Racková varianta záznamového zařízení je určena výhradně pro instalaci do rozvaděčů slaboproudých technologií, takzvaných racků. Rack je boxové zařízení disponující zabezpečením proti neoprávněnému vstupu, chlazením a jednotlivými pozicemi pro umístění polic či zařízení. Police jsou následně využívány pro instalaci požadovaných zařízení. Rackové záznamové zařízení poskytuje vyšší počet vstupů a stabilnější chod, to se však odráží na pořizovacích nákladech. Pro rozsáhlé instalace však představuje nezbytnou nutnost z důvodu velkého datové toku z kamer. (10) (11) (12)

Speciální záznamové zařízení například pro skrytou instalaci upřednostňují požadavek na rozměry před jinými. Z tohoto důvodu bývá velmi omezen počet vstupů a výpočetní výkon. Zápis pak probíhá pouze na paměťové karty. Podobnými charakteristikami disponují i záznamová zařízení určená pro kamery do vozidel apod. (11) (12)

Základní dělení záznamových zařízení se realizuje dle typu kamerového systému. A to na záznamové zařízení pro analogové systémy a záznamové zařízení pro IP systémy. (1) (2) (5) (15)

#### **4.3.1 Záznamové zařízení pro analogové systémy**

Analogové kamerové systémy pracují s analogovými kamerami, které snímáný obraz nezpracovávají. Snímáný obraz je přiváděn pomocí koaxiálních vodičů do záznamového zařízení, kde lze data následně zpracovávat. Analogová kamera je tak schopna pracovat bez záznamového zařízení pouze samostatně s náhledem na video pomocí zobrazovacího zařízení bez možnosti uložení záznamu. Záznamové zařízení tedy funguje především jako úložiště zaznamenaného obrazu. Mezi další funkce záznamového zařízení pro analogové systémy patří různé stupně možnosti zpracování obrazu a jeho analýzy na základě zvolené technologie. (2) (5) (6)

V počátcích kamerových systémů sloužili pro tento účel videomagnetofony (VCR). Tato záznamová zařízení ukládají přiváděný obrazový signál na magnetickou pásku a umožňují přímé zobrazení přijímaného signálu pomocí zobrazovacího zařízení. Magnetická páska však poskytuje pouze velice malý úložný prostor pro záznam obrazu. Skladování velkého počtu cívek pak klade zvýšené nároky na provozní prostory. Další nevýhodou je také složité a zdlouhavé vyhledávání v záznamu. Editace obrazu není vůbec umožněna. Z těchto důvodů význam VCR po příchodu DVR takřka zanikl. (2) (5) (15)

Digitální videorekordéry neboli DVR přijímají shodný signál z analogových kamer jako VCR. Avšak DVR digitalizuje přijatý signál a následné operace již provádí s digitální podobou záznamu. Digitální videorekordér tak tvoří jediného představitele chytrého prvku v analogovém kamerovém systému. Přijatý videosignál je ukládán na plotnové disky (HDD), díky kterým dosahuje mnohonásobně vyššími kapacitami paměti oproti magnetické pásce. V dnešní době se kromě plotnových disků používají u menších systémů paměťové karty, nebo jako náhrada HDD disků SSD disky, které umožňují vyšší zápisové i čtecí rychlosti. U starších digitálních videorekordérů byla možnost zápisu také na DVD disky pomocí optické mechaniky. Malá kapacita záznamu na dnešní poměry však vedla k postupnému odchodu od této technologie, který nezvrátila ani technologie Blu-Ray disků.

(2) (5) (12) (15)

Softwarovými funkcemi digitálního videorekordéru lze docílit snížení kapacitní náročnosti na úložiště. Pomocí detekce změn či pohybu v obraze lze řídit záznam obrazu. Na základě pozitivní detekce je vyhlášen alarmový stav. V normálním stavu může záznamové zařízení mimo standardní zápis dat ukládat buďto sníženou kvalitu obrazu nebo neprobíhá zápis vůbec. Na základě alarmového stavu pak dojde k přepnutí na zápis v plné kvalitě či samotné spuštění zápisu. Pomocnými funkcemi jako je zápis data a času na obraz lze docílit lepší orientaci v záznamu. (1) (2) (12)

Export dat je umožněn pomocí USB portu či síťové karty. Díky připojení k síti lze zařízení ovládat a konfigurovat pomocí mobilního zařízení či počítače přímo v prohlížečové aplikaci. Digitální videorekordér poskytuje také výstupy pro připojení kontrolního monitoru a dalších periférií. Ovládací prvky kamerového systému jsou taktéž připojovány do digitálního záznamového zařízení. Mimo vstupních portů konektorů RJ45 pro data z kamer může disponovat záznamové zařízení také vstupními porty pomocných zařízení, jako jsou alarmové prvky apod. (2) (11) (12)



Zobrazování videosignálů zpracovávaných záznamovým zařízením je v případě nutnosti osobní kontroly lidským faktorem vhodné realizovat v takovém rozlišení, aby daná osoba byla schopna identifikovat danou změnu v obraze. Nejvhodnější řešení představuje systém zobrazení jednoho videosignálu na jeden monitor, jehož rozlišení odpovídá kvalitě signálu zdrojové kamery. U rozsáhlejších systémů je však tato varianta nerealizovatelná. Z tohoto důvodu vznikly nadstavby záznamových zařízení umožňující vyšší vyžitelnost dat z většího počtu kamer pomocí menšího počtu monitorů, jako jsou přepínače, kvadrátory, systémy PIP neboli obraz v obraze a multiplexery. (1) (5) (16) (17)

Přepínače slouží pro střídavé zobrazení videosignálu z několika kamer na jeden či více monitorů. Automatický režim přepíná mezi jednotlivými zdrojovými signály dle předem definované sekvence a časového intervalu. (1) (5) (16)

Kvadrátory zpracovávají čtyři zdrojové signály, jejichž obraz zobrazí na jednom monitoru v mřížkovém uspořádání. Nevýhodou tohoto řešení je malé rozlišení zobrazeného obrazu. V případě potřeby může obsluha zvolit určitý zdrojový signál a ten zobrazit v plném okně. Záznam signálu však na záznamovém zařízení probíhá neustále v plné kvalitě. (1) (5) (16)

Funkce PIP (obraz v obraze) zpracovává dva zdrojové signály, jejichž obraz zobrazuje zároveň na jednom monitoru. Jednotlivé obrazy jsou pak rozlišeny na primární a sekundární, kdy primární zabírá podstatnější část obrazu a sekundární překrývá částečně primární obraz. Zobrazovaný obraz bývá realizován pouze černobíle i při použití barevné kamery, jelikož nejsou u tohoto řešení podstatné detaily obrazu. (1) (16)

Multiplexery jsou nejčastěji využívaným řešením pro zobrazování videosignálů a dnes jsou již součástí každého záznamového zařízení. Umožňují zpracovat zdrojový signál z mnoha kamer a zobrazit je na dostupných zobrazovacích zařízeních dle zvoleného režimu. Operátor tak může nastavit požadované zobrazení dle vlastní volby a využít tak všech dostupných monitorů na maximum. Jednotlivé obrazy lze zobrazovat jak v plném okně, tak v mřížce se zobrazením několika zdrojových signálů na jednom monitoru. (1) (5) (17)

### 4.3.2 Záznamové zařízení pro IP systémy

Záznamové zařízení pro IP systémy pracují na zcela odlišném principu oproti analogovým systémům. Tento fakt je zapříčiněn principem IP kamery. Ta snímaný obraz zcela sama kompletně zpracuje a vyhodnotí. Díky hardwarové výbavě, která svým rozsahem splňuje veškeré funkční podmínky pro výpočetní zařízení, může kamera pracovat v režimu virtuálního serveru. Výstupními prvky síťové karty kamery jsou konektor RJ45 a Wi-Fi v režimu access point. Tyto vlastnosti prakticky vylučují nezbytnost implementace záznamového zařízení do kamerového systému. (2) (4) (15)

Pro malé kamerové systémy je tedy možné použít stávající síťovou infrastrukturu společně se softwarovou nadstavbou pro zpracovávání jednotlivých zdrojových dat na řídicím počítači, který však musí běžet v režimu non-stop. Toto řešení pokrývá veškeré požadavky na záznamové zařízení jako je uložení zaznamenaného obrazu, analýza obrazu a manipulace s daty. Velkým omezením tohoto řešení je však výkonnost a nízký počet připojitelných kamer. Vlastností tohoto řešení je také zvýšený datový tok vytěžující stávající síťové prvky, jenž plyne z nasazení IP kamer. (2) (4) (15)

Síťový videorekordér tedy NVR (Network Video Recorder) je záznamové zařízení určené výhradně pro IP kamery. Důvodem jeho implementace do kamerového systému je centralizace zdrojových signálů jednotlivých kamer. Hlavní funkcí je záloha zaznamenaných dat a jejich analýza na základě konkrétních požadavků. Centralizace však také přináší možnou ochranu zaznamenaných dat proti neoprávněnému přístupu. Záznam na kameře lze vypnout a ukládání signálu pak probíhá pouze na záznamovém zařízení. Verifikaci uživatele pak provádí záznamové zařízení, díky čemuž dojde k bezpečnému zamezení přístupu neoprávněných osob k záznamu. Dostupnost dat záleží na typu realizace, avšak díky připojení do místní ethernetové sítě je možné srze router přistupovat na záznamové zařízení kdekoli z internetu. Uživatel pak může sledovat jak živý stream, tak záznam obrazu. Důležitost zabezpečení lokální sítě v případě přístupnosti záznamového zařízení skrze internet však vede ke zvýšení finančních nákladů. Ukládání zaznamenaného obrazu probíhá u miniaturních zařízení na SD kartu. Avšak standartním paměťovým médiem jsou pevné plotnové disky (HDD) případně SSD disky. (2) (4) (15)

## 4.4 Analýza obrazu

Záznam snímaného obrazu nám poskytuje cenný zdroj dat. Avšak bez následného zpracování těchto dat nejsme schopni získat informaci. Dříve prováděl analýzu obrazu člověk samotným prohlížením živého videa či záznamu. Toto řešení je velice náročné na časové a finanční prostředky. Automatizace detekčního procesu se stala velice žádanou a její implementaci provedl prakticky celý technologický sektor současné ekonomiky. Pomocí softwarové videoanalýzy nahrazujeme lidskou práci za nechybující autonomní algoritmus. (2) (15) (16)

S pokrokem výpočetní techniky a miniaturizace obsahuje vlastní výpočetní jádro každá IP kamera. Z těchto důvodů se stala videoanalýza pomocí softwarových nástrojů běžnou výbavou každého kamerového systému, aniž by jeho výpočetní jádro dosahovalo významnějších kapacit. Automatická detekce je schopna rozeznat jak změny v obraze, tak jednotlivé předměty, nápisy a biometrické znaky. (2) (3) (18)

U analogových kamerových systémů probíhá zpracování a analýza obrazu pouze na digitálním videorekordéru (DVR). V případě poruchy záznamového zařízení dochází nejen k výpadku záznamu obrazu, ale také k přerušení zabezpečovací funkce. Veškeré alarmové aktivity jsou realizovány čistě na záznamovém zařízení, a to jak z externích čidel, tak z analýzy obrazu. Při výpadku záznamového zařízení u IP systému sice dojde k přerušení záznamu obrazu, avšak díky decentralizaci detekčních aktivit může samotná kamera vyvolat požadovaný poplach. Výpadek jednotlivého prvku kamerového systému tak vyřadí jen jeho část. (1) (2) (4)

V praxi lze například využít kombinaci softwaru pro rozpoznávání registračních značek (ALPR) a softwaru pro biometrické rozpoznávání. Díky této kombinaci vznikne nástroj, který je schopen jednoznačně identifikovat vozidlo, které spáchalo případný přestupek společně s identifikací řidiče. Mimo dohledovou činnost na běžných komunikacích může tento systém najít uplatnění jako bezpečnostní řešení pro vstup osob a vjezd vozidel na střežený pozemek. (5) (16) (15)

Pomocí softwarové detekce překročení linie či vkročení do určitého ohraničeného prostoru, lze jak zastřežit pozemek, tak zvýšit bezpečnost při výrobě. Aplikace těchto systémů do nebezpečných výrobních prostor, kam je zakázán vstup osobám, může přispět případně záchraně lidského zdraví. Kromě zabezpečovací funkce mohou kamerové systémy například kontrolovat polohy objektů s jejich identifikací. Kamerovými systémy lze také provádět sčítání a sledování stavu zásob. Tímto nástrojem lze mimo aplikaci do skladovacích prostor kontrolovat například osazení desek plošných spojů a jiných drobných výrobků, které vyžadují zvýšenou kontrolu kvality výroby. Tato řešení se aplikují ve výrobních a skladovacích procesech. (2) (16) (15)

V běžném životě se s počítačovým viděním setkáváme, aniž bychom jeho funkci významněji vnímali. Jedná se například o strojové čtení čárových a QR kódů, identifikaci registračních značek vozidel, detekci pohybu osob, jejich obličejů či dalších biometrických údajů. Počítačové vidění je také podstatné pro aplikace umělé inteligence a rozvoj kybernetiky. (2) (16) (19) (18)

Klíčovou vlastností analýzy obrazu je stoprocentní detekce a správná identifikace prvků na snímaném obraze. Vytváření jednotlivých algoritmů má za cíl simulovat lidské myšlení. Snímaný trojrozměrný obecný obraz je potřeba za pomoci lidských znalostí a dovedností zpracovat do té míry, aby byl algoritmus schopen vyhodnotit jednotlivé objekty. Lidské uvažování vyniká flexibilitou, kterou se snažíme implementací jednotlivých znalostí do vytvářeného software simulovat. Flexibilita musí dosahovat takové úrovně, aby byl systém schopen reagovat na veškeré podněty jemu příslušející a správně vyhodnotil nastalé situace. Složitost programu je však limitována potřebou detekce v reálném čase. Rozsáhlost instrukčního programu tedy musí odrážet hardwarovou výbavu detekčního zařízení. (16) (18) (15)

Aby bylo možné provést detekci objektů v obraze, je zapotřebí zajistit kvalitní vstupní data. Ztíženou čitelnost dat způsobuje několik příčin, jako je ztráta třetího rozměru při snímání trojrozměrné scény přenášenou na dvourozměrný obraz, jasová transformace mezi světlocitlivostí senzoru a odrazivostí světelného záření povrchu objektu, šum, jehož přítomnosti se nelze vyhnout a velké množství detekovatelných dat. Z tohoto důvodu vzniklo několik softwarových nástrojů pro strojovou úpravu obrazu. Tyto nástroje mají za cíl detekovat body, které nesou informaci a odstranit ty, které naopak zamezují čtení informace. (2) (16) (19) (18)

Algoritmus nejdříve provede předzpracování obrazových dat, které zlepší detekovatelnost podstatných dat v obraze. Následná segmentace obrazu oddělí pozadí od objektů, které jsou poté rozpoznávány. (2) (16) (19) (18)

#### **4.4.1 Předzpracování obrazu**

Zachycená obrazová data, která budou využita pro analýzu s cílem detekce SPZ, je nutné předzpracovat do podoby co nejlépe čitelné strojem. Mezi běžně aplikované nástroje patří například jasová transformace, geometrická transformace, filtrace a ostření. (16) (18) (19)

Jasová transformace představuje základní úpravu obrazu. Algoritmus vyhodnotí jasovou hodnotu jednotlivých pixelů. Pomocí logické funkce jim přiřadí nahrazující pixel, jehož jasová hodnota je vypočítána. Zpracovaný obraz pak nese nově vygenerované pixely, jejichž pozice odpovídá pozicím původních pixelů, avšak rozmanitost intenzity jasu je snížena na minimum. Při aplikacích jasové transformace na obrazová data sloužící pro rozpoznávání SPZ se nejčastěji využívá schématu, který vede k černobílému výstupu se stanovenou škálou stupně šedi. Díky tomuto nástroji dochází k zvýraznění jednotlivých přechodů a hran v obraze. (16) (18) (19)

Mezi nástroje manipulující s jasovou složkou patří také ekvalizace histogramu. Cílem této operace je rovnoměrné zastoupení jednotlivých jasových úrovní v celém histogramu obrazu. Výsledné zvýšení kontrastu obrazu napomáhá rozlišení objektů v obraze, jehož exponovanost neodpovídá požadavku na kvalitu obrazu. (18) (19) (20)

Geometrická transformace bývá nasazována v případech, kdy hledaný objekt v obraze nezaujímá ideální polohu vůči středu. V případech rozpoznávání SPZ se jedná většinou o poměr mezi instalovaným úhlem kamery a pozicí poznávací značky vůči čočce. Zpracovávaný obraz je tak otáčen, ořezáván či posouván. Důsledkem těchto modifikací nemají souřadnicové hodnoty vzniklého obrazu celočíselný tvar. Následná interpolace transformuje jednotlivé pixely do diskrétní polohy pro usnadnění dalšího zpracování obrazu. (16) (18) (19)

Při snímání obrazových dat pomocí světlocitlivého čipu a jejich následné distribuci pomocí přenosových tras dochází k tvorbě šumu. Šum představují náhodně rozmístěné pixely se znatelnou odlišností úrovně jasu oproti okolním pixelům. Aplikováním filtračních nástrojů dochází k detekci takto odlišných bodů a jejich nahrazení. Hodnota jasu nahrazeného bodu je vypočtena na základě průměrné hodnoty okolních pixelů. Tímto způsobem dochází také ke ztrátě důležitých pixelů, které vytváří jednotlivé hrany. Hrany ohraničují objekty v obraze a na základě jejich výskytu jsou detekovány objekty. Z tohoto důvodu je nezbytné provést korekci pomocí softwarového doostření obrazu. (16) (18) (19)

#### **4.4.2 Segmentace obrazu**

Pomocí metod segmentace obrazu dochází k strojovému rozlišení objektů v obraze od pozadí. Pokud je objekt kompletně odlišen od pozadí a odpovídá předem definované předloze hledaného objektu, mluvíme o kompletní segmentaci. V opačných případech mluvíme o částečné segmentaci. Mezi segmentační strojové metody se řadí například detekce hran a prahování. (16) (19) (18) (20)

Způsob vyhodnocení pozorovaného obrazu člověkem je obdobný tomu strojovému. Určité oblasti a prvky vyhodnocovaného obrazu nesou podstatné informace, kdežto ostatní představují zbytnou součást obrazu. Pro rozlišení podstatných prvků od nepodstatných slouží nástroje strojového zpracování obrazu jako je detekce hran objektů v obraze. Při této analýze dochází k detekci a extrakci klíčových hran v obraze. (16) (18) (19)

Při hledání hran v obraze působí na korektní vyhodnocení především vlivy jako je kontrast obrazu, světlost obrazu a úhel pohledu na objekt. Prvním krokem analýzy je nalezení shluku bodů s velkým jasovým rozdílem, který tvoří významnější přechod. Využitím geometrických znalostí můžeme vyhledávat takové oblasti shluků prvků, jejichž vlastnosti vykazují pravoúhlost, rovinnost či předem definovatelnou vzdálenost. Díky detekci a selekci jednotlivých hran v obraze dochází k vylepšení strojové čitelnosti obrazu. Tato operace vede k potlačení vlivu šumu, jenž způsobuje sníženou čitelnost a vyšší chybovost vyhodnocení dat v obraze. Díky tomuto nástroji je umožněno spolehlivě zpracovávat i obrazová data nižší kvality vzniklá například za zhoršených viditelnostních podmínek. Detekce hran v obraze má několik po sobě jdoucích fází. Nejprve jsou nalezeny významné hrany v obraze. Na základě lokace těchto významných hran je obraz rozdělen do několika sektorů. Tyto sektory jsou taktéž podrobovány hranové analýze. V případě nalezení mnoha celků dochází k dalšímu sektorování obrazu. Při opačné situaci jsou nalezeny výsledné hrany potenciálních objektů. Finální podobou je zpětně sestavený ucelený obraz o původním rozlišení. (16) (19) (20)

Pomocí metod prahování jsou transformovány jednotlivé pixely obrazu do dvoubarevného schématu dle předem definovaného pravidla. Jako transformační schéma se většinou využívá černobílý obraz. Transformační pravidlo určuje, zda bude konkrétní pixel nahrazen černým nebo bílým pixelem, dle nastavené škály intenzity jasu jednotlivých pixelů. Příslušnost do dané skupiny pixelů závisí pouze na jedné hraniční hodnotě. Z tohoto důvodu zanikají v celkovém kontextu obrazu některá podstatná data a může dojít ke zvýšení chybovosti strojového čtení obrazu. Prahování se tak neaplikuje na celý obraz, ale bývá nasazováno především na programem určené části obrazu. Tak je odstraněno riziko ztráty informace, a naopak podpořena uskutečnitelnost detekce a korektního přečtení zaznamenané informace. Prahování může využívat dva typy definice hraničního bodu, a to globální a procentuální. Globální prahování pracuje s pevně nastavenou hodnotou. Procentuální prahování definuje hraniční hodnotu na základě výpočtu průměrného zastoupení jednotlivých jasových úrovní v obraze. (16) (19) (20)

### 4.4.3 Rozpoznávání objektů v obraze

Pro rozpoznávání objektů v obraze využíváme rozličné spektrum metod. Jednotlivé metody jsou nasazovány s ohledem na vlastnosti vyhledávaného prvku. V běžné praxi využíváme metody rozpoznání objektů v obraze pro detekci a selekci osob, rozpoznání jejich biometrických údajů společně s chováním, rozpoznání vozidel pozemní dopravy a jejich registračních značek, kontrolu prvků ve výrobním procesu včetně přesného měření, čtení textu a jiných kódů nebo jen prosté sčítání prvků na skladě. Kamerovým systémem lze rozlišovat prakticky veškeré objekty, které rozliší samotný člověk. Oproti tomu kamery samotné mohou detekovat takové objekty, které člověk v danou chvíli není schopen registrovat. (16) (18) (19)

Metoda srovnávání histogramů snímků je jednou ze základních detekčních metod změny v obraze, avšak její rozpoznávací funkce jsou značně omezeny. Metoda pracuje pouze s histogramem daného snímku. Histogram představuje matematické vyjádření procentuálního zastoupení jednotlivých jasových složek pixelů celého obrazu zaznamenané do grafické podoby. Principem funkce je srovnání referenčního histogramu obrazu s histogramem aktuálně zaznamenaného obrazu. Z tohoto důvodu lze tuto metodu aplikovat pouze na statické kamery, které jsou umístěny do prostředí, jehož intenzita osvětlení není příliš proměnná. Výhodou tohoto systému je nízká náročnost na výpočetní výkon. Nevýhodou je značné omezení v možnostech aplikace závislé na prostředí v místě nasazení. (18) (19) (21)

Díky nízké hardwarové náročnosti detekce změny v obraze pomocí srovnání histogramů snímku dosahuje latence detekce velice nízkých hodnot. Jeho funkce tak bývá využívána u systémů sloužících k zabezpečení proti neoprávněnému vstupu. Nevýhodou tohoto řešení je fakt, že systém není schopen identifikovat, v které části obrazu došlo ke změně jasu pixelů. Řešením je rozdělení celého obrazu do několika částí a jejich samostatná analýza. (16) (19) (21)



Technologie OCR (Optical Character Recognition) je nasazována pro účely strojového rozpoznávání znaků. Tento nástroj zpracovává již nascanovaný text do elektronické obrazové podoby. Výstupem je elektronicky editovatelný text. Technologie OCR není schopna analyzovat text příliš slabý, slitý či jinak strojově nečitelný. Úspěšnost vyhodnocení a korektní interpretace detekovaných dat silně závisí na kvalitě vstupního obrazu. V případech, kdy je zpracováván text neodpovídající vstupním požadavkům na kvalitu, je prakticky vždy nutná následná editace člověkem. (16) (19) (21)

Pro vylepšení strojové čitelnosti textu a dosažení prakticky stoprocentní identifikace znaků vznikl speciální textový font OCR-A. Tento font sice poskytuje možnosti spolehlivého strojového čtení, avšak jeho čitelnost pro člověka je nízká. Z tohoto důvodu vznikl nástupce OCR-B, který zachoval původní vlastnosti z hlediska strojového čtení, avšak výrazně zvýšil čitelnost textu pro člověka. Jednotlivé příklady zmíněných fontů jsou aplikovány na níže uvedený text. Text formátovaný OCR fonty je zřetelně prostorově náročnější. To je dáno principem strojového čtení. (19) (20) (21)

Příklad fontu Times New Roman - 1AU7120

Příklad fontu OCR A - 1AU7120

Příklad fontu OCR B - 1AU7120

Metody identifikace znaků OCR nacházejí uplatnění při konvenčním strojovém čtení SPZ ve fázi analýzy znaků. Díky unifikaci velikosti pole pro jeden znak a jednotnému fontu, jehož vlastnosti byly od počátku uzpůsobovány co možná nejlepší čitelnosti, je nasazení metody OCR vhodné. Tato metoda je aplikována pouze na vybranou část obrazu, která je na základě hranové analýzy označena jako SPZ. Písmo využívané na SPZ se pro nasazení automatické detekce pomocí kamerových systémů nezměnilo. Význam nutnosti zřetelné identifikace znaků člověkem na SPZ byl vždy prioritní. Změnu ovšem zaznamenal rozsah využívaných znaků. Znaky jako G, CH, O, Q, W bývají vyřazovány z důvodů snadné záměny s písmeny C a V, nebo číslicemi 0 a 6. V některých oblastech se sice měnil font používaný na SPZ, avšak to bylo zapříčiněno snahou znemožnit nelegální úpravu SPZ ve smyslu změny významu (např. 3 a 8, P a R, E a F). (18) (22)

Principem funkce strojového čtení textu pomocí metody OCR je vyhledávání shluku bodů jejichž jasová složka je silně odlišná od okolí. Tyto jednotlivé shluky program vyhodnocuje a rozhoduje, zda se jedná o text či grafiku. Jednotlivé shluky takto definovaných bodů jsou podrobovány porovnávání s předem definovanými předlohami. Dále jsou zkoumány známé syntaxe mezer a úhlů jednotlivých znaků. V případě, že daný shluk nevyhovuje žádné identifikaci, je označen za grafiku. Systém musí akceptovat jako text i interpunkční a speciální znaky. Instrukční soubor daného OCR detekčního softwaru je nutné vybavit do té míry, aby odpovídal očekávaným znakům, avšak jeho přílišná rozsáhlost zvyšuje nároky na čas a výpočetní výkon. (18) (19) (21)

Kompletní proces strojového čtení textu pomocí metody OCR je složen z několika po sobě jdoucích kroků:

1) Snímání obrazové podoby fyzického textu

Obrazovou předlohu v tištěné podobě či zájmovou scénu je nutné převést do elektronické podoby. Pro toto nasazení se využívá technologie skenování, případně záznam pomocí kamer a fotoaparátů. Výstupní obrazová data však musí odpovídat požadavkům na kvalitu pro úspěšné provedení OCR čtení textu. Jedná se především o světlost obrazu, kontrast a geometrické deformace vzniklé například úhlem snímání kamery. (18) (19) (21)

2) Úprava obrazu

V rámci úprav obrazu je cílem standardizovat obraz do té míry, aby bylo docíleno pokud možno stoprocentní detekce. Aplikací metod předzpracování obrazu, jako je jasová transformace či geometrická transformace, lze dosáhnout neutralizace nežádoucích faktorů. (18) (19) (21)

### 3) Detekce a selekce znaků

Při lokalizaci textu v obraze je zapotřebí nejprve vyhledat oblasti, jejichž vlastnosti vykazují možnou přítomnost textových znaků. Vyhledávání jednotlivých řádků se provádí například pomocí metod srovnání histogramů. Poté jsou vyhledané shluky jasově odlišných pixelů od okolí spojovány do jednotlivých celků tvořící znaky. (18) (19) (21)

### 4) Rozpoznání znaků

Jednotlivé detekované znaky je třeba identifikovat. Identifikované znaky je následně možné nahradit jejich ekvivalentem znaku elektronického písma. Metod identifikace znaků je více. Nejčastěji aplikované metody jsou porovnávání histogramů jednotlivých znaků nebo nástroje založené na známosti specifického výskytu jednotlivých úhlů, mezer a bodů. Výsledkem tohoto procesu je digitální podoba detekovaných textových symbolů. Symboly, jejichž detekce nebyla úspěšná, jsou nahrazeny obecným znakem. Grafika bývá oskenována a vložena jako obrazový soubor do textového dokumentu společně s textem. (18) (19) (21)

Rozpoznávání objektů a znaků pomocí neuronových sítí je další metodou strojového čtení znaků. Nejpatrnější rozdíl mezi běžně využívanými systémy čtení znaků typu OCR a neuronovými sítěmi uzpůsobenými pro čtení znaků je ve výstupních datech těchto systémů. Výstupní hodnota běžně využívaných metod je pouze dvoustavová. Tedy se jedná o korektní vyhodnocení či selhání. Oproti tomu neuronové sítě na svém výstupu poskytují i data o procentuální pravděpodobnosti správnosti vypočteného výsledku. Tento systém je tak svou podstatou bližší lidskému uvažování, které taktéž vyhodnocuje úroveň pravděpodobnosti správnosti svého výsledku. (16) (23) (24)

Neuronové sítě pracují na principu mnoha jednotlivých procesorů zaintegrováných do jedné komplexní sítě. Z důvodu podobnosti tohoto systému s lidským mozkem jsou označeny jednotlivé procesory jako neurony. V rámci matematického vyjádření je tato samostatná jednotka perceptron. Neurony mají různý počet vstupů, avšak vždy disponují pouze jedním výstupem. (23) (24) (25)

Počátky neuronových sítí sahají do 60. let 20. stol., kdy F. Rosenblatt vytvořil první neuronovou síť. Tato neuronová síť se nazývá perceptronová síť. Jejím omezením je však možnost řešit pouze určité jednodušší typy úloh, které odpovídají lineárně separabilnímu tvaru. Rozvoj neuronových sítí tak stagnoval až do 80. let, kdy docházelo k velkému vývoji neuronových sítí. Byly vytvořeny další neuronové sítě jako je Hopfieldova či Kohonenova síť. Tyto sítě již neobsahují pouze jednu vrstvu neuronů, ale jsou vícevrstvého charakteru. Díky této vlastnosti jsou schopny řešit úlohy s mnoha možnými směry řešení. (23) (24) (25)

Schopnosti neuronové sítě úspěšně rozpoznávat žádané objekty jsou závislé jak na modelování sítě při jejím vytváření, tak na trénovacím souboru dat. Trénovací data poskytují neuronové síti příklady situací s jejich řešením. Systém je pak schopen bezchybně reagovat na takové typy situací, které již implementoval do své paměti. Výhodou neuronových sítí je fakt, že rozsah trénovacího souboru dat nemusí být konečný, záleží však na provedeném typu modelování. (23) (24) (25)

Pro vyhodnocování registračních značek vozidel jsou využívány vícevrstvé neuronové sítě. Hopfieldova síť je nejčastěji aplikovanou variantou. Pracuje na principu autoasociativní paměti. Je si tedy schopna zapamatovat předlohu, kterou následně očekává v obraze. Při neúspěšné detekci znaku zkouší neuronová síť doplnit chybějící body dle očekávané podoby znaku. Díky tomu je umožněno zpracovat vstupní data zhoršené kvality. (23) (24) (26)

Neuronové sítě nacházejí uplatnění v těch aplikacích, kdy při navrhování nástroje pro řešení daného problému neznáme veškeré možné cesty, které vedou k nalezení správného výsledku. Svojí schopností adaptivity mohou neuronové sítě tvořit značně robustní a flexibilní systémy. Všeobecně však neuronové sítě nemusí vždy dosáhnout korektního výsledku. Z tohoto důvodu se nasazují do aplikací, kdy nezáleží na stoprocentní úspěšnosti. Reálné nasazení autonomních systémů však dává jasně najevo, že tento nedostatek lze odstranit kvalitním designem a trénováním sítě. Významnějšímu prostupu umělé inteligence do našich životů však krom technologických překážek klade odpor i zákonný systém, který vylučuje nahrazování lidského faktoru v řídicích funkcích. (23) (24) (26)

## 4.5 Automatická detekce SPZ

Detekce a verifikace státních poznávacích značek (SPZ) vozidel pozemní dopravy se dnes využívá velice často. Uplatnění nachází jak ve státním, tak v soukromém sektoru. Pro detekci se vždy využívají technologie kamerových systémů. Samotnou detekci a identifikaci SPZ využíváme pro účely verifikace uživatele pozemních komunikací, tunelů, parkovišť, garáží a jiných dopravních systémů. Krom přečtení SPZ je nutné pro úspěšnou verifikaci uživatele také vyhledat detekovanou SPZ v databázi systému. Běžný občan se s dopravními kamerami určenými pro rozpoznání SPZ setkává především na veřejných komunikacích, kde je tímto systémem kontrolována rychlost projíždějícího vozidla, vlastnění oprávnění pro vjezd do placené části či vybírání mýtných poplatků za využívání placených komunikací. Dále může být pomocí kamerových systémů řízen vjezd vozidel na uzavřené parkovací plochy, vjezdy do soukromých objektů apod. (16) (18) (26)

Pro rozpoznávání státních poznávacích značek se vyrábějí speciální typy kamer. Kamery, které jsou přímo uzpůsobeny pro využití v systémech pro rozpoznávání SPZ vozidel se označují jako kamery ANPR (Automatic Number Plate Recognition). Typově se využívají především bullet kamery. Hardwarová konfigurace těchto kamer však bývá oproti klasickým bezpečnostním kamerám odlišná především v použitém světlocitlivém čipu, optice, a rychlosti závěrky. Nepostradatelnou součástí ANPR kamer je i infračervený (IR) přísvit. Využívá se jak pro přísvícení snímané scény za zhoršených světelných podmínek, ale také při snaze eliminovat odlesky povrchu SPZ od okolního osvětlení a projíždějících vozidel a tím zvýšit kontrast obrazu v zájmové oblasti. Některé ANPR kamery tak fungují v režimu, kdy využívají IR přísvit i v období plného slunečního svitu. (10) (11) (12)

#### 4.5.1 Způsob detekce a vyhodnocení SPZ

Automatický způsob detekce a rozpoznání SPZ z obrazu má několik po sobě jdoucích fází. Nejdříve je nasnímán obraz, který je následně upraven do podoby co nejlépe čitelné strojem. Poté jsou aplikovány metody pro vyhledání podstatných prvků v obraze, které poskytnou důležité informace pro pozdější strojové čtení textu. Výstup je následně průměrován s dalšími pokusy o detekci a vyhodnocení SPZ případně srovnáván s dostupnou databází. (16) (18) (26)

Sekvence strojového čtení SPZ pomocí konvenčních metod rozpoznávání je následující:

##### 1) Záznam snímku obrazu

Pro rozpoznání SPZ je zapotřebí kvalitní snímek scény obsahující hledanou SPZ. Zájmový snímek nemusí pocházet pouze z videozáznamu kamer určených pro ANPR. Jako zdroj snímku může být využit i videozáznam z běžné kamery či pouhý snímek z fotoaparátu. Úspěšnost vyhodnocení závisí pouze na kvalitě vstupních dat. Obecně však lze říct, že ANPR kamery poskytují kvalitnější zdroj dat, jelikož velice často obsahují integrovaný IR přísvit. Kvalita výstupních dat z kamery ANPR je ovlivněna pouze povětrnostními podmínkami v okolí kamery. (18) (26)

##### 2) Lokalizace SPZ ve snímku

V následujícím kroku je vyhledávána SPZ v obraze. Znalost, zda je SPZ přítomna v obraze je třeba nejen pro ověření, zda může proběhnout analýza textu, ale také pro následnou geometrickou transformaci. Aplikací souřadného systému je umožněno definovat, v jakém sektoru byla lokalizována SPZ. Lokalizace SPZ probíhá více způsoby, nejčastěji však pomocí hranové metody. Kdy je hledán typický tvar SPZ definovaný jednotlivými úhly a vzdálenostmi mezi shluky nalezených bodů. (18) (26)

### 3) Geometrické úpravy obrazu

Při znalosti přesného umístění SPZ je možné geometricky modifikovat obraz pro zvýšení úspěšnosti následného strojového čtení textu. Dochází k automatickému oříznutí zbytných částí obrazu. V případech, kdy je SPZ natočena či posunuta oproti ose analyzovaného obrazu, následuje elektronická korekce polohy a úhlu. Při manipulaci s obrazem dochází k posunutí obrazu v souřadném systému na pozice definované reálnými čísly. Pomocí softwarové interpolace je posouván obraz do diskrétní polohy, kterou je možno definovat celočíselnými hodnotami souřadnicového systému. (16) (18) (19)

### 4) Normalizace obrazu

Normalizace obrazu má za cíl předpřipravit obraz do podoby co nejlépe čitelné strojem. V případě potřeby je obraz doostřen, nejčastěji je však modifikována jasová složka obrazu. Obvykle používanými nástroji pro normalizaci obrazu předcházejícího následné analýze s cílem rozpoznání SPZ je jasová transformace, ekvalizace histogramu a filtrace šumu. (19) (20)

Úspěšnost analýzy obrazu pro rozpoznání SPZ záleží mimo jiné na přítomnosti šumu v analyzovaném obraze. Pomocí filtračních metod je odstraňován přítomný šum, který tvoří osamocené body, jejichž jasová složka neodpovídá průměrné hodnotě okolních pixelů. Body označené programem jako šum jsou nahrazeny body, jejichž jasová hodnota odpovídá průměrné hodnotě okolních bodů. Tímto nástrojem však dojde také ke ztrátě významných bodů, které tvoří důležité hrany. Zpětnou korekci obrazu lze částečně dopočítat ztracené významné pixely. (16) (18) (19)

Aplikováním jasové transformace obrazu je docíleno jednobarevného schématu se stupnicí odstínů dané barvy. Tato transformace může zvýšit kontrast zaznamenaného obrazu a zvýraznit tak hledané objekty. Jednotlivým pixelům je softwarově přiřazen nahrazující pixel. Jasová hodnota daného pixelu je určena na základě matematické funkce, která eliminuje rozmanitost jasové hodnoty pixelu do konečného počtu kategorií jasových intenzit. (16) (19) (20)

V případě přeexponování obrazu, či výraznějšího zastoupení menšího počtu jasových složek v histogramu snímku, lze aplikací metod ekvalizace histogramu odstranit tyto nedostatky. Pomocí těchto metod dosahujeme rovnoměrnějšího zastoupení jednotlivých jasových složek v histogramu snímku a zvýšení kontrastu objektů v obraze. (18) (19)

## 5) Segmentace

Segmentací obrazu jsou vyhledávány a rozlišovány od okolí charakteristické znaky v obraze, které nesou podstatnou informaci o hledaném objektu. Pomocí metod segmentace tak vyhledáváme umístění SPZ v obraze. Po úspěšném vyhledání SPZ jsou touto metodou vyhledávány i znaky, které nese samotná SPZ. Segmentaci lze provést například pomocí metod detekce hran v obraze a prahováním obrazu. (19) (20)

Při vyhledávání hran v obraze jsou analyzovány jednotlivé shluky bodů, jejichž jasová složka je silně odlišná od okolí a zároveň vykazují rovinnost, pravoúhlost nebo předem definovatelnou vzdálenost. Tyto shluky bodů tak svým uspořádáním tvoří takzvané přechody, které ohraničují jednotlivé objekty. Na základě výskytu jednotlivých hran je obraz rozdělován do samostatných sektorů, které jsou následně separátně analyzovány. Tato metoda tak umožňuje strojově detekovat přítomnost objektů, jejichž geometrické vlastnosti jsou předem známy. Jelikož jsou vlastnosti jako velikost SPZ a font písma používaného na SPZ předem známy, lze nasazením této metody dosáhnout uspokojivých výsledků. (19) (20)



Snahou při prahování obrazu je docílení transformace původního plně barevného obrazu na dvoubarevný obraz, ve kterém se budou vyskytovat pouze dva typy barvy s neproměnnou intenzitou odstínu. Pro prahování se využívá nejčastěji černobílého schématu barev. Touto metodou dochází ke zvýraznění kontrastu obrazu. Ten napomáhá následnému úspěšnějšímu rozpoznání SPZ a korektní interpretaci znaků umístěných na SPZ v analyzovaném obraze. Principem prahování obrazu je transformování barvy jednotlivých pixelů dle předem definovaného pravidla. Transformační pravidlo definuje, zda bude daný pixel nahrazen jedním či druhým typem barvy pixelu. Prahování může být dvojího druhu, a to globální či procentuální. Rozdíl mezi těmito typy prahování spočívá v hraničním bodu, který je určen transformačním pravidlem. Hraniční bod rozděluje pixely v obraze do jednotlivých skupin. Ten je definován u globálního prahování jako pevně nastavená hodnota a u procentuálního prahování se jako transformační bod zvolí průměrná hodnota jasu pixelů v obraze. (16) (19) (20)

#### 6) Rozpoznávání znaků

V případě, že obraz prošel kompletním předzpracováním a byla úspěšně nalezena SPZ v obraze společně s jejím textem, je možné provést fázi rozpoznání znaků. Identifikaci znaků na SPZ z obrazu lze provést například pomocí srovnání histogramů znaků či technologie OCR. (16) (19) (21)

#### 7) Syntaktická analýza

V rámci syntaktické analýzy dochází ke kontrole identifikovaných znaků s očekávanou syntaxí výskytu určitých typů znaků na určitých pozicích SPZ. (16) (19) (21)

#### 8) Vyhodnocení

Finální fáze vyhodnocení výsledku zahrnuje průměrování několika výsledků analýz shodného vozidla. Cílem je předejít možné chybě při zakrytí části obrazu dalším projíždějícím vozidlem, či jiným objektem, případně chybě způsobené dopadem odlesku světla, vytvořením výraznějšího stínu apod. (16) (19) (20)

#### 4.5.2 Faktory ovlivňující korektní interpretaci SPZ

Při automatické detekci a rozpoznání SPZ pomocí kamerových systémů může dojít ke zhoršení účinnosti systému vlivem mnoha faktorů. Tyto faktory mohou být zapříčiněny úmyslně či neúmyslně obsluhou vozidla, chybou inženýrských sítí, případně mohou být způsobeny vlivy okolního prostředí. (16) (18) (19)

Možné příčiny chyb, které nelze dopředu ovlivnit, ale významně působí na úspěšnost korektní interpretace SPZ, jsou povětrnostní podmínky. Těmi může být například výskyt vody v okolní atmosféře jako je mlha, déšť, sněžení či kroupy. Dále také ostrý svit slunce, který způsobí silné přesvícení cílové SPZ. Společně pak s výskytem stínu zasahujícího do oblasti textu SPZ může dojít k znemožnění korektní analýzy. (16) (18)

Další příčina, která může zamezit správné funkci kamerového systému, je výpadek inženýrských sítí, jako je napájení pomocí silové přípojky či výpadek datové linky. Výpadek datové komunikace je nejčastěji řešen ukládáním záznamu z kamery na interní SD kartu. Po obnovení datového připojení jsou data odeslána na server zpětně. Výpadek napájení lze řešit externími zdroji napětí, jako jsou bateriové systémy či agregáty. Toto řešení však výrazně zvyšuje finanční náročnost realizace kamerového systému. (16) (18)

Úmyslným vlivem zamezujícím korektní interpretaci SPZ z obrazu, který může zapříčinit obsluha vozidla, je zakrytí části, či celé SPZ. Případně se lze setkat s aplikováním speciálních odrazivých barev, které znesnadní strojové čtení textu na SPZ. Neúmyslným vlivem způsobeným obsluhou vozidla, který může negativně působit na spolehlivost korektní interpretace SPZ z obrazu, je zašpinění SPZ do nečitelné míry. Zákon o využívání pozemních komunikací sice příkazuje uživatelům udržovat SPZ v čitelném stavu, avšak ne vždy tato povinnost vede k reálnému očištění registrační značky. (16) (18)

Instalační pozice kamery, z které snímá projíždějící vozidla, potažmo rozpoznává jejich SPZ, je klíčová pro úspěšnost správné interpretace znaků umístěných na SPZ. Pozorovací úhel kamery vůči SPZ je nejdůležitějším faktorem, který musíme zohledňovat při návrhu kamerového systému. Také je třeba brát v potaz okolní projíždějící vozidla, které mohou zamezit ve výhledu kamery na cílovou oblast. (16) (19)

## 5. Praktické měření

Praktická část této práce má za cíl ověřit maximální možné pozorovací úhly IP kamery určené pro sledování pozemního dopravního provozu a strojového čtení státní poznávací značky. Dle informací od dodavatele kamerových systému je maximální pozorovací úhel kamery pro spolehlivé rozpoznání SPZ 30°. Instalace ve větším pozorovacím úhlu již není doporučována z důvodu nespolehlivosti systému.

### 5.1 Navržení kamery

Díky spolupráci se společností ALARM ABSOLON, spol. s. r. o. bylo možné provést zápůjčku speciální ANPR kamery pro účely měření. Kamera Hikvision iDS-2CD7A26G0/P-IZHS (2.8-12 mm) (C), navržená pro praktické měření maximálních pozorovacích úhlů, je výrobcem přímo určená k rozpoznání SPZ. Jedná se o venkovní bullet ANPR kameru vybavenou vysoce světlocitlivým čipem DarkFighter s funkcí DeepinView. Kamera je vybavena 2MPx světlocitlivým CMOS čipem s citlivostí 0,0005lux, varifokálním objektivem s ohniskovou vzdáleností čočky 2,8 – 12 mm a integrovaným IR přísvitem s účinností do 50 m. Rozlišení výstupního signálu činí 1920 x 1080 při 25fps. Paměťové médium této kamery představuje slot na MicroSD kartu. Pro správnou funkci kamery je tak nutné osadit kameru MicroSD kartou s minimální kapacitou 32 GB.

Kryt kamery poskytuje stupeň ochrany IP 67, tedy ochranu proti vniknutí prachu a ponoření do metrové hloubky kapaliny po dobu 30 min. Dále je kryt zodolněn vůči úderu tupým předmětem kategorie IK 10, tedy odolný vůči úderu předmětem maximální silou 20J. Kameru lze napájet jak pomocí externího adaptéru 12 V DC, tak pomocí PoE skrze port RJ45, jehož datová propustnost dosahuje 1 Gbps. Kamera je také vybavena alarmovými vstupy a výstupy.

Jádrem celého systému je umělá inteligence s již integrovanou databází vozidel. Databáze vozidel umožňuje umělé inteligenci mimo základního rozpoznání SPZ rozpoznat také samotná vozidla. Konkrétně se jedná o detekování přítomnosti vozidla v obraze a rozlišení konkrétního typu vozidla. Rozlišuje, zda se jedná o nákladní vůz, autobus, SUV, sedan apod. Dále je možné při barevném režimu snímání rozlišit barvu vozidla. V případě zhoršených světelných podmínek či geometrické deformace dochází k zapnutí IR přísvisitu, který sice zvýší kontrast obrazu, avšak zamezí správné analýze barvy vozidla. Mezi další analyzované vlastnosti vozidla patří směr pohybu, tedy zda vozidlo jede vpřed či couvá. Mimo tyto vlastnosti systém především analyzuje registrační značku vozidla a zemi původu registrační značky.

Umělá inteligence provádí analýzu snímaného obrazu a na základě analýzy okolního prostředí dochází k učení cílů, které má kamera vyhodnocovat. Mezi rozeznávané objekty patří mimo vozidel a SPZ i osoby. Tato kamera se tedy využívá do takzvaných traffic systému určených pro sledování velmi frekventovaných komunikací. Umělá inteligence rozlišuje mezi stojícím vozidlem, které není obsluhováno člověkem a řízeným vozidlem v zájmovém prostoru. Při konfiguraci systému je nutné konkrétně vyznačit liniemi předpokládané oblasti pohybu vozidel. V menu se tedy vybere příslušný počet jízdních pruhů, které zabírá obraz kamery. Dle počtu těchto pruhů systém umožní konfiguraci příslušného počtu linií, jenž oddělují zájmové oblasti. V každém pruhu je umožněno v jednu chvíli analyzovat pouze jedno vozidlo. Při zavádění konfigurace je nutné systém naučit scénu bez vozidel a SPZ. V případě jejich přítomnosti v obraze dochází k naučení takového vozidla jako dlouhodobě parkujícího vozidla a nebude zahrnuto do analýzy.

Databáze umělé inteligence umožňuje zapsat vybrané SPZ do takzvaných white listů či black listů. Jedná se o seznamy, které definují přístupová práva jednotlivým uživatelům. Tento systém je pak vhodný pro kontrolu vjezdu na zastřežený pozemek či placené parkoviště. White list je seznam SPZ, které mají povolený vstup. Oproti tomu black list je seznam SPZ se zakázaným vstupem. Systém stačí omezit pouze z jedné strany. V případě nasazení na již zmíněný pozemek lze registrovat pouze vozidla s povolením k vjezdu tedy, do white listu. Black list naopak může sloužit u sledování dopravy k vyhledávání hledaných vozidel.

## 5.2 Nosná konstrukce

Nosná konstrukce byla navrhována s ohledem na předpokládanou váhu kamery společně s instalační patičí a držákem kamery pro uchycení na instalační sloupy. Dále byla navržena s ohledem pro umožnění ověření vlivu instalační výšky kamery na spolehlivost rozpoznání SPZ. Jako konstrukční materiál byla zvolena železná trubka o vnějším průměru 40 mm a tloušťce stěny 2 mm. Délka svislé nosné tyče činí 3 m a délka tyčí pro nohy konstrukce činí 1 m. Svařovaný stojan kamery je vyobrazen na obrázku č.9., který byl pořízen v průběhu měření.



Obrázek 15 Stojan kamery (zdroj: vlastní)

Jelikož je držák kamery určen pro běžné instalační trubky o průměru 67–127 mm, bylo nutné nahradit původní stahovací pásy. Jako náhrada byly využity nerezové stahovací pásy určené pro zahradní hadice. Pro zajištění požadovaného přitlaku, který by umožnil bezpečný posun kamery po nosné konstrukci, byl prostor vypodložen laťkou z měkkého dřeva viz obrázek č.10. Při dotahování tak byla umožněna volba přitlaku. Pro posouvání s umístěním kamery byl pouze lehce snížen přitlak a po umístění na požadovanou pozici byly stahovací pásy dotáhnuty tak, aby nedocházelo k samovolnému posunutí kamery.



Obrázek 16 Snímaná scéna (zdroj: vlastní)

### 5.3 Metodika měření

Měření mělo za cíl simulovat instalaci ANPR kamery do takových instalačních oblastí, o kterých bychom mohli uvažovat, jako pravděpodobných při umístění ANPR kamer pro řízení vjezdu vozidel do zastřežené oblasti. Pro měření byly zvoleny dvě instalační výšky. Výška 2,8 m byla zvolena pro simulaci instalační výšky kamery na samostatném sloupu zřízeného přímo pro ANPR kameru na zastřeženém pozemku. Oproti tomu výška 1,5 m reprezentuje umístění kamery do sloupku oplocení pozemku přímo ve vjezdové bráně.

Principem měření bylo posouvání stojanu společně s kamerou po pomyslném půlkruhu. Vzdálenost stojanu od SPZ byla pevně stanovena na 4,5 m. Pomocí provázku spojujícího hranu SPZ se svislou nosnou tyčí stojanu kamery bylo dosaženo dodržení konstantní vzdálenosti. První sada měření pro každou instalační výšku byla vždy měřena kolmo k SPZ. Následující další měření byla realizována z pozic tvořící body po půlkruhu. Hodnota úhlu snímání SPZ pomocí ANPR kamery byla zpětně dopočítána z pomyslného trojúhelníku, jehož vrcholy tvořila plocha SPZ, bod místa úvodního měření a aktuálně měřená pozice stojanu. Místa jednotlivých měření byla stanovována na základě vzdálenosti bodu úvodního měření a přímé vzdálenosti k dalšímu bodu ležícímu na pomyslném půlkruhu, jehož poloměr činil 4,5 m.

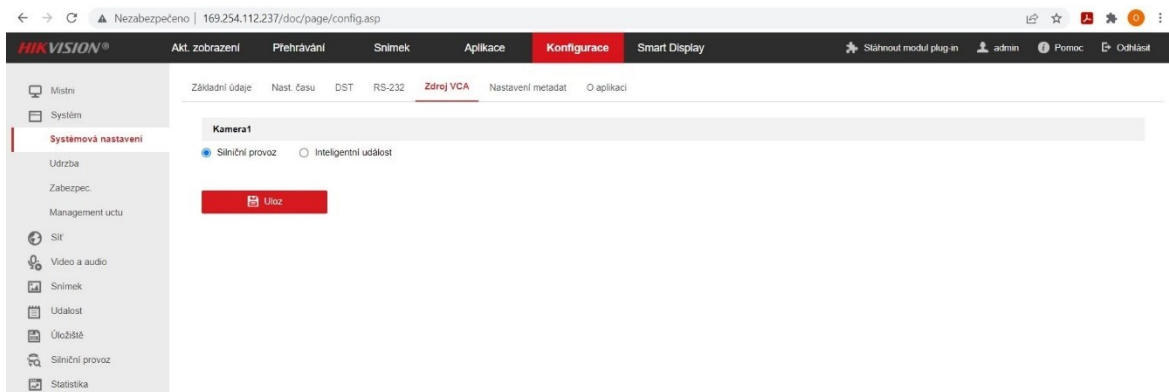
## **5.4 Konfigurace systému**

Navržená kamera je uzpůsobena pro snímání silničního provozu. Krom schopnosti identifikovat vozidlo a rozpoznat jeho SPZ umožňuje kamera rozpoznání a případnou reakci na inteligentní událost. Před spuštěním kamery je tedy nutné provést konfiguraci a nadefinovat umělé inteligenci prvky, které má v obraze vyhledávat.

Menu kamery je realizováno pomocí webové aplikace. K přístupu do menu kamery tak bylo využito pevné připojení datové linky pomocí vodiče UTP skrze porty RJ-45. Pomocí software SADP tools je možné zjistit IP adresy připojených zařízení do místní ethernetové sítě. Díky znalosti IP adresy, kterou je třeba zadat do příkazové řádky internetového prohlížeče lze přistoupit do menu kamery. Verifikace uživatele je provedena na základě uživatelského hesla a jména. Rozliční uživatelé mohou disponovat třemi stupni rozsahu oprávnění. Administrátor je oprávněn pro konfiguraci všech stupňů systému.

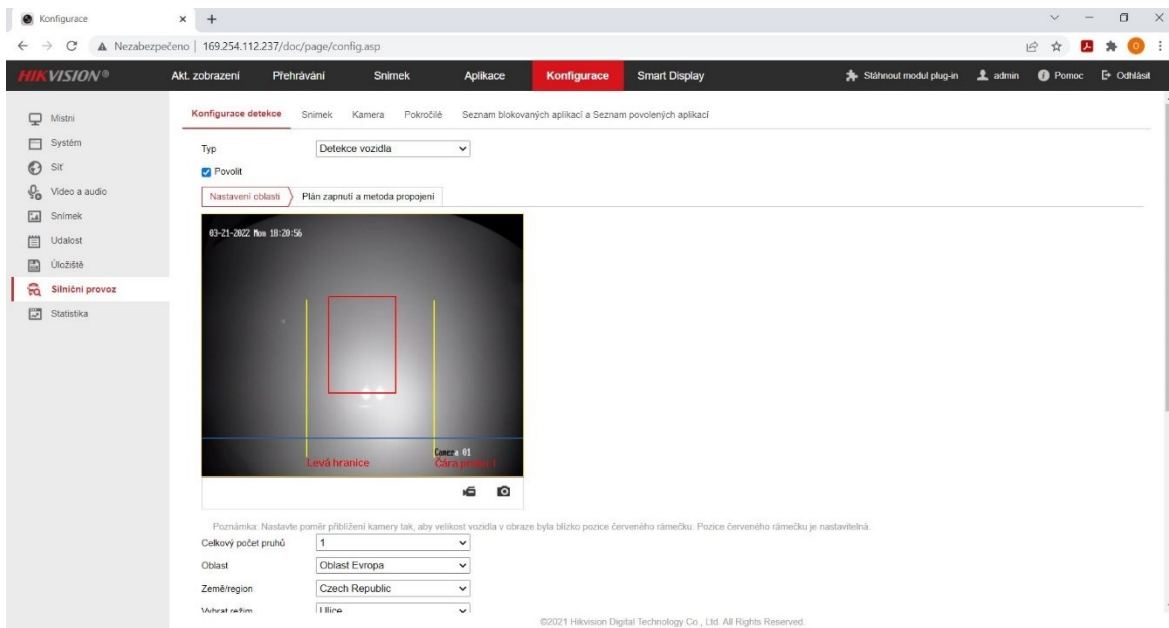
Samotné menu nastavení kamery je poměrně rozsáhlé, ale manuál poskytnutý od distributora kamery obsahuje veškeré potřebné informace a postupy. Smyslem této práce tak není vytvořit návod pro nastavení kamery, ale rád bych zde uvedl některé podstatné kroky vedoucí k úspěšné detekci vozidla a rozpoznání SPZ.

Při konfiguraci kamery je nutné nastavit mimo běžných parametrů především zdroj VCA (video content analytics), což je nastavení funkce video analýzy. V tomto případě je možnost volby silniční provoz či inteligentní událost, která reprezentuje pohyb v obraze, překročení čáry, zmizení objektu apod. Náhled do menu kamery ve fázi konfigurace VCA reprezentuje obrázek č.11. Touto volbou definujeme kameře, jakým způsobem má zpracovávat data zaznamenaná světlocitlivým čipem.



Obrázek 17 Nastavení VCA (zdroj: vlastní)

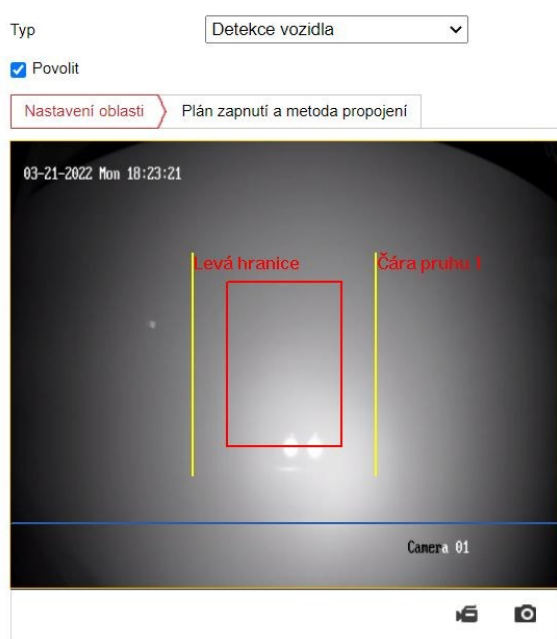
Další podstatnou záležitostí, kterou je nutné nastavit mimo běžnou konfiguraci IP zařízení, jsou nastavení v záložce silniční provoz. Tato karta uživateli poskytuje možnost navolit počet pruhů v záběru kamery a definování jejich polohy v aktuálním streamu obrazu pomocí pomocných čar. Náhled do menu nastavení silniční provoz je vyobrazen na obrázku č.12.



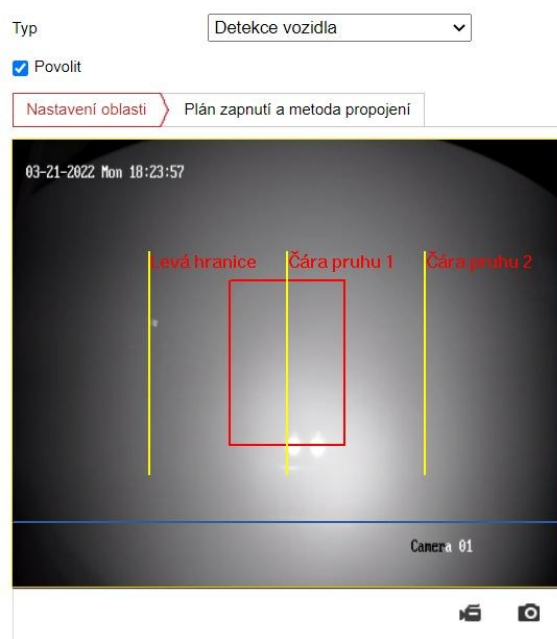
Obrázek 18 Nastavení silničního provozu (zdroj: vlastní)



V případě zvolení možnosti pro dohled nad jedním jízdním pruhem, viz obrázek č.14, dochází k automatickému vložení dvou pomocných žlutých čar do streamu obrazu kamery. Pokud je zvolena možnost pro snímání dvou jízdních pruhů zároveň, jsou vygenerovány tři pomocné žluté čáry, jak zobrazuje obrázek č.13. Jednotlivé žluté čáry definují hranice zájmové oblasti. Při konfiguraci kamery jsou umisťovány tyto čáry do pozic v obraze tak, aby překrývaly reálné čáry na vozovce oddělující a lemující jízdny pruhy. Modrá vodorovná čára určuje pozici, v které je očekávána nejideálnější poloha SPZ projíždějícího vozidla vůči snímači kamery. Pozici všech čar lze standartně měnit kurzorem pomocí metody drag and drop (uchop a upust'). Červený obdélník určuje střed zájmové oblasti. Vozidla mimo zájmovou oblast nebudou podléhat analýze obrazu. Systém kamery umožňuje v jednu chvíli analyzovat současně pouze jedno vozidlo na každý definovaný jízdny pruh.



Obrázek 20 Režim pro jeden jízdny pruh  
(zdroj: vlastní)



Obrázek 19 Režim pro dva jízdny pruhy  
(zdroj: vlastní)

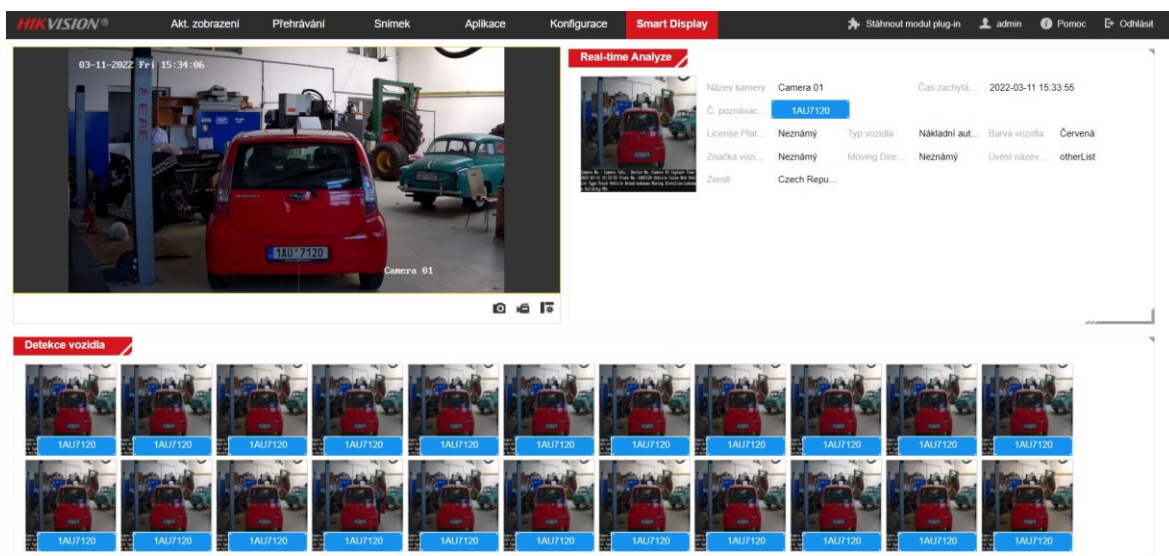
## 5.5 Průběh měření

Samotné měření probíhalo v zázemí Technické fakulty České zemědělské univerzity v Praze. Prostorné haly katedry vozidel a pozemní dopravy umožnily celý proces měření provést v komfortním prostředí, jenž je vyobrazeno na obrázku č.15. Velikost haly umožnila umístění vozidla a manipulaci s držákem kamery v potřebném rozestupu. Dále bylo využito síťové napájení ze zásuvky v podružném rozvaděči určeném pro napájení strojů v hale, jelikož byla kamera napájena ze síťového zdroje 12 V DC.



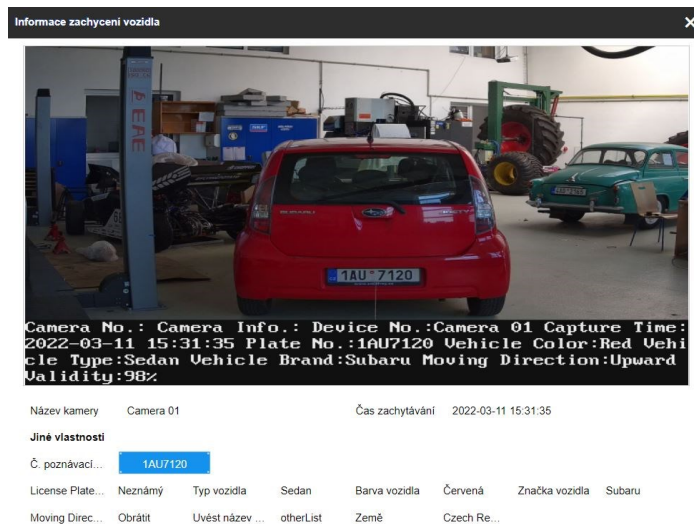
Obrázek 21 Zázemí měření (zdroj: vlastní)

Praktické měření probíhalo v režimu Smart Display, které umožňuje uživateli přímý náhled na aktuální výsledky analýzy obrazu a zároveň umožňuje sledovat stream obrazu kamery. Snímek obrazu sekce Smart Display lze shlédnout na obrázku č. 16.



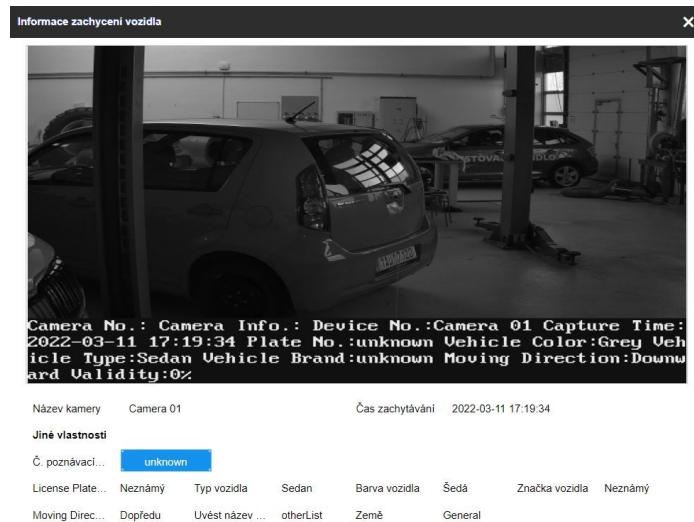
Obrázek 22 Náhled do karty Smart Display

V levé části obrazu je zobrazen stream obrazu kamery. V pravé části je poslední detekované vozidlo společně s údaji, které byl systém schopen identifikovat. Ve spodní třetině obrazu jsou pak jednotlivé historické záznamy detekce vozidel. Po rozkliknutí vybraného záznamu kurzorem se zobrazí podrobná data o analýze, jako je příklad úspěšné detekce vozidla na obrázku č. 17.



Obrázek 23 Příklad úspěšné detekce

Při snímání kamera standardně provádí záznam obrazu v plně barevném režimu. V případech, kdy je aktivní IR přísvit, pracuje kamera v černobílém režimu, viz obr. č.18. IR přísvit je aktivován, pokud nepanují vyhovující světelné podmínky. Mimo tento případ je IR přísvit využíván na zvýšení kontrastu obrazu. Pokud tedy kamera rozpozná vozidlo v obraze, ale není schopná provést úspěšnou analýzu SPZ, dochází k přisvícení snímané scény. Tímto způsobem mohou být také eliminovány nežádoucí odlesky a stíny.



Obrázek 24 Příklad neúspěšné detekce

## 6. Výsledky a diskuse

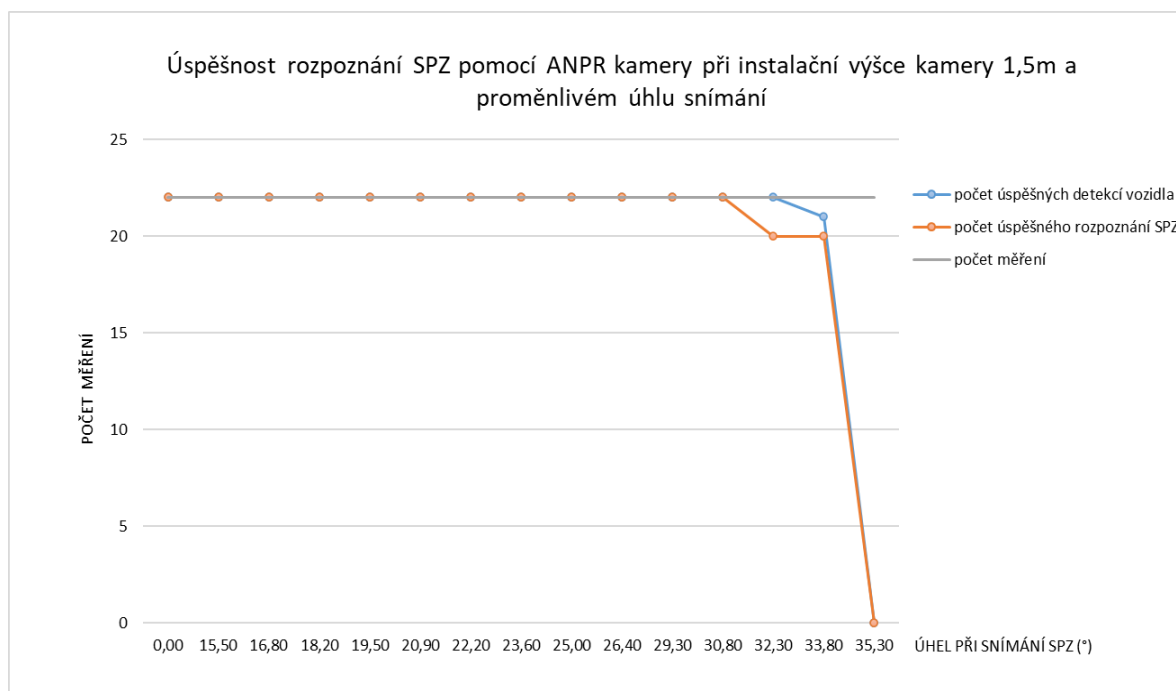
V rámci měření úspěšnosti detekce SPZ při proměnlivém úhlu snímání pomocí ANPR kamery bylo naměřeno množství dat, které zachycuje níže uvedená tabulka č.1. Pro každý měřený bod na pomyslném půlkruhu byla zhotovována sada 22 měření. Měření probíhalo ve dvou instalačních výškách a v automatickém režimu snímání kamery. Kamera tedy spouštěla IR přísvit v případech, kdy byly snímky s přísvitem úspěšnější při rozpoznání SPZ oproti plně barevnému režimu snímání.

číslo měření	výška (m)	vzdálenost (m)	vzdálenost c (m)	úhel $\alpha$ (°)	počet měření	počet úspěšných detekcí vozidla	počet úspěšného rozpoznání SPZ	režim snímání
1	1,5	4,5	0	0,00	22	22	22	plně barevně
2	1,5	4,5	2,4	15,50	22	22	22	plně barevně
3	1,5	4,5	2,6	16,80	22	22	22	plně barevně
4	1,5	4,5	2,8	18,20	22	22	22	plně barevně
5	1,5	4,5	3	19,50	22	22	22	plně barevně
6	1,5	4,5	3,2	20,90	22	22	22	plně barevně
7	1,5	4,5	3,4	22,20	22	22	22	plně barevně
8	1,5	4,5	3,6	23,60	22	22	22	plně barevně
9	1,5	4,5	3,8	25,00	22	22	22	plně barevně
10	1,5	4,5	4	26,40	22	22	22	plně barevně
11	1,5	4,5	4,4	29,30	22	22	22	IR režim
12	1,5	4,5	4,6	30,80	22	22	22	IR režim
13	1,5	4,5	4,8	32,30	22	22	20	IR režim
14	1,5	4,5	5	33,80	22	21	20	IR režim
15	1,5	4,5	5,2	35,30	22	0	0	IR režim
16	2,8	4,5	0	0,00	22	22	22	plně barevně
17	2,8	4,5	2,4	15,50	22	22	22	plně barevně
18	2,8	4,5	2,8	18,20	22	22	22	plně barevně
19	2,8	4,5	3,2	20,90	22	22	22	plně barevně
20	2,8	4,5	3,6	23,60	22	22	22	plně barevně
21	2,8	4,5	3,8	25,00	22	22	21	plně barevně
22	2,8	4,5	3,9	25,70	22	19	11	plně barevně
23	2,8	4,5	4	26,40	22	22	0	plně barevně
24	2,8	4,5	4,1	27,20	22	12	0	plně barevně
25	2,8	4,5	4,2	27,90	22	12	0	plně barevně
26	2,8	4,5	4,3	28,60	22	10	0	plně barevně

Tabulka 1

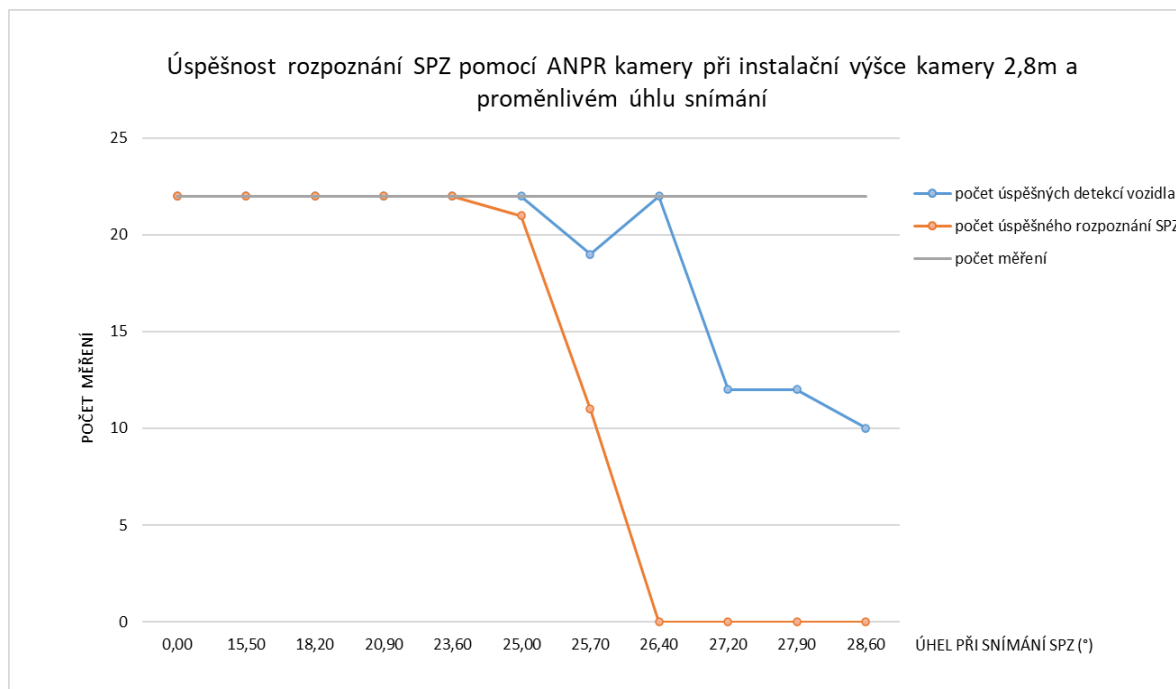
Tabulka naměřených dat

V rámci měření v instalační výšce 1,5m dosahovala úspěšnost korektního rozpoznání SPZ 100% i za hranici doporučené instalace. V oblasti od 30,80° - 33,80° dosahovala úspěšnost korektního rozpoznání SPZ 90%. Další navýšení úhlu snímání vedlo k faktu, že kamera nebyla schopna detekovat vozidlo v obraze. Tudíž nebyla aplikována analýza obrazu za účelem rozpoznání SPZ.



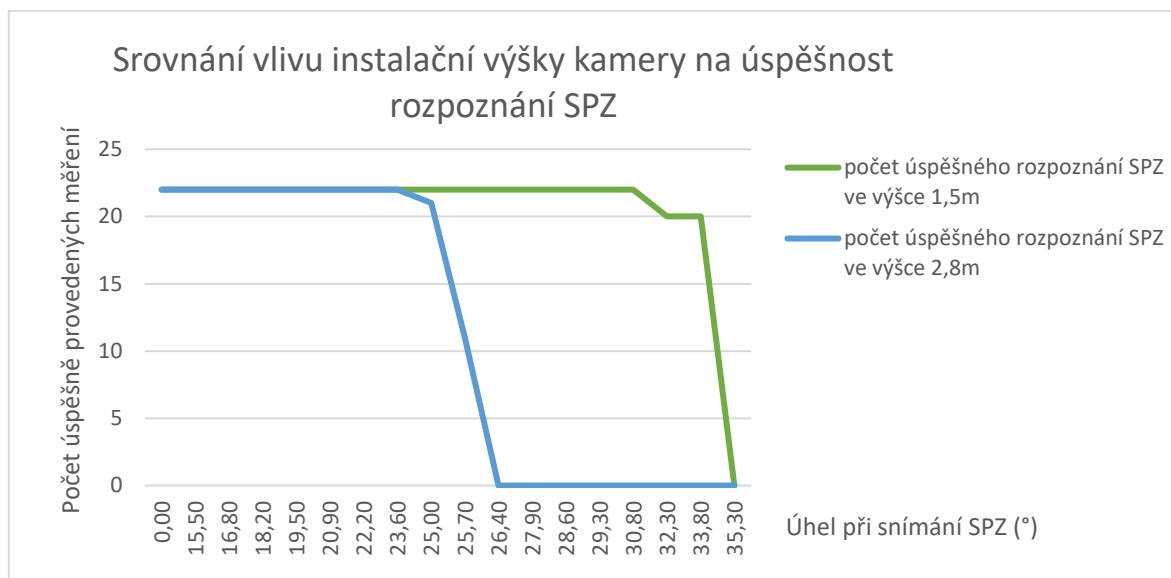
Graf 1 Úspěšnost detekce SPZ při instalační výšce kamery 1,5m

Při měření v instalační výšce 2,8m dosahovala kamera stoprocentní úspěšnosti pouze do úhlu snímání 23,6°. Do hranice 25° dosahovala úspěšnost korektního vyhodnocení SPZ 95,4 % V rozmezí úhlu měření 25° – 26,4° sice kamera poměrně bez problémů identifikovala vozidlo v obraze, ale úspěšnost rozpoznání SPZ je neuspokojivá.



Graf 2 Úspěšnost detekce SPZ při instalační výšce kamery 2,8 m

Při srovnání vlivu instalační výšky ANPR kamery na úspěšnost korektního rozpoznání SPZ vozidla v obraze vychází, že nižší instalační výška kamery dovoluje zvýšení pozorovacího úhlu kamery vůči projíždějícímu vozidlu a jeho SPZ.



Graf 3 Srovnání vlivu instalační výšky kamery na úspěšnost rozpoznání SPZ

Z výsledků měření vyplývá, že instalační výška kamery má vliv na schopnost rozpoznání a korektní identifikaci SPZ projíždějícího vozidla. Čím blíže je umístěna kamera k ose SPZ, tím vyšší pozorovací úhel můžeme zvolit při instalaci. Instalací kamery v nízké výšce však dojde při průjezdu přilehlého vozidla k zakrytí výhledu kamery na ostatní pruhy. Z tohoto důvodu obsluhují nízko položené kamery zpravidla jeden jízdní pruh.

## 7. Závěr

Cílem této diplomové práce byla analýza vlivů změny pozorovacího úhlu kamery určené pro rozpoznávání registračních značek vozidel pozemní dopravy vůči ploše cílové registrační značky. Princip měření tak spočíval v ověření maximálních možných pozorovacích úhlů kamery, v kterých je schopna spolehlivě detekovat a interpretovat registrační značky vozidel ze zájmové oblasti.

Pro samotné měření bylo nutné zhotovit držák kamery umožňující vertikální i horizontální posun kamery. Rozsah vertikálního posunu byl definován na základě znalosti reálných pozic instalace kamer v praxi, jako je například instalace kamery na samostatném nosném sloupu určeném přímo pro kameru, nebo naopak níže umístěné instalace realizované ve vjezdovém sloupku příjezdové brány. Tyto typy instalace jsou charakteristické spíše pro soukromý sektor, což je dáno především faktem, že na veřejných komunikacích lze instalovat kamery do ideálních pozic přímo nad jízdní pruhy, případně na přilehlé konstrukce a jejich nápadná viditelnost je spíše žádaná oproti soukromé sféře. Horizontální posun kamery vůči ploše snímané registrační značky byl realizován posouváním držáku kamery po pomyslném půlkruhu, jehož poloměr byl pevně stanoven.

Z výsledků praktické části této práce vyplývá, že úhel snímání světlocitlivého čipu vůči ploše cílové registrační značky má významný vliv na úspěšnost rozpoznání a korektní interpretaci registrační značky. Praktická analýza ukázala výhody instalace kamery do níže umístěných pozic, co možná nejbližší úrovni očekávaného výskytu registrační značky, které umožňují spolehlivé rozpoznání a interpretaci znaků až do úhlu  $30,8^\circ$ . Tento rozsah je umožněn také díky integrovanému IR přísvisitu, který byl spouštěn za účelem zvýšení kontrastu obrazu při vysokých úhlech snímání. Oproti tomu instalační výška reprezentující umístění na nosném sloupu vykazovala mnohem omezenější možnosti v maximálních instalačních úhlech. Spolehlivost systému byla pouze do hodnoty úhlu snímání zájmové registrační značky  $25^\circ$ . Výhodou takto umístěné kamery je možnost snímat více jízdních pruhů zároveň. Jelikož nízko položená kamera vlivem omezení výhledu je prakticky vždy určená výhradně pro obsluhu jednoho jízdního pruhu.



## 8. Bibliografie

1. Cieszynski, Joe. *Closed Circuit Television second edition*. Burlington : Elsevier Books, 2004. ISBN 0750657286.
2. Nilsson, Fredrik. *Intelligent network video: understanding modern surveillance systems*. New York : CRC Press, 2017. ISBN 9781466555211.
3. Heřman, Josef a Trinkewitz, Zdeněk. *Elektrotechnické a telekomunikační instalace*. Praha : Dashöfer, 2007. ISBN 80-86897-06-0.
4. Damjanovski, Vlado. *CCTV: Networking and Digital Technology*. Oxford : Butterworth-Heinemann, 2005. ISBN 0750678003.
5. Loveček, T. a Nagy, P. *Bezpečnostné kamerové systémy*. Žilina : Žilinská univerzita v Žiline, 2008. ISBN 978-80-8070-893-1.
6. Křeček, Stanislav. *Příručka zabezpečovací techniky*. Blatná : Blatenská tiskárna, 2006. ISBN 80-902938-2-4.
7. Kamery Skladem. [Online] [Citace: 20. Leden 2022.] <http://www.kameryskladem.cz/content/7-cctv-kamerove-systemy-typy-kamerovych-setu>.
8. Kruegle, Herman. *CCTV Surveillance: Video Practices and Technology*. Burlington : Elsevier, 2007. ISBN 0750677686.
9. Řeháková, Hanka. zakladni-rozdeleni-kamerovych-systemu. *Securia Pro*. [Online] 24. 9 2020. [Citace: 22. Leden 2022.] <https://www.securiapro.cz/clanek/zakladni-rozdeleni-kamerovych-systemu/>.
10. Kamerové systémy CCTV. *ALARM ABSOLON*. [Online] Sun-shop, 2022. [Citace: 23. Leden 2022.] [https://www.absolon.cz/katalog/kamerove-systemy--cctv\\_73](https://www.absolon.cz/katalog/kamerove-systemy--cctv_73).
11. Kamerové systémy. *VARNET*. [Online] Varnet s.r.o., 2022. [Citace: 30. Leden 2022.] <https://www.varnet.cz/dokumenty/obor-cctv/>.
12. Hangzhou Hikvision Digital Technology Co., Ltd. Hikvision. [Online] 2022. [Citace: 2022. Leden 31.] <https://www.hikvision.com/cz/products/IP-Products/PTZ-Cameras/>.
13. Skryté kamery. *Odposlechy.com*. [Online] TANGO spol. s r.o., 2022. [Citace: 5. Únor 2022.] <https://www.odposlechy.com/skryte-kamery>.
14. Janečková, E. a Bártlík, V. *Kamerové systémy v praxi - Praktická právnícká příručka*. Praha : Linde, 2011. ISBN 978-80-7201-850-5.

15. Harwood, Emily. *Digital CCTV, A Security Professional's Guide*. 0750677457 : Elsevier Butterworth Heinemann, 2007. ISBN 0750677457.
16. Aksler, Ondřej. *Optimalizace rozpoznávání SPZ prostřednictvím kamerových systémů*. Praha : Česká zemědělská univerzita, 2019.
17. All Important Questions on Video Multiplexers Answered. *Versitron*. [Online] Versitron , 2022. [Citace: 16. Únor 2022.]
18. David, Smékal. *Detekce státní poznávací značky pro dohledové systémy*. Brno : Vysoké učení technické v Brně, 2013.
19. Šonka, Milan. *Počítačové vidění*. Praha : Grada, 1992. ISBN 80-85424-67-3.
20. Doughery, Geoff. *Digital Image Processing for Medical Applications*. Cambridge : Cambridge University Press, 2009. ISBN 978-0-521-86085-7.
21. Chaudhuri, Arindam, a další. *Optical Character Recognition Systems*. Cham : Springer, 2016. ISBN 978-3-319-50251-9.
22. ČR, Ministerstvo dopravy. Otázky a odpovědi k problematice značek na přání. *Ministerstvo dopravy* . [Online] Ministerstvo dopravy ČR, 2022. [Citace: 21. Březen 2022.] <https://www.mdcr.cz/Ministerstvo/Media-a-tiskove-zpravy/Otazky-a-odpovedi-k-problematice-znacek-na-prani>.
23. Bíla, Jiří. *Umělá inteligence a neuronové sítě v aplikacích*. Praha : ČVUT, 1995. ISBN 80-01-01275-1.
24. Zelinka, Ivan. *Aplikace umělé inteligence*. Zlín : Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2010. 978-80-7318-898-6.
25. Šíma, Jiří a Neruda, Roman. *Teoretické otázky neuronových sítí*. Praha : Matfyzpress, 1996. ISBN 80-85863-18-9.
26. Seidl, Jaromír. *Detekce a rozpoznávání znaků registrační značky s využitím neuronové sítě*. Zlín : Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2012.

## Seznam obrázků

OBRÁZEK 1	PTZ KAMERA DS-2DE3A400BW-DE(F1)(S5)(B) (ZDROJ:(8)).....	12
OBRÁZEK 2	BOX KAMERA HIKVISION DS-2CD5026G0 (ZDROJ: (10)).....	13
OBRÁZEK 3	BULLET KAMERA HIKVISION DS-2CD2T43G0-L8(6MM )(ZDROJ(8)).....	14
OBRÁZEK 4	DOME KAMERA HIKVISION DS-2CD1123GOE-I(ZDROJ:(8)) .....	15
OBRÁZEK 5	TURRET KAMERA HIKVISION DS-2CD2346G2-ISU/SL (ZDROJ:(8)) .....	16
OBRÁZEK 6	CUBE KAMERA HIKVISION DS-2CD2421G0-IW (ZDROJ (8)) .....	16
OBRÁZEK 7	PTZ KAMERA HIKVISION DS-2DE5432IW-AE(S5) (ZDROJ:(8)) .....	17
OBRÁZEK 8	KAMERA PRO SKRYTOU MONTÁŽ HIKVISION DS-2CD6425G0-30 (ZDROJ (8)) .....	18
OBRÁZEK 9	STOJAN KAMERY (ZDROJ: VLASTNÍ).....	43
OBRÁZEK 10	SNÍMANÁ SCÉNA (ZDROJ: VLASTNÍ) .....	44
OBRÁZEK 11	NASTAVENÍ VCA (ZDROJ: VLASTNÍ).....	46
OBRÁZEK 12	NASTAVENÍ SILNIČNÍHO PROVOZU (ZDROJ: VLASTNÍ) .....	46
OBRÁZEK 13	REŽIM PRO DVA JÍZDNÍ PRUHY (ZDROJ: VLASTNÍ) .....	47
OBRÁZEK 14	REŽIM PRO JEDEN JÍZDNÍ PRUH (ZDROJ: VLASTNÍ) .....	47
OBRÁZEK 15	ZÁZEMÍ MĚŘENÍ (ZDROJ: VLASTNÍ).....	48
OBRÁZEK 16	NÁHLED DO KARTY SMART DISPLAY.....	48
OBRÁZEK 17	PŘÍKLAD ÚSPĚŠNÉ DETEKCE .....	49
OBRÁZEK 18	PŘÍKLAD NEÚSPĚŠNÉ DETEKCE .....	49

## Seznam grafů

GRAF 1	ÚSPĚŠNOST DETEKCE SPZ PŘI INSTALAČNÍ VÝŠCE KAMERY 1,5M .....	51
GRAF 2	ÚSPĚŠNOST DETEKCE SPZ PŘI INSTALAČNÍ VÝŠCE KAMERY 2,8 M.....	52
GRAF 3	SROVNÁNÍ VLIVU INSTALAČNÍ VÝŠKY KAMERY NA ÚSPĚŠNOST ROZPOZNÁNÍ SPZ .....	53

## Seznam tabulek

TABULKA 1	TABULKA NAMĚŘENÝCH DAT .....	50
-----------	------------------------------	----

## Seznam použitých zkratek

AHD	Analog High Definition
ANPR	Automatic number-plate recognition
Blu-Ray	Třetí generace optických disků
CCTV	Closed Circuit Television
CMOS	Complementary Metal–Oxide–Semiconductor
DVR	Digital video recorder
HD	High definition
HDD	Hard Disk Drive
IP	Internet protokol
IP	Stupeň krytí
IR	Infra Red
NVR	Network Video Recorder
OCR	(Optical Character Recognition)
PC	Personal computer
PIR	Passive infrared sensor
PCI	Peripheral Component Interconnect
PoE	Power over Ethernet
SPZ	Státní poznávací značka
SSD	Solid-state drive
SD	Secure Digital
USB	Universal Serial Bus
UTP	Unshielded twisted pair
VCR	Video Cassette Recorder
Wi-Fi	Wireless fidelity