

**EKONOMICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE  
FAKULTA HOSPODÁRSKEJ INFORMATIKY**

**SYSTÉM ROZPOZNÁVANIA ŠPZ VOZIDIEL**

**Bakalárska práca**

**Kód (17300/B/2011/2474500330)**

**2011**

**Michal Tkáčik**

**EKONOMICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE  
FAKULTA HOSPODÁRSKEJ INFORMATIKY**

**SYSTÉM ROZPOZNÁVANIA ŠPZ VOZIDIEL**

**Bakalárska práca**

**Kód** (17300/B/2011/2474500330)

<b>Študijný program:</b>	Hospodárska informatika (Jednoodborové štúdium, bakalársky I. st., denná forma)
<b>Študijný odbor:</b>	9.2.10 Hospodárska informatika
<b>Vedúci práce:</b>	Ing. Jaroslav Kultán, PhD.
<b>Školiace pracovisko:</b>	KAI FHI - Katedra aplikovanej informatiky FHI



### Čestné vyhlásenie

Čestne vyhlasujem, že záverečnú prácu som vypracoval(a) samostatne a že som uviedol (uviedla) všetku použitú literatúru.

**Dátum:**

.....

(podpis študenta)

## **ABSTRAKT**

TKÁČIK, Michal: Systém rozpoznávania ŠPZ vozidiel – Ekonomická univerzita v Bratislave. Fakulta Hospodárskej Informatiky; KAI FHI - Katedra aplikovanej informatiky FHI. – Vedúci záverečnej práce: Ing. Jaroslav Kultán, PhD.– Bratislava: FHI EU, 2011, počet strán (48)

Cieľom záverečnej práce bola tvorba jednoduchého databázového systému na rozpoznávanie a uchovávanie obrazov a popis možností rozpoznávania obrazov a identifikácie ŠPZ motorového vozidla.

Práca je rozdelená do 5 kapitol. Obsahuje 3 grafy, 17 obrázkov a 11 príloh. Prvá kapitola je venovaná analýze existujúcich informačných systémov v oblasti dopravy využívajúce prvky umelej inteligencie.

V ďalšej časti sa charakterizujú technické a programové prostriedky nutné k tvorbe systému rozpoznávania ŠPZ.

Záverečná kapitola sa zaoberá Realizáciou systému rozpoznávania ŠPZ. Výsledkom riešenia danej problematiky je funkčný jednoduchý systém rozpoznávania ŠPZ.

### **Kľúčové slová:**

ŠPZ, rozpoznávanie, OCR, dopravný systém, umelá inteligencia

## **ABSTRACT**

TKÁČIK, Michal: Vehicle registration plate recognition system – Ekonomická univerzita v Bratislave. Fakulta Hospodárskej Informatiky; KAI FHI - Katedra aplikovanej informatiky FHI. – Vedúci záverečnej práce: Ing. Jaroslav Kultán, PhD.– Bratislava: FHI EU, 2011, number of pages (48)

The aim of the final work was creating a simple database system for identifying and storing pictures and description of the options of image recognition and identification of vehicle license plates.

Work is divided in 5 chapters. Contains 3 graphs, 17 images and 11 attachments. The first chapter is dedicated to analysis of existing information systems in transport with use of artificial intelligence.

Next chapter specify the need of technical and software equipment in process of development of license plate recognition systems.

Last chapter explains development of license plate recognition system.

The result of this issue is simple functional license plate recognition system.

Key words:

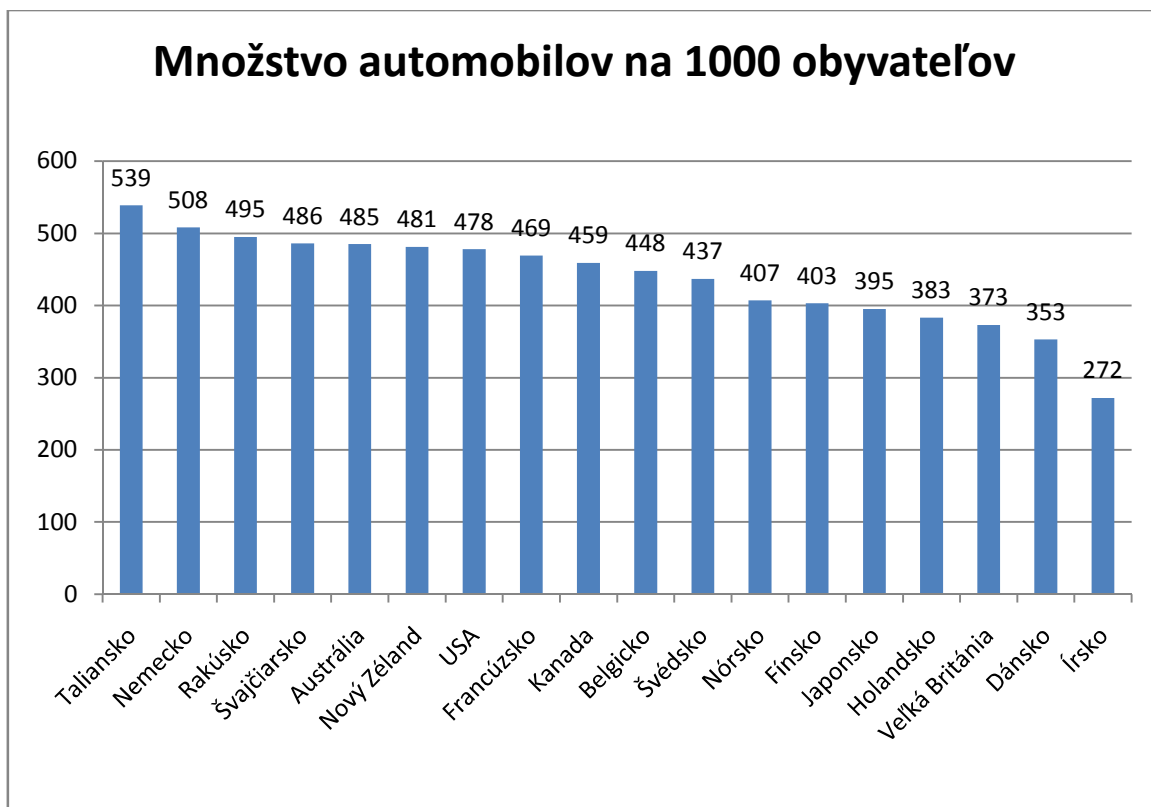
License plate, recognition, OCR, transport system, artificial intelligence

# OBSAH

Úvod.....	7
1. Existujúce informačné systémy v oblasti dopravy využívajúce prvky umelej inteligencie.....	9
1.1 Informačné systémy v doprave .....	9
1.1.1 Problematika potreby informačných systémov v doprave.....	9
1.1.2 Súčasný informačné systémy v doprave vo svete.....	12
1.1.3 Súčasný informačné systémy v doprave na Slovensku.....	16
1.2 Systémy na rozpoznávanie obrazov .....	18
1.2.1 Účel a určenie systémov na rozpoznávanie obrazu .....	18
1.2.2 Rôzne prístupy k problematike rozpoznávania obrazov.....	20
1.2.3 OCR- optické rozpoznávanie znakov .....	21
1.3 Metódy a formy rozpoznávania obrazov.....	23
1.3.1 Obraz ako vektor.....	23
1.3.2 Jednoduché metódy rozpoznávania obrazov .....	24
1.3.3 Moderné metódy rozpoznávania obrazov .....	26
2. Cieľ záverečnej práce.....	29
3. Použité metodológie, metódy a nástroje .....	30
3.1 Technické prostriedky na tvorbu systému rozpoznávania ŠPZ vozidiel .....	30
3.2 Programové prostriedky na tvorbu systému rozpoznávania ŠPZ vozidiel.....	30
4. Výsledky záverečnej práce .....	39
4.1 Návrh systému rozpoznávania ŠPZ vozidiel.....	39
4.2 Realizácia systému rozpoznávania ŠPZ vozidiel.....	41
5. Diskusia .....	45
Záver .....	46
Zoznam použitej literatúry .....	47

## Úvod

Z nasledujúcej štatistiky nepriamo vyplýva, že čím je prosperita krajiny a životná úroveň obyvateľstva vyššia, tým menej budú automobily jazdiace v danej krajine obsadené a tým bude doprava hustejšia.



Graf 1 [Zdroj: NationMaster, [http://www.nationmaster.com/graph/tra\\_car-transportation-cars](http://www.nationmaster.com/graph/tra_car-transportation-cars), 2002]

Nedávna globálna ekonomická kríza spôsobila krátkodobú recesiu svetových ekonomík, dlhodobý trend však stále počíta s rastom. Môžeme predpokladať, že pri súčasnej technológii sa stav v dohľadnej dobe nezmení a množstvo automobilov bude naďalej rásť. „Počet osobných áut na svete sa od roku 1995 takmer zdvojnásobil z 500 na 900 miliónov.“[1] Podľa Generálneho riaditeľa automobilových koncernov Renault a Nissan Carlosa Ghosna sa počet áut takmer zoštvornásobí a dosiahne 2,9 miliardy.[2]

Či sa jeho slová naplnia alebo nie, významný nárast môžeme považovať za istý. Neplatí to však pre dĺžku cestnej siete. Tá v rozvinutých krajinách a hlavne v členitej Európe inklinuje k maximu vzhľadom na terén, aglomerácie a životné prostredie.



V súčasnosti nenachádzame už príliš mnoho priestoru pre rozširovanie cestnej siete. Po dokončení diaľničnej siete budú musieť predstavitelia vyspelých krajín nájsť iné riešenie ako zvyšovať plynulosť, rýchlosť, ale aj bezpečnosť cestnej siete.

V situácii, keď zákonodarstvo a polícia nedokáže zlepšiť momentálny stav dopravy sa dostávajú k slovu inteligentné dopravné systémy. Práve tie budú hrať v budúcnosti kľúčovú úlohu a budú plne naviazané na ostatné kontrolné a správne orgány dopravy.

# 1. Existujúce informačné systémy v oblasti dopravy využívajúce prvky umelej inteligencie

Obsahom tejto kapitoly je prehľad aktuálneho stavu cestnej infraštruktúry na Slovensku a vo svete a zaoberá sa možnosťami zlepšenia tohto stavu pomocou inteligentných informačných systémov. Ďalšie podkapitoly sa zaoberajú systémami na rozpoznávanie obrazu a popisujú ich metódy a procedúry.

## 1.1 Informačné systémy v doprave

V tejto podkapitole budeme skúmať význam informačných systémov v doprave a ich prínos pre spoločnosť. Rozdelíme si ich podľa typov a druhov a rozoberieme princípy, na základe ktorých fungujú. Predstavíme si už zavedené informačné systémy vo svete a na Slovensku.

### 1.1.1 Problematika potreby informačných systémov v doprave

Dnešné technológie ponúkajú riešenie mnohých dopravných problémov, napríklad otázku bezpečnosti, kontroly, spoplatnenia, plynulosti dopravy a mnohé iné. Na každý dopravný problém sa dá teoreticky vymyslieť dopravný systém, ktorý sám alebo s minimálnym riadením výrazne prispeje k zníženiu negatívneho dopadu daného problému. Hoci technologicky by to bolo možné už skôr, až v poslednom desaťročí klesli náklady na takú úroveň, že sú schopné konkurovať súčasnému riešeniu problému, prípadne pomer cena/úžitok je natoľko výhodný, že hovorí v prospech zavedenia technológie.

Inteligentné dopravné systémy zvyknú byť konštruované na mieru k danému problému a lokalite, je ich však možné takmer neobmedzene prepájať a kombinovať. Inteligentný dopravný systém môžeme rozdeliť na hardvér a softvér. Hardvér pozostáva najmä z kamerového systému, váhových senzorov, indukčných slučiek, teplotných, veterných, vlhkosťových senzorov, siete semaforov a elektronických informačných tabúl, osvetlenia, satelitných a rádiových systémov na komunikáciu, rozvodných sietí a kabeláže.



Obrázok 1 -Kamerový systém s infračerveným videním [<http://blogs.utexas.edu/ctr/2010/12/21/red-light-camera-safety-devices-or-revenue-generators-from-the-rutherford-group/>]



Obrázok 2 – Ultrazvukový veterný senzor [Zdroj: <http://www.act-us.info/sensordetail.php?ID=5446&cat=&type=>]



Obrázok 3 - LED viacúčelová informačná tabuľa [Zdroj: [http://www.dicolor.cn/dicolor\\_en12966.html](http://www.dicolor.cn/dicolor_en12966.html)]

K hardvérovému vybaveniu patria výkonné počítače a servery v riadiacich centrách, ktoré sa starajú o samotné logické výpočty špecializovaného softvéru.



Obrázok 4 – Riadiace stredisko cestnej dopravy v Tokiu [Zdroj: <http://www.japantrends.com/inside-the-tokyo-traffic-control-center/>]

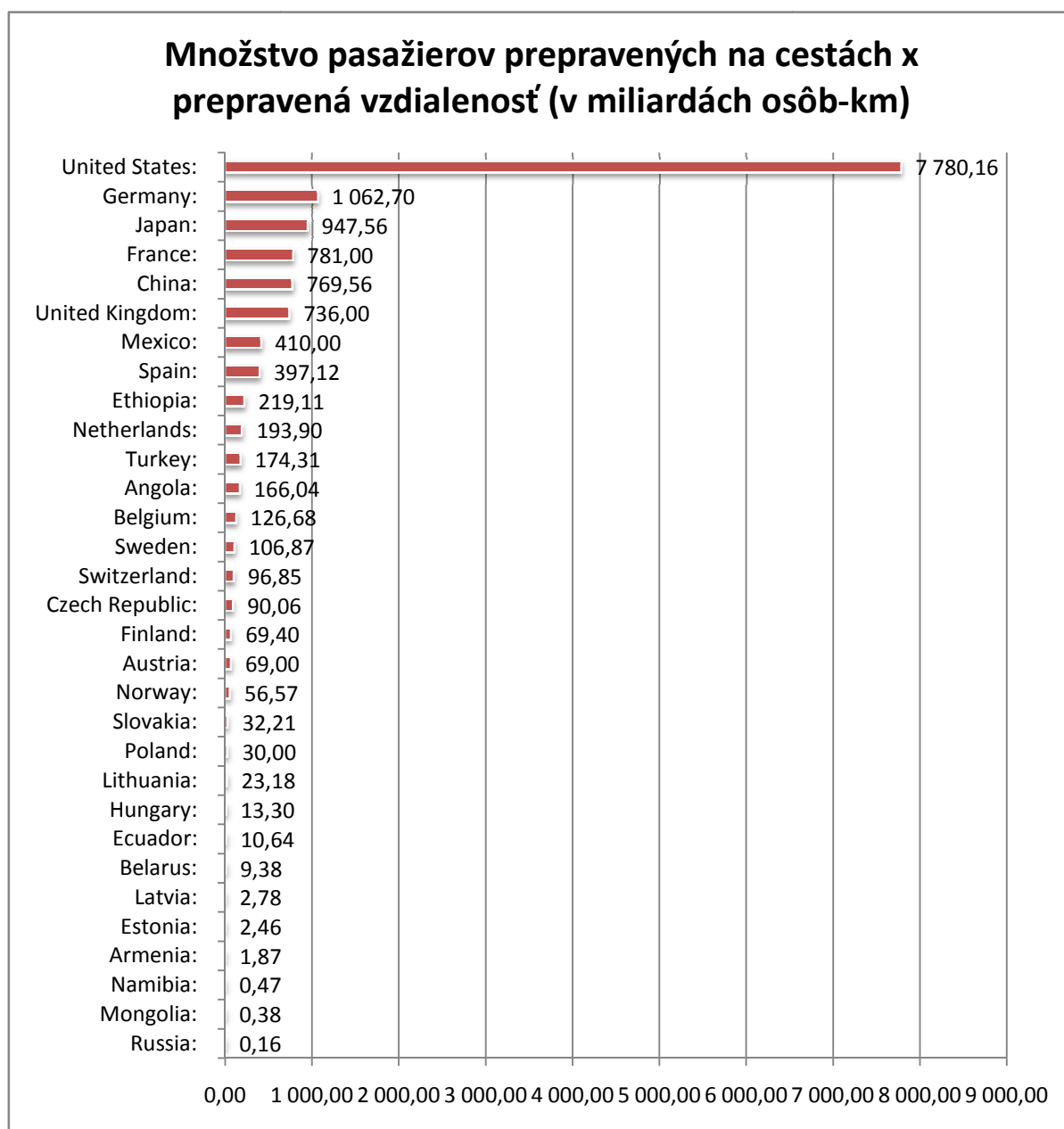
K softvéru radíme operačné systémy, bežné programové vybavenie na ovládanie počítača a beh multimédií a špecializované dopravné systémy.

Miera inteligencie takýchto systémov sa môže pohybovať v rozsahu od prakticky nulovej, kedy systém slúži len na zber informácií a kontrolu pre riadiacich pracovníkov, ktorí systém ovládajú manuálne, až po úplne autonómne systémy, kde obsluha vykonáva iba dozor kvôli bezpečnosti.

V USA a Japonsku sa takéto systémy označujú ako ITS – Intelligent Transportation Systems, v Európe sa zaužíval termín telematika (spojením slov telekomunikácia a informatika).

### 1.1.2 Súčasné informačné systémy v doprave vo svete

Distribúcia informačných dopravných systémov vo svete je veľmi nerovnomerná. Je to spôsobené rozdielmi v majetnosti obyvateľstva, kultúre, tradíciách, technologickej úrovni a tiež podielom automobilovej dopravy na celkovej preprave v krajine. V mnohých krajinách Ázie, Afriky a Južnej Ameriky sú súčasné systémy neimplementovateľné a ich zavedenie do prevádzky by nemalo prakticky žiadny význam. Sú to krajiny, kde si automobil prevažná časť obyvateľstva nemôže dovoliť, prípadne preň nemá priestor. Ako hlavný dopravný prostriedok tu slúžia bicykle, motocykle, zvieratá, autobusy a vlaky.



Graf 2 [Zdroj: NationMaster, [http://www.nationmaster.com/red/graph/tra\\_roa\\_pas\\_car\\_mil\\_pas-passengers-carried-million-passenger-km&b\\_printable=1, 1999-2004](http://www.nationmaster.com/red/graph/tra_roa_pas_car_mil_pas-passengers-carried-million-passenger-km&b_printable=1, 1999-2004)]

Tabuľka množstva prepravených pasažierov na cestách približne indikuje, v ktorých krajinách je potreba zavedenia dopravných systémov vhodná a približne sa zhoduje so skutočným stavom.

Dopravné systémy využívajúce informatiku môžeme rozdeliť podľa oblastí využitia. Budeme predpokladať iba priame využitie (napríklad systém podporujúci dodržiavanie predpisov nepriamo podporuje aj bezpečnosť na cestách).

### **Systémy podporujúce bezpečnosť na cestách:**

Najdôležitejšie dopravné systémy sú tie, ktoré dokážu efektívne predchádzať nehodám a znižovať počty obetí a zranených na cestách. Medzi najbežnejšie systémy patrí sieť elektronických tabúľ s dynamickým zobrazovaním informácií. Tieto systémy sú používané aj na Slovensku. Pomocou mriežky LED diód môžu tieto obrazovky automaticky alebo manuálne zobrazovať informácie o nehode na ceste, kolónach, prípadne o stave vozovky. Pomocou postupného zníženia maximálnej povolenej rýchlosti majú vodiči dostatok času na reagovanie v prípade nepriechodnej cesty.

Systémy núdzového volania počítajú s inštalovaním modulu priamo do vozidla. Niektorí výrobcovia automobilov tento systém implementujú už do súčasných vozidiel (BMW, Volvo, PSA), ale jedná sa skôr o sprostredkovanú službu prostredníctvom SMS, skrz pohotovostnú službu, ktorá následne upozorní bezpečnostné zložky na čísle 112. Komplexné riešenie plánuje zaviesť Európska Komisia do roku 2012. Tzv. eCall systém automaticky privolá potrebnú pomoc po aktivovaní airbagov a aktivovaní nárazových senzorov. Bezdrôtovo tak pošle GPS koordináty, prípadne iné informácie lokálnym pohotovostným službám, čím radikálne zníži ich reakčnú dobu.

V budúcnosti sa v tejto oblasti počíta s pokrytím väčšiny vozidiel informačným systémom, ktorý bude môcť komunikovať nielen s riadiacim centrom, ale aj medzi jednotlivými vozidlami. Pri napojení na riadiacu jednotku auta tak bude možné zastaviť auto skôr, ako by vodič stihol zaregistrovať kolíziu situáciu. V ďalšej vývojovej fáze by potom boli už autá schopné samostatnej jazdy bez zásahu vodiča. V ideálnom prípade by došlo k zníženiu mŕtvych na cestách až na nulu.

## **Systémy podporujúce plynulosť dopravy a optimalizáciu dopravných prúdov**

Tieto systémy vznikli ako prvé a dali za vznik samotnému odboru ITS (telematiky). Prvotným impulzom bol prudký rozvoj miest, prírastok obyvateľstva, a tým aj rast počtu áut na cestách. Zlepšená ekonomická situácia po vojne dovolila ľuďom zaobstarať si autá a presťahovať sa do novovzniknutých predmestí, pričom do práce dochádzali autom. Takto dochádzalo v čase dopravných špičiek k rýchlemu zahľteniu dopravných tepien. Bolo treba vymyslieť spôsob, ako zefektívniť dopravu a práve na ten účel boli vytvorené prvé informačné dopravné systémy v USA, Európe a Japonsku (60.-80. roky 20. storočia).

Základ pre úspešnú stavbu dopravného systému na optimalizáciu dopravných prúdov je mať dostatok informácií. Tie poskytuje dostatočne hustá sieť kamier a senzorov na kritických miestach. Systém takisto potrebuje možnosť implementovať svoje výsledky do praxe pomocou účinných efektorov. K tým patria svetelné semaforey, elektronické informačné tabule, dynamické značenie maximálnej povolenej rýchlosti, napojenie na informačný systém navigácií a systém dopravných správ a ďalšie.

Takýto systém dokáže zavčas identifikovať hustnúcu premávku a zmierniť jej dôsledky. To môže dosiahnuť napríklad dočasným znížením maximálnej rýchlosti prichádzajúceho prúdu áut, odklonením časti áut na paralelné cesty, dynamickou zmenou počtu pruhov v kritických miestach ako sú tunely, podjazdy, mosty a iné, čím vznikne asymetrické rozdelenie pruhov pre oba smery v prospech viac zaťaženého. Nastavením časovania semaforov sa dá jednoducho dosiahnuť tzv. efekt zelenej vlny, kedy vodiči idúci maximálnou povolenou rýchlosťou v akcelorovanom dopravnom ťahu nie sú obmedzení červeným svetlom a môžu pokračovať bez zastavenia. Ak sieť svetelných znamení pripojíme na informačný systém, ktorý môže meniť časovanie jednotlivých semaforov, dostane dopravný systém ďalší účinný nástroj na ovplyvnenie maximálneho prietoku dopravy.

Tým pádom sme zodpovedali otázku, či by nemohol rovnakú úlohu vykonávať človek a či je skutočne nutné budovať tieto inteligentné systémy. Na riadenie dopravy vo veľkých svetových metropolách by bolo potrebné obrovské množstvo ľudí, čo by však aj za predpokladu bezchybného vyhodnocovania situácie každého jednotlivca znamenalo silnú decentralizáciu a nutnosť dodatočnej komunikácie a spätnej väzby. To by výrazne znížilo efektívnu odozvu systému na zmeny. Centralizovaný dopravný systém naopak dokáže v každom časovom bode poznať všetky dostupné informácie a spracovať ich ako

celok vďaka veľkému výpočtovému výkonu niekoľko tisíc krát za sekundu, čo by žiadny človek ani skupina ľudí nedosiahla.

### **Dopravné systémy podporujúce dodržiavanie dopravných predpisov**

Od rozmachu automobilového odvetvia bolo treba kontrolovať správanie vodičov. Vznikli dopravné predpisy upravujúce práva a povinnosti pri vedení motorového vozidla. Boli spísané v podobe písomných právnych noriem, ktoré určovali aj sankcie za porušenie jednotlivých predpisov. Tak ako v ostatných odvetviach práva, tak aj cestné právo muselo byť vymožiteľné. Keď ešte neboli k dispozícii pokročilé technické prostriedky, postačovalo ako dôkaz skutku slovo policajta.

Dnes však priestupky, ktoré sa dajú dokázať, sa musia dokázať pomocou certifikovaných zariadení na to určených. Tie vyhotovujú obrazové alebo iné záznamy, z ktorých je zreteľné vykonanie daného priestupku a porušenie zákona.

Je to pokrok, z ktorého ťažia vodiči aj štát, pretože prispieva k vyššej spravodlivosti a zamedzuje korupcii. K takýmto systémom patria stacionárne radary, mobilné radary, kamerové systémy kontrolujúce prejazd križovatky na červenú, nezastavenie na dopravné znamenie „stop, daj prednosť v jazde“ a iné.

S nástupom inteligentných dopravných systémov sa tieto možnosti ešte rozrastajú. Kým radar je schopný odmerať rýchlosť len v jednom bode, moderné systémy využívajú sieť kamier so systémom rozpoznávania evidenčných čísel. Spolu s časom vyhotovenia záznamu na každom cestnom úseku tak môže systém jednoducho vypočítať priemernú rýchlosť za celý prejdený úsek a ak je vyššia ako maximálna povolená rýchlosť tak aj udeliť pokutu, ktorá bude následne doručená na adresu majiteľa auta. Nemá tak žiadny význam ísť na jednom úseku rýchlejšie ako maximálnou povolenou rýchlosťou, pretože v nasledujúcom úseku by bolo nutné ísť o to pomalšie a do cieľa by sme prišli za rovnaký čas ako pri konštantnej rýchlosti jazdy. Jedná sa teda o veľmi účinný nástroj na podporu bezpečnosti a plynulosti cestnej premávky.

Na kompenzáciu nadmerného opotrebovania cestnej siete vznikli diaľničné známky, ktorých ceny záviseli od tonáže vozidla a času platnosti. Tento spôsob kompenzácie bol ale viac-menej symbolický, keďže cena za známku bola paušálna a pre každé vozidlo danej kategórie rovnaká bez ohľadu na prejdenú trasu. Niektoré krajiny preto zaviedli mýtny systém pozostávajúci z mýtnych brán na všetkých platených úsekoch. To nesie so sebou náklady na stavbu, údržbu a prevádzku týchto brán a navyše značne



prispieva k spomaleniu dopravy. S využitím systému elektronického mýta nutnosť týchto brán odpadá a nie je zaťažená ani plynulosť cestnej premávky. Na spoplatnených úsekoch sa tak vybudujú iba elektronické bránky na zaznamenávanie prejazdu vozidiel a do vozidiel musí byť inštalovaná GPS a GSM jednotka. Takýto systém potom reálne ohodnotí poškodenie cestnej siete pomerným systémom v závislosti od celkovej prejdenej dĺžky na spoplatnených úsekoch.

### **Dopravné systémy na zlepšenie pohodlia účastníkov cestnej premávky**

Hoci rozsiahle dopravné systémy sú kvôli finančnej náročnosti budované hlavne pre zvýšenie bezpečnosti a plynulosti, nič nebráni využitiu existujúcich systémov aj na zvýšenie pohodlia cestovania. Stačí vhodne použiť vyhodnotenú dáta z výstupu systému a dáta poskytnúť verejnosti prípadne tretím stranám, ktoré ich implementujú do svojich systémov. Vodiči si tak môžu sledovať okamžitú situáciu na cestách vďaka kamerovému systému, sledovať vyťaženosť hlavných dopravných ťahov, identifikovať zápchy, nehody a iné komplikácie na sledovanej trase.

Patrí sem aj navigačný systém GPS alebo Galileo. Pozostáva zo siete satelitov, prijímača a máp a je schopný nájsť polohu vozidla na mape, ako aj nájsť najkratšiu cestu k cieľu. Pokročilejšie systémy sú rozšírené o aktuálne dopravné správy na úseku, na ktorom sa vozidlo práve nachádza.

#### *1.1.3 Súčasné informačné systémy v doprave na Slovensku*

Slovensko je v tabuľke č.2 pomerne vysoko, vzhľadom na relatívne malú rozlohu predbehlo tiež omnoho ľudnatejšie a väčšie krajiny. Môžeme z toho vyvodiť, že Slovensko dosiahlo takú intenzitu zaťaženia cestnej siete, že je zavádzanie informačných dopravných systémov vhodné a žiaduce.

V roku 2000 bola založená nezisková organizácia ITS Slovakia (IDS Slovensko) „s cieľom napomáhať verejnému sektoru s vysvetľovaním a implementovaním problematiky Inteligentných dopravných systémov do hospodárstva SR.“[3]

*„Slovenská republika čelí mnohým dopravným problémom, preto treba riešiť nasledujúce oblasti:*

- *zdokonaľiť bezpečnosť cestnej premávky a ochranu všetkých jej užívateľov*
- *predchádzať tvorbe dopravných zápch, ktoré zvyšujú cestovné náklady a predlžujú cestovný čas prepravy*
- *znižovať degradáciu verejnej dopravy*
- *znižovať negatívny vplyv na životné prostredie*
- *zlepšiť konkurencieschopnosť a výkon systémov nákladnej dopravy a logistiky*
- *zaistiť, aby obyvatelia Slovenskej republiky mali prístup k bezpečnej a dostupnej doprave“[4]*

Služby IDS na Slovensku vychádzajú z projektu KAREN a ACTIF, podľa ktorých je definovaných osem základných (makro) služieb:[5]

- Elektronický výber poplatkov
- Zabezpečenie bezpečnostných a záchranných služieb
- Manažment dopravy
- Podpora riadenia dopravy
- Poskytovanie cestovných informácií
- Podpora dohľadu
- Manažment nákladnej dopravy
- Dopravno-prepravná databáza

V januári 2009 vyhrala spoločnosť SKYTOLL a.s. konkurz na vytvorenie komplexného elektronického mýtného systému. Od roku 2010 tak na Slovensku funguje jeden z najmodernejších systémov elektronického mýta v celosvetovom meradle.[6]

Tento projekt pokrýva prvú z vyššie uvedených markoslužieb- Elektronický výber poplatkov.

Pre Slovensko však jeho význam nespočíva len v naplnení jeho cieľov a splnení úloh definovaných zadávateľom projektu.

*„Spoločnosť SkyToll a.s. sa dohodla s predstaviteľmi Žilinskej univerzity na spolupráci vzdelávaní, vedecko-výskumnej činnosti a technickom rozvoji. Vedeckí*

*pracovníci a študenti Žilinskej univerzity tak budú mať možnosť využívať slovenský elektronický mýtny systém na svoju vedeckú činnosť a testovanie v reálnej prevádzke.*

*Vytvorené partnerstvo kladie dôraz najmä na aplikovaný výskum v oblasti inteligentných dopravných systémov a dopravnej telematiky.* “[7]

Elektronický mýtny systém sa tým môže stať „odrazovým mostíkom“ pre rozvoj inteligentných dopravných systémov na Slovensku, ktoré by v budúcnosti mohli pokryť všetky problematické oblasti slovenskej dopravnej infraštruktúry.

## **1.2 Systémy na rozpoznávanie obrazov**

Obsahom tejto podkapitoly je analýza a klasifikácia systémov na rozpoznávanie obrazov. V jednotlivých podkapitolách sa budeme venovať účelu a určaniu týchto systémov a popíšeme rôzne prístupy k riešeniu tejto problematiky. Detailnejšie sa budeme zaoberať systémami OCR na rozpoznávanie znakov.

### *1.2.1 Účel a určenie systémov na rozpoznávanie obrazu*

Počítače boli v dobe svojho vzniku pomerne jednoduché stroje s obmedzenými možnosťami. Slúžili predovšetkým na matematicko-logické spracovanie úloh a podľa toho dostali aj svoj názov. Ako vstup museli dostávať informácie v prirodzenom jazyku počítača a dokázali vykonávať len presne definované úlohy. Boli teda neinteligentné a obmedzené na špecifický okruh použitia. Dokázali vykonať milión operácií za sekundu, ale nedokázali nájsť riešenie jednoduchej detskej hádanky.

Tento nedostatok sa snaží riešiť umelá inteligencia. Je to simulovanie inteligentného riešenia problému strojom. Pomocou umelej inteligencie môžeme riešiť najmä nasledujúce problémy:[8]

- Rozpoznávanie a spracovanie vizuálnej informácie a reči,
- Automatické plánovanie,
- riešenie úloh úvahou,
- adaptácia a učenie,
- expertné systémy
- komunikácia s počítačom v prirodzenom jazyku.

Rozpoznávanie obrazov je jednou z oblastí umelej inteligencie a spolu s jej rozvojom mohli počítače vykonávať mnoho úloh, ktoré boli dovtedy schopné riešiť výlučne ľudia, ako aj úplne nové typy úloh, ktoré sa nedali riešiť alebo by ich riešenie bolo príliš neefektívne. Dnes je optické rozpoznávanie na takej úrovni, ktorá umožňuje vznik systémov riešiacich:

- Kontrolu procesov (nepilotované vozidlá, priemyselné roboty)
- Detekciu udalostí (vizuálny dohľad, počítanie ľudí, detekcia vozidla)
- Organizáciu informácií (indexovanie databáz snímok)
- Modelovanie objektov a prostredí (topografické modelovanie, priemyselná inšpekcia)
- Interakciu (vstup pre zariadenia na interakciu typu človek-počítač)

Z hľadiska typu úloh môžeme rozpoznávanie obrazov rozdeliť na niekoľko variantov.

Rozpoznávanie objektov – môže byť rozpoznaný jeden alebo viac objektov, ktoré sú dopredu špecifikované alebo získané učením. Zvyčajne sa zaznamenáva aj ich poloha v 2D obrazoch alebo 3D scéne.

Identifikácia – rozpoznávaná je individuálna časť objektu, napríklad tvár osoby, odtlačok prstu, sietnica a pod.)

Detekcia – obraz je skenovaný pre zistenie špecifických znakov, ako napríklad abnormálne bunky v tkanive z medicínskych snímok, kontrola zvarov v priemyselnej výrobe a pod. Môže sa použiť systém viacúrovňového skenovania, kde sa najprv skenuje celý obraz s menej náročným rozpoznávaním pre zistenie oblastí s potenciálnym výskytom anomálie, ktorý sa následne analyzuje podrobnejšie.

Existuje tiež niekoľko špecifických úloh rozpoznávania obrazov, ktoré sú frekventovane využívané v mnohých priemyselných a informačných odvetviach. Systémy, riešiace tieto úlohy sú potrebné v mnohých komerčných aj nekomerčných projektoch a preto im je venovaná zvýšená pozornosť a finančné zabezpečenie na vývoj.

Sú to:

- Obsahovo orientované vyhľadávanie – vyberie z väčšieho množstva obrazov tie, ktoré spĺňajú dané kritéria. Tie môžu byť určené vzorovým obrazom (nájsť obrazy, ktoré sa podobajú na vzor) alebo implicitne

vymenované (nájsť obrazy na ktorých sú listnaté stromy, ktoré práve kvitnú)

- Odhad pozície – zisťuje sa relatívna pozícia a orientácia objektu vzhľadom na kameru. Jedná sa o analógiu k ľudskej (živočíšnej) koordinácii „ruka-oko“. Príklad praktického využitia je v koordinácii robotického ramena vo výrobnnej linke pri manipulácii s objektmi vzhľadom na kamerový vstup.
- Optické rozpoznávanie znakov (OCR) – jedná sa o systém rozpoznávania tlačeného alebo rukou písaného textu v obrazoch a dokumentoch. Cieľom je previesť text to formy, v ktorej sa dá efektívne vyhľadávať, indexovať a v akej sa dá efektívne zálohovať. Táto metóda sa využíva v mnohých systémoch, pričom pre každú aplikáciu sa na mieru prispôsobuje. Príklad využitia – automatizované skenovanie kníh a ich následná digitalizácia.

### *1.2.2 Rôzne prístupy k problematike rozpoznávania obrazov*

Problematikou rozpoznávania obrazu sa zaoberá vedná disciplína umelá inteligencia. Existuje niekoľko metód riešenia tejto problematiky. Líšia sa jednak celkovým prístupom a metodikou samotného procesu rozpoznávania, ale tiež vo forme výstupu systému. Na riešenie konkrétnych úloh môžeme použitím rôznych prístupov dosiahnuť rôznu efektivitu.

*„Rozpoznávanie obrazov sa používa na klasifikáciu oblastí a objektov a predstavuje dôležitú súčasť zložitejších systémov počítačového videnia.*

*Žiadne rozpoznávanie nie je možné bez znalostí. Vyžadujú sa špecifické tak o objektoch, ktoré sa rozpoznávajú ako aj všeobecnejšie znalosti o triedach objektov. „[9]*

Umelá inteligencia poskytuje na riešenie úloh rozpoznávanie obrazu tri použiteľné nástroje:

- Príznakové metódy rozpoznávania
- Štrukturálne metódy rozpoznávania
- Expertné systémy diagnostického charakteru

Vyššie uvedené metódy sú podrobnejšie definované v kapitole *1.3.3 Moderné metódy rozpoznávania obrazov.*

Okrem zložitých inteligentných systémov rozpoznávania obrazov existujú tiež jednoduchšie metódy na rozpoznávanie obrazu založené na vopred definovaných matematických závislostiach a procedúrach porovnávania matíc. Na takýchto metódach sú založené jednoduchšie programy, ktoré sú často voľne šíriteľné a dostupné. Tvorcami sú väčšinou jednotlivci alebo menšie skupiny ľudí mimo okruhu vedeckej spoločnosti. Bližšie sú metódy týchto systémov opísané v kapitole *1.3.2 Jednoduché metódy rozpoznávania obrazu*.

### *1.2.3 OCR- optické rozpoznávanie znakov*

Optické rozpoznávanie znakov, respektíve OCR (z anglického optical character recognition) je veľmi významnou časťou odvetvia počítačového videnia a rozpoznávania obrazu. A to nielen pre širokú paletu možných aplikácií, ale aj z hľadiska dosiahnutého míľnika v oblasti počítačových technológií a umelej inteligencie. Systém OCR totiž umožňuje počítačom „čítať“ písaný text a následne ho transformovať do jazyka, ktorému rozumie a vie ho interpretovať. OCR je vhodný názorný príklad funkčnej umelej inteligencie, keďže simuluje schopnosť čítať a porozumieť textu z oblasti prirodzenej (ľudskej) inteligencie.

Existuje mnoho variácií systémov OCR, každý variant je prispôsobený svojmu účelu. OCR pre svoje fungovanie potrebuje bázu znalostí s opisom vlastností každého znaku v rámci určitej série znakov. V počítačovej terminológii tieto série znakov označujeme anglickým termínom fonty. Každý font obsahuje kompletnú abecedu, numerické znaky a špeciálne znaky v jednotnom štýle vyjadrené formou vektoru. Staršie systémy boli pomerne obmedzené a dokázali rozpoznávať iba znaky vopred určeného fonu. Moderné systémy si už dokážu samostatne zistiť o aký font sa jedná a poznajú už prevažnú väčšinu bežne používaných fontov. Dokážu tiež rozpoznať ďalšie netextové objekty v dokumente ako sú čiary, tabuľky, obrázky atď.

Súčasná metódy rozpoznávania znakov ešte nedosahujú stopercentnú úspešnosť rozpoznávania a v závislosti od metodiky merania a kvality rozpoznávaného zdroja sa úspešnosť súčasných komerčných systémov pohybuje v rozmedzí 71-98%.[10] Tieto hodnoty zodpovedajú rozpoznávaniu tlačeného textu. Rozpoznávanie rukou písaného textu zatiaľ nedosahuje dostatočnej úspešnosti, najmä pri rozpoznávaní zložitejších znakov používaných v Ázii.

Úspešnosť rozpoznávania systému OCR závisí od viacerých faktorov. Pre dosiahnutie technologického maxima úspešnosti daného systému musí vstupný dokument alebo obraz spĺňať kvalitatívne normy, ako je dostatočné rozlíšenie snímku, nízky šum a dostatočný kontrast textu voči pozadiu. Ďalším z faktorov je miera kvality vlastného procesu rozpoznávania. Pokročilé systémy schopné dosiahnuť až nad 99% úspešnosti používajú metódy na opravu chýb rozpoznaného textu. Spočívajú predovšetkým v porovnávaní rozpoznaných slov so slovníkmi dostupnými v databáze. Táto metóda dokáže odstrániť prevažnú väčšinu chýb v slove s jedným zameneným znakom, ktoré sa vyskytujú pri rozpoznávaní najčastejšie.

Prvý OCR systém vznikol už v roku 1929 a bol mechanickej povahy. O dvadsať rokov neskôr sa začal vývoj prvého primitívneho počítačového systému OCR určeného na pomoc nevidiacim prostredníctvom vokalizovania písaného textu. Projekt bol ukončený z dôvodu veľkej finančnej náročnosti. Problematike prevádzania písaného textu do strojového jazyka sa začal venovať v roku 1950 David H. Shepard, kryptoanalytik Bezpečnostného Úradu Ozbrojených Síl v Spojených štátoch. Svoju prácu úspešne zakončil platným patentom v roku 1953 a založil spoločnosť IMR, ktorá neskôr vyvinula niekoľko prvých komerčných OCR systémov.

V priebehu času rásť potenciálne možnosti využitia systémov OCR priam exponenciálne, hlavne vplyvom prudkého rozvoja informačných technológií. Najrozšírenejšie využitie OCR predstavuje prevod zosnímaného písaného textu a jeho následné zdigitalizovanie. Na tento účel existujú desiatky komerčných softvérových produktov a na fungovanie im stačí bežný osobný počítač a skener. Okrem domáceho použitia je digitalizácia textu využívaná aj v mnohých rozsiahlych projektoch s cieľom uchovať text bežných, ale aj vzácných kníh a iných písomných diel a následne ich sprístupniť verejnosti. Takéto projekty využívajú najdokonalejšie a najpresnejšie systémy OCR na svete a tiež automatizované skenery schopné fungovať bez ľudskej pomoci. OCR má mnoho ďalších aplikácií, napríklad:

- Systém rozpoznávania ŠPZ vozidiel
- Preklad textu snímaného kamerou v reálnom čase
- Vokalizátor textu pre nevidiacich
- CAPTCHA (systém na verifikovanie operácií na internete a eliminovanie tých, ktoré nevykonávajú ľudia)
- Vyhodnocovanie školských testov

- Rozpoznávanie šekov, poštových adries atď.

## 1.3 Metódy a formy rozpoznávania obrazov

Nasledujúca podkapitola podrobnejšie analyzuje metódy a formy rozpoznávania obrazov uvedených v podkapitole 1.2. Venujeme sa tu nielen jednoduchším, ale aj modernejším systémom na rozpoznávanie obrazu.

### 1.3.1 *Obraz ako vektor*

Väčšina obrazov, respektíve vzorov sa dá popísať pomocou vektoru ich vlastností, ktorý má konečnú a pevnú dĺžku. Ako príklad nám môže slúžiť opis kvádra pomocou jeho troch rozmerov, hustoty a tvrdosti materiálu. Tento vzor je potom päťrozmerný a k jeho rozpoznaniu použijeme vlastnosti päťrozmerného euklidovského priestoru. Všeobecne býva obraz opísaný vektorom v  $n$ -rozmernom vektorovom priestore s euklidovskou metrikou. Vektorový popis môžeme použiť aj na spracovanie jednorozmerného signálu. Vektor je potom tvorený úsekom pevnej dĺžky a jednotlivé zložky zodpovedajú po sebe idúcim meraním danej veličiny. V takom prípade hovoríme o segmentácii jednorozmerného signálu. Takéto spracovanie signálu je uplatnené napríklad pri rozpoznávaní typov biomedicínskeho signálu EKG alebo EEG, pri analýze reči a iných zvukových signálov a pri vyhodnocovaní časovo premenlivých fyzikálnych signálov v rôznych oblastiach.

Takýto vektorový popis je užitočný pre archiváciu, prípadne pre grafické znázornenie priebehu signálu. Pre účely rozpoznávania však treba vykonať ďalšie spracovanie vektoru a vytvoriť tzv. príznakový vektor. Príznakový vektor je nový vektor, ktorý obsahuje informácie z pôvodného vektoru, ale v koncentrovanejšej a použiteľnejšej podobe. Táto fáza je pre tvorbu systému rozpoznávania esenciálna.

Pri spracovaní dvojrozmerného obrazu je postup analogický k jednorozmernému signálu. Dvojrozmerný obraz je reprezentovaný buď dvojrozmernou maticou, ktorej prvky predstavujú intenzity odtieňov jednotlivých pixelov v prípade monochromatického obrazu alebo viacerými maticami pre každú zo zaznamenaných farieb (obvykle červená, zelená,



modrá). Ten istý postup sa aplikuje aj pri spracovaní 3D obrazov, ktoré vytvárajú napríklad biomedicínske alebo technické diagnostické systémy. 2D aj 3D signál je možné riadok za riadkom prepísať do jedného dlhého vektora, pre účely rozpoznávania to však nemá žiaden význam.

Aby sme mohli vytvoriť systém na rozpoznávanie obrazu, musíme s nameraným vektorom vykonať isté operácie, aby sa zvýšila jeho výpovedná hodnota. Tieto operácie pozostávajú z vhodných lineárnych a nelineárnych transformácií na zmenšenie počtu zložiek a získanie nových užitočných vlastností. Vzhľadom na to, že vektory umožňujú využitie nástrojov lineárnej algebry, môžeme použiť lineárne zobrazenie na transformáciu pôvodného vektora na vektor nižšej dimenzie. „V súčasnosti je veľmi dobre rozpracovaná ako metóda PCA (Principal Component Analysis) tak aj metóda ICA (Independent Component Analysis). Obe metódy majú rovnaký cieľ a prostriedky na jeho riešenie, líšia sa však tým, že PCA kladie na prvé miesto kolmost' vzniknutých obrazov, zatiaľ čo ICA sa zameriava na ich nezávislosť.“[11] Vzhľadom na jednoduchosť lineárnej algebry ako nástroja, vedú obe metódy iba k rôznym transformačným maticiam na redukciu dimenzie vektora. Po takýchto transformáciách sa stále nachádzame v euklidovskom priestore, ale výpočet vzdialeností už nie je lineárnou operáciou a môže nám byť veľmi užitočná. Pokiaľ vieme merať vzdialenosť dvoch vektorov, môžeme sledovať vzájomnú podobnosť dvoch objektov (obrazov) a usudzovať z nej ďalšie závery.

Najjednoduchšou aplikáciou takehoto postupu je zhluková analýza, ktorá nám umožňuje kategorizovať obrazy do tried podľa vzájomnej vzdialenosti. Vzdialenosť hrá významnú úlohu aj v mnohých aplikáciách umelých neurónových sietí. Pokiaľ však chceme vytvoriť vektorový popis obrazu, ktorý bude skutočne užitočný, musíme mať konkrétne znalosti zákonitostí v danom odbore a navrhnuť vhodné predspracovanie.

### *1.3.2 Jednoduché metódy rozpoznávania obrazov*

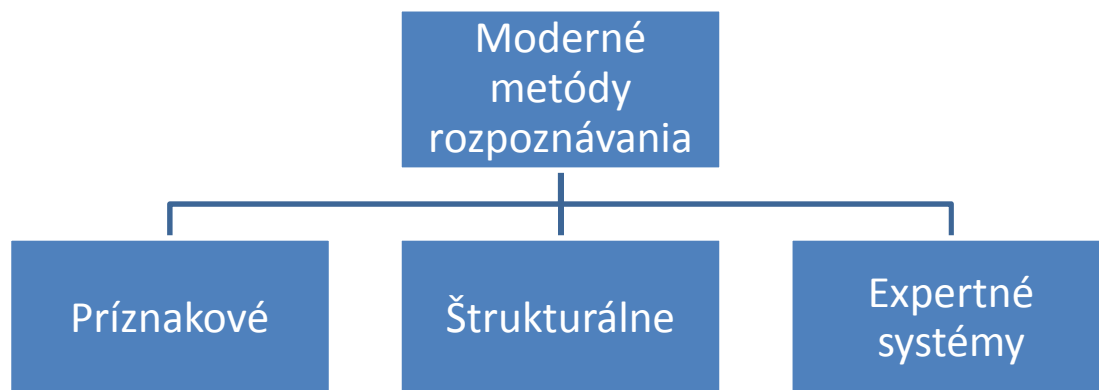
Najjednoduchšie rozpoznávanie obrazu je možné realizovať v oblasti binárnych obrazov. Tie reprezentujú vektory obsahujúce iba logickú nulu a jednotku. Najjednoduchšie vyhľadávanie spočíva v hľadaní určitých zoskupení dát v rozsiahlej matici alebo vektore. Mnohokrát nás okrem toho, kde sa dané zoskupenie v matici alebo vektore nachádza, zaujíma aj počet výskytov v rámci jedného obrazu.

Pri popise hľadanej skupiny opäť využívame vektor alebo maticu rovnakej dimenzie ako je pôvodný obraz. Okrem nuly a jednotky (na popis daného objektu) využívame pri vyhľadávaní aj symbol hviezdička (\*), ktorý slúži na zastúpenie ľubovoľného znaku (hodnoty). V tejto súvislosti hovoríme o metóde Pattern Matching (hľadanie vzoru), kedy požadujeme zhodu núl a jednotiek, ale miesta označené hviezdičkami sú voľné. Vzniká nám teda maska vyhľadávaného vzoru, ktoré posúvame po binárnom obraze vo všetkých smeroch a zakaždým, keď zistíme úplnú zhodu vzoru s obrazom na definovaných pozíciách, zaznamenáme nový výskyt hľadaného objektu a jeho súradnice. Na rovnakom princípe funguje aj bežné vyhľadávanie slov v neznámom texte, ktoré ponúka každý moderný textový editor. Aj tu môžeme aplikovať hviezdičku na zastúpenie ľubovoľného znaku (v IT terminológii tzv. wildcard- divoká karta).

V zložitejších metódach rozpoznávania môžeme plne využiť metrický priestor a nemusíme sa obmedzovať iba na binárne obrazy, ale môžeme pracovať tiež s reálnymi vektormi. Jednoduché metódy rozpoznávania obrazu si vystačia s jednoduchým porovnávaním a vzdialenosťou. Predpokladajú však existenciu vzorových obrazov, ktoré slúžia na priamu orientáciu v dátach. V praxi to teda znamená, že čím viac vzorov uchováme v pamäti systému, tým vyššiu presnosť rozpoznávania dosiahneme.

Realizácia systémov na báze jednoduchých metód rozpoznávania obrazu má svoje výhody aj nevýhody. K výhodám patrí jednoduchosť a fakt, že na tvorbu takéhoto systému nie sú potrebné také odborné znalosti ako v prípade pokročilých inteligentných systémov. Nevýhoda tohto prístupu spočíva najmä v značnej práci a nutnej dobrej organizácii a systematickosti pri tvorbe vzorových obrazov pre dosiahnutie použiteľnej úspešnosti rozpoznávania. Veľké množstvo vzorov tiež môže značne predĺžiť výpočtový čas potrebný na rozpoznanie obrazu.

### 1.3.3 Moderné metódy rozpoznávania obrazov



Graf 3 – Rôzne typy moderných metód rozpoznávania

**Príznakové metódy rozpoznávania** sú založené na teórii štatistického rozhodovania. Tieto metódy vyžívajú napríklad systémy štatistického rozpoznávania obrazu a systémy využívajúce neurónové siete.

Štatistické rozpoznávanie obrazu – objekt tu predstavuje fyzická jednotka reprezentovaná oblasťou v segmentovanom obraze. Množinu všetkých objektov možno rozdeliť na podmnožiny so spoločnými príznakmi, ktoré sa nazývajú triedy. Rozpoznanie (klasifikácia) objektu je založené na priradení triedy k neznámemu objektu a zariadenie, ktoré vykonáva toto priradenie sa nazýva klasifikátor. Počet tried je obyčajne vopred známy a obvykle sa dá odvodiť zo špecifikácie problému. Klasifikátor nerozhoduje o zaradení do triedy na základe objektu priamo, ale na základe vlastností objektu, ktoré sa nazývajú obrazec. Pre štatistické rozpoznávanie obrazcov je charakteristický kvantitatívny popis objektov, obyčajne sa používajú numerické príznaky.

Neurónové siete - Viaceré neurónové prístupy sú založené na kombinácii elementárnych procesorov (neurónov), z ktorých každý má viacero vstupov a jeden výstup. Každému vstupu je priradená váha a výstup je sumou váhovaných vstupov. Rozpoznanie obrazcov je jednou z mnohých oblastí použitia neurónových sietí. [12]

Aplikácia systémov založených na príznakových metódach rozpoznávania je vhodná, ak:

- Potrebujeme spracovať kvantitatívne (číselné) dáta heterogénneho pôvodu, u ktorých neexistuje vnútorná logická štruktúra, máme k dispozícii rozsiahle súbory nameraných dát

- Vyžadujeme kategorický výsledok
- Neexistuje expert schopný formulovať pravidlá potrebné k rozhodovaniu[13]

**Štruktúrne metódy rozpoznávania** – sú tiež nazývané syntaktické metódy rozpoznávania. Pre syntaktické rozpoznávanie obrazcov je charakteristický kvalitatívny popis objektov. Syntaktický popis treba použiť vtedy, ak príznakový popis nie je schopný popísať zložitosť objektu alebo keď sa dá objekt zapísať ako hierarchická štruktúra pozostávajúca z jednoduchších častí. Elementárnymi vlastnosťami syntakticky popísaných objektov sú primitíva. Na popis vzťahov medzi primitívami objektu sa používajú relačné štruktúry. Neexistuje postup na vytvorenie primitív a ich vzťahov.

*„Syntaktické rozpoznávanie pozostáva z nasledovných krokov:*

- a. Definuj primitíva a vzťahy medzi nimi.*
- b. Zostroj gramatiku pre každú triedu objektov.*
- c. Pre každý objekt vyťahni primitíva, rozpoznaj ich a vzťahy medzi nimi a zostroj slovo reprezentujúce objekt.*
- d. Na základe syntaktickej analýzy zarad' objekt do tej triedy, ktorej gramatika ho generuje. „[14]*

Aplikácia systémov založených na príznakových metódach rozpoznávania je vhodná, ak:

- Potrebujeme spracovať dáta homogénneho pôvodu, pri ktorých sme schopní určiť výrazné štruktúrne elementy a relácie medzi nimi
- Existujú súbory dát (slov) použiteľné na inferenciu (automatickú alebo ručnú) pravidiel
- Slová štruktúrneho popisu nie sú poškodené alebo sú poškodené len na veľmi nízkej úrovni
- Požadujeme kategorický výsledok[15]

**Expertné systémy** sú programy simulujúce rozhodovacie procesy špecialistov (expertov) pri riešení zložitých úloh. Sú založené na znalostiach prevzatých od týchto expertov. Tieto znalosti bývajú vyjadrené v súbore pravidiel, ktoré však majú na rozdiel od pravidiel v systémoch štruktúrovaného rozpoznávania subjektívny charakter.

Cieľom expertných systémov je dosiahnuť kvality rozhodovania približujúcej sa úrovni rozhodovania experta. Znalosti sú v expertných systémoch vyjadrené explicitne

v oddelenom súbore a predstavujú bázu znalostí. Báza znalosti obsahuje širokú paletu znalostí od všeobecných po úzko špecializované a od „učebnicových znalostí“ po súkromné. Množina všetkých údajov expertných systémov sa nazýva báza dát.

Použitie expertných systémov ako systémov na rozpoznávanie je najefektívnejšie, ak platí:

- Potrebujeme spracovať rôzne typy dát – heterogénne, kvalitatívne aj kvantitatívne
- Existujú expertné znalosti, pričom ak časť týchto znalostí chýba, existuje pre tento úsek súbor reálnych dát
- Je nutné vyhodnocovať aj neúplné alebo veľmi poškodené dáta
- Existujú silné kontextové a sémantické väzby medzi pravidlami a dátami

Z tejto kapitoly je zrejmé, že problematika rozpoznávania obrazu patrí do okruhu skúmania viacerých vedného odboru. Každý prístup k tejto problematike vyžaduje inú štruktúru vstupných údajov, pričom rôznorodý je aj ich výstup. Všetky však môžeme označiť ako rovnocenné, pretože riešenie rôznych typov úloh vyžaduje rôzne prístupy k ich riešeniu.

## 2. Cieľ záverečnej práce

V tejto kapitole si zdefinujeme cieľ záverečnej práce, vrátane jej čiastkových úloh vyplývajúcich zo zadania práce.

Cieľom tejto záverečnej práce je vytvoriť jednoduchý systém rozpoznávania štátnych poznávacích značiek vozidiel, ktoré prejdú vybraným úsekom v určitom čase. Vstupom tohto systému bude séria digitálnych fotografií týchto vozidiel. Výstupom bude zoznam automaticky rozpoznávaných štátnych poznávacích značiek vozidiel zo vstupu systému. Tento výstup bude usporiadaný v báze dát pričom bude zobraziteľný v jednoduchom užívateľskom rozhraní.

Pre lepší prehľad o plnení cieľa a vytýčenie postupu si ho rozdelíme na niekoľko čiastkových úloh:

- Analýza súčasných informačných systémov v doprave;
- Analýza súčasných metód a procesov pri rozpoznávaní obrazu;
- Rozbor metód systémov na rozpoznávanie obrazu typu OCR;
- Identifikácia vhodných hardvérových prostriedkov na realizáciu systému;
- Zaobstaranie vhodných hardvérových prostriedkov na realizáciu systému;
- Identifikácia vhodných softvérových prostriedkov na realizáciu systému;
- Zaobstaranie vhodných softvérových prostriedkov na realizáciu systému;
- Vyhotovenie vhodných a použiteľných fotografií pre vstup systému;
- Vytvorenie jadra programu v zvolenom programovacom jazyku;
- Implementovanie potrebných externých programových prostriedkov do jadra programu;
- Vytvorenie databázového systému zvoleného typu;
- Vytvorenie užívateľského prostredia pre zobrazenie výstupu systému;

Táto kapitola nám bude slúžiť ako metodická pomôcka pri určovaní ďalšieho postupu pri plnení cieľa záverečnej práce.

### **3. Použité metodológie, metódy a nástroje**

Táto kapitola popisuje nutné predispozície na tvorbu systému rozpoznávania ŠPZ vozidiel. Obsahuje zoznam technického a programového vybavenia na realizáciu tohto systému. V časti Popis tvorby systému

#### **3.1 Technické prostriedky na tvorbu systému rozpoznávania ŠPZ vozidiel**

Potrebné technické prostriedky na tvorbu systému rozpoznávania ŠPZ môžeme rozdeliť na počítačové vybavenie a prostriedky na zber vstupných údajov.

Počítačové vybavenie je určené na tvorbu programového kódu nášho systému a tiež na jeho vykonávanie. V našom prípade počítačové vybavenie pozostáva z moderného notebooku a vstupno-výstupných zariadení. Hoci realizácia rozpoznávania nie je extrémne náročná na výpočtový výkon, procesor Intel i5 v kombinácii s 4GB dostatočne rýchlej pamäte RAM nám zabezpečí rýchlu kompiláciu pri modifikácii programu a takisto pri spúšťaní virtuálneho serveru pre beh užívateľského prostredia. To nám ušetrí čas pri testovaní a ladení programu a tým aj zvýši našu efektivitu.

Prostriedky na zber vstupných údajov tvorí digitálny fotoaparát a statív. Z povahy systému, ktorý tvoríme vyplýva potreba použitia fotoaparátu typu ultra-zoom s dostatočnou maximálnou ohniskovou vzdialenosťou pre detailné zábery vozidiel s nízkou hĺbkou ostrosti a minimálnym perspektívnym skreslením. Optimálne by mal fotoaparát podporovať manuálne nastavenie svetelnosti, ISO citlivosti a mal by byť schopný robiť monochromatické snímky (ušetrenie času pri konverzii). Dané podmienky nám spĺňa digitálny fotoaparát Panasonic Lumix TZ-3. Pri fotení na maximálnej ohniskovej vzdialenosti (maximálne priblíženie) budeme potrebovať štandardný trojnohý statív. Dosiahneme tak ostré a rovnomerné snímky vozidiel.

#### **3.2 Programové prostriedky na tvorbu systému rozpoznávania ŠPZ vozidiel**

Programové prostriedky na tvorbu systému rozpoznávania ŠPZ pozostávajú z operačného systému, softvéru na tvorbu systému, softvéru ako súčasť systému a ostatného podporného softvéru.

Pre stabilný beh počítača použijeme najnovší operačný systém odpovedajúci hardvéru počítača a to MS Windows 7 CZ v 64-bitovej verzii. Pre študentov a učiteľov FHI je tento operačný systém dostupný zadarmo cez službu MSDN.

Pri tvorbe sa budeme zameriavať na voľbu freewarových programov. Na tvorbu programového kódu použijeme voľne dostupný program Eclipse, ktorý ponúka bohaté pokročilé funkcie a je jednoducho rozšíriteľný o ďalšie potrebné funkcie. Keďže jadro programu budeme písať v jazyku Java od spoločnosti ORACLE, budeme potrebovať jednak aktuálnu verziu JDK (Java Development Kit) na kompiláciu zdrojového kódu a tiež aktuálnu verziu JVM (Java Virtual Machine) na spúšťanie aplikácií vytvorených v Jave. ORACLE ponúka obe zadarmo aj v 64-bitovej verzii vhodnejšej pre náš operačný systém. Na implementáciu databázy budeme potrebovať MySQL knižnice, ktoré doinštalujeme do Eclipse. Na realizáciu výstupu programu, ktorý bude vo formáte webovej jsp stránky použijeme virtuálny webový server TOMCAT, ktorý takisto bude inštalovaný do Eclipse vo forme plugin-u.

Kvalitný softvér na úpravu fotografií ako napríklad Adobe Photoshop je pre naše potreby nepoužiteľný pre vysokú cenu, existujú však aj kvalitné voľne šíriteľné substitúty. Naším potrebám vyhovuje softvér na úpravu obrazu GIMP.

Na samotnú realizáciu rozpoznávania použijeme opensourcový projekt GOOCR (predtým JOCR). Jedná sa o kompaktný softvér na rozpoznávanie textu v obraze a je ovládaný pomocou príkazového riadku. Tento program pracuje s obrazmi vo formáte PPM, takže budeme potrebovať takisto softvér na konverziu našich fotografií do tohto formátu. Tu môžeme použiť napríklad program Nconvert, ktorý je takisto ovládaný z príkazového riadku.

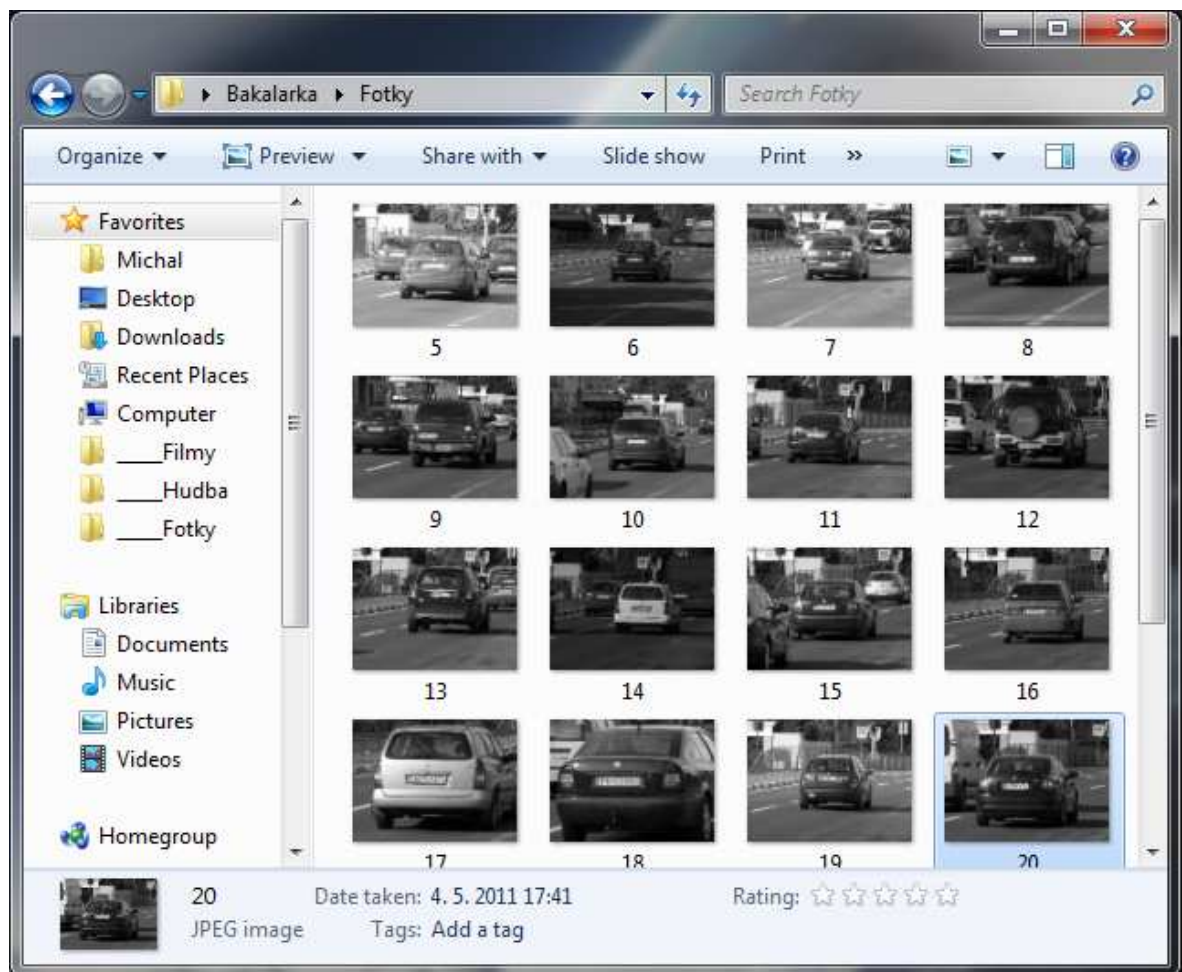
Pri realizácii tvorby nášho systému budeme potrebovať ešte niekoľko základných podporných programov a to najmä internetový prehliadač, v našom prípade Mozilla Firefox v4.0, prehliadač fotografií (stačí prehliadač vstavaný v OS) a textový editor (takisto postačí Notepad).

## **Popis tvorby systému**

V prvej fáze zhotovíme sériu fotografií automobilov prechádzajúcich vybraným úsekom. Fotografujeme vozidlá zo zadnej strany čím získame čas potrebný na zaostrenie. Pre naše potreby stačí 2-3 megapixelové rozlíšenie a čiernobiely formát fotografií. Aby sme znížili uhlové a perspektívne skreslenie, fotografujeme pod čo najmenším uhlom



vzhľadom na vozovku a na maximálnej ohniskovej vzdialenosti. Zozbierané fotografie preniesieme do počítača a vyradíme nevhodné a nekvalitné kusy.



Obrázok 5 – Séria nafotených snímok

Pre zlepšenie úspešnosti rozpoznávanie je vhodné aplikovať filter Edge detection (rozpoznanie hrán) v programe GIMP, tento krok ale pre fungovanie programu nie je nutný, preto tento krok pre zachovanie jednoduchosti nebudeme automatizovať v jadre programu pomocou skriptu.



Obrázok 6 – Pôvodná fotografia



Obrázok 7 – Fotografia s aplikovaným filtrom Edge Detection

Názvy fotografií označíme kvôli prehľadnosti celými číslami 1.jpg, 2.jpg, 3.jpg atď. Keď máme pripravený vstup programu, pristúpime k písaniu samotného zdrojového kódu. Vytvoríme si nový dynamické web projekt v Eclipse vytvoríme triedu Ocr, v ktorej budeme realizovať logiku rozpoznávania. V tejto fáze potrebujeme implementovať samotné rozpoznávanie. Využijeme open-sourcový program na rozpoznávanie textu GOCR, ktorý budeme ovládať pomocou príkazového riadku. Prvú verziu GOCR vytvoril Joerg Schulenburg a momentálne vedie tím vývojárov, ktorí program stále vylepšujú. Pri vývoji využívajú prevažne svoje programátorské znalosti a nemajú špeciálne znalosti

v odbore umelej inteligencie. Program GORC používa preto jednoduché metódy rozpoznávania popísané v podkapitole 1.3.2. Keďže tento program vyžaduje na chod jednoduchý obrazový formát PPM. Obraz vo formáte PPM je reprezentovaný textovou maticou o rozmeroch pôvodného obrázku.

```

..@@@@@..@@@@@..      ..==III..==II.. dx=16 dy=15
..@@@@@@@@@@@@.@@@.  ..==III===.III. thickness 2 to 3
...@@@@@...@@@.      ....III==...III.
...@@@...@@@.        ....III=...III.
...@@@...@@@.        ....III.....III.
...@@@...@@@.        ....III.....III.
...@@@...@@@.        ...IIII.....III.
...@@@...@@@.        ...III.....III.
...@@@...@@@.        ...III.....III.
...@@@...@@@@.       ...III.....IIII.
...@@@...@@@@.       ...III.....IIII.
...@@@...@@@.        ...III.....III..
..@@@@...@@@.        ..IIII.....III..
..@@@@...@@@.        ..IIII.....IIII..
@@@@@@@@@@@@@@@@@@@  =====

```

Obrázok 8 – Reprezentácia písmena „n“ vo formáte PPM (vľavo) a konverzia vykonaná programom GORC (vpravo)

Potrebujeme teda implementovať ešte ďalší open-sourcový program Nconvert, ktorý nám naše vstupné fotografie prekonvertuje na formát PPM. Tieto procesy bude vykonávať nasledujúci kód:

```

public class Ocr {
    static String Znacka;
    public static String getZnacka() throws InterruptedException {

        int pocet=(new
File("C:/Users/Michal/workspace/TKACIK/vstup").list().length);
        System.out.println(pocet);
        if (pocet>0){

            int cisloSnimky= (((new
File("C:/Users/Michal/workspace/TKACIK/spracovane").list().length))+1);
            try {
                StringBuffer cesta = new StringBuffer("cmd /c c:/nconvert -
out ppm -o .ppm C:/Users/Michal/workspace/TKACIK/vstup/.jpg");
                cesta.insert(75,cisloSnimky);
                cesta.insert(31,cisloSnimky);
                String cestaS=cesta.toString();
                System.out.println(cestaS);
                Process p =Runtime.getRuntime().exec(cestaS);
                p.waitFor();
                p.destroy();
                StringBuffer cesta2 = new StringBuffer("cmd /c c:/gocr049.exe
-c string 0-9A-Z -o .txt .ppm");
                cesta2.insert(43,cisloSnimky);
                cesta2.insert(49,cisloSnimky);
                System.out.println(cesta2);

```

```
String cesta2S=cesta2.toString();
    p=Runtime.getRuntime().exec(cesta2S);
    p.waitFor();
    p.destroy();
```

Teraz vytvoríme v adresári nášho projektu zložky Vstup a Spracované a do zložky vstup vložíme predtým pripravené fotografie. Kód:

```
StringBuffer cesta4 = new
StringBuffer("C:/Users/Michal/workspace/TKACIK/vstup/.jpg");
    cesta4.insert(39,cisloSnimky);
    String cesta4S=cesta4.toString();
    File file = new File(cesta4S);

    File dir = new
File("C:/Users/Michal/workspace/TKACIK/spracovane");
    boolean success = file.renameTo(new File(dir,
file.getName()));
```

Zabezpečí, že každá spracovaná fotografia bude presunutá do zložky „spracované“. Podľa počtu fotografií v zložkách „Vstup“ a „Spracované“ program vyhodnocuje koľko fotografií ešte čaká na spracovanie a určuje číslovanie fotografií nutné na správne adresovanie ciest k spracovávaným súborov.

```
try {
    StringBuffer cesta3 = new StringBuffer(".txt");
    cesta3.insert(0,cisloSnimky);
    String cesta3S=cesta3.toString();
    System.out.println(cesta3S);
    BufferedReader in = new BufferedReader(new
FileReader(cesta3S));
    String str;
    while ((str = in.readLine()) != null) {
        Pattern pa = Pattern.compile("."+[A-Z0-9]{6}."+");
        Matcher m = pa.matcher(str);
        boolean matchFound = m.matches();
        if(matchFound){
            String resultString =
str.replaceAll("[^\\p{Upper}\\p{N}]", "");
            final int gc = m.groupCount();
            String
zoznamZnaciek=("BABLBTBBBJBNBRBSBYCADKDSDTGAGLHCHEILKAKEKKKMKNKSLCLELMLVM
AMIMLMTMYNRNMNONZPBPDPPEPKPNOPPPPTPURA");
                for (int i=0;i<96;i++) {
                    String
temp=zoznamZnaciek.substring(i+1,i+2);
                    if
((str.indexOf(temp)>-1)){
                        String
znacka=str.substring(str.indexOf(temp),(str.indexOf(temp)+7));
                        System.out.println(znacka);
```

```

        Znacka=znacka;
    }
        break;
    }}
    else {
        String resultString =
str.replaceAll("[^\\p{Upper}\\p{N}]", "");
        System.out.println(resultString);
        Pattern pa2 = Pattern.compile("[A-
Z0-9]{6}.+");
        Matcher m2 =
pa.matcher(resultString);
        boolean matchFound2 = m.matches();
        if(matchFound){
            System.out.println("ano");

            final int gc = m.groupCount();
            String
zoznamZnaciek=( "BABLBTBBBJBNBRBSBYCADKSDTGAGLHCHEILKAKEKKMKMKNKSLCLELMLVM
AMIMLMTMYNRNMNONZPBPDPPEPKPNPOPPPTPURA");
            for (int i=0;i<96;i++) {
                String
temp=zoznamZnaciek.substring(i+1,i+2);
                if
                ((resultString.indexOf(temp)>-1)){
                    String
znacka=resultString.substring(resultString.indexOf(temp),(resultString.in
dexOf(temp)+7));
                    System.out.println(znacka);
                    Znacka = znacka;
                }
            }
        }
        break;
    }
}
    else {String
zoznamZnaciek=( "BABLBTBBBJBNBRBSBYCADKSDTGAGLHCHEILKAKEKKMKMKNKSLCLELMLVM
AMIMLMTMYNRNMNONZPBPDPPEPKPNPOPPPTPURA");
        for (int i=0;i<48;i=i+2) {
            String
temp=zoznamZnaciek.substring(i,i+2);

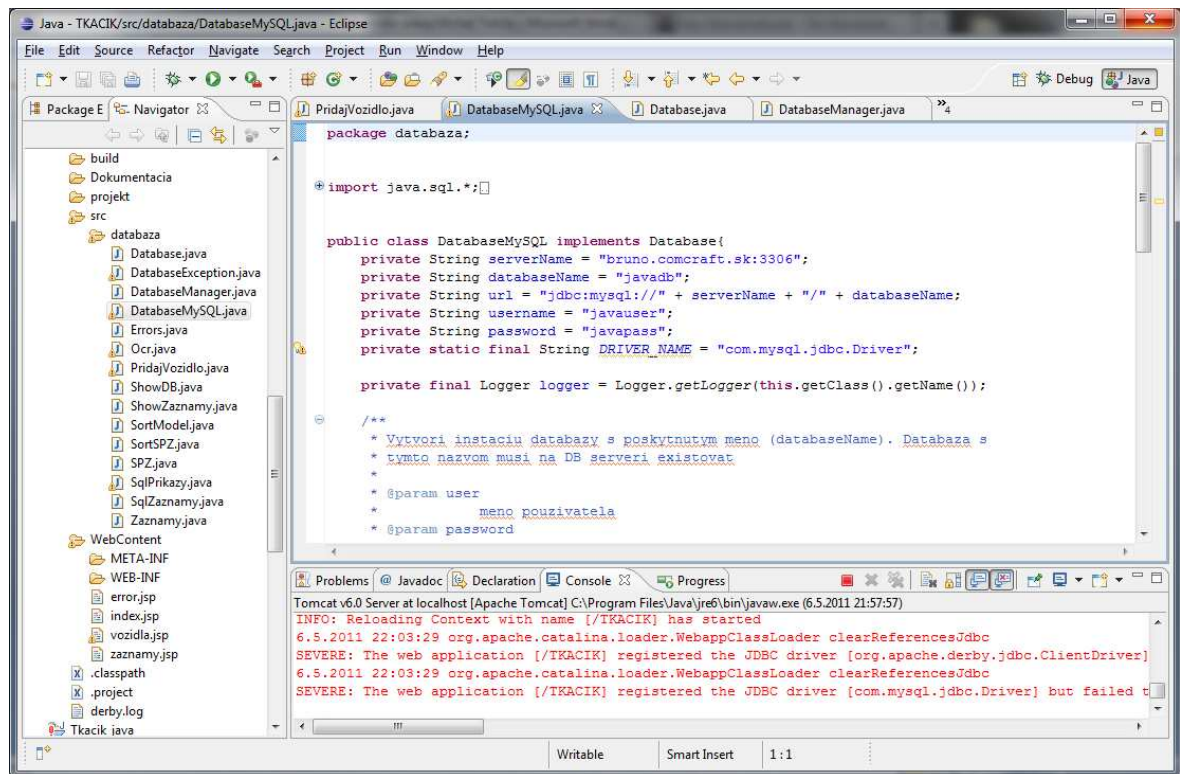
            if
            ((resultString.indexOf(temp)>-1)){
                String
znacka=resultString.substring(resultString.indexOf(temp),(resultString.in
dexOf(temp)+7));
                System.out.println("Znacka auta je" +
znacka);
                Znacka =
znacka;
            }
        }
    }
}

```

V tejto časti programu je realizované vyhľadávanie ŠPZ v texte, ktorý rozpoznal program GOCR. Pozostáva z troch štádií. V prvom prehľadáva výstup pre výskyt 7-miestnych slov pozostávajúcich z veľkých písmen a čísiel zodpovedajúcim slovenským

poznávacím značkám. Druhá fáza pracuje na rovnakom princípe, ale najprv odstráni všetky ostatné nealfanumerické znaky. V prípade úspechu vráti funkcia getZnacka() reťazcovú premennú Znacka. Tretia fáza už počíta s neúplným rozpoznaním ŠPZ a vráti 7 alfanumerických znakov nasledujúcich po niektorom z dvojčísli predstavujúcich skratky pre okresy na slovenských ŠPZ.

Potrebujeme ešte realizovať ukladanie výsledkov rozpoznávania do SQL databázy. Požijeme štandardnú implementáciu prístupu do databázy SQL pomocou niekoľkých tried:



Obrázok 9 – Triedy slúžiace na obsluhu databázy

Tento výsek kódu potom zabezpečuje zápis rozpoznaných ŠPZ do databázy:

```
protected void doPost(HttpServletRequest request, HttpServletResponse
response) throws ServletException, IOException {
    // TODO Auto-generated method stub
```

```
    SqlPrikazy sqlprikazy = new SqlPrikazy();
    SPZ spz = new SPZ();
    try {
        spz.setSPZ(Ocr.getZnacka());
    } catch (InterruptedException e) {
        // TODO Auto-generated catch block
        e.printStackTrace();
    }
```

Poslednou úlohou je vytvorenie používateľského rozhrania. To realizujeme pomocou webovej jsp stránky, na ktorej budeme zobrazovať výstup databázy a tlačidlo na ovládanie procesu rozpoznávania. Túto stránku budeme zobrazovať lokálne pomocou TOMCAT serveru a http servletu. Ukážka časti html kódu na zobrazenie databázy:

```
<html>
<head>
<link rel="stylesheet" type="text/css" href=".css">
<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=ISO-8859-1">
<title>DATABAZA VOZIDIEL</title>
</head>
<body>
<a href="index.jsp">Navrat domov</a>
<div style="border-style: solid; border-color: green; width: 80%;">
<h3>Pridat vozidlo do evidencie </h3>
<form action="PridajVozidlo" method="post">
</select>

<p></p>
    <input type="submit" name="button" id="button" value="Pridat"
/></form>
```



## 4. Výsledky záverečnej práce

Táto kapitola je venovaná priebehu realizácie tvorby nášho systému rozpoznávania ŠPZ od fázy jeho návrhu až po konečný výsledok.

### 4.1 Návrh systému rozpoznávania ŠPZ vozidiel

Na vytvorenie návrhu systému rozpoznávania ŠPZ vozidiel potrebujeme mať splnené úlohy 1. a 2. definované v kapitole 2. Cieľ záverečnej práce. Po splnení týchto úloh máme dostatočné znalosti na tvorbu systému a máme zaobstarané aj potrebné technické a programové vybavenie. Môžeme si tak vytvoriť štrukturálnu schému nášho systému.

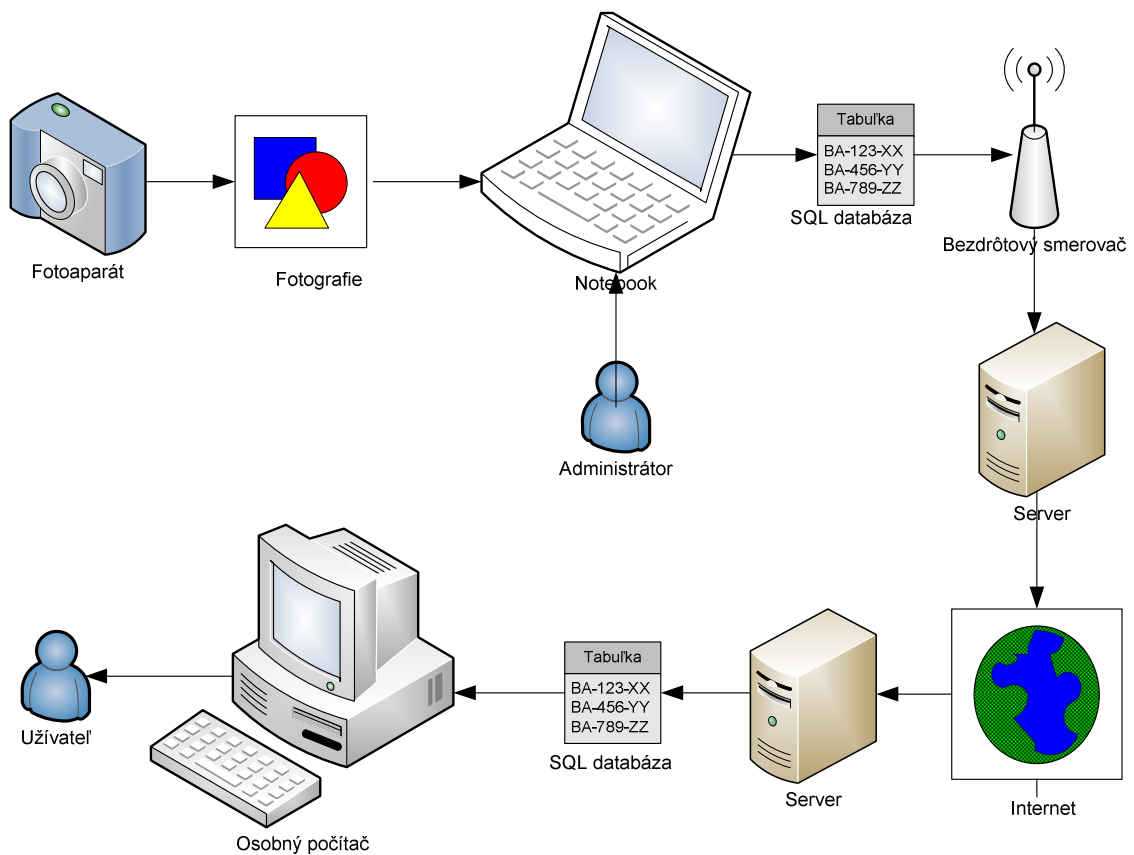


Schéma 1 – Štrukturálna schéma systému rozpoznávania ŠPZ vozidiel [Zdroj: vlastná schéma]



Pomocou vývojového diagramu si vytvoríme postupnosť procesov programovej časti nášho systému. Tento diagram nám potom bude slúžiť ako kostra pri prísaní jadra programu, takisto nám môže pomôcť vytvoriť si lepší obraz o činnosti programu a správne navrhnuť štruktúru programu, pomocou tried a modulov.

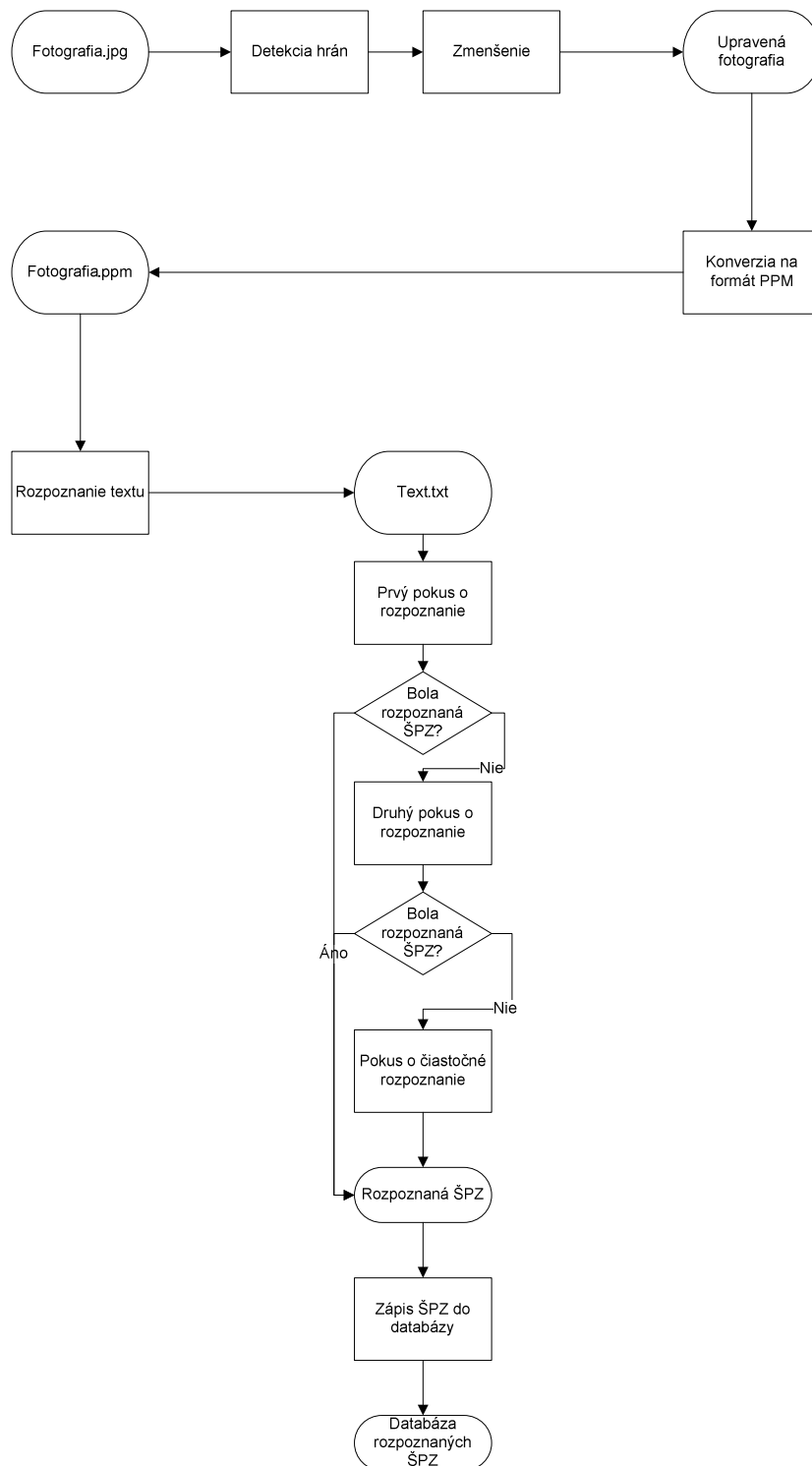
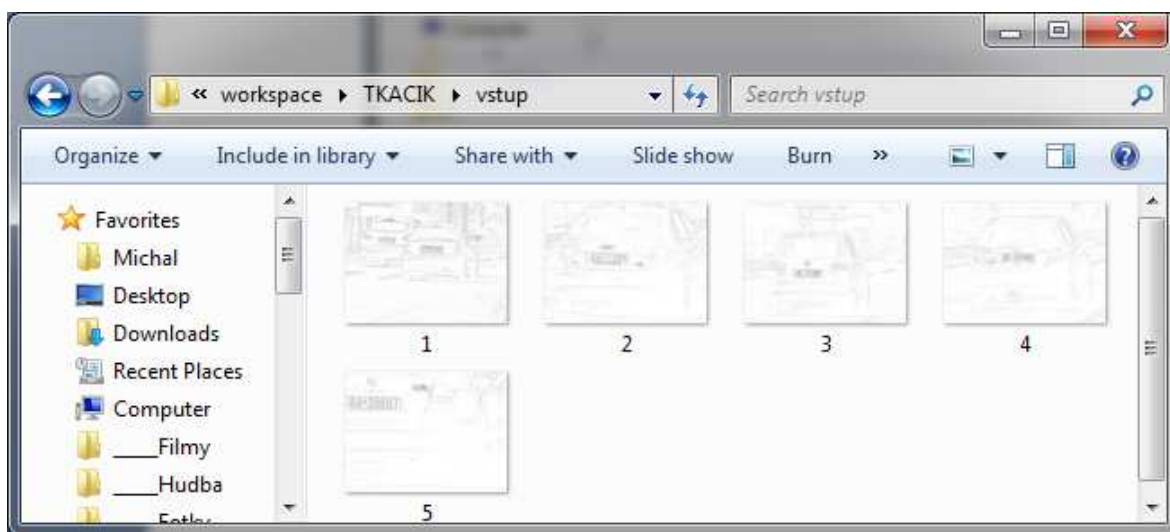


Schéma 2 – Priebeh procesu rozpoznávania ŠPZ

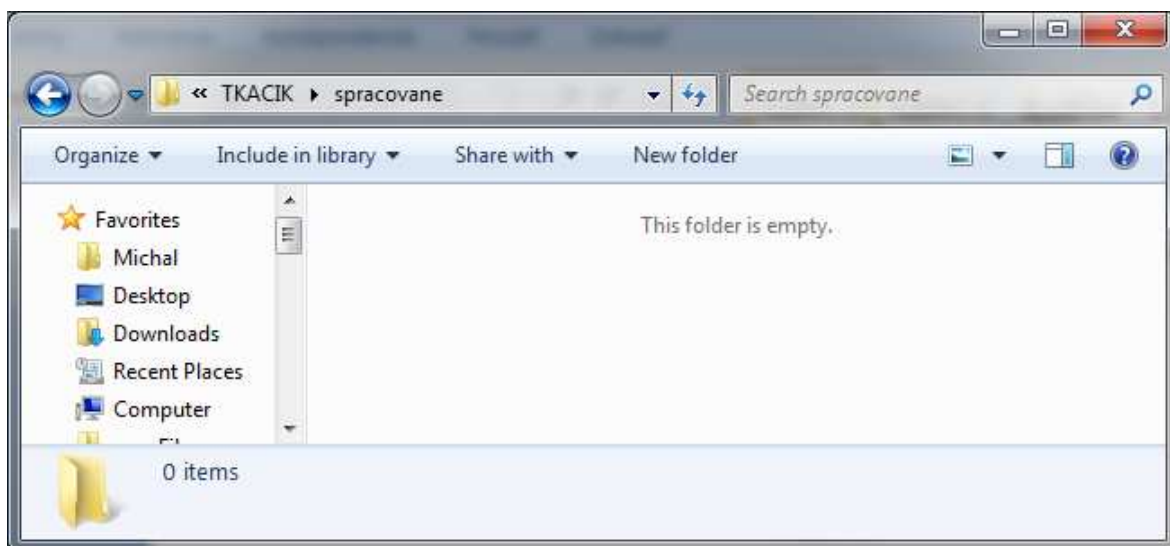
## 4.2 Realizácia systému rozpoznávania ŠPZ vozidiel

Pri realizácii systému rozpoznávania ŠPZ sa môžeme držať vymedzených úloh realizácie, ktoré sme si určili v kapitole 2. Cieľ záverečnej práce.

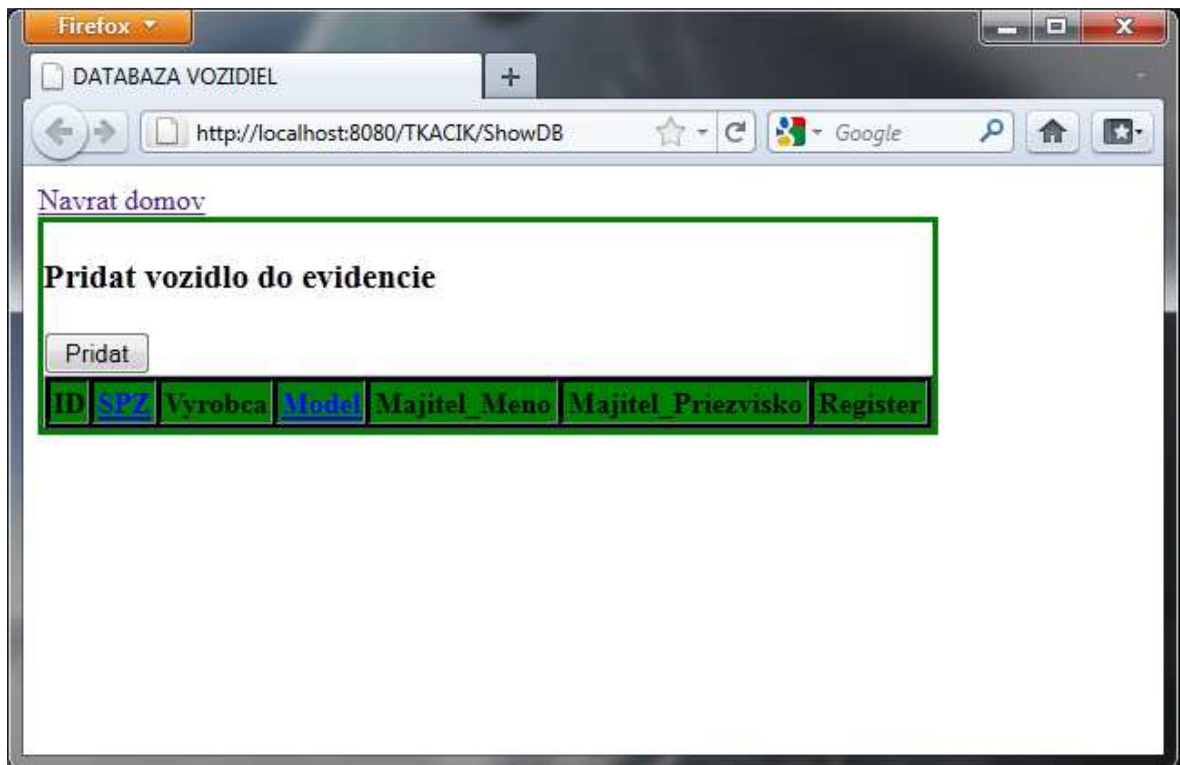
Po úspešnej realizácii nášho systému na rozpoznávanie ŠPZ vozidiel ho na praktickom príklade otestujeme a zhodnotíme či bol splnený cieľ v kapitole 2. Budeme uvažovať stav v počiatočnej fáze rozpoznávanie, kedy je databáza prázdna a všetky testovacie fotografie čakajú na vstupe.



Obrázok 10 – Vstupný adresár

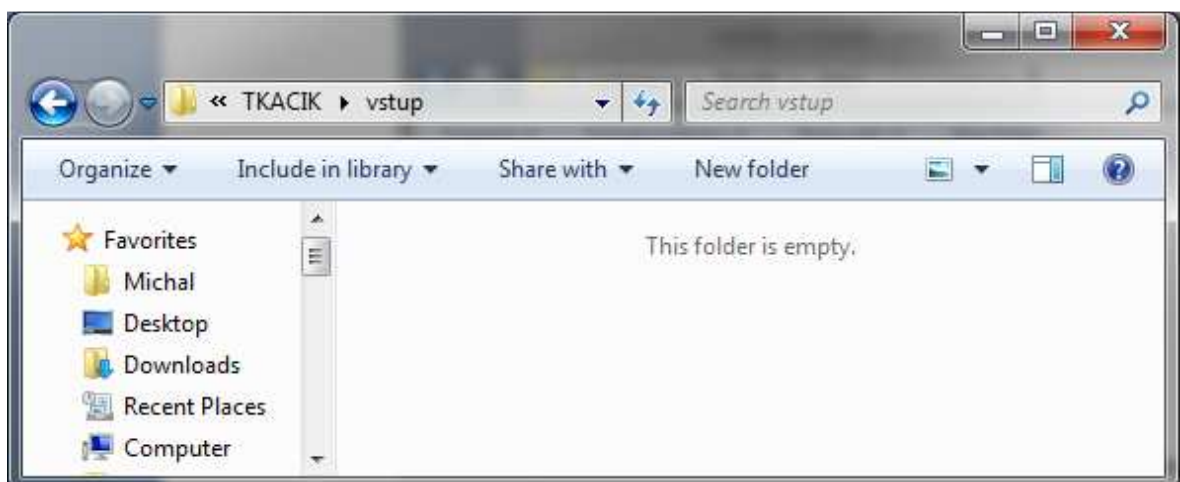


Obrázok 11 – Adresár so spracovanými fotografiami

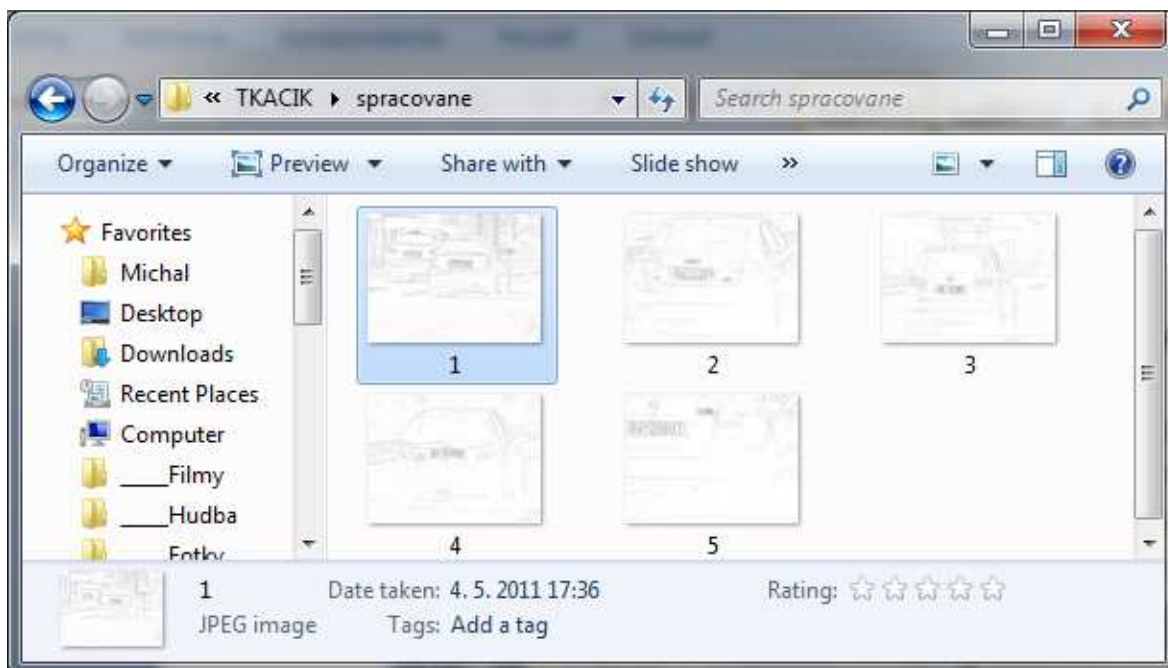


Obrázok 12 – webové rozhranie systému na rozpoznávanie ŠPZ

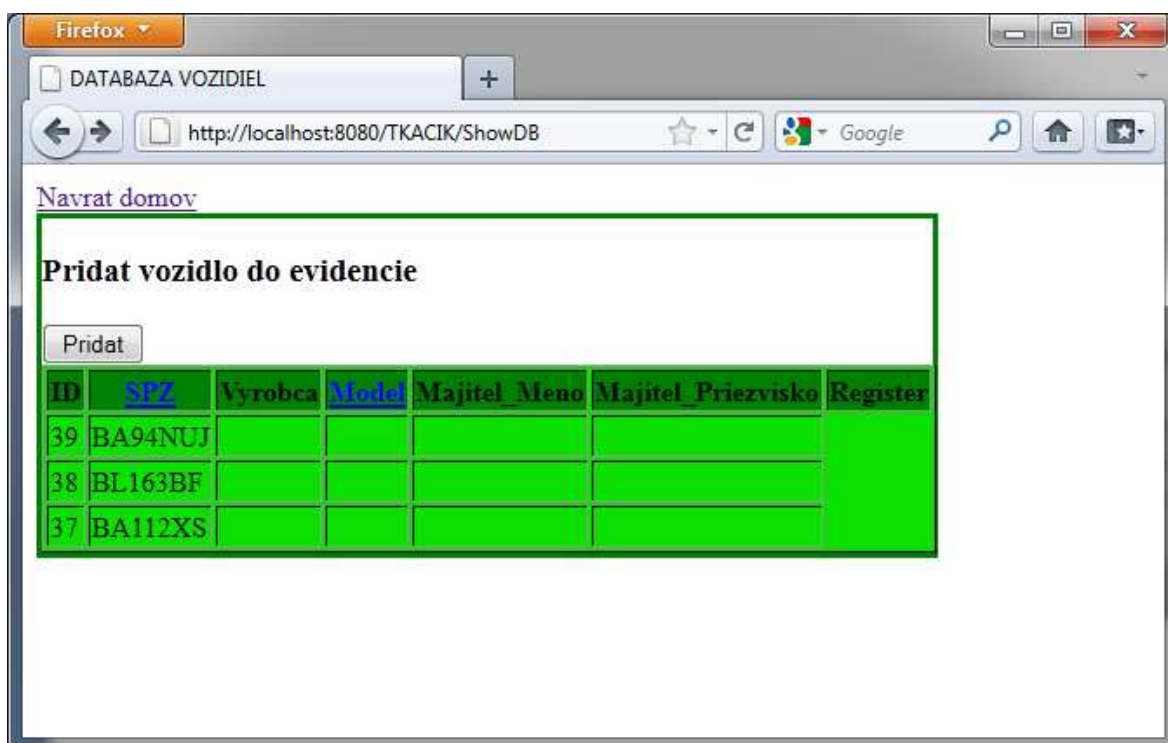
Teraz prostredníctvom webového prehliadača môžeme rozpoznávať jednotlivé vozidlá a výsledky pridať do databázy. Až dosiahneme stav, že vo vstupnom adresári nie sú žiadne ďalšie fotografie a v adresári „spracované“ sú umiestnené všetky spracované fotografie. Na webovej stránke vidíme databázu s 3 rozpoznanými ŠPZ.



Obrázok 13 – Prázdny vstupný adresár



Obrázok 14 – Spracované fotografie



Obrázok 15 – Databáza rozpoznaných ŠPZ

Došlo k správne mu rozpoznaniu 2 ŠPZ a ŠPZ BA-949NU bola nesprávne rozoznaná ako BA-94NUJ. Zvyšné dve testovacie fotografie, ktoré neboli rozpoznané reprezentovali modelový príklad zle vyhotovených vstupných fotografií a dokazujú dôležitosť potreby kvalitných zdrojov pri tvorbe podobných systémov.



Obrázok 16 – Zlá kompozícia vstupnej fotografie (viacero vozidiel, neskoré zosnímanie)



Obrázok 17 – Nevhodná vstupná fotografia (príliš veľké priblíženie, zlá ostrosť)

## 5. Diskusia

Náš systém rozpoznávania ŠPZ je navrhnutý na demonštrovanie základných funkcií a procesov rozpoznávania a slúži na študijné účely. Oproti komerčným systémom rovnakého zamerania tak nedosahuje stopercentnú automatizáciu. Jeho úspešnosť pri rozpoznávaní je už kvôli jeho povahe a určeniu značne obmedzená. Pre úspešnosť rozpoznávania by bolo treba splniť dva hlavné predpoklady. Prvým je konštantná kvalita a štruktúra vstupných fotografií. Tento predpoklad sa dá splniť len pevným umiestnením profesionálneho priemyselného fotoaparátu do optimálnej polohy (na konštrukciu nad vozovkou). Ďalšie podporné zariadenia sú potrebné pre detekciu prechádzajúceho vozidla.

Druhým predpokladom je použitie prepracovaného softvéru na rozpoznávanie textu s vysokou úspešnosťou. Takýto softvér je komerčne dostupný a je časovo výhodnejšie a ekonomickejšie ho zakúpiť a implementovať do systému, ako vyvíjať vlastný softvér pre rozpoznávanie (vývoj takého softvéru trvá niekoľko rokov).

Po splnení týchto predpokladov by nasledoval ešte rozsiahly test, pri ktorom by sa systém ladil pre dosiahnutie maximálnej možnej úspešnosti.

Možnosti uplatnenia nášho systému v praxi by mohli byť napríklad vo forme systému na počítanie priemernej rýchlosti vozidiel na určitom úseku. Na tento účel by sme potrebovali systém rozšíriť o niekoľko fotoaparátov alebo kamier umiestnených na danom úseku cesty. Do programového jadra nášho systému by sme doplnili funkciu získavania časovej pečiatky fotografií z Exif súboru, ktorý vytvára fotoaparát a je súčasťou každej digitálnej fotografie. Pomocou známej vzdialenosti medzi fotoaparátmi a rozdielu časov pri rozpoznaní tej istej ŠPZ by systém vypočítal priemernú rýchlosť každého rozpoznaného vozidla. Databáza nášho systému je pripravená na jednoduché rozšírenie zaznamenaných údajov. Prepojením našej databázy obsahujúcej ŠPZ a priemerné rýchlosti vozidiel (prípadne aj sériu fotografií) s policajnou evidenciou vozidiel by sme získali komplexný systém na identifikáciu a dokazovanie priestupku porušenia maximálnej povolenej rýchlosti na danom úseku.

## Záver

Náš test, ktorý sme vykonali v kapitole 4. Výsledky záverečnej práce môžeme vyhodnotiť ako úspešný. Podarilo sa nám splniť všetky čiastkové úlohy cieľa, ktoré sme si definovali v kapitole 2. „Cieľ záverečnej práce“. Analytické úlohy cieľa sme rozpracovali v kapitole 1. „Existujúce informačné systémy v oblasti dopravy využívajúce prvky umelej inteligencie“. Úlohy identifikácie a získavania potrebných prostriedkov na realizáciu systému, spolu so samotnou realizáciou sme splnili v kapitole 3. „Použitie metodológie, metódy a nástroje“.

Cieľ tejto záverečnej práce, ktorým bola tvorba jednoduchého systému rozpoznávania ŠPZ vozidiel, sme splnili. Výsledkom našej práce je funkčný systém, ktorý je z väčšej časti automatizovaný. Zvýšenie miery automatizácie v podobe automatického získavania vstupných dát by predstavovalo nutnosť obstarania ďalších, finančne náročných technických prostriedkov. Takto rozšírený systém by sme už nemohli označovať ako jednoduchý, ako je špecifikované v našom ciele. Napriek tomu je náš systém navrhnutý tak, že počíta aj s takýmto potenciálnym rozšírením. Celé programové vybavenie (okrem operačného systému) použité pri tvorbe systému spolu so softvérom implementovaným priamo do systému je voľne dostupné na internete v podobe freeveru. Náš systém tak nie je závislý od žiadnej licencie a môžeme ho ľubovoľne modifikovať a rozširovať. Jadro systému je navrhnuté s dodržaním pravidla programovania voči rozhraniu, čo robí náš systém otvorený voči zmenám. Použitím otvorených štandardov sme dosiahli multiplatformovosť. Celý systém môže s menšími úpravami bežať aj na operačnom systéme Linux a jeho výstup vo forme databázy je zobraziteľný na ľubovoľnom počítači s webovým prehliadačom.

Zhodnotením výsledku analytickej časti záverečnej práce sme získali objektívny prehľad problematiky inteligentných dopravných systémov. Zavádzanie týchto systémov je v súčasnosti otázkou výrazného zlepšenia plynulosti dopravných prúdov a bezpečnosti cestnej premávky. Ich význam však bude v budúcnosti ešte rásť a stane neoddeliteľnou časťou cestnej dopravy. Vývoj oblasti rozpoznávania obrazu spolu s mnohými ďalšími oblasťami využívanými systémami riadenia a kontroly dopravy bude pre cestnú dopravu kľúčový. Ak zoberieme do úvahy dôležitosť cestnej dopravy pre svetové ekonomiky a pre modernú spoločnosť, môžeme úlohy budovania inteligentných dopravných systémov zaradiť k budúcim ale aj súčasným prioritným cieľom rozvoja mnohých vyspelých krajín.

## Zoznam použitej literatúry

### Internetové zdroje

- [1] Dnes, <http://dnes.atlas.sk/svet/106481/>, 5.7.2007
- [2] REUTERS, <http://economictimes.indiatimes.com/news/news-by-industry/auto/automobiles/global-car-numbers-to-go-up-by-2050-ghosn/articleshow/3086585.cms>, 30.5.2008
- [3] ITS Slovakia, <http://www.its-sk.com/content/o-zdruzeni>, 2011
- [4] ITS Slovakia, <http://www.its-sk.com/content/doprava-uloha-inteligentnych-dopravnich-systemov>, 2011
- [5] SOFTECON, Matiaško a kol., [http://www.softec.sk/files/Softecon/Softecon2006/Matiasko\\_SOFTECON2006.pdf](http://www.softec.sk/files/Softecon/Softecon2006/Matiasko_SOFTECON2006.pdf), 2006
- [6] SKYTOLL, <http://www.skytoll.sk/spolocnost.html> , 2011
- [7] SITA, <http://zilina.sme.sk/c/5698642/na-myte-budu-testovat-inteligentne-dopravne-systemy.html>, 2010
- [8] Umelá inteligencia, expertné systémy, <http://fstroj.utc.sk/journal/sk/48/48.htm>, 2011
- [9] Ftáčnik Milan- prednáška, <http://www.sccg.sk/~ftacnik/RO3.pdf>, s.1, 2009
- [10] D-Lib Magazine, <http://www.dlib.org/dlib/march09/holley/03holley.html>, 2009
- [12] Milan Ftáčnik- prednáška, <http://www.sccg.sk/~ftacnik/RO3.pdf>, s.3-4, 2009
- [13] Kotek, Mařík, Hlaváč, Psutka, Zdráhal: Metody rozpoznávání a jejich aplikace, Academia Praha 1993, dostupné na: <http://www.sccg.sk/~ftacnik/RO11.pdf>
- [14] Milan Ftáčnik- prednáška, <http://www.sccg.sk/~ftacnik/RO3.pdf>, s.7, 2009
- [15] Kotek, Mařík, Hlaváč, Psutka, Zdráhal: Metody rozpoznávání a jejich aplikace, Academia Praha 1993, dostupné na: <http://www.sccg.sk/~ftacnik/RO11.pdf>



## **Články z elektronických časopisov**

- [11] Rozpoznávání obrazu, Automatizace, ročník 51, číslo 12, December 2008, s754,  
Dostupné na: <http://www.automatizace.cz/article.php?a=2379>

## **Študijná literatúra použitá pri tvorbe systému rozpoznávania ŠPZ**

Pavel Herout, Učebnice jazyka Java, Praha: Kopp, 2007, ISBN 8072321153

Řada PROJEKCE, Sběr a příprava vstupních dat metodou OCR, Praha:UVTEI,  
1980, UVTEI 5353