

Slovenská technická univerzita v Bratislave  
Fakulta informatiky a informačných technológií

FIIT-13428-47977

Bc. Róbert Chytil

SYSTÉM NA ZABRÁNENIE MIKROSPÁNKU  
VODIČOV

Diplomová práca

Vedúci práce: Ing. Matej Jurikovič

máj 2012

Slovenská technická univerzita v Bratislave  
Fakulta informatiky a informačných technológií

FIIT-13428-47977

Bc. Róbert Chytil

SYSTÉM NA ZABRÁNENIE MIKROSPÁNKU  
VODIČOV

Diplomová práca

Študijný program: Počítačové a komunikačné systémy a siete

Študijný odbor: 9.2.4 Počítačové inžinierstvo

Miesto vypracovania: Ústav počítačových systémov a sietí, FIIT STU Bratislava

Vedúci práce: Ing. Matej Jurikovič

máj 2012

## **Anotácia**

Slovenská technická univerzita v Bratislave

FAKULTA INFORMATIKY A INFORMAČNÝCH TECHNOLOGIÍ

Študijný program: POČÍTAČOVÉ A KOMUNIKAČNÉ SYSTÉMY A SIETE

Autor: Bc. Róbert Chytil

Diplomová práca: Systém na zabránenie mikrosnánku vodičov

Vedúci diplomovej práce: Ing. Matej Jurikovič

máj, 2012

Cieľom tejto práce bolo analyzovať problematiku úzko spätú so systémami na zabránenie mikrosnánku vodičov. V rámci analýzy sa skúmal pojem mikrosnánok, teda čo môžeme za tento jav považovať, kedy nastáva, ako sa mu môžeme vyhnúť a aké má následky. Najväčší dôraz bol kladený na analýzu existujúcich riešení, ktoré boli navzájom porovnávané podľa viacerých kritérií. Na základe existujúcich riešení bol navrhnutý systém pozostávajúci z viacerých modulov a používateľského rozhrania. Každý z modulov zabezpečuje istú funkcionality systému, počnúc spracovaním záznamu z kamery, identifikovaním tváre a očí, alebo samotnou signalizáciou. Po návrhu boli do modulov implementované algoritmy na zaznamenávanie a vyhodnocovanie stavu únavy. Ako výsledok vznikol systém, ktorý je schopný na základe záznamu z kamery v reálnom čase určiť stav únavy vodičov. Funkčnosť systému bola overená v reálnom prostredí.

## **Annotation**

Slovak University of Technology Bratislava

FACULTY OF INFORMATICS AND INFORMATION TECHNOLOGIES

Degree Course: COMPUTER AND COMMUNICATION SYSTEMS AND NETWORKS

Author: Bc. Róbert Chytil

Master's Theses: System to prevent the drivers' drowsiness

Supervisor: Ing. Matej Jurikovič

2012, May

The aim of this work was to analyze the issues that are closely connected to systems which are meant to prevent the drivers' drowsiness. Within analysis the term of micro-sleep was researched: what is meant by this term, when does it take place, how can we avoid it and what are its consequences. The main part of this analysis was focused on the already existing solutions, which were compared to each other according to various criteria. Based on the existing solutions a system consisting of several modules and user interface was designed. Each module provides some functionality of the system, from processing of the camera recording, through face and eye identifying, or the alarm itself. After the system was designed, algorithms of recording and evaluating the state of fatigue were implemented to the modules. As a result, a system was generated, which was able to determine the state of fatigue from record of the camera in real time. The functionality of the system was verified in real environment.

## **Čestné prehlásenie**

Čestne prehlasujem, že som diplomovú prácu vypracoval samostatne a pri jej písaní som použil iba zdroje uvedené v zozname použitej literatúry.

## **Pod'akovanie**

Chcel by som sa pod'akovať Ing. Matejovi Jurikovičovi za jeho odborné vedenie tejto práce, ako aj za cenné rady, ktoré mi poskytol počas písania dokumentu.

# Obsah

<b>0</b>	<b>ÚVOD .....</b>	<b>11</b>
0.1	PREHLAD DOKUMENTU .....	11
0.2	POUŽITÁ NOTÁCIA .....	12
0.3	ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK .....	13
0.4	ZOZNAM OBRÁZKOV .....	14
0.5	ZOZNAM TABULIEK .....	16
<b>1</b>	<b>ANALÝZA .....</b>	<b>17</b>
1.1	MIKROSPÁNOK .....	17
1.1.1	Čo môžeme považovať za mikrospánok? .....	17
1.1.2	Čo spôsobuje mikrospánok .....	17
1.1.3	Vyhýbanie sa mikrospánku .....	18
1.1.4	Následky mikrospánku .....	19
1.2	METÓDY ZAZNAMENÁVANIA ÚNAVY .....	20
1.2.1	Miera otvorenia očného viečka .....	20
1.2.2	Výraz tváre .....	20
1.2.3	Pozícia jazdného pruhu .....	21
1.2.4	Pohyb volantu a plynového pedála .....	21
1.2.5	Vodivosť kože .....	21
1.2.6	Pulz oximetrie .....	21
1.3	OPIS EXISTUJÚCICH RIEŠENÍ .....	22
1.3.1	Systemy automobiliek .....	22
1.3.1.1	Lexus .....	22
1.3.1.2	Mercedes-Benz .....	24
1.3.1.3	BMW .....	25
1.3.1.4	Volkswagen .....	26
1.3.2	Systemy mimo automobiliek .....	27
1.3.2.1	Detektor očí .....	27
1.3.2.2	Siemens IR-LED .....	27
1.3.3	System Funtoro .....	28
1.3.3.1	Funtoro server BV-105 .....	28
1.3.3.2	Funtoro displej BM-171 .....	29
1.3.3.3	Funtoro kamera MOD .....	30
1.3.4	Iné systémy .....	30

1.3.4.1	Keetech DTK 100 .....	31
1.3.4.2	Zaper Z11 .....	31
1.3.5	<i>Porovnanie existujúcich riešení</i> .....	32
1.4	ZHODNOTENIE ANALÝZY.....	33
<b>2</b>	<b>OPIS RIEŠENIA .....</b>	<b>34</b>
2.1	NÁVRH RIEŠENIA.....	34
2.1.1	<i>Špecifikácia požiadaviek</i> .....	34
2.1.1.1	Funkcionálne požiadavky.....	34
2.1.1.2	Nefunkcionálne požiadavky .....	35
2.1.1.3	Diagramy prípadov použitia systému .....	35
2.1.2	<i>Výber implementačného prostredia</i> .....	36
2.1.3	<i>Základná funkčnosť systému</i> .....	37
2.1.4	<i>Návrh modulov systému</i> .....	38
2.1.4.1	Spracovanie záznamu z kamery .....	38
2.1.4.2	Prehľadávanie obrázkov na základe obrazových bodov.....	39
2.1.4.3	Zistenie obrazového bodu tváre .....	41
2.1.4.4	Zistenie obrazového bodu očí .....	44
2.1.4.5	Signalizácia.....	45
2.1.5	<i>Návrh používateľského rozhrania</i> .....	47
2.1.5.1	Okno menu .....	49
2.1.5.2	Okno snímania.....	49
2.1.5.3	Okno štatistík.....	50
2.1.5.4	Okno nastavení.....	51
2.1.5.5	Okno kalibrácie.....	51
2.1.6	<i>Revízia návrhu riešenia</i> .....	51
2.1.6.1	Spracovanie záznamu z kamery .....	52
2.1.6.2	Okno snímania.....	52
2.1.6.3	Výber implementačného prostredia.....	52
2.2	IMPLEMENTÁCIA.....	53
2.2.1	<i>Implementácia modulov systému</i> .....	53
2.2.1.1	Spracovanie záznamu z kamery .....	53
2.2.1.2	Prehľadávanie obrázkov na základe obrazových bodov.....	55
2.2.1.3	Zistenie obrazového bodu tváre .....	55
2.2.1.4	Zistenie obrazového bodu očí .....	56
2.2.1.5	Signalizácia.....	56
2.2.2	<i>Implementácia používateľského rozhrania</i> .....	57
2.2.2.1	Okno menu .....	57



2.2.2.2	Okno snímania.....	57
2.2.2.3	Okno štatistík.....	58
2.2.2.4	Okno nastavení.....	59
2.2.2.5	Okno kalibrácie.....	59
2.3	OVERENIE RIEŠENIA.....	60
2.3.1	<i>Podmienky funkčnosti systému</i> .....	60
2.3.2	<i>Testovanie systému</i> .....	61
2.3.2.1	Test č. 1: Rozpoznávanie stavu únavy za dňa (1).....	62
2.3.2.2	Test č. 2: Rozpoznávanie stavu únavy za dňa (2).....	63
2.3.2.3	Test č. 3: Rozpoznávanie stavu únavy počas západu slnka (1) .....	64
2.3.2.4	Test č. 4: Rozpoznávanie stavu únavy počas západu slnka (2) .....	65
2.3.2.5	Test č. 5: Rozpoznávanie stavu únavy v zamračenom počasí (1) .....	66
2.3.2.6	Test č. 6: Rozpoznávanie stavu únavy v zamračenom počasí (2) .....	67
2.3.2.7	Test č. 7: Rozpoznávanie stavu únavy v noci (1).....	68
2.3.2.8	Test č. 8: Rozpoznávanie stavu únavy v noci (2).....	69
2.3.2.9	Test č. 9: Rozpoznávanie stavu únavy v noci (3).....	70
2.3.2.10	Test č. 10: Automatické nastavovanie svetelných podmienok.....	71
<b>3</b>	<b>ZHODNOTENIE.....</b>	<b>72</b>
3.1	MOŽNÉ ROZŠÍRENIA SYSTÉMU .....	73
<b>4</b>	<b>TECHNICKÁ DOKUMENTÁCIA.....</b>	<b>74</b>
4.1	DOKUMENTÁCIA K IMPLEMENTÁCII .....	74
4.1.1	<i>Algoritmus prehľadávania obrázkov na základe obrazových bodov</i> .....	74
4.1.2	<i>Algoritmus zistenia obrazového bodu tváre a očí</i> .....	75
4.2	DOKUMENTÁCIA K POUŽÍVANIU A ÚDRŽBE .....	77
<b>5</b>	<b>ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY .....</b>	<b>83</b>
<b>PRÍLOHA A:</b>	<b>ELEKTRONICKÉ MÉDIUM .....</b>	<b>86</b>

## **0 Úvod**

V súčasnej dobe je vývoj technológií obrovský a zasahuje do každej oblasti. Nie je tomu inak ani v automobilovom priemysle. Niektoré technické inovácie uľahčujú každodenné aktivity, iné sa snažia zvýšiť bezpečnosť na cestách. Naším cieľom je aspoň trochu pomôcť ku zníženiu nehodovosti na cestách, ktoré sú zapríčinené mikrospankom vodičov. Vodič pri mikrospanku precitne, alebo úplne zaspí na pár sekúnd. Týchto pár sekúnd nevnímania môže spôsobiť ohrozenie či už samého seba, ale hlavne ostatných účastníkov cestnej premávky. Môže byť spôsobené nedostatkom spánku, teplom v kabíne a predovšetkým dlhou monotónnou jazdou. Kvôli poslednému spomenutému dôvodu vodiči mikrospanku podľahnú najčastejšie práve na diaľniciach. Účastníkmi sú najčastejšie profesionálni vodiči nákladných automobilov, ktorí majú síce stanovený maximálny možný počet odjazdených hodín, no niektorí to nerešpektujú, a práve vtedy sa zvyšuje riziko mikrospanku.

### **0.1 Prehľad dokumentu**

Dokument je rozdelený na 5 kapitol a zaoberá sa so systémami na zabránenie mikrospanku vodičov. Prvá kapitola je venovaná analýze problematiky. V nej sa vysvetľuje pojem mikrospanok a všetko čo s ním súvisí, ako napríklad čo môžeme považovať za mikrospanok, aké má následky, ako sa mu máme vyhnúť a čo ho spôsobuje. Súčasťou tejto kapitoly sú tiež metódy zaznamenávania mikrospanku, akým je napríklad metóda sledovania očných viečok, sledovanie vozidla pomocou jazdného pruhu, sledovanie vodiča pomocou pohybu volantu a plynového pedála, pozorovanie vodivosti kože vodiča a metóda sledovania pulzu oximetrie. Po nich sú opísané jednotlivé zariadenia od spoločnosti Funtoro, ktoré sú použité v tomto systéme. Nasleduje najrozsiahlejšia časť analýzy, ktorou je opis jednotlivých existujúcich riešení, akými sú v prvom rade systémy automobiliek Lexus, Mercedes, BMW a Volkswagen. V tejto časti sú opísané i nezávislé systémy od spoločností, akým je napríklad Siemens. Spomenuté sú i jednoduché (označené ako iné) zariadenia, ktoré sú cenovo dostupné pre každého používateľa.

Druhá kapitola sa zaoberá opisom riešenia daného systému. Delí sa na 3 časti, na návrh riešenia, na implementáciu a overenie riešenia. Podkapitola návrhu riešenia sa zaoberá návrhom daného systému. Obsahuje špecifikáciu požiadaviek pre používateľa, odôvodnenie výberu implementačného prostredia a základnú funkčnosť systému, ktorá je rozdelená na moduly.

V ďalšom sú tieto moduly podrobne navrhnuté. K týmto modulom patria moduly na spracovanie záznamu z kamery, prehľadávanie obrázkov na základe obrazových bodov, zistenie obrazového bodu tváre, zistenie obrazového bodu očí a signalizácia. Na konci návrhu riešenia je navrhnuté používateľské rozhranie, ktoré je rozdelené na päť okien, pričom každé okno je podrobne navrhnuté. Po detailnom návrhu nasleduje časť revízie navrhnutého systému. Podkapitola implementácie má tú istú štruktúru ako návrh riešenia, avšak v tejto časti je opísaná podrobná implementácia navrhnutých modulov a okien. Na záver opisu riešenia je daný priestor overeniu riešenia, ktorá obsahuje podmienky funkčnosti systému a vykonané testy.

Tretia kapitola je celkovým zhodnotením projektu. Štvrtá kapitola je technická dokumentácia projektu. Jeho súčasťou je dokumentácia k implementácii a dokumentácia k používaniu a údržbe. Piata kapitola obsahuje zoznam použitej literatúry.

## 0.2 Použitá notácia

V tejto časti sú vysvetlené jednotlivé notácie použitých diagramov. Diagramy sú v kapitole návrhu riešenia vytvárané pomocou týchto notácií.

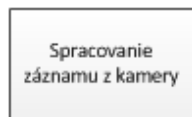


Riadiaci tok – Popisuje sled pripojených činností, pričom činnosť nachádzajúca sa vpravo (strana na ktorú šípka ukazuje) sa začne vykonávať keď činnosť na ľavej strane šípky skončí.



Počiatkový stav – Predstavuje stav na začiatku vykonávania sledu činností vývojového diagramu.

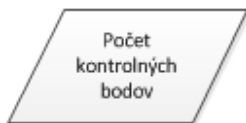
Konečný stav – Predstavuje stav na konci vykonávania sledu činností vývojového diagramu.



Akcia – Predstavuje činnosť, ktorá sa vykonáva medzi počiatkovým a konečným stavom.



Rozhodovací blok – Na základe hodnoty uvedeného výroku sa zvolí jedna z možností, ktorá platí.



Hodnota – Je to hodnota premennej, z ktorej sa môže čítať alebo do ktorého sa môže zapisovať.



Používateľ – Používateľ, ktorý vykonáva dané prípady použitia.



Prípado použitia – Je to akcia, ktorú má možnosť používateľ vykonávať.



Počiatočný stav – Predstavuje počiatočný stav vo stavovom diagrame.



Konečný stav – Predstavuje ukončujúci stav vo stavovom diagrame.

### 0.3 Zoznam použitých skratiek

Tab. 1: Zoznam použitých skratiek

APDS	Active Pedestrian Detection System	Aktívny systém detekcie chodcov
AV-IN	Audio/Visual Input	Audiovizuálny vstup
AV-OUT	Audio/Visual Output	Audiovizuálny výstup
AVS	Adaptive Variable Suspension	Adaptívne odpruženie
BMW	Bayerische Motoren Werke	Bavorská motoráreň
CMOS	Complementary metal–oxide–semiconductor	Doplňkový kovo-kysličnatý polovodič
DVB-T	Digital Video Broadcasting - Terrestrial	Televízne digitálne pozemské vysielanie
FPS	Frames per second	Obrázky za sekundu
GdV	German insurance business	Nemecký poisťovací priemysel
GPS	Global Positioning System	Satelitný navigačný systém
GSR	Galvanic Skin Response	Galvanická odozva kože
HR	High Resolution	Vysoké rozlíšenie
HSV	Hue-Saturation-Value Color Space	Farebný model na základe odtieňa, sýtosti farby a hodnota jasu

IDMT	Fraunhofer Institute for Digital Media Technology	Ústav technológie digitálnych médií vo Fraunhoferi
IEEE	Institute for Electrical and Electronics Engineers	Inštitút pre elektrotechnické a elektronické inžinierstvo
IR	Infrared	Infračervená
IR-LED	Infrared Light-emitting diode	Infračervená luminiscenčná dióda
ISO	International Organization for Standardization	Medzinárodná organizácia pre normalizáciu
LCD	Liquid Crystal Display	Displej z tekutých krištáľov
LED	Light-emitting diode	Luminiscenčná dióda
LKA	Lane Keep Assist	Systém udržiavania vozidla v jazdnom pruhu
MB	Megabyte	Megabajt
MSI	Micro-Star International	Tajvanský výrobca počítačových komponentov
NTSC	National Television System(s) Committee	Štandard kódovania analógového signálu
PAL	Phase Alternative Line	Štandard kódovania farebného signálu na základe fázy
PCS	Pre-Collision System	Prednázovový bezpečnostný systém
RGB	Red-Green-Blue Color Model	Farebný model na základe červenej, zelenej a modrej
RJ45	Registered Jack 45	Elektrický konektor štandardu RJ45
RS232	Recommended Standard 232	Sériová linka 232
USB	Universal Serial Bus	Univerzálna sériová zbernica
WiFi	Wireless Fidelity	Bezdrôtová lokálna sieť

#### **0.4 Zoznam obrázkov**

Obr. 1: Monitorovací systém vodiča od Lexusu [17].....	23
Obr. 2: Spôsob snímania stavu vodiča v Mercedese [4].....	24
Obr. 3: Takto rozpoznáva asistenčný systém Mercedes únavu [4].....	25
Obr. 4: Pokročilý systém značky Volkswagen [19].....	26
Obr. 5: IR-LED vyvinutý spoločnosťou Siemens [21].....	28
Obr. 6: Server Funtoro BV-105 [24].....	29
Obr. 7: Dotykový LCD displej Funtoro BM-171 [23].....	30

Obr. 8: Jednoduchý detektor mikrosprávku Keetech DTK 100 [26] .....	31
Obr. 9: Jednoduchý detektor únavy Zaper Z11 [27].....	31
Obr. 10: Diagram prípadov použitia systému v okne menu.....	35
Obr. 11: Diagram prípadov použitia systému v okne snímania .....	35
Obr. 12: Diagram prípadov použitia systému v okne nastavení .....	36
Obr. 13: Diagram prípadov použitia systému v okne kalibrácie.....	36
Obr. 14: Základná schéma funkčnosti systému.....	37
Obr. 15: Moduly systému .....	38
Obr. 16: Vývojový diagram spracovania záznamu z kamery .....	39
Obr. 17: Vývojový diagram prehľadávania obrázkov na základe obrazových bodov.....	40
Obr. 18: Vývojový diagram zistenia obrazového bodu tváre vodiča.....	43
Obr. 19: Vývojový diagram zistenia obrazového bodu očí vodiča.....	45
Obr. 20: Vývojový diagram signalizácie .....	47
Obr. 21: Stavový diagram ovládania používateľského rozhrania .....	48
Obr. 22a,b: Ikonky výkričník a STOP .....	49
Obr. 23a,b: Identifikovanie otvorených a zatvorených očí .....	50
Obr. 24: Výstup z okna kalibrácie testu č. 1.....	62
Obr. 25: Výstup z okna kalibrácie testu č. 2.....	63
Obr. 26: Výstup z okna kalibrácie testu č. 3.....	64
Obr. 27: Výstup z okna kalibrácie testu č. 4.....	65
Obr. 28: Výstup z okna kalibrácie testu č. 5.....	66

Obr. 29: Výstup z okna kalibrácie testu č. 6.....	67
Obr. 30: Výstup z okna kalibrácie testu č. 7.....	68
Obr. 31: Výstup z okna kalibrácie testu č. 8.....	69
Obr. 32: Výstup z okna kalibrácie testu č. 9.....	70
Obr. 33: Okno menu .....	78
Obr. 34: Okno nastavení.....	79
Obr. 35: Okno štatistík.....	79
Obr. 36a,b: Okno režimu samostatného snímania .....	80
Obr. 37: Okno duálneho režimu.....	81
Obr. 38: Okno kalibrácie .....	82

## **0.5 Zoznam tabuliek**

Tab. 1: Zoznam použitých skratiek.....	13
Tab. 2: Porovnanie existujúcich riešení.....	32
Tab. 3: Úrovne signalizácie stavu unavenosti vodiča.....	46

# 1 Analýza

Na začiatku sa vysvetľuje oblasť týkajúca sa mikrospánku. Po nej sú opísané vlastnosti jednotlivých zariadení od spoločnosti Funtoro, ktoré budú neskôr implementované. Najväčšia časť analýzy je zameraná na popis existujúcich riešení, ktoré sú na záver porovnané pomocou tabuľky podľa viacerých vybraných kritérií.

## 1.1 Mikrospánok

Pojem mikrospánok pozná väčšina ľudí, či už sa s ním stretla na vlastnej koži, z rozprávania známych, alebo z článkov. Ľudia si však často neuvedomujú jeho nebezpečenstvo. Mikrospánku sa hovorí tiež imperatívny spánok. Nastáva, keď unavený vodič nie je schopný svoju únavu prekonať, skrátka sa mu zatvorí oči a zaspí. Na rozdiel od klasickej únavy, ktorá sa môže prekonať energetickými nápojmi alebo oddychom, imperatívny spánok nie je možné takýmto spôsobom prekonať. [1]

### 1.1.1 Čo môžeme považovať za mikrospánok?

Mikrospánkom rozumieme krátky spánok, ktorý trvá tri až pätnásť sekúnd [2]. Je hrôzostrašné zamyslieť sa nad tým, čo všetko sa môže stať za túto relatívne dlhú dobu. Pri riadení auta zaváži každá sekunda, ba desatina sekundy, kedy vodič musí byť na sto percent koncentrovaný.

### 1.1.2 Čo spôsobuje mikrospánok

Tento extrémne nebezpečný spánok spôsobuje najmä únava vodičov z dôvodu nevyspania sa. K únave vodičov prispieva aj zlé vetranie, teplo vo vozidle, spiaci spolujazdec, alebo aj dlhá monotónna jazda. Konzumovanie ťažkých jedál tesne pred jazdou taktiež neprispieva ku bezproblémovej jazde. [2]

Mikrospánok môže nastať aj pri spánkových poruchách dýchania. Nedostatok spánku môžu nasledovať prestávky v dýchaní (apnoické pauzy). Aj keď človek spí ideálnych 7 až 9 hodín, nemusí sa vyspať v prípade, ak má spánok rozdrobený, teda nedosiahne hlbšie štádium spánku. Počas takéhoto spánku sa krv málo okysličuje, človek lapá po dychu a vystavuje sa zvýšenému riziku srdcovocievnych chorôb. Následkom takéhoto nepriaznivého spánku je unavenosť, podráždenosť, nesústredenosť vodiča, ktorého sprevádzajú aj bolesti hlavy. [1]



Najväčšie riziko mikrosprávku je na diaľniciach, kde mozog vodiča pri monotónnej jazde dostáva tie isté vzruchy z okolia. Po istom čase si však na to zvykne a prepne sa do stavu pokoja, následne jeho mozog zníži svoju aktivitu. Mikrosprávok nastáva vtedy, keď mozog začína prepínať do stavu spánku. Jeho znakmi sú žmurkanie očí, rozmazávanie videnia a reakcie sa značne spomaľujú. Telo reaguje povoľovaním napätia kostrového svalstva, ktoré spôsobuje nesymetrické držanie tela. Práve preto vodiči pri mikrosprávku strhnú volant na niektorú z dvoch strán. Iná nebezpečná situácia môže nastať, keď sa vodič zobudí z mikrosprávku a vyľakaný strhne volant. [2]

### **1.1.3 Vyhýbanie sa mikrosprávku**

Vďaka tomu, že dobou nastávajú výrazné pokroky, dnes už existujú systémy, ktoré dokážu udržiavať bdelosť vodiča alebo porovnávať smer jazdy. Najnovšie cesty sú označené špeciálnou stredovou a krajovou čiarou, ktorá pri kontakte s pneumatikami vydáva hluk. Tento hluk vyvolá ľaknutie vodiča, ktoré v ďalšom vyvolá stres, a tým sa vyplaví i adrenalín v tele človeka. Týmto vodič spozornie a je znovu nabudený. Avšak vodič, ktorý prejde týmto upozornením by mal zastaviť a odpočinúť si. Unavené telo sa dlhodobo presviedčať nedá. Existuje niekoľko pravidiel a rád, ako predísť mikrosprávku [2]:

- Dodržiavať kvalitný odpočinok pred dlhou jazdou a robiť si menšie prestávky. Mozog má počas dňa rôzne stupne aktivity. Počnúc 18. hodinou aktivita začne klesať a približne o 2. hodine v noci aktivita radikálne poklesne. Aj keď si vodič pred dlhou cestou kvalitne oddýchne a robí prestávky, únavu tým len o chvíľu odsunie.
- Pozornosť sa nedá udržať neobmedzene dlho. Únava má exponenciálny priebeh, to znamená, že po trinástich odjazdených hodinách je riziko mikrosprávku dvakrát väčšie ako po desiatich hodinách.
- Striedať sa v šoférovaní, pozor si ale treba dať na šoférovanie priamo po prebudení.
- Nejesť pred a počas jazdy ťažké jedlá, ktoré tiež vyvolávajú únavu.
- Pri užívaní liekov si treba pozorne prečítať pribalený leták, totiž niektoré lieky znižujú pozornosť a zvyšujú únavu.
- Dodržiavať pravidelný pitný režim.

- Žuť žuvačku počas jazdy. Žuvanie zvyšuje prúdenie krvi v tele, následkom čoho je mozog lepšie okysličený.
- Rozprávať sa so spolujazdcom.
- Vo vozidle udržiavať skôr nižšiu teplotu. Únavu neprekoná otvorenie okna, alebo zvýšenie hlasitosti rádia. Káva a iné kofeínové a podporné nápoje tiež neprekonávajú únavu, len krátkodobo povzbudia organizmus.

#### **1.1.4 Následky mikrosnánku**

Mikrosnánok je veľmi nebezpečný, práve preto treba dodržiavať vyššie spomenuté pravidlá z časti 1.1.3 *Vyhýbanie sa mikrosnánku*. Nedodržanie pravidiel a rád môže spôsobiť ospalosť a únavu vodiča. Unavený vodič na chvíľu precitne, jeho nesymetrické držanie tela spôsobí trhnutie volantom a na svete je problém. Trhnutím môže vodič prejsť do protiúceho jazdného pruhu, alebo skončiť v jarku, ktorý je však tým lepším prípadom. Horší prípad nastáva, ak je na kraji cesty prekážka. Najhorší prípad je, ak sa vodičove vozidlo rúti na druhé vozidlo idúce v protismere. Rýchlosti dvoch protiúceho áut sa sčítajú, náraz dvoch vozidiel je teda približne dvojnásobne väčší ako náraz do statického predmetu. Okrem škôd na autách môžu nastať i vážnejšie zranenia ľudí.

Podľa slovenských policajných štatistík mikrosnánok spôsobuje približne 900 nehôd ročne. Americké štatistiky dokazujú, že každý štvrtý Američan aspoň raz zaspal za volantom, ale stihol sa včas prebudiť. [2]

Nemecké štúdie (GdV) dokazujú, že mikrosnánok spôsobuje 24% zo smrteľných nehôd na cestách. Ďalších 14% je zapríčinených, lebo vodiči nie sú varovaní. [3]

Podľa ďalších výskumov sa riziko nehody po štyroch hodinách nepretržitej jazdy alebo za tmy zdvojnásobuje, pričom sa reakčný čas vodiča predlžuje o 50%. Dokonca po šiestich hodinách nepretržitej jazdy je spomínané riziko šesťnásobne väčšie, a riziko únavy vodič ani sám nespozoruje. [4]

## 1.2 Metódy zaznamenávania únavy

Únava je definovaná ako stav, v ktorom sú funkcie výkonu dočasne postihnuté potrebou nepretržitej činnosti, ktorá však presahuje prebiehajúcu schopnosť obnovy funkcie výkonu [5].

Únava je fenomén, ktorý ovplyvňuje schopnosť človeka vykonávať úlohy na rôznych úrovniach. Nebezpečná situácia nastáva, ak vodič vozidla trpí psychologickou únavou, ktorá spôsobuje dočasné zhoršenie získavania informácií a schopnosti ich spracovať.

Účinky psychologickej únavy sa prejavujú v štyroch kategóriách [6]:

- 1) Fyziologické – regulácia vegetatívneho a nervového systému (zníženie psychofyziologickej stimulácie)
- 2) Poznávacie – spracovanie vnímania a informácie (znížená pozornosť a ostražitosť, spracovanie informácií a rozhodovanie trvá dlhšie)
- 3) Nervové – správanie (predlžuje sa reakčný čas pri kritických udalostiach, reakcie sú kolísavé a menej efektívne, znížená pripravenosť reagovať)
- 4) Subjektívne – skúsenosti

Zmeny v prvých troch kategóriách sú všeobecne prístupné pre pozorovanie a objektívne merania, ale nemáme prípad pre subjektívne skúseného unaveného vodiča. Často ale nepoznáme žiadnu priamu súvislosť medzi objektívnymi parametrami a subjektívnymi skúsenosťami. [7]

### 1.2.1 Miera otvorenia očného viečka

Presnosť merania pohybov očného viečka je základným predpokladom pre stanovenie úrovne únavy vodiča. Pre výpočet frekvencie a rýchlosti žmurkania sa používa napríklad vzdialenosť medzi očnými viečkami. Tiež sa dá určiť, do akej miery je ľudské oko otvorené alebo aj ďalšie parametre. Systém musí poskytovať aktuálne vzdialenosti s čo najmenším oneskorením medzi viečkami oboch očí, na snímkach zachytených každú sekundu kamerou. Výstup nesmie prekročiť stanovenú úroveň oneskorenia. [8]

### 1.2.2 Výraz tváre

Použitie tenkej splývajúcej dosky pre analýzu výrazu tváre umožňuje roztriediť malé pohyby tváre od väčších pohybov celej hlavy. Analýza začína inicializovaním špecifických orientačných bodov tváre, kam partia očí, obočie, nozdry a v hlavnej miere ústa. Tieto orientačné body sú porovnávané medzi sebou pomocou snímok. [9]

### **1.2.3 Pozícia jazdného pruhu**

Schopnosť vodiča vedieť sa udržať v jazdnom pruhu je dobrým preukázaním toho, do akej miery je unavený a pozorný. Tak ako aj poskytovanie výpočtov pre stav únavy vodiča, určenie pozície jazdného pruhu môže napovedať, ako veľmi nebezpečná je situácia v prípade, keď je vodič nepozorný. Systém rýchlo varuje vodiča, ak ten prešiel do príľahlého jazdného pruhu, zišiel z cesty, alebo nie je pozorný v jazde. Tieto javy naznačujú fakt, že je vodič unavený. Preto je dôležité mať na vozovke natiahnutú čistú a hlavne hrubú pruhovú čiaru, aby ho systém vedel rozpoznať. Naopak treba predísť falošným poplachom, aby sa nimi vodič nenechal vyniesť z miery. Falošný poplach môže spôsobiť, že sa vodič zľakne a nastane kritická situácia. [10]

### **1.2.4 Pohyb volantu a plynového pedála**

Dôležitým kritériom je sledovanie stavu vodiča prostredníctvom frekvencie, rozsahu opráv v riadení a zmien v rýchlosti vozidla. Bolo preukázané, že pre nepozorného vodiča frekvencia opráv klesá, zatiaľ čo veľkosť nápravných opatrení sa naopak zvyšuje. Pomocou zachytávania informácií z pohybu volantu a plynového pedála sa môžu tieto informácie využiť na analýzu množstva a veľkosti opráv. [11]

### **1.2.5 Vodivosť kože**

Galvanická odozva kože (GSR) je meranie elektrickej vodivosti medzi dvomi bodmi na koži, používa sa vo vedeckom výskume emočného vzrušenia. Meranie GSR sa používa v hypnoterapii a psychoterapeutickej praxi, taktiež môže byť použitá aj ako metóda zistenia hĺbky hypnotického tranzu. Okamžité zmeny galvanickej kožnej reakcie naznačujú, že pozorovaný človek prežíva emocionálne vzrušenie. Používa sa aj ako terapia pre meranie fyziologických reakcií, ako je napríklad strach. GSR bolo tiež použité na rozlišovanie úrovne emócie medzi hnevom a strachom, konfliktom a bezkonfliktovým stavom, a tiež medzi jednotlivými úrovňami strachu. Odlišné skupiny vlastností boli získané zo zaznamenaných dát, ktoré boli rozdelené do rámcov. Tieto rámce boli pozorované a porovnávané so stavmi pred jazdou a po jazde. Nakoniec boli dáta vyťažené zo zariadenia. [12]

### **1.2.6 Pulz oximetrie**

Pulz oximetrie meria nasýtenie kyslíka v krvi a zmeny množstva krvi v koži. K únave tiež prispieva zníženie dodávky kyslíka vodičovi počas jazdy. Jazdné vlastnosti vodiča sa zlepšia v prípade, ak sa koncentrácia dodávaného kyslíka zmení k lepšiemu, keď vodič riadi vozidlo.

Bolo dokázané, že pri jazde autom, keď bola hodnota kyslíka znížená, vodič pociťoval obrovskú únavu. Naopak pri dodávke veľkého množstva kyslíka sa pocit únavy znížil, a taktiež sa skrátil aj reakčný čas vodiča. [13]

### **1.3 Opis existujúcich riešení**

Táto časť analýzy sa zameriava na existujúce riešenia spojené s detekciou mikrosnánku, alebo jeho predchádzaniu. V prvom rade sú analyzovaní dôležití zástupcovia samotných automobiliek, ktoré do svojich vyšších tried vyvíjajú tie najlepšie riešenia. Okrem automobiliek sú na trhu i nezávislé zariadenia od nemenej známych spoločností, akým je napríklad Siemens. Poslednú skupinu tvoria iné, takzvané jednoduché systémy, ktoré sú lacnejšie. Tieto zariadenia však nie sú zďaleka na takej úrovni, ako systémy automobiliek.

#### **1.3.1 Systémy automobiliek**

Bezpečnosť bola vždy vážnou požiadavkou vo svete automobiliek. V súčasnosti pretrvávajú boj medzi automobilkami aj v monitorovacích systémoch vodičov, ktoré sú zamerané najmä na detekciu únavy vodičov. V tejto podkapitole sa zameriame na tie automobilové spoločnosti, ktoré majú tie najlepšie zariadenia na trhu, čiže Lexus, Mercedes, BMW a Volkswagen.

##### **1.3.1.1 Lexus**

V tejto podkapitole sa zameriame hlavne na prednázový bezpečnostný systém automobilky Lexus, ktorého súčasťou je najmodernejší monitorovací systém vodiča v súčasnosti.

#### **Prednázový bezpečnostný systém (PCS)**

Prednázový bezpečnostný systém slúži na záchranu cestujúcich pri dopravnej nehode a tiež pomáha znížiť škody na vozidle na minimum. Skladá sa zo snímača radaru, ktorý pracuje s milimetrovou vlnovou dĺžkou a je umiestnený za logom Lexusu v prednej časti vozidla. Snímač dokáže rozoznávať rôzne prekážky nachádzajúce sa pred vozidlom. Nasnímané informácie z okolia z pred vozidla sú neustále odosielané do riadiacej jednotky systému.

Riadiaca jednotka pomocou ďalších snímačov, ktoré sledujú napríklad rýchlosť vozidla, uhol natočenia kolies a rýchlosť zmeny smeru určí, či je možné vyhnúť sa prípadnej kolízii. Ak nie je možné vyhnúť sa kolízii, systém pripraví vozidlo na náraz. Pred pravdepodobne istým nárazom sa bezpečnostné pásy automaticky napnú, aby udržali pohyb vodiča a spolujazdca na sedadle.

Aktivovaný brzdový asistent zabezpečí svojou zvýšenou účinnosťou bŕzd (ku kotúčovým brzdám sa pritlačia brzdové segmenty s vysokým trením) maximálnu brzdú silu a zníženie rýchlosti v okamihu nárazu. Regulujú sa taktiež tlmiče pruženia prostredníctvom adaptívneho pruženia (AVS), aby sa minimalizovalo zanorenie prednej časti vozidla pri brzdení. [14]

### Monitorovací systém vodiča

Automobilová spoločnosť Lexus, ktorá je luxusnou triedou značky Toyota, vyvinula prvý monitorovací systém vodiča na svete (Driver Monitoring System). Monitorovací systém vodiča je súčasťou systému PCS, ktorý je zabudovaný do najvyššej triedy Lexus LS. Na monitorovanie vodiča je použitá kamera so šiestimi infračervenými diódami LED, aby bola schopná plniť svoju funkciu vo dne i v noci. Kamera je osadená na volante automobilu a monitoruje polohu a pohyb hlavy vodiča, keď je auto v prevádzke. Dokáže tiež zistiť časti tváre, ako sú oči, nos či dokonca ústa. Ak systém zistí, že vodič odvráti pohľad od vozovky, a v tom istom čase zistí prekážku na ceste, automaticky upozorní vodiča. Systém ho v prvom rade varuje zvukovou signalizáciou, ak si to však situácia vyžiada, zasiahne aj do brzdovania vozidla, aby pribrzdením upozornil vodiča. Ak ani to nestačí, systém PCS spustí ďalšie protinárazové funkcie. [14]

Okrem spomenutých upozomení je systém schopný varovať aj prostredníctvom stiahnutia bezpečnostných pásov, alebo tiež svetelnou signalizáciou [15].

Za bezpečnosť sa platí, za základný prednárazový systém PCS kupca zaplatí 1500€ navyše. Avšak monitorovací systém vodiča je súčasťou pokročilého prednárazového systému za 5800€ navyše ku základnej výbave. V tomto balíku však kupca nájde aj systém detekcie chodcov (Active Pedestrian Detection System) a systém udržania sa auta v pruhu (Lane Keep Assist). [16]



Obr. 1: Monitorovací systém vodiča od Lexusu [17]

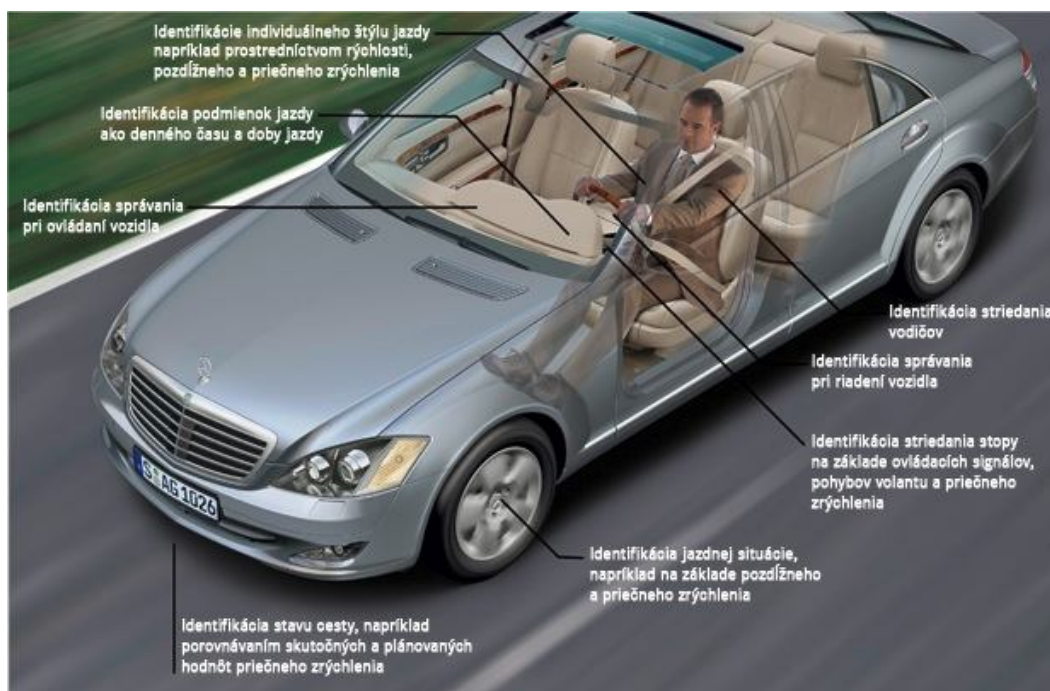
### 1.3.1.2 Mercedes-Benz

Vo vozidlách Mercedes-Benz je zabudovaný identifikátor únavy vodičov (Attention Assist), ktorý je určený na predchádzanie nehôd zavinených únavou a mikrosnávkou. Princíp systému Mercedes spočíva v pozorovaní vodiča počas prvých minút jazdy, kým je ešte bdely. Jadrom systému Mercedes je vysokocitlivý snímač, ktorý umožňuje veľmi presné sledovanie pohybov volantu a rýchlosti riadenia. Snímače identifikátora únavy počas jazdy sledujú jazdnú situáciu a správanie sa vodiča. Rôzne snímače u vodiča sledujú ako ovláda volant, smerovky, pedále, ako udržuje rovnú stopu na vozovke. Systém tiež sleduje ako vozidlo pozdĺžne a priečne zrýchľuje, a či vodič reaguje na bočný vietor a nerovnosti vozovky. Na základe zozbieraných informácií cez riadiaci systém neustále kontroluje aktuálne správanie sa vodiča s tými zozbieranými. Systém je schopný zistiť nenormálne správanie sa vodičov v dostatočnom predstihu pred samotným mikrosnávkou. Ak nastane nežiaduca situácia, systém upozorní vodiča zvukovým výstražným signálom a na displeji ho varuje, aby si radšej dal prestávku v jazde. [4]

V Mercedese vyvinuli systém asistenta pozornosti (Attention Assist System), ktorý je zabudovaný do základnej výbavy nového modelu triedy CL. Systém nepretržite sleduje vyše 70 parametrov, aby z nich zistil mieru únavy vodiča a upozornil ho ešte pred tým, ako podľahne mikrosnávkou. Pozorovaním samotného riadenia vodiča sa dá najlepšie vyjadriť jeho stav. Niekoľkoročné praktické výskumy fabriky Mercedes-Benz zistili, že ospalí vodiči robia malé charakteristické chyby v riadení, ktoré rýchlym trhavým pohybom napravujú. Toto správanie je rozpoznávané špeciálnym snímačom uhlu riadenia. Tento prístup zameraný na pohyb vodičov je predovšetkým vhodným riešením v prípade, keď vodič spí s otvorenými očami. Systémy sledovania očí sú v tomto prípade bezúčinné. [18]



Obr. 2: Spôsob snímania stavu vodiča v Mercedese [4]



Obr. 3: Takto rozpoznáva asistenčný systém Mercedes únavu [4]

### 1.3.1.3 BMW

Automobilová spoločnosť BMW vyvíja systém pomocníka ostražitosti (Alertness Assistant) pod projektom ConnectedDrive. Keď si vodič sadne za volant a pozerá cez predné sklo auta, v tom momente zabudovaná kamera začne sledovať jeho oči. Kamera automaticky sleduje polohu a pohyb hlavy, pričom sníma tiež jeho oči, keď sa napríklad pri riadení náhle otočí do boku. Stav únavy vodiča rozpoznáva systém prostredníctvom frekvencie a rýchlosti žmurkania, dokonca aj podľa toho ako sú rozťahnuté očné viečka. Bdelý človek žmurká menej, ale rýchlejšie. Naopak ospalý človek žmurkne viac krát pomalšie, pričom sa jeho oči postupne zatvárajú.

Systém začína zaznamenávať údaje o jazde vodiča, až keď zistí istú únavu. BMW rozdeľuje 4 stupne výstrahy (1-bdelý, 2-menej bdelý, 3-unavený, 4-ospalý). Keď si vodič sadne za volant, rozsvietia sa dve zelené diódy ako znak, že je bdelý. Neskôr, ak systém zistí, že vodič je menej bdelý alebo unavený sa rozsvieti jedna, respektíve sa rozsvietia dve žlté diódy. V prípade, že je vodič ospalý, rozsvietia sa dve červené diódy ako výstraha rizika mikrospánku. Je možné implementovať aj akustickú, alebo inú výstrahu v poslednom stupni. Výhoda BMW je v tom, že informuje vodiča postupne ešte pred tým, než je ospalý. Zariadenie je však zatiaľ len vo fáze vývoja, a v prípade prevádzky bude zabudovaný len do tých drahších modelov áut. [3]



### 1.3.1.4 Volkswagen

Spoločnosť Volkswagen kvôli nátlaku ostatných veľkých automobiliek sa tiež rozhodol vstúpiť do vývoja zariadenia proti mikrosnaniu, a znížiť tým nehodovosť na cestách. Na samotnom začiatku výskumného projektu predviedol celú sériu simulácií, ktoré testovali monotónnu jazdu vo dne i v noci, tak v zákrutách ako na rovinkách, až kým vodič nezaspal. Jazdné vlastnosti, pohyby hlavy, žmurkania očí a zmeny mimických parametrov sa pritom nahrávali, a neskôr i analyzovali. Testy prebehli z dôvodu, aby vedeli predpovedať stav únavy vodiča. Nakoniec zistili, že stav únavy vodiča sa prejavuje najmä pri žmurkaní, teda žmurkanie je najlepším parametrom na sledovanie pri zisťovaní rizika mikrosnania. Vyvinuli teda snímač na základe kamery, ktorý dokáže sledovať žmurkanie. Museli však kameru vyvinúť na čo najmenšie rozmery, aby bolo zariadenie prijateľné pre automobilový priemysel. Zariadenie musí rozpoznať tak vysokého, ako aj malého jedinca, ženu aj muža, musí byť odolné voči vibráciám a väčším zmenám teploty, aby bolo spomenutých zopár hlavných požiadaviek. V skutočnosti je ich však mnoho.

Aby systém rozoznal, že je vodič nepozorný, muselo prebehnúť množstvo výpočtov a podporujúcich činností. Tiež bolo potrebné vynájsť rôzne možnosti, ako upozorniť vodiča bez toho, aby ho systém vystrašil. [19]



Obr. 4: Pokročilý systém značky Volkswagen [19]

### **1.3.2 Systémy mimo automobiliek**

Okrem samotných automobiliek bojujú na trhu aj iné spoločnosti, ktoré chcú vyvinúť systémy vhodné do všetkých značiek áut. Takými sú napríklad systémy detektora očí (Eye Tracker) a systém od Siemensu.

#### **1.3.2.1 Detektor očí**

Ústav technológie digitálnych médií vo Fraunhoferi (IDMT) vyvinul zariadenie detektora očí (Eye Tracker), ktorý sníma oči vodiča pomocou kamier. Keď systém zistí, že sú oči zatvorené dlhšie než 1 sekundu (doba je nastaviteľná), spustí sa varujúci alarm. Kompletný systém pozostáva zo štyroch, alebo dokonca zo šiestich kamier sledujúcich oči vodiča. Kamery zaznamenávajú viac než 200 snímok za sekundu, nezávisle od toho, či má vodič otočenú hlavu. Samotný mikročip na ktorom je umiestnený softvér zariadenia detektora očí, je vo veľkosti o polovicu menšej než škatuľka zápaliek. Ďalšou výhodou systému detektora očí je, že ho možno použiť v hocijakom aute, nezávisle od značky. Ďalej nie je nutné nastaviť kamery pre daného vodiča, a systém nepotrebuje ďalší počítač k jeho funkčnosti. Výskumníci vyvinuli malý, modulárny systém, ktorý vypočítava trasu vodiča rovno pomocou kamery. Systém musí mať najmenej dve kamery, aby dostal 3D obraz. Spočíva v zaznamenaní pozície zreničky a smeru pohľadu. Výsledok sa uschová na USB. Detektor očí však musí byť pripojený na palubný počítač. [20]

#### **1.3.2.2 Siemens IR-LED**

V Osram Opto Semiconductors patriace pod spoločnosť Siemens vyvinuli novú infračervenú LED diódu (IR-LED). Celkové zariadenie proti mikrosnánku pozostáva zo samotnej IR-LED, okrem nej sa však požaduje aj kamera s CMOS snímačom. Snímač zachytáva infračervený lúč pri vlnovej dĺžke 850 nanometrov, ktoré ľudské oko nie je schopné zachytiť. Softvér zabudovaný v kamere je schopný rozoznať, či je vodič unavený alebo zmätený. Zariadenie má malé rozmery, teda ho možno nainštalovať kamkoľvek na prístrojovú dosku. Avšak IR-LED nie je do dnes dostupný. [21]

Zariadenie vodiča nevyrušuje, a kvôli infračervenému lúču pracuje rovnako spoľahlivo pri svetle i v tme. Hodnotí počet žmurknutí očí a jeho trvanie v určitom čase. Ak vyhodnotí neštandardné správanie, upozorní vodiča vibráciou sedadla.

Ak však vodič naďalej pokračuje v jazde, systém začne vydávať prerušované pípanie so stupňujúcou intenzitou, ktoré majú vodiča presvedčiť, aby si urobil radšej prestávku. [22]



Obr. 5: IR-LED vyvinutý spoločnosťou Siemens [21]

### 1.3.3 Systém Funtoro

Systém na zabránenie mikrosnánku vodičov môžu tvoriť aj zariadenia od spoločnosti Funtoro. Hlavnou súčasťou systému je server, ktorý má za úlohu riadiť celý systém. K serveru je pripojená kamera, ktorá má za úlohu snímať polohu hlavy vodiča. Tieto zariadenia sú podrobnejšie popísané v nasledujúcich podkapitolách.

#### 1.3.3.1 Funtoro server BV-105

Server má výhodu v tom, že je schopný poskytovať služby multimediálneho charakteru pre 54 nezávislých cestujúcich. Používateľ, teda cestujúci nie je vôbec obmedzený, nemusí sa prispôbovať k ostatným cestujúcim. Pritom je systém ľahko ovládateľný a poskytuje cestujúcemu tiež pretáčanie obsahu záznamu v oboch smeroch. Pomocou DVB-T tuneru je zariadenie schopné poskytovať sledovanie televíznych staníc, alebo sledovanie cesty vozidla, ktoré je zabezpečené pomocou kamery umiestnenej v prednej časti vozidla. Ovládanie zariadenia je riešené pomocou dotykového displeja. Takýmto dotykovým displejom je vybavené celé vozidlo (najčastejšie autobus, alebo vlak), pričom displej je umiestnený na opierke pred cestujúcim. Ak systém narazí na chybu, neobťažuje cestujúceho chybovými hláseniami, jednoducho sa reštartuje a pokračuje vo svojej činnosti tam, kde prestal. [23]

Na serveri BV-105 pracuje procesor Samsung 6410 s vnútornou pamäťou 512 MB. Má v sebe zabudovaný port AV-IN, ktorý je vhodný napríklad na pripojenie kamery a port AV-OUT na pripojenie monitora. Pomocou prijímača IR ho vieme ovládať diaľkovým ovládačom. Na serveri sú vyvedené výstupy sériového rozhrania RS232 a konektoru RJ45. Server disponuje tiež GPS portom na pripojenie externej GPS antény. Nachádza sa na nej aj modul pre podporu WiFi (IEEE 802.11b/g) a modul pre Bluetooth. Zo servera sú vyvedené aj dva porty USB. [24]

Server BV-105 pracuje s operačným systémom Windows Embedded CE 6.0 a je zobrazený na obrázku č. 6.

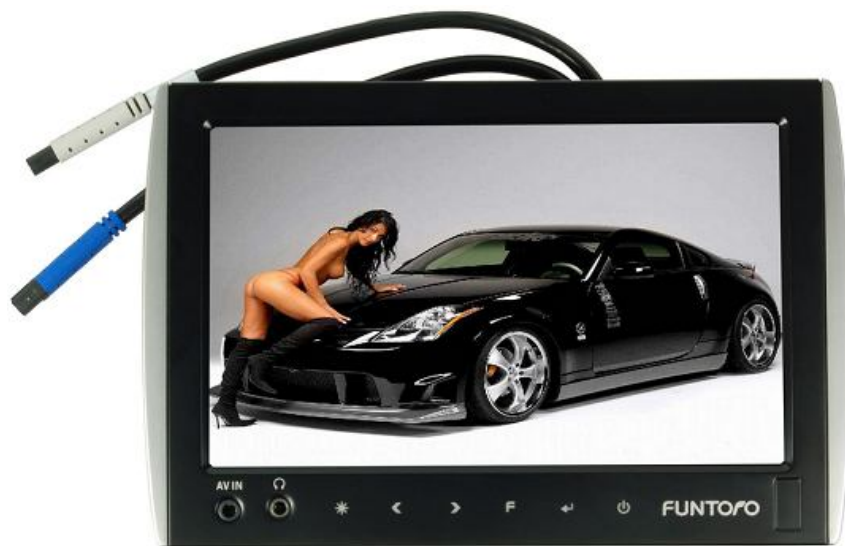


Obr. 6: Server Funtoro BV-105 [24]

### 1.3.3.2 Funtoro displej BM-171

Dotykový LCD displej BM-171 so 7 palcovou uhlopriečkou pracuje v rozlíšení 480x234. Na zobrazenie obrazových bodov používa 3 farby, medzi ktoré patrí červená, zelená a modrá (RGB). Naďalej podporuje systém PAL aj NTSC. Má v sebe zabudovaný dvojité vstup pre video aj zvuk. Keďže sa jedná o systém do áut, jeho napájanie je stanovené na 12V. Má v sebe zabudovaný aj reproduktor, tým pádom je na ňom možné prehrávať aj videá. Môžeme k nemu pripojiť aj slúchadlá, má však možnosť pripojenia i bezdrôtových slúchadiel. Viacúčelový LCD displej môžeme použiť napríklad na prehrávanie videa, DVD, televízie, môžeme na ňom zobrazovať polohu na mape pomocou GPS súradníc, a tiež aj záber z kamery pripojenej ku serveru. [25]

Displej BM-171 od spoločnosti Funtoro je zobrazený na obrázku č. 7.



Obr. 7: Dotykový LCD displej Funtoro BM-171 [23]

### 1.3.3 Funtoro kamera MOD

Kamera MOD od spoločnosti Funtoro poskytuje veľmi kvalitný obraz vo vysokom rozlíšení (HR). Pracuje aj pri slabom osvetlení, čo je menej ako 0,5 Lux. Infračervené svetlo zabezpečuje zaznamenanie obrazu vo dne i v noci. Aby bol prijateľný pre automobilový priemysel, má veľmi malé rozmery a nízku spotrebu energie (90mA pri 12V), čím nezaťažuje akumulátor vozidla. Kamera má dlhú životnosť, čím sa zvyšuje aj bezpečnosť jazdy, hlavne keď sa spomínaná kamera používa ako súčasť zariadenia proti mikrosnaniu. Má v sebe zabudovaný i mikrofón, ktorý zabezpečuje kvalitnú zvukovú nahrávku. Pre väčšiu využiteľnosť má v sebe zabudovanú aj automatickú reguláciu zisku. [23]

### 1.3.4 Iné systémy

Táto podkapitola opisuje jednoduché zariadenia, ktoré sú dostupné aj pre nenáročných používateľov. Ich hlavnou výhodou je, že sú lacné. Obidve analyzované zariadenia snímajú naklonenie hlavy a sú prichytené na uchu vodiča.

#### 1.3.4.1 Keetech DTK 100

Detektor proti mikrosnúpanku monitoruje polohu zaklonenia hlavy v závislosti od nastavenej citlivosti. Vodiča upozorňuje vibrovaním v prípade nebezpečnej zmeny v držaní jeho hlavy.

Jednoduché použitie, prístroj sa nasadí na ucho a zapne, pri poklesnutí hlavy sa aktivuje vibračný alarm. Je vybavený citlivým polohovým snímačom a mäkkým gumovým závesom. Je vyhotovený z veľmi ľahkých materiálov, má hmotnosť len 8g. Na napájanie sú použité 3 alkalické batérie. Zariadenie sa dá kúpiť v bežných elektropredajniach za 8€. [26]



Obr. 8: Jednoduchý detektor mikrosnúpanku Keetech DTK 100 [26]

#### 1.3.4.2 Zaper Z11

Strojček si vodič jednoducho pripevní na ucho. Ak jeho hlava klesne o viac ako 45 stupňov, zaznie alarm. Zariadenie je veľmi ľahké a ergonomicky tvarované a má malé rozmery. Zariadenie sa dá kúpiť v bežných elektropredajniach za 10€. [27]



Obr. 9: Jednoduchý detektor únavy Zaper Z11 [27]

### 1.3.5 Porovnanie existujúcich riešení

Na záver analýzy všetkých existujúcich riešení sú existujúce riešenia porovnané prostredníctvom nižšie uvedenej tabuľky č. 2.

Tab. 2: Porovnanie existujúcich riešení

	1 a	1 b	2 a	2 b	2 c	2 d	2 e	2 f	2 g	3 a	3 b	3 c	3 d	3 e	3 f	4	5	6	7
<b>Lexus</b>	✓	X	X	X	X	X	✓	X	X	✓	✓	✓	✓	X	X	✓	X	✓	X
<b>Mercedes</b>	✓	X	X	X	X	X	X	✓	✓	✓	✓	X	X	X	X	X	✓	X	X
<b>BMW</b>	✓	X	✓	X	✓	X	X	X	X	✓	✓	X	X	X	X	X	X	✓	X
<b>VW</b>	✓	X	X	✓	X	X	X	X	X	X	✓	X	X	X	X	✓	✓	X	X
<b>Eye Tracker</b>	✓	X	X	X	X	X	X	X	X	✓	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<b>Siemens</b>	✓	X	X	X	X	X	X	X	X	✓	X	X	X	✓	X	✓	X	✓	X
<b>Keetech</b>	X	✓	X	X	X	✓	X	X	X	X	X	X	X	X	✓	X	X	X	✓
<b>Zaper</b>	X	✓	X	X	X	✓	X	X	X	X	X	X	X	X	✓	X	X	X	✓

Pre úplné porovnanie existujúcich riešení je uvedený nasledujúci zoznam porovnávacích kritérií, ktoré sú podľa kategórie skrátenou formou uvedené i v tabuľke:

- 1) Snímanie
  - a) kamerou na volante
  - b) zariadením samotným pripevneným na ucho
- 2) Pozorovanie
  - a) očí
  - b) žmurkania
  - c) polohy hlavy
  - d) naklonenia hlavy
  - e) časti tváre
  - f) prvých minút jazdy
  - g) pohybu volantom
- 3) Signalizácia
  - a) Zvuková
  - b) Svetelná
  - c) zásahom do riadenia
  - d) stiahnutím bezpečnostných pásov
  - e) vibráciou sedadla
  - f) vibráciou zariadenia
- 4) Práca v tme (infračervená kamera, alebo LED)
- 5) Nahrávanie správania sa vodiča pre analýzu
- 6) Odstupňované fázy upozornení
- 7) Lacné, dostupné pre nižšiu vrstvu obyvateľstva

## 1.4 Zhodnotenie analýzy

Analýza problematiky vychádza z dokumentu. Zaoberala sa analýzou spätou so systémami na zabránenie mikrosnávku vodičov. Dozvedeli sme sa, že čo je to mikrosnávok, kedy nastáva, ako sa mu môžeme vyhnúť a tiež aj jej následky. Následne sme sa dozvedeli o metódach zaznamenávania únavy. Tieto metódy boli opísané pomocou miery otvorenia očného viečka, výrazu tváre, pozície v jazdnom pruhu, pohybu volantu a plynového pedála, vodivosti kože a pulzu oximetrie. Každá z uvedených metód má svoje výhody aj nevýhody, avšak najviac sa pozdáva metóda sledovania očných viečok. V druhej polovici analýzy sme sa dozvedeli o existujúcich riešeniach. Boli opísané riešenia automobiliek, mimo automobiliek a iných systémov. Jednotlivé vlastnosti systémov sú porovnané pomocou porovnávacjej tabuľky podľa rôznych kritérií.

Najvypracovanejšie riešenie z pohľadu signalizácie má automobilka Lexus, ktorá je najlepším príkladom pre návrh signalizácie do vlastného systému. Napriek tomu je celkovo najlepším príkladom pre návrh vlastného systému systém od BMW, nakoľko ako jediné z automobiliek sleduje oči a polohu hlavy. Dobrým príkladom je aj riešenie od Volkswagenu, pretože pozoruje žmurkanie očí. Všetky systémy okrem systémov opísaných v podkapitole iných systémov, sledujú vodiča pomocou kamery umiestnenej na volante, alebo nad volantom. Preto sú systémy v kapitole iných systémov pre vlastné riešenie nevyhovujúcimi. V návrhu riešenia sa bude vychádzať z riešenia od BMW, ktoré sleduje polohu očí a hlavy. Riešenie od Lexusu bude dobrým základom v oblasti signalizácie.

Vzhľadom na dostupnosť riešení sa bude v návrhu uvažovať so serverom BV-105, lebo poskytuje dostatočné možnosti. Jeden z výhod je viacero spôsobov pripojenia kamery. Kameru môžeme pripojiť aj cez port AV-IN alebo cez port USB. Operačný systém Windows Embedded CE 6.0, ktorý je na serveri nainštalovaný je tiež pozitívom, nakoľko sa na ňu dajú vyvíjať aplikácie v rôznych programovacích jazykoch. Funkcionalita dotykového LCD displeja BM-171 plne postačuje k návrhu vlastného systému. Na displeji je možné zobrazovať záber z kamery a má v sebe zabudovaný i reproduktor. Opísaná kamera môže pomocou infračerveného svetla snímať i v noci, čo je pre systém na zabránenie mikrosnávku veľkým kladom.



## **2 Opis riešenia**

Táto kapitola sa zaoberá podrobným opisom riešenia problému. Na začiatku tejto kapitoly je opísaný podrobný návrh riešenia systému, na základe ktorej je ďalej opísaná jej implementácia. Záver tejto kapitoly obsahuje overenie riešenia daného systému.

### **2.1 Návrh riešenia**

Táto kapitola sa zaoberá podrobným návrhom systému na zabránenie mikrosnánku vodičov. Návrh systému vychádza z detailnej analýzy existujúcich riešení. Navrhovaný systém bude obsahovať len tie najzákladnejšie vlastnosti existujúcich riešení, teda sledovanie polohy hlavy a očí na základe BMW, a signalizáciu od Lexusu. Systém bude jednoducho použiteľným pre používateľov.

#### **2.1.1 Špecifikácia požiadaviek**

Úlohou diplomovej práce je vytvoriť systém na zabránenie mikrosnánku pri podpore zariadení od spoločnosti Funtoro. Aby sa stal systém funkčným a prospešným, musí spĺňať viacero vlastností z rôznych hľadísk. Tieto vlastnosti sú rozdelené na funkcionálne a nefunkcionálne požiadavky.

##### **2.1.1.1 Funkcionálne požiadavky**

V prvom rade musí byť systém pre používateľa jednoducho ovládateľný. V tomto prípade bude používateľ úplne odbremený od ovládania systému, pretože systém bude vykonávať takmer všetko samostatne. Používateľ bude mať k dispozícii len zopár možností v nastaveniach. Systém musí spĺňať viacero požiadaviek, teda musí byť presný, musí presne snímať požadovanú oblasť hlavy vodiča, a predovšetkým musí presne identifikovať oči. Následne sa musí správne rozhodnúť, či nastala krízová situácia alebo nie. Ďalšou dôležitou vlastnosťou, ktorú musí systém spĺňať, je rýchlosť, lebo pri prípadnom mikrosnánku treba konať vždy veľmi rýchlo. Ak vodič podľahne mikrosnánku, systém ho musí jasne upozorniť, najlepšie odstupňovanou signalizáciou podľa rôznych úrovní.

### 2.1.1.2 Nefunkcionálne požiadavky

Medzi nefunkcionálne požiadavky systému patria tie vlastnosti, ktoré sú pre všetky systémy rovnaké. Aplikácia systému musí byť jednoducho ovládateľná pre používateľa. Prvky, hlavne tlačidlá systému, musia byť prehľadné a jednoznačne identifikovateľné. Z toho dôvodu musí voľba farieb aplikácie spĺňať požiadavky interakcie človeka s počítačom.

### 2.1.1.3 Diagramy prípadov použitia systému

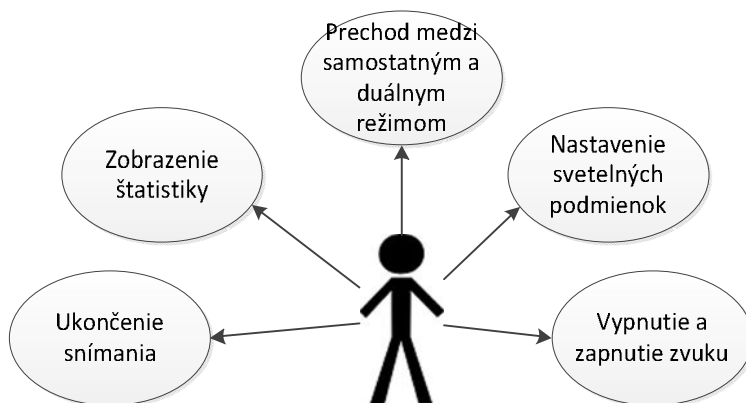
V tejto podkapitole sú znázomené diagramy prípadov použitia v jednotlivých oknách aplikácie. Prípady použitia v jednotlivých oknách znamenajú, aké akcie je schopný používateľ v daných oknách vykonávať.

Na obrázku č. 10 je zobrazený diagram prípadov použitia systému v okne menu.



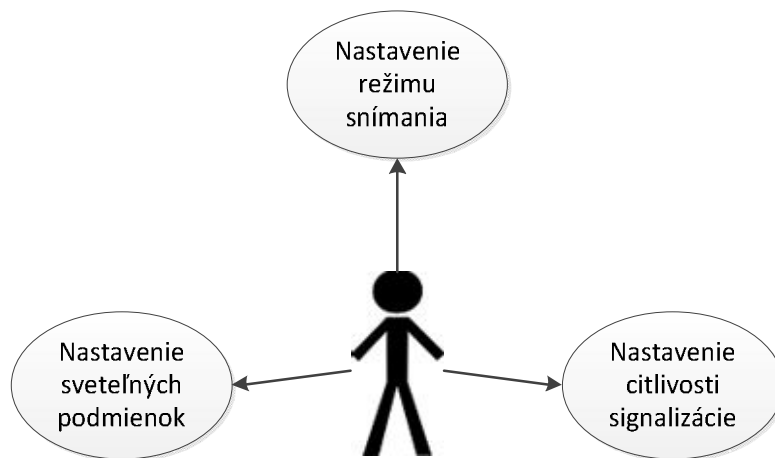
Obr. 10: Diagram prípadov použitia systému v okne menu

Na obrázku č. 11 je zobrazený diagram prípadov použitia systému v okne snímania.



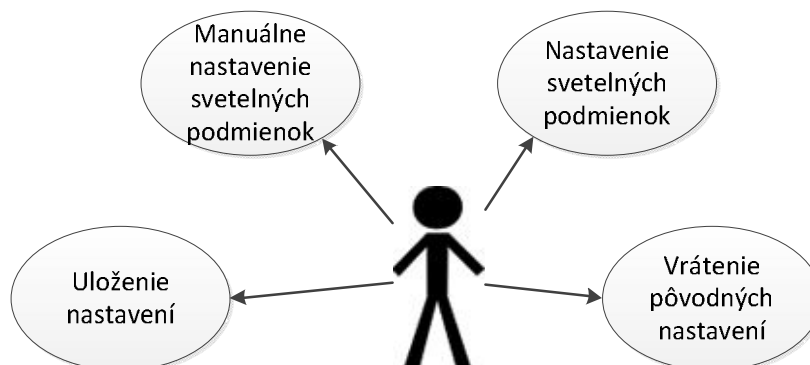
Obr. 11: Diagram prípadov použitia systému v okne snímania

Na obrázku č. 12 je zobrazený diagram prípadov použitia systému v okne nastavení.



Obr. 12: Diagram prípadov použitia systému v okne nastavení

Na obrázku č. 13 je zobrazený diagram prípadov použitia systému v okne kalibrácie.



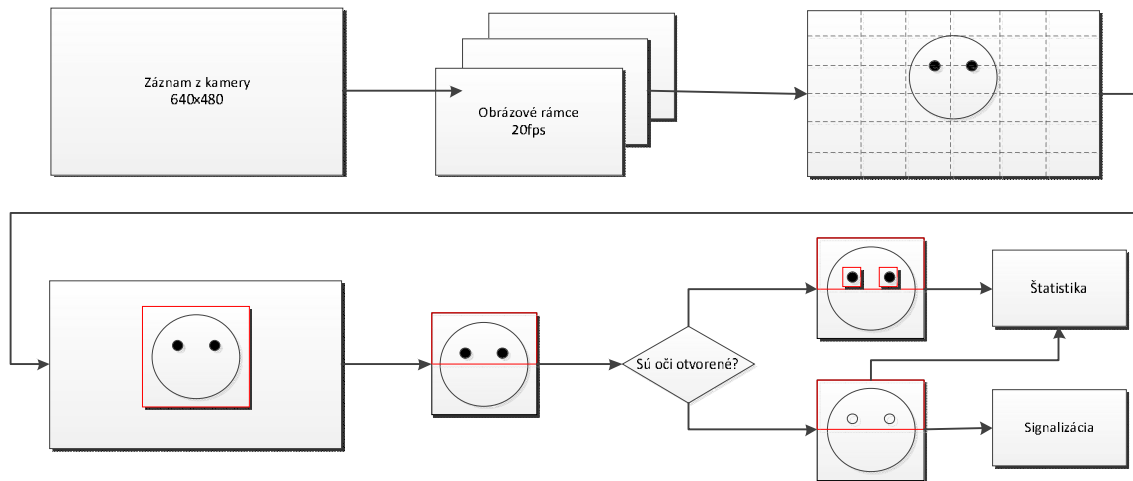
Obr. 13: Diagram prípadov použitia systému v okne kalibrácie

### 2.1.2 Výber implementačného prostredia

Rozhodol som sa, že projekt budem vyvíjať v implementačnom prostredí Microsoft Visual Studio 2008 v programovacom jazyku C# s balíkom Smart Device na platforme pre Windows CE. Nakoľko na serveri Funtoro BV-105 pracuje operačný systém Windows CE, bolo potrebné vyvíjať projekt práve pre túto platformu. V minulosti som viac projektov programoval v jazyku C#, preto bolo pre mňa potešujúce, že programovací jazyk C# podporuje spomínanú platformu pre Windows CE.

### 2.1.3 Základná funkčnosť systému

Na začiatku tejto kapitoly je uvedená základná schéma funkčnosti systému, ktorá je znázornená na obrázku č. 14.



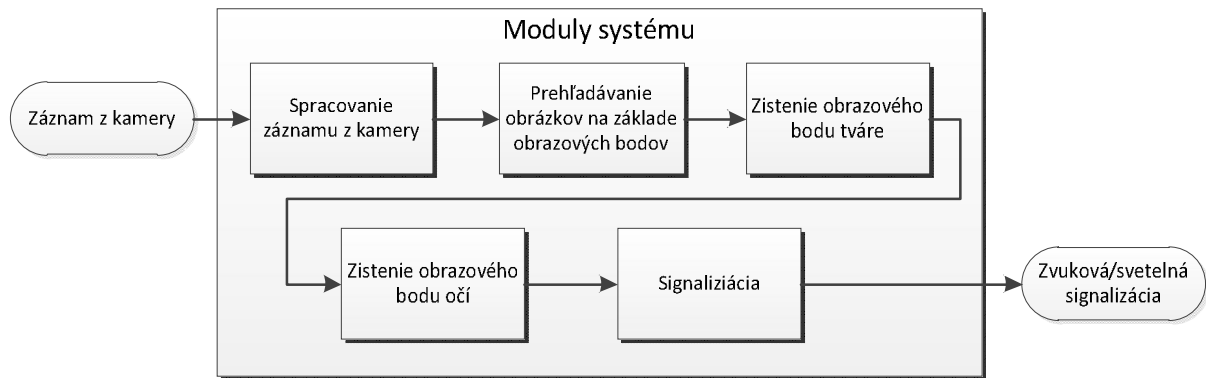
Obr. 14: Základná schéma funkčnosti systému

Na samotnom začiatku server spracuje záznam z kamery. Záznam sa skladá z takzvaných obrazových rámcov (Picture Frame). Tieto obrazové rámce tvoria záznam. Čím väčšie množstvo obrazových rámcov za sekundu (FPS – rámce za sekundu), udáva tým vyššiu kvalitu záznamu. V ďalšom kroku sa bude kontrolovať každý obrazový rámec samostatne. Keďže je operačný systém Windows Embedded CE 6.0 vo funkcionalite, a server BV-105 výkonovo ohraničený, musíme systému zaistiť čím menšiu námahu pri spracovaní obrazových rámcov. Preto je systém nastavený tak, aby sa kontrolovali len obrazové body niektorých riadkov a len niektorých stĺpcov v spracovávanom obrázku. Po tom ako spracujeme jednotlivé obrazové body spracovávaného obrázku, môžeme na základe jednotlivých obrazových bodov rozhodnúť, či sa jedná o obrazové body, ktoré tvoria tvár zaznamenaného vodiča. V ďalšom priebehu systém pracuje už len s časťou obrázka, na ktorom sa nachádza tvár vodiča. Keďže systém má za úlohu určiť unavenosť vodiča na základe zatvorených, respektíve otvorených očí, spodnú časť tváre systém v ďalšom spracovávaní vôbec nepotrebuje. Ďalej systém tiež na základe obrazových bodov určí polohy očí a skontroluje ich stav, teda či sú zatvorené alebo otvorené. V dôsledku toho určí akú signalizáciu má použiť, pričom sa údaje posielajú na spracovanie kvôli štatistikám.

V ďalšom kroku sa spomínaná funkčnosť systému rozdelí na moduly, ktoré sa podrobnejšie opíšu v nasledujúcich podkapitolách.

### 2.1.4 Návrh modulov systému

Systém bude pozostávať z funkčných modulov, ktoré budú zabezpečovať príslušnú funkčnosť systému. Následnosť jednotlivých modulov je zobrazená na obrázku č. 15.



Obr. 15: Moduly systému

Modul *Spracovania záznamu z kamery* spracúva záznam z kamerového systému, ktorý zachytáva polohu hlavy vodiča. Spracovaný záznam sa v ďalšom module *Prehľadávania obrázkov na základe obrazových bodov* rozdelí na obrazové rámce, ktoré sa na základe obrazových bodov prehľadajú. Pomocou modulu *Zistenie obrazového bodu tváre* sa určí poloha tváre vodiča. V ďalšom module *Zistenia obrazového bodu očí* sa určí poloha očí a následne stav zreničiek. Spracovaný stav zreničiek je ďalej posunutý do modulu *Signalizácie*, kde sa aktuálny stav zreničiek porovná s normou. Len v tom prípade sa aktivuje zvuková alebo svetelná signalizácia, keď stav zreničiek nie je v norme.

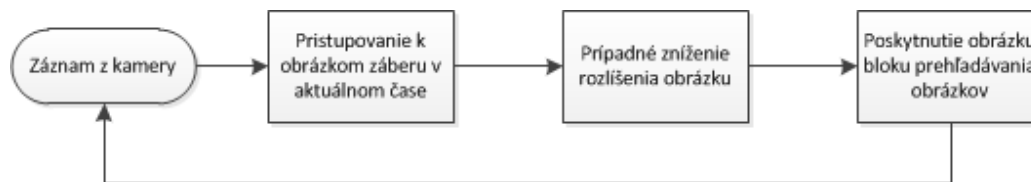
#### 2.1.4.1 Spracovanie záznamu z kamery

Výber kamery je veľmi dôležitý, lebo nie všetky kamery spĺňajú požiadavky na realizáciu systému. Operačný systém Windows Embedded CE 6.0 a tiež server BV-105 sú z tých pomalších, práve preto sa musí dbať na správny výber kamery. Dotykový LCD displej BM-171 má síce rozlíšenie 720x480, čiže sa na ňom môže zobrazovať záber zo snímajúcej kamery v rozlíšení 640x480. Server s operačným systémom však nedokáže spracovať tak veľký obrázok, preto musí byť záznam z kamery spracovaný v čo najmenšej rozpoznateľnej kvalite. Po krátkych testovaniach sa zistilo, že sa obraz musí zredukovať približne na osminu spomínanej kvality, teda zo 640x480 na 80x60. Ak je ale obraz kvalitný a ostrý, na analýzu stačí aj rozlíšenie 80x60.

Hlavnou požiadavkou systému je, aby bol rýchly, teda aby dokázal rýchlo reagovať na danú situáciu, a tiež včas varovať vodiča v prípade potreby. Pripojenie kamery sa realizuje USB pripojením, nakoľko spomínaný server BV-105 má možnosť takéhoto pripojenia.

Najväčším problémom je nájdenie správnych ovládačov ku kamerám, lebo nie všetky sú kompatibilné s daným operačným systémom. Tento problém je podrobnejšie rozvádzaný v časti *2.1.6 Revízia návrhu riešenia*.

Funkčnosť modulu *Spracovania záznamu z kamery* je znázornená pomocou vývojového diagramu na obrázku č. 16.



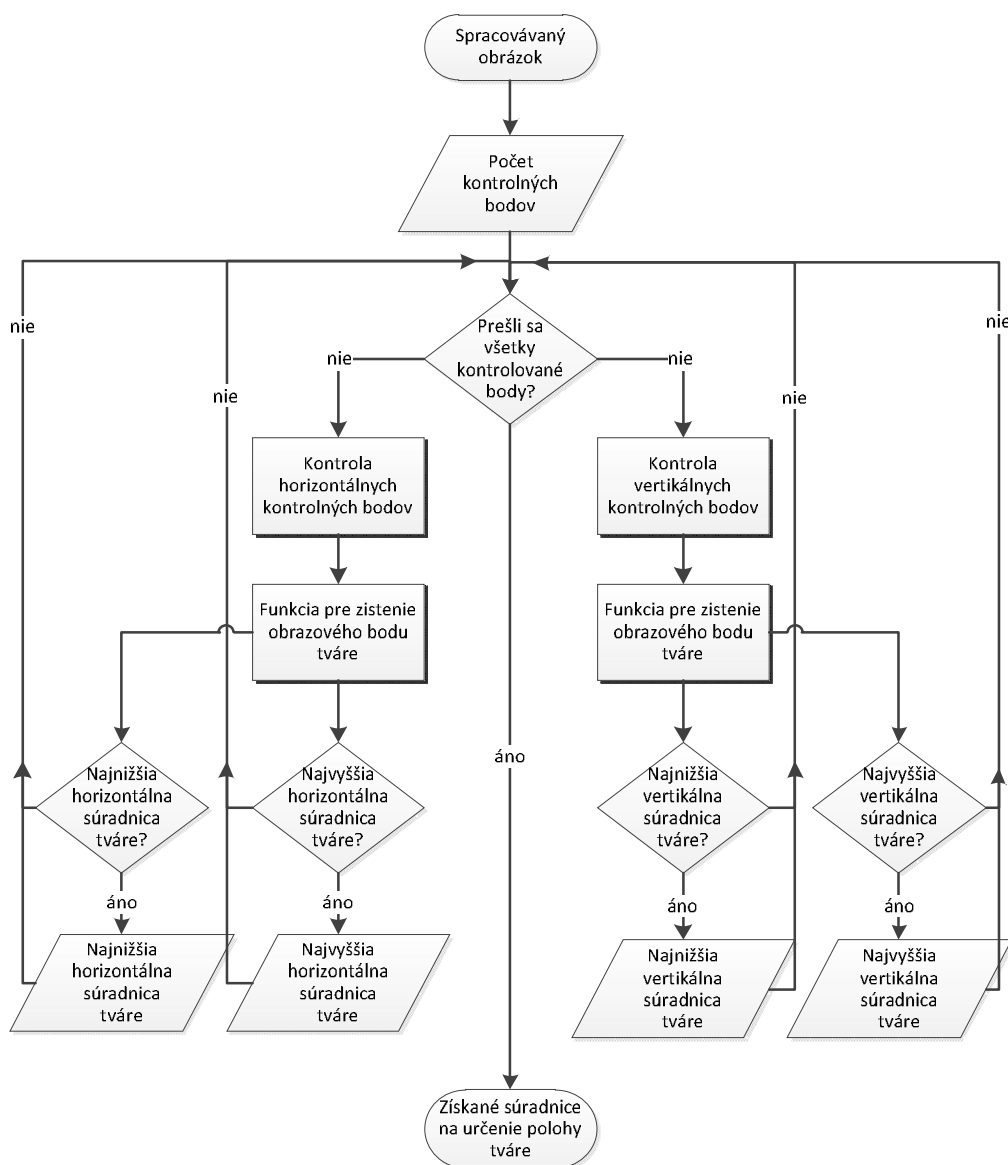
Obr. 16: Vývojový diagram spracovania záznamu z kamery

#### **2.1.4.2 Prehľadávanie obrázkov na základe obrazových bodov**

Kvôli obmedzeniam operačného systému Windows Embedded CE 6.0 a serveru BV-105 je prehľadávanie obrázkov na základe obrazových bodov zredukované takým spôsobom, že sa kontrolujú len obrazové body v určitých riadkoch a určitých stĺpcoch spracovávaného obrázku. Tieto riadky a stĺpce sú definované ako kontrolné body, alebo ako kontrolné riadky a kontrolné stĺpce. Týchto kontrolných riadkov a stĺpcov je po 5 preto, aby systém pomocou zachytených obrazových bodov, ktoré sú súčasťou tváre, dokázal určiť polohu tváre. Na zistenie polohy tváre stačia aj 3 kontrolné body, ale kvôli väčšej úspešnosti je definovaný vyšší počet kontrolných bodov. Čím je počet kontrolných bodov vyšší, narastá aj úspešnosť identifikovania tváre. Avšak v tomto systéme nie je možné použiť vyšší počet kontrolných bodov kvôli výkonnostným ohraničeniam operačného systému a servera.

Modul dostane na začiatku obrázkov na spracovanie. Podľa počtu kontrolných bodov zisťuje, či prešli všetky. Ak neprešli, začne postupne kontrolovať najprv horizontálne a následne aj vertikálne kontrolné body. V týchto bodoch postupne prechádza obrazový bod po obrazovom bode a zisťuje, či je daný obrazový bod súčasťou tváre. Táto kontrola ale nie je opísaná v tomto module, bude opísaná v ďalšom module v časti *2.1.4.3 Zistenie obrazového bodu tváre*.

Systém pomocou štyroch premenných (najnižšia horizontálna, najvyššia horizontálna, najnižšia vertikálna, najvyššia vertikálna) súradníc tváre určí polohu tváre na spracovávanom obrázku. Výsledkom sú 4 súradnice tváre, ktoré pomerne presne určujú krajné body tváre vodiča. Horizontálnymi krajnými bodmi sú väčšinou uši alebo líce kosti na pravej, respektíve ľavej strane tváre. Horná časť čela a dolná časť brady, alebo odhaleného krku sú naopak najčastejšími vertikálnymi krajnými bodmi tváre. Na obrázku č. 17 je pomocou vývojového diagramu znázornená funkčnosť modulu *Prehľadávania obrázkov na základe obrazových bodov*.



Obr. 17: Vývojový diagram prehľadávania obrázkov na základe obrazových bodov

### 2.1.4.3 Zistenie obrazového bodu tváre

V inicializácii projektu máme zadané štyri premenné určujúce polohu tváre, ktoré sme určili pomocou modulu opísaného v predchádzajúcej podkapitole *2.2.1.2 Prehľadávanie obrázkov na základe obrazových bodov*.

V prvom rade si ale musíme vysvetliť, čo je to RGB a HSV. Každý obrazový bod je určený trojicou farieb, ktorých hodnota je určená ôsmimi bitmi (1 Bytom):

- R – Red (červená), hodnota od 0 do 255
- G – Green (zelená), hodnota od 0 do 255
- B – Blue (modrá), hodnota od 0 do 255

Spracovaním intenzity RGB farieb jednotlivých obrazových bodov sa nedá celkom presne určiť, či sú tieto body obrazovými bodmi tváre vodiča. Pristupujeme teda k farebnému modelu HSV:

- H – Hue (farebný tón, odtieň). Je to farba odrazená alebo prechádzajúca objektom, udáva sa v stupňoch od 0 do 360°.
- S – Saturation (sýtosť farby, prímes inej farby). Predstavuje množstvo šedivosti k odtieňu, meria sa v percentách, pričom 0% je šedá a 100% je plne sýta farba, v systéme je reprezentovaná na škále od 0 do 1.
- V – Value (hodnota jasu, množstvo bieleho svetla). Udáva relatívnu bledosť, respektíve tmavosť farby. Vyjadruje koľko svetla farba odrazí, teda je to takzvané pridávanie čiernej farby do základnej farby. Jeho hodnota je v systéme reprezentovaná na škále od 0 do 1.

Keď sa dostaneme ku konkrétnemu obrazovému bodu spracovávaného obrázka, systém zistí jeho farbu pomocou RGB. Z neho systém vypočíta atribúty  $r$  z rovnice (1) a  $g$  z rovnice (2), ktoré sú pomerom červenej, respektíve zelenej farby k ostatným farbám. Atribút  $b$  nie je dôležitý, ale dá sa ľahko vypočítať podľa tretej rovnice (3).



Rovnice na výpočet atribútov  $r$ ,  $g$  a  $b$  sú nasledujúce [28]:

$$r = R/(R + G + B) \quad (1)$$

$$g = G/(R + G + B) \quad (2)$$

$$r + g + b = 1 \quad (3)$$

To nám ale ešte nestačí, systém nám ho musí previesť do farebného modelu HSV. Farby RGB prevádzame do farebného modelu HSV nasledujúcimi rovnicami (4) až (8) [28]:

$$H1 = \cos^{-1} \left\{ \frac{0.5[(R - G) + (R - B)]}{\sqrt{(R - G)^2 + (R - B)(G - B)}} \right\} \quad (4)$$

$$H = H1 \quad \text{keď } B \leq G \quad (5)$$

$$H = 360^\circ - H1 \quad \text{keď } B > G \quad (6)$$

$$S = \frac{\text{Max}(R, G, B) - \text{Min}(R, G, B)}{\text{Max}(R, G, B)} \quad (7)$$

$$V = \frac{\text{Max}(R, G, B)}{255} \quad (8)$$

Pomocou prechádzajúcich rovníc vieme previesť obrazové body do farebného modelu HSV, ktorým sa ľahšie určia obrazové body, ktoré sú a naopak nie sú súčasťou tváre. Každý obrazový bod sa porovná s nasledujúcimi rovnicami (9) až (15), pomocou ktorých sa zistí, či je obrazovým bodom tváre [28]:

$$R > G \quad (9) \quad |R - G| \geq 11 \quad (10)$$

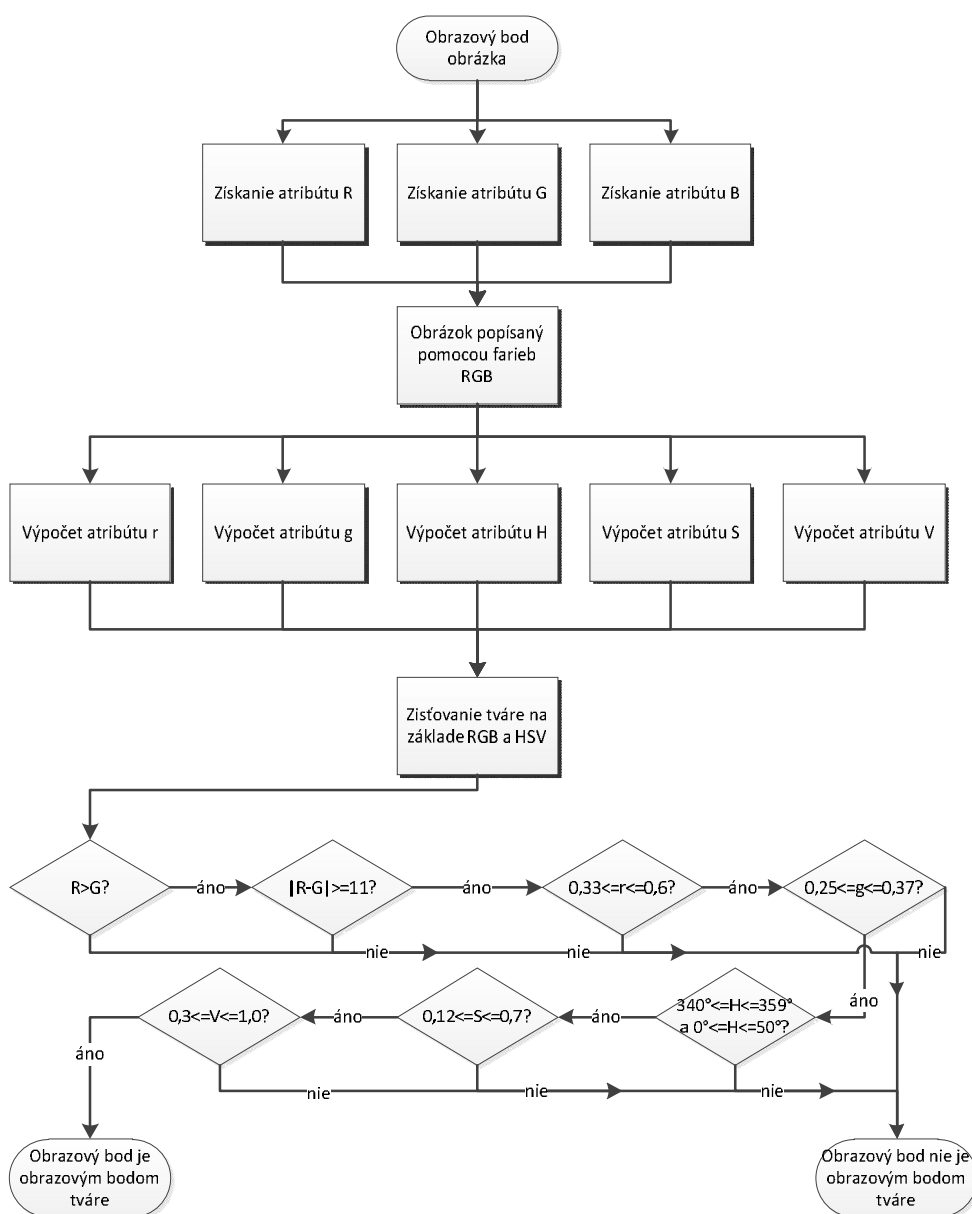
$$0,33 \leq r \leq 0,6 \quad (11) \quad 0,25 \leq g \leq 0,37 \quad (12)$$

$$340^\circ \leq H \leq 359^\circ \vee 0^\circ \leq H \leq 50^\circ \quad (13)$$

$$0,12 \leq S \leq 0,7 \quad (14) \quad 0,3 \leq V \leq 1,0 \quad (15)$$

Keby sme nemali zadefinované len určité kontrolné body, v ktorých sa obrázok porovnáva, vedeli by sme pomocou rovníc (9) až (15) spraviť binárny čiernobiely obrázok, kde by napríklad biela znamenala časti tváre a čierna časti mimo tváre. Zavedením kontrolných bodov toho nie sme schopní, ale systému to plne postačuje na zistenie krajných súradníc tváre.

Pre ukážku je uvedený opisovaný modul aj pomocou vývojového diagramu, ktorý je znázornený na obrázku č. 18.



Obr. 18: Vývojový diagram zistenia obrazového bodu tváre vodiča

#### 2.1.4.4 Zistenie obrazového bodu očí

Na začiatku tohto modulu máme obrázok tváre, ktorú systém zredukoval pomocou modulu opísaného v predošlej podkapitole 2.1.4.3 *Zistenie obrazového bodu tváre*. Najprv si systém z tohto obrázku zoberie na spracovanie len jeho hornú polovicu, nakoľko v tejto časti sa nachádzajú oči. Keďže sa v tejto časti nachádzajú zväčša obrazové body tváre, hľadáme také obrazové body, ktoré síce sú v oblasti tváre, ale majú inú farbu. Pomocou výskumov sa zistilo, že očné zreničky zachytené fotoaparátom, alebo kamerou majú oveľa nižšiu hodnotu jasnosti ako ostatné obrazové body, ktoré sú súčasťou tváre. Ako už vieme, vo farebnom modeli HSV udáva atribút  $V$  hodnotu jasnosti na škále 0 do 1. Za základe týchto skutočností, pomocou rovnice (8) z predošlej podkapitoly 2.1.4.3 *Zistenie obrazového bodu tváre* systém vypočíta atribút  $V$ . Po tomto obrázku prechádzame každý obrazový bod samostatne a porovnávame atribút  $V$ , či sa zhoduje s podmienkou (16):

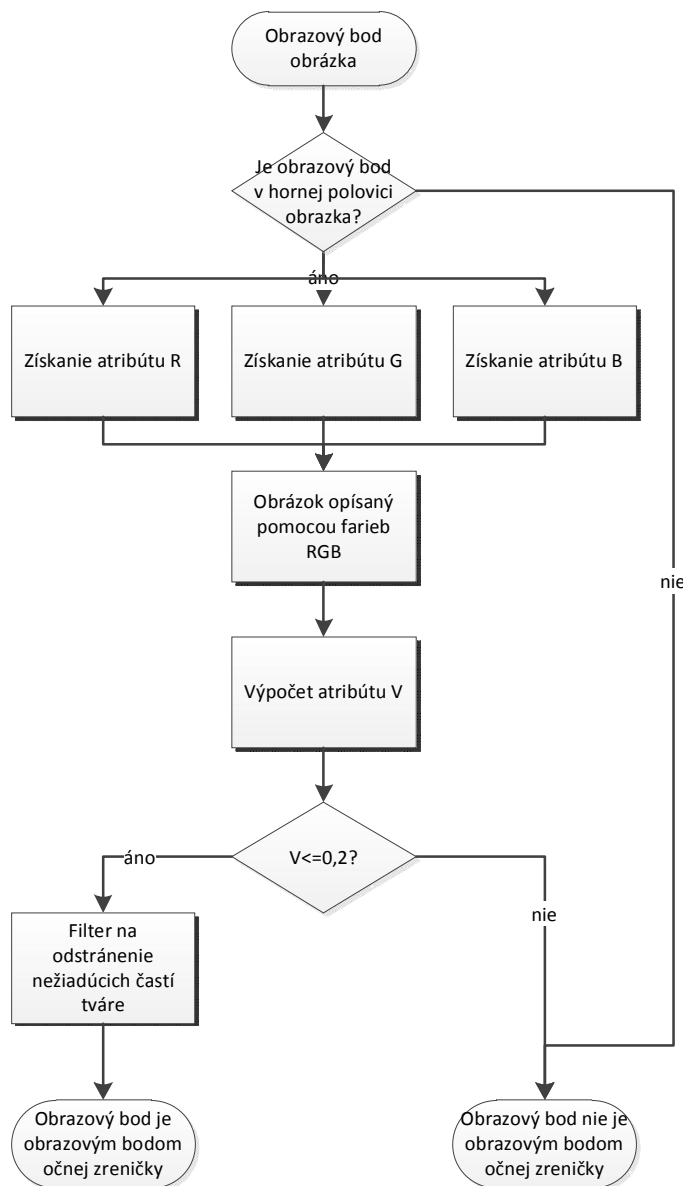
$$V \leq 0,2 \tag{16}$$

Keďže oveľa nižšiu hodnotu jasnosti indikujú iba očné zreničky, pri ich prípadnom zachytení môžeme vyhlásiť, že sú oči vodiča otvorené, teda je vodič bdely. V opačnom prípade, ak systém nezachytí obrazové body s nízkou hodnotou jasnosti, znamená absenciu očných zreničiek na obrázku tváre, čiže sú oči zatvorené. Z tejto situácie systém vyvodí dôsledok, že oči sú zatvorené, teda nastal problém, vodič pravdepodobne spí.

Občas sa môže stať, že sa zachytí obrazový bod s podobnou nízkou hodnotou jasnosti, podľa špecifikácie očných zreničiek, preto sa musia zaviesť filtre na odstránenie týchto nežiaducich a zároveň mätúcich obrazových častí.

Môže nastať prípad, že sa zaznamená problém vtedy, keď vodič iba žmurkne. Preto sú do systému zavedené počítadlá, ktoré počítajú na koľkých obrázkoch má vodič zatvorené, respektíve otvorené oči. To znamená, že pri len jedinom prípade zachytenia zatvorených očí sa varovanie nevykoná. Vykoná sa až po viacerých zisteniach, pričom pri väčšom počte zistení zatvorených očí systém zapojí vyššie úrovne varovaní. Údaje získané počítadlami otvorených, respektíve zatvorených očí sa tiež pošlú na spracovanie do štatistik.

Na obrázku č. 19 je znázornená činnosť modulu *Zistenia obrazového bodu očí* pomocou vývojového diagramu.



Obr. 19: Vývojový diagram zistenia obrazového bodu očí vodiča

#### 2.1.4.5 Signalizácia

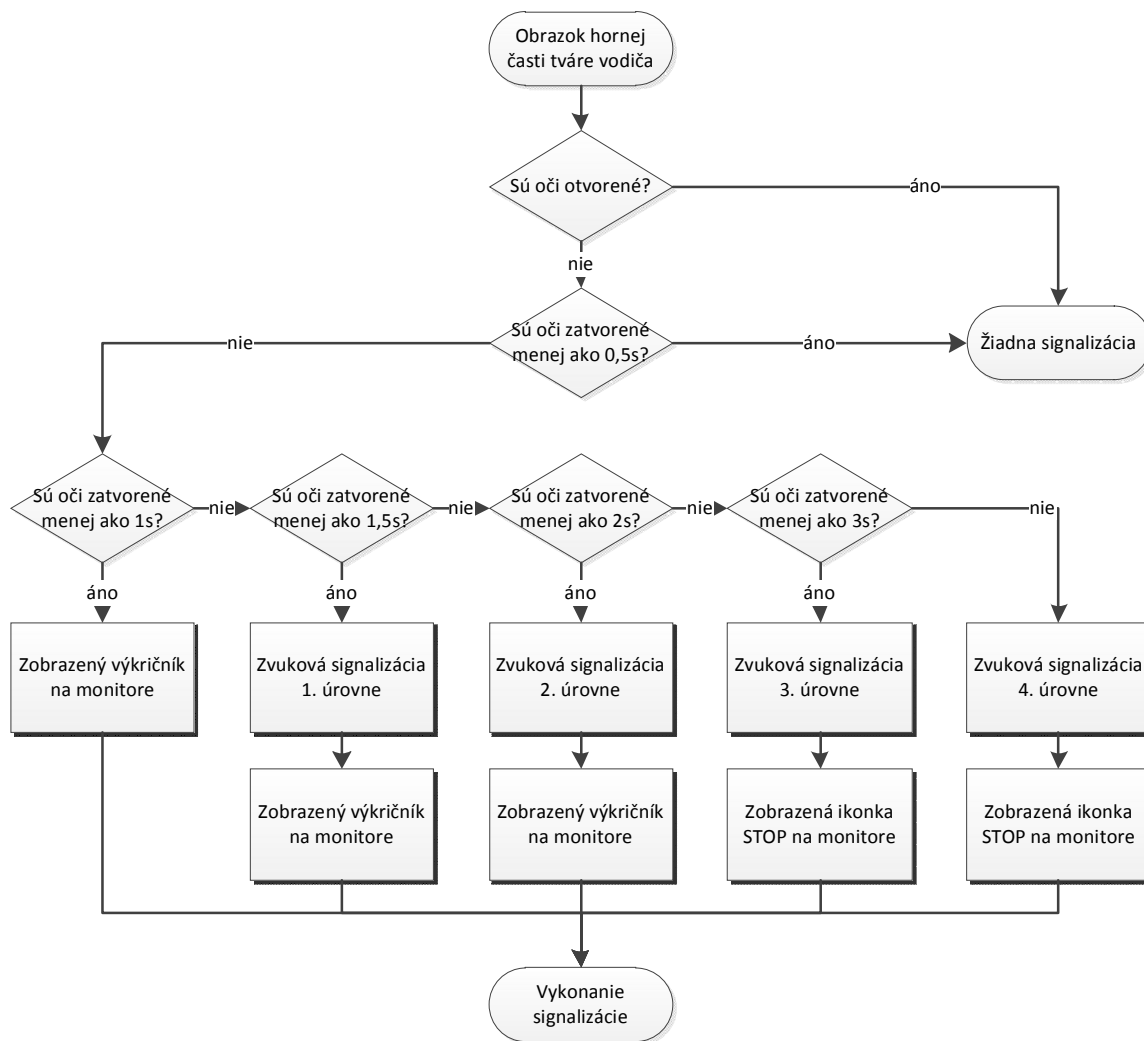
Táto podkapitola sa zaoberá signalizáciou, teda upozomením vodiča, ktorý sa dostal do krajnej situácie. Touto krajnou situáciou sa rozumie stav, keď podľahol mikrosnúpanku, alebo je unavený. Ako sa už uviedlo niekoľko krát, stav bdlosti vodiča sa určuje na základe toho, či sú jeho oči otvorené, respektíve zatvorené na jednotlivých obrázkoch záberu. Záznam tváre vodiča sa koná v reálnom čase. V prípade, keď je vodič bdleý, má oči neustále otvorené, až na pár žmurknutí, ktoré uskutočňuje veľmi rýchlo.

V opačnom prípade, keď je unavený, jeho žmurknutia trvajú dlhšiu a dlhšiu dobu (žmurknutím sa v tomto prípade rozumie stav, keď sú oči zatvorené). Úroveň unavenosti vodiča je priamo úmerná dobe zatvorenia očí vodiča. Úrovne signalizácie sú uvedené v nasledujúcej tabuľke č. 3.

Tab. 3: Úrovne signalizácie stavu unavenosti vodiča

<b>Doba zatvorenia očí vodiča (sec.)</b>	<b>Stav vodiča</b>	<b>Signalizácia</b>
<b>0,00 - 0,50</b>	Vodič je bdely	Žiadna
<b>0,50 - 1,00</b>	Vodič je mierne unavený	Výkričník na monitore
<b>1,00 - 1,50</b>	Vodič je unavený	Zvuková signalizácia 1. úrovne a zobrazený výkričník na monitore
<b>1,50 - 2,00</b>	Vodič je veľmi unavený	Zvuková signalizácia 2. úrovne a zobrazený výkričník na monitore
<b>2,00 - 3,00</b>	Vodič je nadmierne unavený	Zvuková signalizácia 3. úrovne a zobrazená ikonka STOP
<b>3,00 - x</b>	Vodič podľahol mikrosnánku	Zvuková signalizácia 4. úrovne a zobrazená ikonka STOP

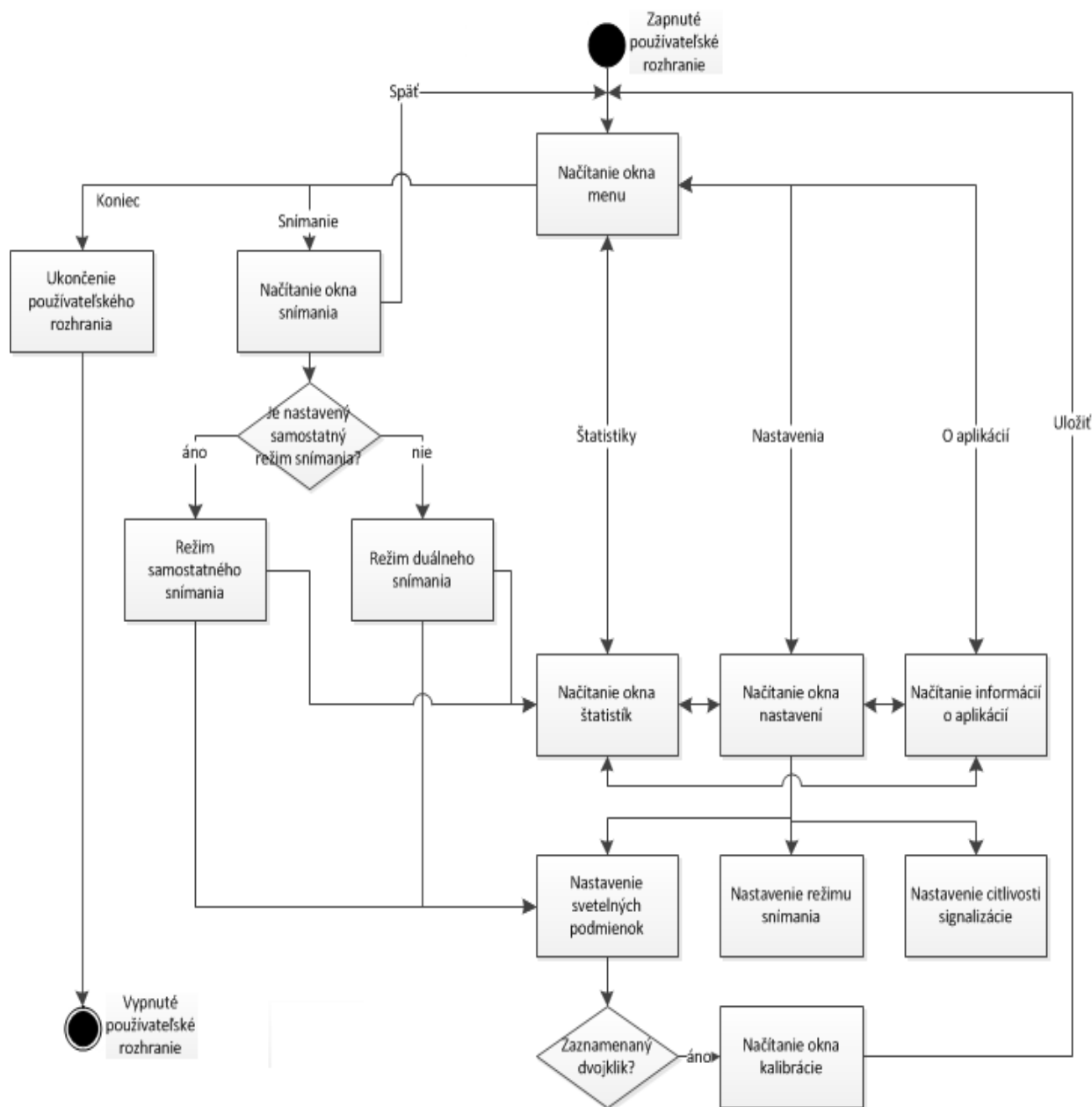
Vyššie uvedená tabuľka č. 3 priraduje k jednotlivým úrovňam unavenosti vodiča príslušnú signalizáciu, ktorú systém vykoná v danom stave. Signalizácia sa uskutočňuje dvoma spôsobmi, a to zvukovou a svetelnou signalizáciou. Pri svetelnej signalizácii sa zobrazí ikonka na monitore. Niektorí sa čudujú, načo je dobrá svetelná signalizácia, keď má vodič v momente signalizácie aj tak zatvorené oči. Mýlia sa, keď vodič otvorí oči, všimne si na monitore signalizáciu, nakoľko je systém dostatočne oneskorený. No majú pravdu v tom, že zvukovú signalizáciu určite treba použiť. Ako z tabuľky vyplýva, systém rozlišuje dva druhy svetelnej signalizácie, a to zobrazením výkričníka, alebo v horšom prípade zobrazením ikonky STOP na monitore. Systém rozoznáva 4 úrovne zvukovej signalizácie, ktoré pri horších stavoch zvyšujú svoju úroveň hlasitosti. Jednotlivé úrovne, či už svetelnej alebo zvukovej signalizácie sú odstupňované s 0,5 respektíve 1 sekundovými intervalmi. Na obrázku č. 20 je zobrazená funkčnosť modulu signalizácie vodiča.



Obr. 20: Vývojový diagram signalizácie

### 2.1.5 Návrh používateľského rozhrania

Používateľské rozhranie v systéme je navrhnuté tak, aby bolo pre používateľa, teda pre vodiča používanie systému čo najjednoduchšie. Jednoducho použiteľný systém musí mať jednotlivé tlačidlá prehľadné a jednoznačne identifikovateľné. Rozhraním medzi používateľom a serverom, teda systémom je 7 palcový dotykový displej (BM-171). Pre používateľa sa musia navrhnúť dostatočne veľké tlačidlá z dôvodu, aby ich vedel stlačiť i dotykom prsta rovno na displeji. Na obrázku č. 21 je znázornený stavový diagram ovládania používateľského rozhrania.



Obr. 21: Stavový diagram ovládania používateľského rozhrania

Používateľské rozhranie sa skladá z piatich okien, ktorými sú *okno menu*, *okno snímania*, *okno štatistik*, *okno nastavení* a *okno kalibrácie*. Všetky okná sú navrhnuté tak, aby používateľ nemal problém so stláčaním tlačidiel, ktorými sa presúva medzi oknami, alebo nastavuje parametre systému.

### 2.1.5.1 Okno menu

V hlavnej obrazovke okna menu sa nachádzajú 2 tlačidlá. Stlačením prvého tlačidla *Snímanie* sa používateľovi zobrazí okno snímania. Po stlačení tlačidla *Koniec* sa vypne používateľské prostredie. Opisované okno bolo navrhnuté tak, aby bolo čo najjednoduchšie na používanie. Na základe toho, že sa systém zaoberá zabránením mikrosnánku u vodičov, oči hrajú významnú rolu v celom systéme. Na základe toho vznikla myšlienka spraviť okno ako ľudskú tvár, kde dvomi tlačidlami budú oči na tvári. Celá tvár je čiernobiela, avšak oči sú farebne odlíšené od tváre, aby bolo jasné, že oči sú zároveň i tlačidlami. Musí sa však špecifikovať, ktoré tlačidlo čo znamená. Preto sa pod obe tlačidlá vo forme oka pridali nápisy *Snímanie* a *Koniec*. Ostatné tlačidlá slúžia na prechody medzi jednotlivými obrazovkami, akými sú štatistiky, nastavenia alebo informácie o aplikácii. Okno menu je znázornené na obrázku č. 33.

### 2.1.5.2 Okno snímania

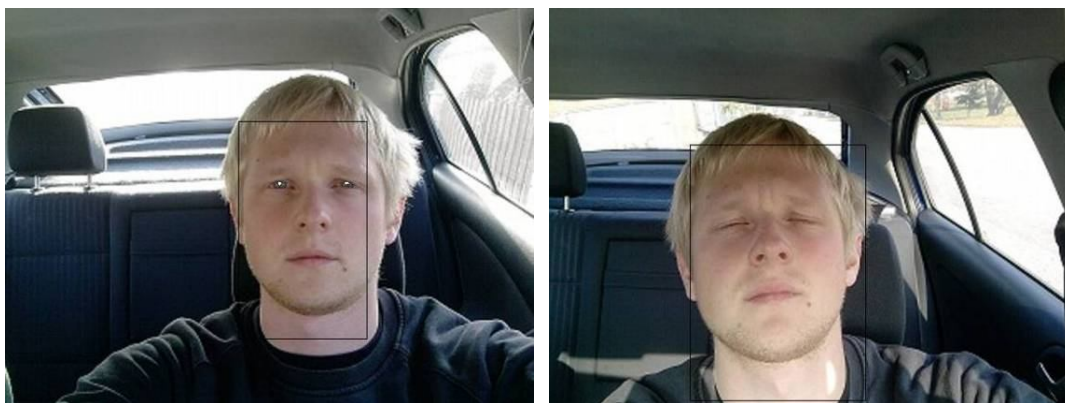
Okno snímania sa zobrazí po jeho výbere v hlavnom menu. Za úlohu má vodičovi poskytovať upozornenia v situácii, keď je unavený. Týmito upozorneniami môže byť svetelná aj zvuková signalizácia spôsobom, akým bola opísaná v podkapitole 2.1.4.5 *Signalizácia*. Z grafického hľadiska nás zaujíma svetelná signalizácia, pri ktorej sa v krajných prípadoch majú zobrazovať ikonky výkričníka, respektíve ikonky STOP. Tieto ikonky sú zobrazené na obrázkoch č. 22a,b.



Obr. 22a,b: Ikonky výkričník a STOP

Na obrázku č. 23a je zobrazená tvár vodiča v stave, keď má oči otvorené. Naopak na obrázku č. 23b je zobrazená tvár vodiča v stave, keď má oči zatvorené. Krajné body tváre reprezentujú hrany obdĺžnika zobrazeného na obrázkoch č. 23a,b.





Obr. 23a,b: Identifikovanie otvorených a zatvorených očí

V okne snímania sa budú v núdzových stavoch zobrazovať ikony zobrazené na obrázkoch č. 22a,b. Z okna snímania sa dá späť vrátiť do hlavného menu stlačením ikony *Spät'*, alebo sa dá presunúť do okna štatistík stlačením ikony *Štatistiky*. Okrem toho si môže používateľ v tomto okne zvoliť aktuálne svetelné podmienky, a tiež vypnúť, respektíve zapnúť zvukovú signalizáciu. Je to užitočné v prípade, keď je viacero cestujúcich v jednom aute. V tejto situácii má možnosť vodič vypnúť zvuk, aby tým nerušil spolucestujúcich. Mal by ho však vypnúť iba v prípade, že sa cíti dostatočne bdely na to, aby riadil motorové vozidlo. Systém však zaznamenáva jeho stav naďalej, upozorňuje vodiča v potrebných situáciách a tiež robí aj štatistiky, ktoré sú opísané nižšie v časti 2.1.5.3 *Okno štatistík*.

### 2.1.5.3 Okno štatistík

V okne štatistík sú zobrazené štatistické údaje, ktoré sa zaznamenali a vypočítali na základe stavu únavy vodiča. Počítajú sa v nej štatistické údaje vzhľadom ku počtu záberov, v percentuálnom vyjadrení, a tiež vzhľadom ku celkovej dobe záznamu:

- Počet záberov na ktorých boli oči otvorené
- Počet záberov na ktorých boli oči zatvorené
- Počet zaznamenaných stavov bdelého vodiča
- Počet zaznamenaných stavov mierne unaveného vodiča
- Počet zaznamenaných stavov unaveného vodiča
- Počet zaznamenaných stavov veľmi unaveného vodiča
- Počet zaznamenaných stavov nadmerne unaveného vodiča
- Počet zaznamenaných stavov, keď vodič podľahol do mikrosnánku

#### **2.1.5.4 Okno nastavení**

V systéme, ktorý musí byť jednoduchý na ovládanie zo strany používateľa sa zvolili len tie najzákladnejšie nastavenia. Okno nastavení ponúka používateľom vybrať si zo štyroch svetelných podmienok (noc, deň, zamračené, vlastné), ktoré si vie aj sám prekalibrovať (2.1.5.5 *Okno kalibrácie*). Okrem toho má používateľ na výber z dvoch režimov snímania. Prvý slúži len na snímání stavu únavy, naopak druhý režim je duálny. Duálny režim znamená, že sú na obrazovke zobrazené zábery z dvoch kamier. Prvá kamera sníma stav únavy, zatiaľ čo druhá je sprievodnou a môže slúžiť napríklad ako kamera „nočného videnia“. V nastaveniach sa tiež dá nastaviť citlivosť signalizácie systému, ktorá je nastaviteľná v rozmedzí od 1 do 10.

#### **2.1.5.5 Okno kalibrácie**

Keďže môže nastať nespočetne veľa svetelných podmienok, k súčasť systému bolo navrhnuté i okno kalibrácie, kde si používateľ môže prestaviť už existujúce svetelné podmienky, respektíve si môže zdefinovať vlastné podmienky. Nastavením sa rozumie nastavovanie hodnoty jasů tváre a očí. Po vykonaní kalibrácie si používateľ môže uložiť zmeny, alebo sa vrátiť k pôvodným nastaveniam. K výberu má i možnosť zvoliť si automatické prehľadávanie svetelných podmienok. Ak však automatické prehľadávanie nenájde žiadne vyhovujúce svetelné podmienky, používateľ má možnosť vybrať si z nich i manuálne.

#### **2.1.6 Revízia návrhu riešenia**

Z dôvodu nedostupnosti ovládačov a knižníc ku kamerám na operačný systém Windows Embedded CE 6.0 sa upustilo od implementovania systému pod spomínaným operačným systémom. Namiesto toho bude systém implementovaný pod operačným systémom Windows 7. Počítač, na ktorom bude systém implementovaný, obsahuje integrovanú webovú kameru. K počítaču je tiež možné pripojiť ďalšie externé webové kamery pomocou USB rozhrania. Ďalší dôvod zmeny operačného systému spočíva v nedostatočnej rýchlosti spracovania záberu. Pod operačným systémom Windows 7 bude možné zobrazovať i snímání z kamier v zodpovedajúcej kvalite, teda v rozlíšení 640x480. Zmena sa teda týka len modulu spracovania záznamu z kamery opísanej v časti 2.1.4.1 *Spracovanie záznamu z kamery*. Všetky ostatné moduly systému sú naďalej kompatibilné aj s operačným systémom Windows Embedded CE 6.0, pre ktoré boli navrhnuté. Zmena modulu spracovania záznamu z kamery, tým pádom spôsobí miernu zmenu pri návrhu používateľského rozhrania. Všetky zmeny sú opísané v nasledujúcich podkapitolách.

### **2.1.6.1 Spracovanie záznamu z kamery**

Pre operačný systém Windows Embedded CE 6.0 sa vyskúšali rôzne knižnice, ktoré však nepriniesli úspech pri implementovaní kamery. K vyskúšaným knižniciam patria knižnice ako *WebCam\_Capture.dll*, ktorá je veľmi dobre navrhnutá. Obsahuje dokonca i komponent záznamu z kamery, ku ktorému sa dajú priradiť rôzne funkcie. Ďalšia vyskúšaná knižnica *Interop.QuartzTypeLib.dll* bola z balíka *DirectShow*. Táto knižnica je však vyvinutá len na prehrávanie už existujúcich audiovizuálnych záznamov v rôznych formátoch. Knižnica *MobileCapture.dll* bola vyskúšaná z toho dôvodu, že je vyvinutá pre mobilné aplikácie, tým pádom mohla fungovať i na skúšanom operačnom systéme. Popri spomenutých knižniciach boli vyskúšané i knižnice *AForge.Video.dll* a *AForge.Video.DirectShow.dll*, pomocou ktorých bude systém v implementovaný, avšak už pod operačným systémom Windows 7. Problémom však bolo, že žiadna zo spomenutých knižníc nebola spustiteľná vo vývojovom prostredí pre Windows Embedded CE 6.0. Preto bude systém implementovaný pod operačným systémom Windows 7. Tým pádom sa vylepší aj používateľské rozhranie, teda okno snímania. Operačný systém, ako aj počítač sú dostatočne rýchle na to, aby stihli spracovať záznam v rozlíšení 640x480. Na základe toho môže byť tento záznam popri signalizácii zobrazovaný v okne snímania opísaného v časti 2.1.6.2 *Okno snímania*.

### **2.1.6.2 Okno snímania**

Keďže bude záznam z kamery spracovávaný v rozlíšení 640x480, môže byť tento záznam zobrazovaný v plnej veľkosti v okne snímania. V zobrazovanom zázname bude identifikovaná tvár označená štvorčekom na základe krajných bodov určených v časti 2.1.4.2 *Prehľadávanie obrázkov na základe obrazových bodov*. Označenie tváre slúži na to, aby používateľ videl, či má systém dobre nastavené parametre svetelných podmienok.

### **2.1.6.3 Výber implementačného prostredia**

Na základe zmien uvedených v časti 2.1.6 *Revízia návrhu riešenia*, nastala zmena i vo voľbe implementačného prostredia. Naďalej ostáva platným, že budem projekt vyvíjať v implementačnom prostredí Microsoft Visual Studio 2008 v programovacom jazyku C#, avšak už nie pri podpore balíka Smart Device pre operačný systém Windows Embedded CE 6.0.

## 2.2 Implementácia

Podkapitola implementácie sa zaoberá podrobným opisom implementácie daného systému. Implementácia vychádza z návrhu riešenia a je tak ako návrh riešenia opísaná pomocou navrhnutých modulov systému.

### 2.2.1 Implementácia modulov systému

Po návrhu jednotlivých modulov z časti 2.1.4 *Návrh modulov systému*, bude v tejto podkapitole opísaná ich implementácia. Spomínanými modulmi sú moduly *Spracovania záznamu z kamery*, *Prehľadávania obrázkov na základe obrazových bodov*, *Zistenie obrazového bodu tváre*, *Zistenia obrazového bodu očí*, a modul *Signalizácie*. Opisom implementácie sa rozumie vysvetlenie funkcionality funkcií jednotlivých modulov a ich vzájomné prepojenie. Dôležitejšie algoritmy funkcií sú podrobnejšie opísané v technickej dokumentácii.

#### 2.2.1.1 Spracovanie záznamu z kamery

Do systému bolo implementované zobrazenie z dvoch kamier. Jedna kamera slúži na snímanie stavu únavy vodiča, zatiaľ čo druhá slúži na individuálne zobrazovanie, napríklad „nočného videnia“. Aby sa dostal správny obraz na správne miesto, museli sa zaviesť funkcie, ktoré jednak spúšťajú, zastavujú, alebo pracujú so záznamami z kamier. Túto funkcionality zabezpečujú ovládače *AForge.Video.dll* a *AForge.Video.DirectShow.dll*. Tieto dva ovládače slúžia práve na prácu s kamerami. Po ich pridaní sa môžu vytvoriť funkcie na ovládanie jednotlivých kamier. Na zobrazenie záberov z kamier sú v aplikácii použité komponenty *PictureBox*, ktoré sú schopné zobrazovať vždy jeden zaznamenaný obrázok. Správne nastavené vlákno zabezpečuje zobrazenie 20 obrazových rámcov z kamery za sekundu.

Funkciami *startCam1()* a *startCam2()* sa spúšťajú jednotlivé kamery.

```
public void startCam1() {}
```

Funkcie *newFrameCam1()* a *newFrameCam2()* slúžia na prácu s každým jedným obrázkom zachyteným z kamery.

```
public void newFrameCam1(object sender, NewFrameEventArgs eventArgs) {}
```

Druhá z uvedených funkcií *newFrameCam2()* nerobí nič iné, len presúva zachytený obrázok do komponentu *PictureBox*. Týmto je zabezpečené zobrazenie záberu z kamery v reálnom čase.

Prvá z uvedených funkcií *newFrameCam1()* je však oveľa zložitejšia. Tu nestačí v reálnom čase zobrazovať záber z kamery, ale je potrebné ho aj analyzovať. Analýza sa vykonáva na každom jednom zaznamenanom obrázku z kamery, následkom čoho sú z funkcie *newFrameCam1()* spúšťané ďalšie funkcie:

```
private void kontrolne_body() {}
```

Pri každom zachytenom obrázku z kamery sa volá funkcia *kontrolne\_body()*, ktorá má za úlohu prehľadávať obrázky na základe obrazových bodov. Jej funkcionality je bližšie opísaná v nasledujúcej podkapitole 2.2.1.2 *Prehľadávanie obrázkov na základe obrazových bodov*.

```
private void signalizacia() {}
```

Okrem nej sa volá i funkcia *signalizacia()*, ktorá spúšťa signalizáciu únavy podľa aktuálneho stavu. Jej funkcionality je opísaná nižšie v podkapitole 2.2.1.5 *Signalizácia*.

```
private void kontrola_podmienok() {}
```

Predposledná funkcia, ktorá je volaná z funkcie *newFrameCam1()* je *kontrola\_podmienok()*. Vykonáva kontrolu podmienok, podľa ktorých zistí, či aktuálny obrázok môže byť obrázkom tváre. Ak zistí nezhodu, vyskúša všetky ostatné svetelné podmienky. Ak ani to neprinesie úspech, používateľovi oznámi, aby si nastavil svetelné podmienky manuálne.

```
private bool vyznacenie_oci() {}
```

Poslednou funkciou volanou z funkcie *newFrameCam1()* je *vyznacenie\_oci()*. Táto funkcia slúži na kontrolu obrazových bodov očí v rámci oblasti zistených krajných bodov tváre. V týchto bodoch sa volá funkcia *zistenie\_tvare(x,y,false)*, ktorá určuje, či kontrolovaný obrazový bod je obrazovým bodom očí. Jej funkcionality je opísaná v podkapitole 2.2.1.4 *Zistenie obrazového bodu očí*.

Na ukončenie práce s kamerami slúžia funkcie *stopCam1()*, respektíve *stopCam2()*. Tie sa volajú v prvom rade pri vypínaní aplikácie, alebo pri ukončení snímania.

```
public void stopCam1() {}
```

### 2.2.1.2 Prehľadávanie obrázkov na základe obrazových bodov

Ako bolo v predošlej podkapitole 2.2.1.1 *Spracovanie záznamu z kamery* spomenuté, v tejto podkapitole bude rozoberaná funkcia *kontrolne\_body()*, ktorej algoritmus zabezpečuje prehľadávanie obrázkov na základe obrazových bodov. Jej algoritmus je podrobnejšie opísaný v technickej dokumentácii v časti 4.1.1 *Algoritmus prehľadávania obrázkov na základe obrazových bodov*.

```
private void kontrolne_body() {}
```

Základný princíp algoritmu spočíva v tom, aby sa v každom jednom obrázku zachytenom z kamery nemuseli kontrolovať všetky obrazové body. Napríklad, keby sme mali záznam v rozlíšení 640x480, to by znamenalo kontrolovanie 307200 obrazových bodov. Opisovaná funkcia nám zabezpečí o niečo vyše 330 násobne menšiu záťaž, nakoľko pomocou algoritmu kontroluje už len 1120 obrazových bodov namiesto 307200.

Funkcionalita algoritmu spočíva v prechádzaní obrázku len v piatich stĺpcoch zo 640, a v piatich riadkoch zo 480. Týmto sa zabezpečí prechádzanie už len 5600 obrazových bodov, čo je výraznou redukciou. Avšak ďalšiu redukciu zabezpečuje kontrolovanie len každého piateho obrazového bodu tak v kontrolovaných stĺpcoch, ako aj v kontrolovaných riadkoch. Po zavedení týchto redukcí sa algoritmus zastaví pri 1120 obrazových bodoch potrebných na kontrolu. V daných kontrolovaných bodoch sa volá funkcia *zistenie\_tvare(x,y,true)*, ktorá má za úlohu zistiť, či aktuálny obrazový bod je obrazovým bodom tváre. V prípade, že ním je, nastaví parametre krajných obrazových bodov tváre na príslušné hodnoty súradníc. Z týchto parametrov sa vypočíta i poloha stredu tváre, z ktorého je následne ľahšie určiť polohu očí. Spomínaná funkcia je podrobnejšie opísaná v nasledujúcej podkapitole 2.2.1.4 *Zistenie obrazového bodu očí*.

### 2.2.1.3 Zistenie obrazového bodu tváre

V predošlej podkapitole 2.2.1.3 *Zistenie obrazového bodu tváre* bola opísaná funkcia *kontrolne\_body()*, ktorá v každom kontrolovanom obrazovom bode volá funkciu *zistenie\_tvare(x,y,true)*. Funkcionalitu zistenia obrazového bodu tváre zabezpečuje práve spomínaná funkcia *zistenie\_tvare(x,y,true)*, ktorej algoritmus je opísaný podrobnejšie v technickej dokumentácii v časti 4.1.2 *Algoritmus zistenia obrazového bodu tváre a očí*.

```
private bool zistenie_tvare(int hsv_x, int hsv_y, bool tvar)
```

Algoritmus pracuje na princípe porovnávania obrazových bodov s atribútmi  $R$ ,  $G$ ,  $B$ ,  $r$ ,  $g$ ,  $H$ ,  $S$  a hlavne s atribútom  $V$ , ktorý určuje hodnotu jasu. Ak funkcia zistí, že kontrolovaný obrazový bod je obrazovým bodom tváre, vráti hodnotu *true*. V opačnom prípade vráti hodnotu *false*. Opisovaná funkcia sa používa aj pre zistenie obrazového bodu očí s tým rozdielom, že pri volaní tejto funkcie je posledný parameter *tvar* nastavený na hodnotu *false*. Teda hodnota parametra *tvar* určuje, či sa volá funkcia pre zistenie obrazového bodu tváre (*true*), alebo očí (*false*).

#### 2.2.1.4 Zistenie obrazového bodu očí

Na zistenie obrazového bodu tváre a očí slúži tá istá funkcia, avšak s iným počiatočným parametrom (*tvar*), ako bolo vysvetlené v predošlej podkapitole 2.2.1.3 *Zistenie obrazového bodu tváre*. Teda algoritmus zistenia obrazového bodu očí sa volá funkciou *zistenie\_tvare(x,y,false)*. Jej funkcionálnosť je dopodrobna vysvetlená v technickej dokumentácii v časti 4.1.2 *Algoritmus zistenia obrazového bodu tváre a očí*.

```
private bool zistenie_tvare(int hsv_x, int hsv_y, bool tvar)
```

Podobne ako pri zisťovaní obrazového bodu tváre, aj pri zisťovaní obrazového bodu očí je algoritmus založený na porovnávaní. Tento krát však iba s atribútom  $V$ . V prípade zistenia, že sa jedná o obrazový bod očí, funkcia vráti hodnotu *true*. V opačnom prípade vráti hodnotu *false*.

#### 2.2.1.5 Signalizácia

Funkcionálnosť signalizácie zabezpečuje funkcia *signalizacia()*. Jej úlohou je zistiť, aká zvuková, respektíve svetelná signalizácia sa má vykonať.

```
private void signalizacia(){}
```

K jednotlivých úrovniach sú priradené príslušné druhy signalizácie. Premenná určujúca úroveň signalizácie (*uroven*) sa v prípade potreby zvyšuje ešte vo funkcii *newFrameCam1()* pri každom jednom zaznamenanom obrazovom rámci. Ďalším dôležitým parametrom určujúcim, kedy sa má signalizácia vykonať je parameter *citlivost*. Zaručuje nastavenie citlivosti signalizácie na škále od 1 do 10. Funkcia teda zaručuje zobrazenie prislúchajúcej svetelnej signalizácie a spustenie zvukovej signalizácie podľa aktuálnej úrovne a nastavenej citlivosti. Svetelná signalizácia sa zobrazuje v komponente *PictureBox* (*pbZobrazenie*), spolu so zobrazeným aktuálnym obrazovým rámcom. Zvukovú signalizáciu zabezpečuje komponent *SoundPlayer* (*budik*).

## 2.2.2 Implementácia používateľského rozhrania

V tejto podkapitole sú rozoberané funkcie a komponenty, ktoré slúžia na zobrazenie používateľského rozhrania, teda výzoru systému. Kompletný výzor systému je riešený pomocou komponentov *PictureBox*, nimi sú riešené dokonca i všetky tlačidlá. Výhodou tohto komponentu je nastavenie výzoru systému podľa vlastného vkusu, teda pomocou vlastných obrázkov. Vlastné obrázky komponentov sú do aplikácie vyrobené prostredníctvom aplikácie na úpravu obrázkov Adobe Photoshop CS5.

Ku komponentom sa dajú nastaviť rôzne funkcie, akými sú hlavne *Click* a *DoubleClick*, ktoré sú v projekte použité pri kliknutí, respektíve pri dvojkliku na jednotlivé komponenty *PictureBox*. Tieto komponenty sa následne chovajú ako tlačidlá. Prechod medzi jednotlivými oknami systému je riešený pomocou parametra *Visible*, ktorý určuje, či má byť komponent viditeľný alebo schovaný.

Implementácia používateľského rozhrania je rozdelená na päť častí tak, ako pri návrhu riešenia, teda na *okno menu*, *okno snímania*, *okno štatistík*, *okno nastavení* a *okno kalibrácie*.

### 2.2.2.1 Okno menu

Okno hlavného menu sa skladá z komponentu, ktorý určuje pozadie hlavného menu (*pbMenu*) a šiestich tlačidiel, ktorými sa prechádza do ostatných okien. Všetky komponenty *PictureBox*, chovajúce sa ako tlačidlá sú označované ako *pbBtnXXX*. Rozoznávame dve hlavné tlačidlá, prvým sa prechádza do okna snímania (*pbBtnOko1*), druhým sa ukončuje aplikácia (*pbBtnOko2*). Ostatné štyri tlačidlá sú súčasťou spodného menu. Ich stlačením sa vie používateľ presunúť do *okna štatistík*, *okna nastavení*, môže sa vrátiť späť do *okna menu*, respektíve si môže pozrieť informácie o aplikácii. V spodnom menu má aktuálne vybrané tlačidlo odlišnú vizuálnu podobu.

### 2.2.2.2 Okno snímania

Pri presune do okna snímania sa schovávajú všetky nepotrebné komponenty. Následne sa zobrazia komponenty na zobrazenie zaznamenaného záznamu z kamery a tlačidiel menu. Toto okno ponúka dvojaký výzor v závislosti od toho, aký režim je prednastavený.



Pri režime samostatného snímania sa zobrazí veľký komponent na zobrazenie záznamu z kamery (*pbZobrazenie*) a štyri tlačidlá, ktoré sú umiestnené vpravo od tohto komponentu. Tlačidlo *pbBtnSpat* určuje prechod späť do *okna menu*. Ďalším tlačidlom *pbBtnStatistika* sa zobrazí *okno štatistiky* na mieste záznamu. Tretie tlačidlo *pbBtnNastavenia* slúži na výber aktuálnej svetelnej podmienky. Posledné tlačidlo *pbBtnZvuk* slúži na vypnutie, respektíve následné zapnutie zvuku.

Pri duálnom režime sa zobrazia dva menšie komponenty na zobrazenie záznamu dvoch kamier (*pbDualZobrazenie1* a *pbDualZobrazenie2*). Okrem nich sa podobne ako pri režime samostatného snímania zobrazia i tlačidlá menu, avšak s tým rozdielom, že sú umiestnené na spodku obrazovky. Tento režim rozoznáva len 3 tlačidlá, a to tlačidlo na presun do *okna menu* (*pbBtnDualSpat*), tlačidlo na presun do *okna štatistik* (*pbBtnDualStat*) a tlačidlo na vypnutie, respektíve zapnutie zvuku (*pbBtnDualZvuk*).

Prechod medzi dvoma režimami snímania je možný aj dvojklikom na komponenty záznamu z kamier. Z režimu samostatného snímania je možné prejsť na duálny režim dvojklikom na komponent *pbZobrazenie*. Naopak z duálneho režimu do režimu samostatného snímania je prechod možný dvojklikom na komponent *pbDualZobrazenie1*. Pri dvojkliku na druhý komponent *pbDualZobrazenie2* sa zobrazí jeho zväčšená forma reprezentovaná komponentom *pbZobrazenie2*. Vrátenie sa späť do duálneho režimu je riešené dvojklikom na komponent *pbZobrazenie2*.

Najdôležitejšou operáciou pri presune do okna snímania je zapnutie kamery, respektíve kamier volaním funkcií *StartCam1* a *StartCam2*. Počnúc týmto krokom sa začne vykonávať rada funkcií opísaných v podkapitole 2.2.1 *Implementácia modulov systému*.

### **2.2.2.3 Okno štatistik**

Opisované okno štatistik je riešené takým spôsobom, aby sa do neho dalo presunúť z hlavného *okna menu*, ako aj z *okna snímania*, nezávisle od toho, ktorý režimov zobrazovania bol zvolený. Pri zobrazení okna štatistik sa schovajú všetky nepotrebné komponenty. Následne je na príslušné miesto zobrazený komponent *pbStatistika*, ktorý obsahuje tabuľku s rôznymi štatistikami. Tak ako bolo v návrhu riešenia v časti 2.1.4.5 *Signalizácia* určené, únava vodiča je zaradená do niekoľkých úrovní počnúc bdelym vodičom, až stavom vodiča, ktorý podľahol mikrosnútku.

Všetky štatistiky sú počítané zo zaznamenaných obrazových rámcov podľa zaradených úrovní únavy vodiča. V štatistikách je znázornený počet zaznamenaných obrazových rámcov, z ktorých je vypočítaný čas a percentuálne delenie jednotlivých úrovní. Počítanie štatistík je riešené zvyšovaním premenných *stat\_1* až *stat\_6*, ktoré sú zároveň i počítadlami štatistík jednotlivých úrovní únavy vodiča. Zvyšovanie premenných nastáva vo funkcii *signalizacia()*. Pri vypnutí systému sa všetky počítadlá vynulujú.

#### 2.2.2.4 Okno nastavení

Ďalším dôležitým oknom je okno nastavení. V tomto okne dochádza k výberu dôležitých nastavení, akým je voľba svetelných podmienok, voľba režimu zobrazovania a nastavenie citlivosti signalizácie. Tak ako pri predošlých oknách, aj v tomto okne sú tlačidlá riešené pomocou komponentov *PictureBox*. Tlačidlá na výber svetelných podmienok sú nastavené tak, aby reagovali na výber podmienky pri jednom kliku, na presun do *okna kalibrácie* podmienok po dvojkliku. Spomínanými tlačidlami na výber svetelných podmienok sú *pbBtnVyberNoc*, *pbBtnVyberDen*, *pbBtnVyberZamracene* a *pbBtnVyberVlastne*. Ďalšími dvomi tlačidlami sa dá prednastaviť režim zobrazovania. Aktiváciou tlačidla *pbBtnRezim1* sa prednastavuje režim samostatného snímania, naopak aktiváciou tlačidla *pbBtnRezim2* dochádza k prednastaveniu duálneho režimu. Tlačidlá *pbBtnCitlivostPlus* a *pbBtnCitlivostMinus* slúžia na zvyšovanie, respektíve znižovanie citlivosti signalizácie, ktoré sa v okne nastavení prejaví i vizuálne.

#### 2.2.2.5 Okno kalibrácie

Posledným implementovaným oknom je okno kalibrácie. Opisované okno funguje podobne ako okno snímania, až na ten rozdiel, že si používateľ môže prestaviť svetelné podmienky. Kalibráciu podmienok zabezpečujú komponenty *HScrollBar*. Spomínanými komponentmi je používateľ schopný nastaviť minimálnu (*hsb\_tvar\_v\_min*) a maximálnu (*hsb\_tvar\_v\_max*) hodnotu jasov tváre, a tiež minimálnu (*hsb\_eye\_v\_min*) a maximálnu (*hsb\_eye\_v\_max*) hodnotu jasov očí. Oproti režimu snímania sa tu nachádza i odlišné menu. Súčasťou tohto menu je tlačidlo *pbBtnUlozit*, po ktorého stlačení sa uloží prestavený režim. Pomocou tlačidla *pbBtnAutMan* si používateľ môže prepínať medzi automatickým prehľadávaním svetelných podmienok a manuálnym výberom týchto podmienok. Tak ako v okne snímania, pomocou tlačidla *pbBtnNastavenia* sa vyberá z ponuky svetelných podmienok. Tlačidlo *pbBtnPovodne* slúži na vrátenie sa k pôvodným nastaveniam svetelných podmienok.

## 2.3 Overenie riešenia

Táto podkapitola sa zaoberá so stanovením podmienok funkčnosti systému, a tiež riadnym otestovaním systému na základe niekoľkých testov.

### 2.3.1 Podmienky funkčnosti systému

Opisovaný systém má niekoľko podmienok, za ktorých má predpoklad fungovať. Práve preto táto podkapitola určuje podmienky, za ktorých systém funguje bez problémov, a tiež podmienky, za ktorých je jeho funkčnosť obmedzená.

V prvom rade treba spomenúť, že správnu funkčnosť systému môžu narušiť predmety, ktoré sú umiestnené pred tvár. K týmto predmetom patria i okuliare, tak dioptrické ako aj slnečné. Dioptrické majú tú výhodu, že sú vo väčšine prípadov priesvitné, teda nezakrývajú oči. Čo však na nich robí prekážku, je ich rám. Nehovoriac o slnečných okuliaroch, ktoré v plnej miere zakrývajú oči.

Ďalšou skutočnosťou, ktorá môže narušiť správnu funkčnosť systému je napríklad zdvihnutie rúk. Tie sú rušivé pre systém z toho dôvodu, že sú rovnakej farby ako tvár používateľa. Tým pádom systém nevie s dostatočnou presnosťou identifikovať tvár. V prípade šoférovania to však problémom nie je, pretože vodič musí držať volant oboma rukami. Dôležitejším problémom je v prípade viacerých spolucestujúcich, rušenie identifikácie tváre vodiča tvármi spolucestujúcich. Rušivé môžu byť aj ďalšie bledé predmety s vysokou hodnotou jasu. Riešením tohto problému je zavedenie clony za vodičom, alebo nastavenie kamery zameranej len na tvár vodiča. Kvôli druhému spomenutému riešeniu si ale vodič nemôže pohodlne prestavovať svoju polohu sedu.

Problém pre systém znamená i odhalená hrud', či tvár otočená do boku. Pri otočenej tvári systém logicky nedokáže identifikovať oči, nakoľko nie sú v zábere. Systém bol navrhnutý tak, aby pracoval len s tvárou hľadiacou na cestu. Pri odhalenej hrudi je problém takmer rovnaký, ako pri zdvihnutých rukách. Hrud' používateľa má takmer rovnakú farbu ako jeho tvár, tým pádom sa môže chybné identifikovať poloha tváre, čo v ďalšom spracovaní znamená aj chybné identifikovanie očí.

Ďalšou skutočnosťou na zamyslenie je aj rasová etnika používateľa. Nie je možné vylúčiť túto skutočnosť z listiny možných vyskytujúcich sa problémov, nakoľko je systém nemožné otestovať na všetkých používateľoch patriacich k rozdielnym rasovým etnikám. Systém bol testovaný len na používateľoch tuzemsku.

Nakoľko bol systém vyvíjaný v interiéri domu, pri nasadení systému do osobného auta sa vyskytli ďalšie ťažkosti, s ktorými sa v interiéri nedalo rátať.

Najväčším rušivým predmetom vo vozidle sú okná, tie môžu rušivo pôsobiť pri zisťovaní polohy tváre, pretože produkujú, rovnako ako tvár, vysokú hodnotu jasú. Okná môžu byť rušivé väčšinou za dňa, ale aj noci, v prípade, ak iné vozidlo zozadu osvetľuje naše vozidlo. Riešením je, rovnako ako pri probléme spolucestujúcich, zavedenie clony, alebo zameranie kamery len na tvár vodiča.

Problém môžu spôsobiť i snímajúce kamery. V prípade nerovného terénu môžu byť kamery otriasané a to môže spôsobiť neustále automatické zaostrovanie kamery, čo negatívne vplýva na plynulú funkčnosť systému. Niektoré staršie, alebo lacnejšie kamery s nízkym rozlíšením produkujú šum. Tento šum môže byť rušivým tak pri identifikovaní tváre, ako aj pri identifikovaní očí.

Ak však máme v zábere kamery len jednu tvár (tvár vodiča) dostatočne osvetlenú za normálnych podmienok, identifikácia tváre prebehne úspešne. V noci vykonáva osvetlenie tváre svetlo z palubnej dosky vozidla. Ak spomínané svetlo nestačí, môže sa implementovať ďalší nerušivý zdroj svetla. Najlepším možným riešením v noci je použitie infračervenej kamery, tá však k tejto práci nebola k dispozícii.

### **2.3.2 Testovanie systému**

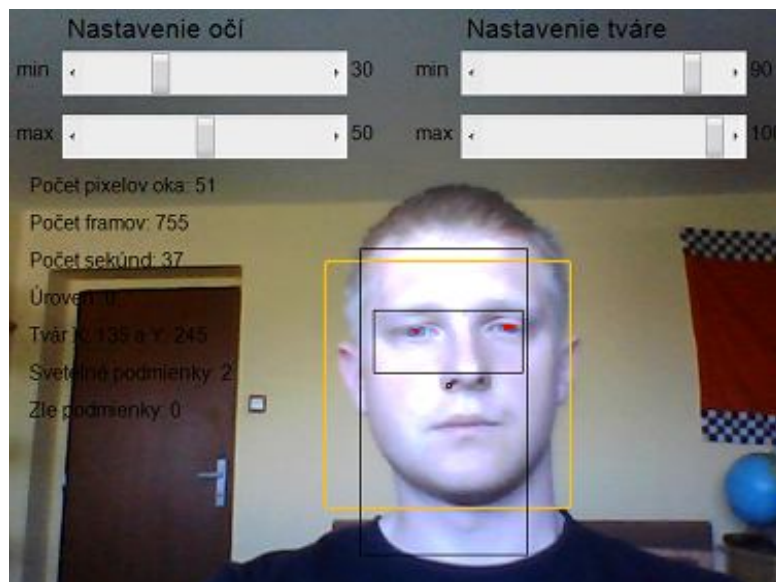
Táto podkapitola sa zaoberá s testami za rôznych vstupných podmienok. Testy sú vykonané v rôznych svetelných podmienkach, na rôznych miestach, aj na rôznych zariadeniach. Testovanie v exteriéri, teda za reálnych podmienok prebiehalo z bezpečnostných dôvodov v stojacom osobnom aute.

### 2.3.2.1 Test č. 1: Rozpoznávanie stavu únavy za dňa (1)

Vstupné podmienky:

- Obdobie dňa: deň – slnečno (9:00)
- Miesto snímania: interiér
- Svetelné podmienky: Deň
- Hodnoty jasú tváre: 90-100
- Hodnoty jasú očí: 30-50
- Postavenie slnka: za domom
- Parametre počítača: ASUS i5-2430M CPU 2,40GHz 4GB RAM, Web kamera
- Operačný systém: Windows 7 Professional (64-bit)

Tak ako je vo vstupných podmienkach uvedené, tento test sa uskutočňoval v prostredí interiéru. Test bol najúspešnejší práve v tomto prostredí, nakoľko bol v tomto prostredí i vyvíjaný. Pri uvedených nastavených hodnotách jasú tváre a očí, systém jednoznačne identifikoval polohu tváre bez rušivých predmetov v pozadí. Pri testovaní zatvorenia očí sa po čase spustila svetelná i zvuková signalizácia. Na obrázku č. 24 je znázornený výstup z okna kalibrácie testu č. 1.



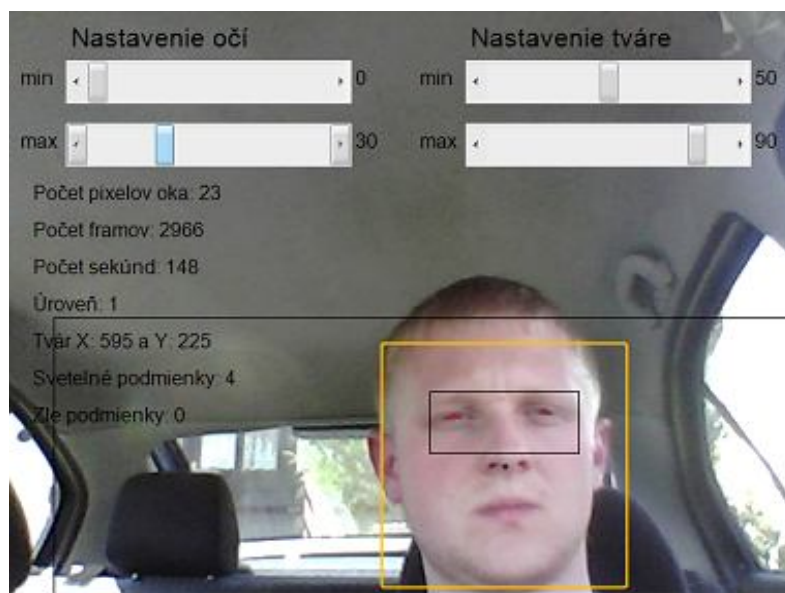
Obr. 24: Výstup z okna kalibrácie testu č. 1

### 2.3.2.2 Test č. 2: Rozpoznávanie stavu únavy za dňa (2)

Vstupné podmienky:

- Obdobie dňa: deň – slnečno (14:00)
- Miesto snímania: osobné auto
- Svetelné podmienky: Deň
- Hodnoty jasú tváre: 50-90
- Hodnoty jasú očí: 0-30
- Postavenie slnka: od prednej pravej časti vozidla
- Parametre počítača: ASUS i5-2430M CPU 2,40GHz 4GB RAM, Web kamera
- Operačný systém: Windows 7 Professional (64-bit)

Test neprebehol bez problémov, avšak je akceptovateľný. Problémom bola jednoznačná identifikácia tváre, z dôvodu prítomnosti okien produkujúcich vysokú hodnotu jasú. Tieto rušenia sa však vyrovnali, tak na jednej ako druhej strane od vodiča. Spriemerovaním zistených obrazových bodov tváre vznikla dostatočne presná identifikácia stredu tváre. Pri testovaní stavu únavy zatvorením a následným otvorením očí sa v na to určenom čase spustila svetelná i zvuková signalizácia. Na obrázku č. 25 je znázornený výstup z okna kalibrácie testu č. 2.



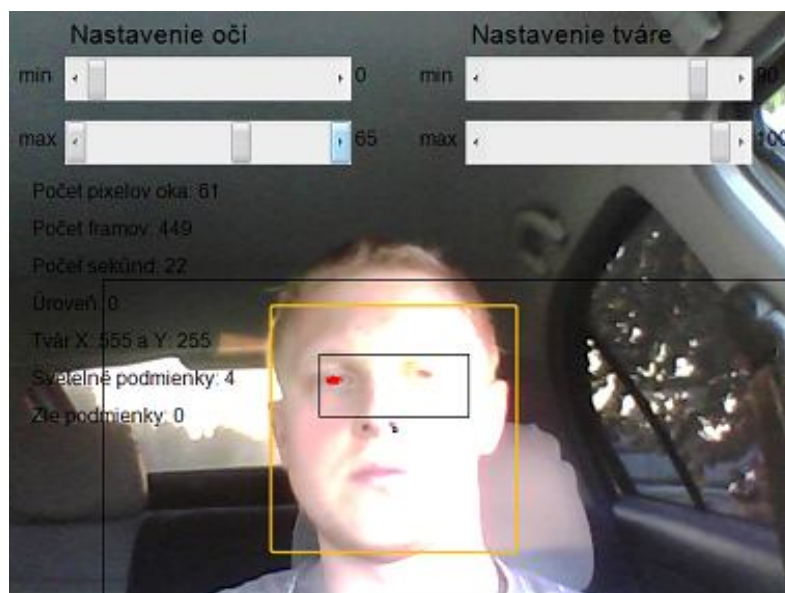
Obr. 25: Výstup z okna kalibrácie testu č. 2

### 2.3.2.3 Test č. 3: Rozpoznávanie stavu únavy počas západu slnka (1)

Vstupné podmienky:

- Obdobie dňa: západ slnka (19:30)
- Miesto snímania: osobné auto so zatienenými oknami
- Svetelné podmienky: Vlastné
- Hodnoty jasú tváre: 90-100
- Hodnoty jasú očí: 0-65
- Postavenie slnka: odzadu od vozidla
- Parametre počítača: ASUS i5-2430M CPU 2,40GHz 4GB RAM, Web kamera
- Operačný systém: Windows 7 Professional (64-bit)

Pri tomto teste bol problém rovnaký, ako pri predošlom teste. Rušivé predmety v okolí, teda hodnota jasú okien, mierne skreslili identifikáciu tváre. Napokon sa ale dostatočne presne identifikoval stred tváre pomocou spriemerovania zistených hodnôt. Určenie stavu očí pri nastavených hodnotách nebol žiadnym problémom. Pri testovaní stavu únavy sa spustila tak zvuková, ako aj svetelná signalizácia. Na obrázku č. 26 je znázornený výstup z okna kalibrácie testu č. 3.



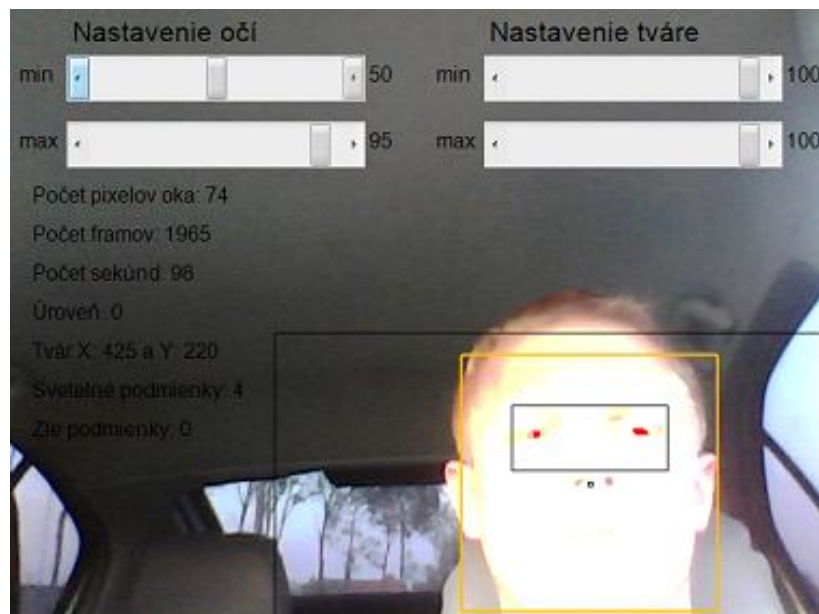
Obr. 26: Výstup z okna kalibrácie testu č. 3

### 2.3.2.4 Test č. 4: Rozpoznávanie stavu únavy počas západu slnka (2)

Vstupné podmienky:

- Obdobie dňa: západ slnka (19:45)
- Miesto snímania: osobné auto so zatienenými oknami
- Svetelné podmienky: Vlastné
- Hodnoty jasů tváre: 100
- Hodnoty jasů očí: 50-95
- Postavenie slnka: od prednej časti vozidla
- Parametre počítača: ASUS i5-2430M CPU 2,40GHz 4GB RAM, Web kamera
- Operačný systém: Windows 7 Professional (64-bit)

V tomto teste znamenali pri identifikácii tváre, rovnako ako pri predošlých dvoch testoch, okná vozidla. Tento problém sa však dá eliminovať ďalšími nastaveniami pre farby záznamu z kamier. Identifikácia očí prebehla bez problémov, čo viedlo aj k úspešnému otestovaniu stavu únavy. V na to určenom čase sa spustila svetelná aj zvuková signalizácia. Na obrázku č. 27 je znázornený výstup z okna kalibrácie testu č. 4.



Obr. 27: Výstup z okna kalibrácie testu č. 4

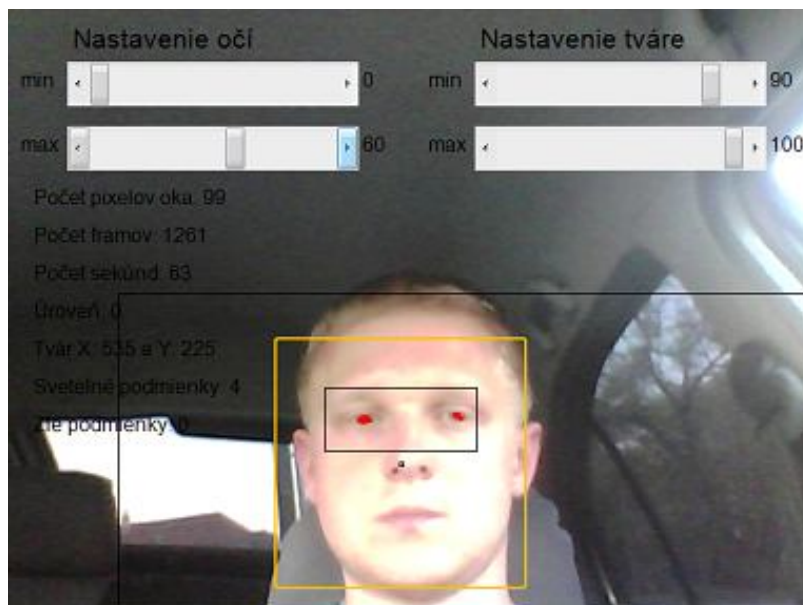


### 2.3.2.5 Test č. 5: Rozpoznávanie stavu únavy v zamračenom počasí (1)

Vstupné podmienky:

- Obdobie dňa: zamračené – dážď (19:00)
- Miesto snímania: osobné auto so zatienenými oknami
- Svetelné podmienky: Zamračené
- Hodnoty jasú tváre: 90-100
- Hodnoty jasú očí: 0-60
- Postavenie slnka: zakryté oblakmi
- Parametre počítača: ASUS i5-2430M CPU 2,40GHz 4GB RAM, Web kamera
- Operačný systém: Windows 7 Professional (64-bit)

V zamračenom počasí bolo problémom takisto jednoznačne identifikovať tvár. Identifikácia očí prebehla hladko, čím sa zabezpečila aj úspešná kontrola stavu únavy vodiča. Po zatvorení očí sa v na to určenom čase spustila zvuková aj svetelná signalizácia. Na obrázku č. 28 je znázornený výstup z okna kalibrácie testu č. 5.



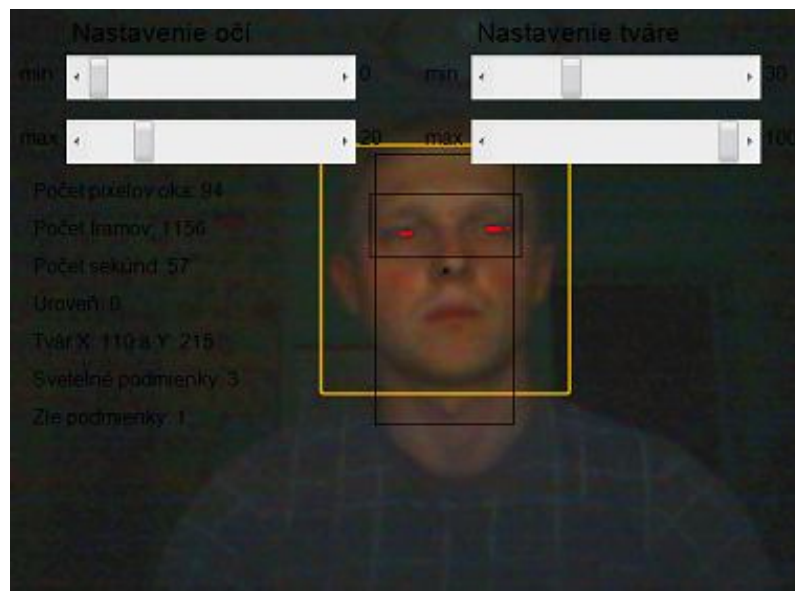
Obr. 28: Výstup z okna kalibrácie testu č. 5

### 2.3.2.6 Test č. 6: Rozpoznávanie stavu únavy v zamračenom počasí (2)

Vstupné podmienky:

- Obdobie dňa: zamračené (19:15)
- Miesto snímania: interiér
- Svetelné podmienky: Zamračené
- Hodnoty jasú tváre: 30-100
- Hodnoty jasú očí: 0-20
- Postavenie slnka: zakryté oblakmi
- Parametre počítača: MSI Duo CPU T5750 2,00GHz 3GB RAM, Web kamera
- Operačný systém: Windows 7 Professional (64-bit)

Tento test prebiehal v interiéri na inom počítači so slabšou webovou kamerou. Napriek tomu, že kamera produkovala istý šum, test skončil úspešne, výsledkom čoho bola jednoznačne identifikovaná tvár. Oči používateľa sa tiež identifikovali s dostatočnou presnosťou. Pri testovaní stavu únavy sa spustila tak zvuková, ako aj svetelná signalizácia. Na obrázku č. 29 je znázornený výstup z okna kalibrácie testu č. 6.



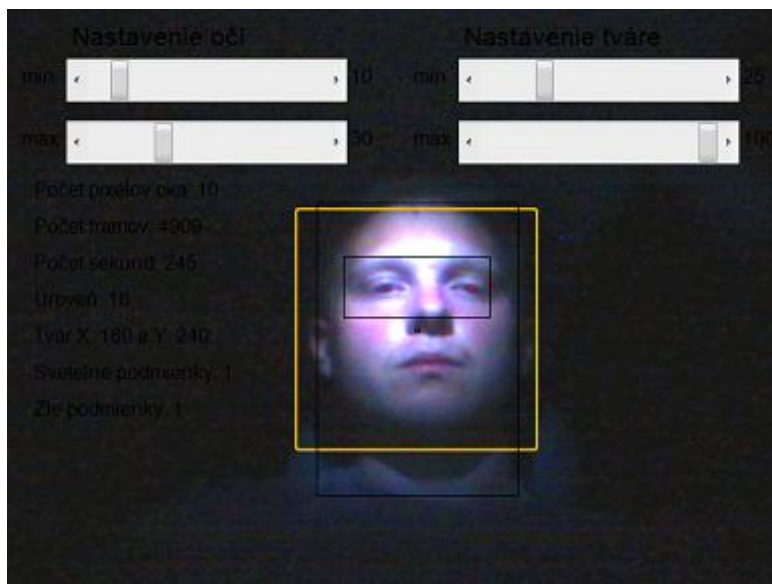
Obr. 29: Výstup z okna kalibrácie testu č. 6

### 2.3.2.7 Test č. 7: Rozpoznávanie stavu únavy v noci (1)

Vstupné podmienky:

- Obdobie dňa: noc (21:30)
- Miesto snímania: osobné auto so zatienenými oknami
- Svetelné podmienky: Noc
- Hodnoty jasú tváre: 25-100
- Hodnoty jasú očí: 10-30
- Parametre počítača: MSI Duo CPU T5750 2,00GHz 3GB RAM, Web kamera
- Operačný systém: Windows 7 Professional (64-bit)

Tento test prebiehal v prostredí auta v noci s počítačom so slabšou webovou kamerou. Aby bola tvár jednoznačne identifikovateľná, bolo ju potrebné dostatočne osvetliť externým svetlom. To síce zabezpečilo identifikovanie tváre, ale nie identifikovanie očí. Pri identifikovaní očí sa zachytili aj iné šumy v okolí očí vodiča. Tie však pri identifikovaní stavu únavy vodiča nehrali veľkú rolu. Zvuková, ako aj svetelná signalizácia sa spustili v očakávanom čase. Na obrázku č. 30 je znázornený výstup z okna kalibrácie testu č. 7.



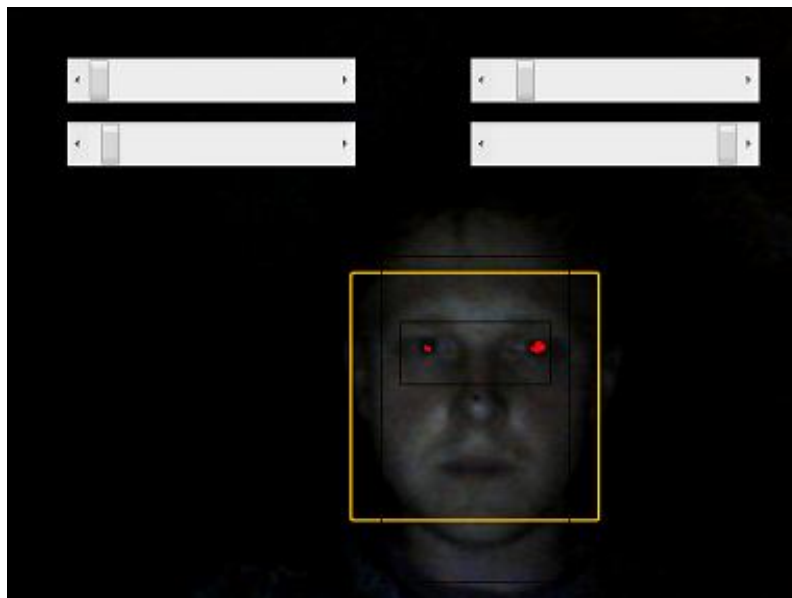
Obr. 30: Výstup z okna kalibrácie testu č. 7

### 2.3.2.8 Test č. 8: Rozpoznávanie stavu únavy v noci (2)

Vstupné podmienky:

- Obdobie dňa: noc (21:45)
- Miesto snímania: osobné auto so zatienenými oknami
- Svetelné podmienky: Noc
- Hodnoty jasů tváre: 15-100
- Hodnoty jasů očí: 0-10
- Parametre počítača: ASUS i5-2430M CPU 2,40GHz 4GB RAM, Web kamera
- Operačný systém: Windows 7 Professional (64-bit)

Nočný test s výkonnejším počítačom, na ktorom bol systém vyvíjaný, prebehol úspešne. To viedlo k jednoznačnému identifikovaniu tváre, ako aj očí. Osvetlenie zabezpečilo svetlo z palubnej dosky. Napriek tomu je však potrebné poznamenať, že neboli žiadne rušivé svetlá z okolia vozidla. Pri testovaní stavu únavy vodiča sa tak zvuková, ako aj svetelná signalizácia spustila v očakávanom čase. Na obrázku č. 31 je znázornený výstup z okna kalibrácie testu č. 8.



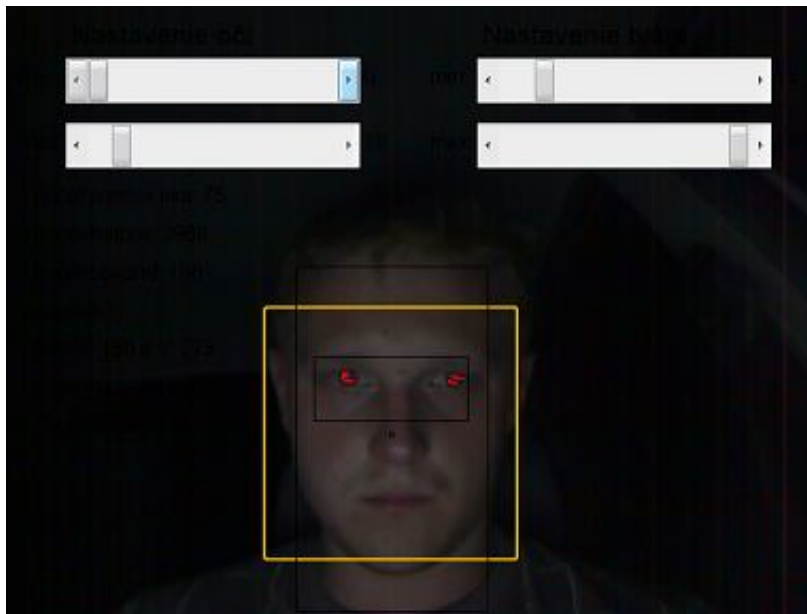
Obr. 31: Výstup z okna kalibrácie testu č. 8

### 2.3.2.9 Test č. 9: Rozpoznávanie stavu únavy v noci (3)

Vstupné podmienky:

- Obdobie dňa: noc (22:00)
- Miesto snímania: osobné auto so zatienenými oknami
- Svetelné podmienky: Noc
- Hodnoty jasů tváre: 15-100
- Hodnoty jasů očí: 0-10
- Parametre počítača: ASUS i5-2430M CPU 2,40GHz 4GB RAM, USB kamera
- Operačný systém: Windows 7 Professional (64-bit)

Pri tomto teste bola použitá externá webová kamera pripojená cez USB rozhranie. Tá zabezpečila jednoznačné identifikovanie tváre, ako aj očí. Testovanie stavu únavy prebehlo taktiež úspešne, pričom sa spustila svetelná aj zvuková signalizácia v očakávanom čase. Na obrázku č. 32 je znázornený výstup z okna kalibrácie testu č. 9.



Obr. 32: Výstup z okna kalibrácie testu č. 9

### **2.3.2.10 Test č. 10: Automatické nastavovanie svetelných podmienok**

Test automatického nastavovania svetelných podmienok prebiehal takým spôsobom, že sa nastavili všetky štyri svetelné podmienky (noc, deň, zamračené a vlastné) na hodnoty určené pre ne. Testovalo sa cez deň v interiéri. Pri všetkých štyroch svetelných podmienkach sa postupne spustilo automatické nastavovanie svetelných podmienok a čakalo sa, či sa nastavia svetelné podmienky na deň (aktuálna svetelná podmienka).

Zo všetkých štyroch podmienok sa systém automaticky nastavil na správnu podmienku, teda na deň. Niekedy sa však môže stať, že pri niektorých svetelných podmienkach, ktoré sú si podobné (napríklad deň a zamračené) bude systém nerozhodný. To znamená, že príjme tú podmienku, ktorú z nich ako prvú prehľadáva. Pritom môže byť práve tá druhá vhodnejšou.

### 3 Zhodnotenie

Analýza problematiky vychádza z Diplomového projektu 1 [29]. Zaoberali sme sa problematickou oblasťou systémov proti zabráneniu mikrosnánku vodičov. V analýze sme sa zamerali na opis metód zaznamenávania mikrosnánku, hlavne na opis existujúcich riešení. Tieto existujúce riešenia sme na konci analýzy porovnali.

Na základe analýzy problematiky sme v samotnom návrhu riešenia určili špecifikáciu požiadaviek pre používateľa. Následne sme odôvodnili výber implementačného prostredia, v ktorom bude projekt vyvíjaný. Navrhli sme základnú funkčnosť systému, od ktorej sme sa odrazili k návrhu jednotlivých modulov systému. Navrhli sme tiež používateľské rozhranie, ktoré určuje grafickú stránku systému pomocou niekoľkých okien.

Na základe detailného návrhu bol implementovaný prototyp systému, ktorý bol súčasťou výstupu Diplomového projektu 2 [30]. Prototyp bol schopný rozpoznávať polohu tváre a následne polohu očí z obrázkov. Po spracovaní jednotlivých obrázkov bola vykonaná signalizácia svetelnou a zvukovou formou. Už v tejto fáze vývoja sme narazili na problém pri zachytení záznamu z kamery. V prototypy sa tento problém vyriešil postupným analyzovaním vopred získaných obrázkov zo záznamu, tie však neboli analyzované v reálnom čase.

Počas Diplomového projektu 3 sme sa hlavne zaoberali vývojom projektu nadväzujúc na prototyp. Keďže sa nám počas implementácie nepodarilo odstrániť problém pri zachytení záznamu z kamery, rozhodli sme sa pre implementáciu projektu pod operačným systémom Windows 7 z dôvodu, že operačný systém Windows Embedded CE 6.0 na serveri BV-105 nepodporoval žiadne ovládače ku kamerám. Bolo vyskúšaných viacero ovládačov ku kamerám, avšak ani jeden nepriniesol úspech. Detailný popis zmeny návrhu, ako aj problému je uvedený v podkapitole *2.1.6 Revízia návrhu riešenia*. Samotnú implementáciu sme opísali tak, ako v návrhu riešenia, na základe navrhnutých modulov. Jednotlivé moduly sú implementované pomocou funkcií, ktorých funkčnosť reprezentujú k nim prislúchajúce algoritmy. Výzor celého systému je založený na komponentoch. Po implementácii sme vykonali overenie daného riešenia za rôznych vstupných podmienok. Tieto vstupné podmienky sa týkali najmä svetelných podmienok a parametrov počítača, na ktorom bol daný test uskutočňovaný.

Výsledkom práce Diplomového projektu 3 je funkčný systém, ktorý je schopný rozpoznávať polohu tváre a následne polohu očí zo záznamu z kamery v reálnom čase. V prípade kritickej situácie sa vykoná svetelná aj zvuková signalizácia.

### **3.1 Možné rozšírenia systému**

V tejto časti zhodnotenia sú vymenované možné rozšírenia systému do budúcnosti:

- Implementácia systému na pôvodný operačný systém Windows Embedded CE 6.0, na ktorý bol systém vyvinutý. Je to však možné len v prípade, ak budú dostupné vhodné ovládače ku kamerám.
- Analýza a následné rozšírenie systému, ktorý je schopný rozpoznávať stav únavy aj na základe rôznych rasových etník používateľov.
- Implementácia infračervenej kamery, ktorá zabezpečí presnejšiu identifikáciu tváre a očí v noci.
- Jednoduché rozšírenia systému o užitočné prvky:
  - Pridanie väčšieho množstva svetelných podmienok.
  - Rozšírenie štatistík.
  - Rozšírenie nastavení systému.
  - Rozšírenie citlivostí systému.
  - Meranie odjazdeného času.
  - Identifikácia očí pomocou šablóny.
- Radikálne rozšírenia funkčnosti systému, aby bol systém viacúčelový ohľadom bezpečnosti vodičov:
  - Implementácia parkovacej kamery a parkovacích senzorov.
  - Implementácia kamery na sledovanie stredovej čiary na ceste.
  - Implementácia senzorov na zaznamenávanie tlaku úchytu volantů rukami.
  - Implementácia vibračných prvků slúžiacich na signalizáciu.



## 4 Technická dokumentácia

Táto kapitola sa zaoberá podrobným opisom hlavných algoritmov v časti *4.1 Dokumentácia k implementácii*. Jeho súčasťou je tiež *4.2 Dokumentácia k používaniu a údržbe*.

### 4.1 Dokumentácia k implementácii

V tejto časti dokumentácie sú podrobnejšie opísané dva hlavné algoritmy. K týmto algoritmom patrí *4.1.1 Algoritmus prehľadávania obrázkov na základe obrazových bodov* a *4.1.2 Algoritmus zistenia obrazového bodu tváre a očí*.

#### 4.1.1 Algoritmus prehľadávania obrázkov na základe obrazových bodov

Opisovaný algoritmus sa skrýva pod funkciou *kontrolne\_body()*. Jej úlohou je zredukované prehľadanie obrazových bodov na jednotlivých zaznamenaných obrázkov z kamery. Premenné *kontr\_x* a *kontr\_y* sú súradnicami piatich kontrolovaných riadkov, respektíve stĺpcov. Počet kontrolovaných riadkov a stĺpcov určujú premenné *kontrolne\_body\_x* a *kontrolne\_body\_y*. Súradnice *x* a *y* reprezentujú aktuálne pozície v prehľadávanom obrázku.

Prechádzanie piatimi horizontálnymi kontrolnými bodmi zabezpečuje vonkajší iteračný príkaz *for*. V každom jeho cykle sa nastaví súradnica *y* na riadok, v ktorom sa má kontrola vykonávať. Druhý príkaz *for* zabezpečuje prechádzanie horizontálnymi kontrolnými bodmi, a to takým spôsobom, že sa kontroluje každý piaty obrazový bod. Podmieneným príkazom *if* sa zisťuje, či funkcia *zistenie\_tvare(x,y,true)* vrátila hodnotu *true*. V tom prípade sa jedná o obrazový bod tváre. Zvyšujúce sa premenné *pocet\_x* a *stred\_x* slúžia na zistenie horizontálnej súradnice stredy tváre. V ďalšom sa nastaví premenné *tvar\_x\_min* a *tvar\_x\_max* na horizontálne krajné body zaznamenatej tváre. Po prejdení všetkými horizontálnymi kontrolnými bodmi, ako aj posledným podmieneným príkazom *if* sa pomocou premenných *stred\_x* a *pocet\_x* vypočíta horizontálna súradnica stredy tváre.

Princíp prechádzania piatimi vertikálnymi kontrolnými bodmi je totožný s prechádzaním horizontálnych s tým rozdielom, že sú prechádzané vertikálne kontrolne body v piatich stĺpcoch, v ktorých sa má kontrola vykonať. Ďalším rozdielom je, že na zistenie stredy tváre slúžia premenné *pocet\_y* a *stred\_y*, pričom na zistenie vertikálnych krajných bodov tváre slúžia premenné *tvar\_y\_min* a *tvar\_y\_max*.

Ukážka zdrojového kódu funkcie *kontrolne\_body()*:

```
int kontr_x = 0, kontr_y = 0;           //Kontrolne body
int x = 0, y = 0;                       //Súradnice obrazového bodu

//Horizontalne kontrolne body
stred_x = 0;
pocet_x = 0;
for (kontr_y = 1; kontr_y <= kontrolne_body_y; kontr_y++) {
    y = kontr_y * (obrazok.Height / (kontrolne_body_y + 1));
    for (x = 0; x < obrazok.Width; x += 5) {
        if (zistenie_tvare(x, y, true)) {
            pocet_x++;
            stred_x += x;
            tvar_x_min = Math.Min(x, tvar_x_min);
            tvar_x_max = Math.Max(x, tvar_x_max);
        }
    }
}
if (pocet_x != 0)
    stred_x = stred_x / pocet_x;

//Vertikalne kontrolne body
stred_y = 0;
pocet_y = 0;
for (kontr_x = 1; kontr_x <= kontrolne_body_x; kontr_x++) {
    x = kontr_x * (obrazok.Width / (kontrolne_body_x + 1));
    for (y = 0; y < obrazok.Height; y += 5) {
        if (zistenie_tvare(x, y, true)) {
            pocet_y++;
            stred_y += y;
            tvar_y_min = Math.Min(y, tvar_y_min);
            tvar_y_max = Math.Max(y, tvar_y_max);
        }
    }
}
if (pocet_y != 0)
    stred_y = stred_y / pocet_y;
```

#### 4.1.2 Algoritmus zistenia obrazového bodu tváre a očí

Algoritmus na zistenie obrazového bodu tváre, respektíve očí je súčasťou tej istej funkcie *zistenie\_tvare(x,y,true/false)*. Či je určená pre zistenie tváre alebo očí sa rozlišuje formou volania funkcie. Funkcia na zistenie tváre sa volá s nastaveným tretím parametrom *true*, pričom funkcia na zistenie očí sa volá s parametrom *false*.

Na začiatku funkcie sú definované jednotlivé atribúty ako aj pomocné premenné. Do atribútov *R*, *G* a *B* sa nastavujú atribúty aktuálneho kontrolovaného obrazového bodu (so súradnicami *hsv\_x* a *hsv\_y*). Atribúty *R*, *G* a *B* sú postupne prevedené na atribúty *r*, *g*, *H*, *S* a *V*, pomocou vzorcov z návrhu riešenia z časti 2.1.4.3 *Zistenie obrazového bodu tváre*.

V časti podmienok zistenia tváre je aktuálny obrazový bod kontrolovaný s atribútmi  $r$ ,  $g$ ,  $H$ ,  $S$  a  $V$ . Z týchto atribútov je však najdôležitejší atribút  $V$ , ktorý sa kontroluje s nastavenou minimálnou ( $v\_tvar\_min$ ) a maximálnou ( $v\_tvar\_max$ ) hodnotou jasú. Ak sa vyhoví podmienkam funkcia vráti hodnotu *true* (premená *plati*). V opačnom prípade funkcia vráti hodnotu *false*.

V prípade zisťovania obrazového bodu očí sa kontroluje aktuálny obrazový bod s minimálnou ( $v\_eye\_min$ ) a maximálnou ( $v\_eye\_max$ ) nastavenou hodnotou jasú očí. Funkcia aj pri kontrole obrazového bodu očí vráti hodnotu premennej *plati*.

Nižšie je uvedený zdrojový kód funkcie *zistenie\_tvare()*:

```
//Premenné
double H1 = 0, H = 0, S = 0, V = 0;
double citatel = 0, na_druhu = 0, odmocnina = 0, menovatel = 0,
        arccos = 0, v_radianoch = 0;
int R = 0, G = 0, B = 0;
double r = 0, g = 0;
bool plati = false;

//R,G,B aktuálneho kontrolovaného obrazového bodu
R = obrazok.GetPixel(hsv_x, hsv_y).R;
G = obrazok.GetPixel(hsv_x, hsv_y).G;
B = obrazok.GetPixel(hsv_x, hsv_y).B;

r = (double)R / (double)(R + G + B);
g = (double)G / (double)(R + G + B);

//Určenie hodnoty H
citatel = 0.5 * ((R - G) + (R - B));
na_druhu = Math.Pow((double)(R - G), 2.0);
odmocnina = na_druhu + ((R - B) * (G - B));
menovatel = Math.Sqrt(odmocnina);
arccos = citatel / menovatel;
v_radianoch = Math.Acos(arccos);
H1 = v_radianoch * (180.0 / Math.PI);
if (B <= G) H = H1;
else H = 1 - H1;

//Určenie hodnoty S
S = (MaxRGB(R, G, B) - MinRGB(R, G, B)) / MaxRGB(R, G, B);

//Určenie hodnoty V
V = MaxRGB(R, G, B) / 255;
```

```

//Podmienky zistenia tváre
if (tvar) {
    if ((R > G) && (Math.Abs(R - G) >= 11)) {
        if ((0.33 <= r) && (r <= 0.6)
            && (0.25 <= g) && (g <= 0.37)) {
            if (((340 <= H) && (H <= 359)) ||
                ((0 <= H) && (H <= 50))) {
                if ((0.0 <= S) && (S <= 0.7) &&
                    (v_tvar_min <= V) &&
                    (V <= v_tvar_max)) {
                    plati = true;
                }
            }
        }
    }
}

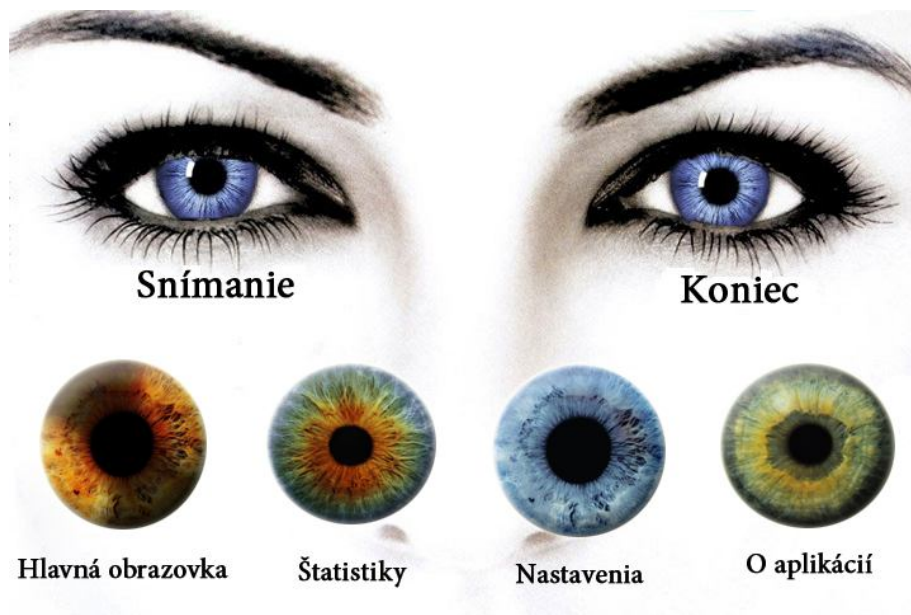
//Podmienky zistenia očí
else {
    if ((v_eye_min <= V) && (V <= v_eye_max)) {
        plati = true;
        if (nastavenia) {
            obrazok.SetPixel(hsv_x, hsv_y, Color.Red);
        }
    }
}
return plati;

```

## 4.2 Dokumentácia k používaniu a údržbe

Aplikácia systému sa nachádza na médiu priloženom k tomuto dokumentu. Stromová štruktúra adresárov média je opísaná v časti *Príloha A: Elektronické médium*. Aplikácia sa spúšťa spustiteľným súborom *Microsleep.exe*. Pred prvým spustením aplikácie musí používateľ prekopírovať adresár *Images* do počítača na disk *C:\*. V tomto adresári sa nachádza kompletná grafika aplikácie. Pri spustení je potrebné, aby sa ovládače *AForge.Video.dll* a *AForge.Video.DirectShow.dll* nachádzali v rovnakom adresári ako spustiteľný súbor *Microsleep.exe*. Po spustení aplikácie sa zobrazí okno hlavného menu, v ktorom má používateľ možnosť presunúť sa piatimi smermi, ako je znázornené na obrázku č. 33. Po stlačení tlačidla:

- **Snímanie** – Presun do okna snímania.
- **Koniec** – Ukončenie aplikácie.
- **Hlavná obrazovka** – Vrátenie sa späť na hlavnú obrazovku.
- **Štatistiky** – Zobrazenie okna štatistik v hornej časti obrazovky.
- **Nastavenia** – Zobrazenie okna nastavení v hornej časti obrazovky.
- **O aplikácii** – Zobrazenie informácií o aplikácii v hornej časti obrazovky.

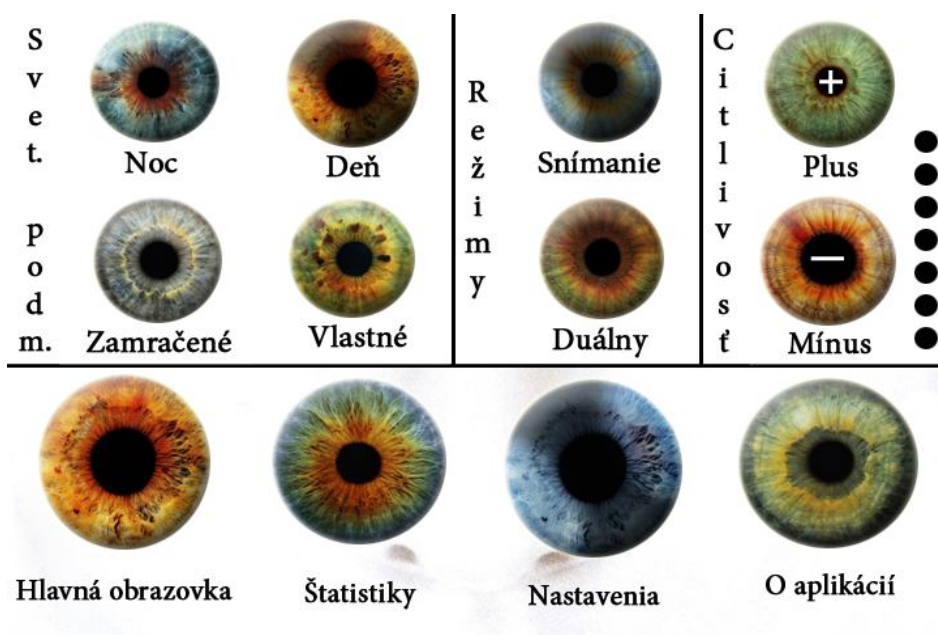


Obr. 33: Okno menu

Spodné štyri tlačidlá sa chovajú spôsobom takým, že ten, ktorý je aktívny, je zatienený. Medzi nimi sa dá ľubovoľným poradím presúvať, pri tom sa zmení vždy len horná časť obrazovky, napríklad ako pri okne nastavení zobrazenom na obrázku č. 34.

Okno nastavení je rozdelené na 3 časti, v prvej časti sa vyberá zo svetelných podmienok, v druhej časti má používateľ možnosť zvoliť si z dvoch režimov snímania a v tretej časti si vie nastaviť citlivosť signalizácie. Všetky tlačidlá v okne nastavení reagujú na jedno kliknutie, ale tlačidlá v časti nastavenia svetelných podmienok reagujú aj na dvojklik, pri ktorom sa zobrazí okno kalibrácie. Po stlačení tlačidla:

- **Noc, Deň, Zamračené** alebo **Vlastné** – Pri jednom kliknutí sa vybraná nastavi ako aktuálna svetelná podmienka. Pri dvojkliku sa zobrazí okno kalibrácie so zvolenou svetelnou podmienkou.
- **Snímanie** alebo **Duálny** – Po stlačení sa vybraný režim snímania nastavi ako aktuálny a zatieni sa.
- **Plus** alebo **Mínus** – Po stlačení tlačidla **Plus** sa zvýši citlivosť signalizácie, naopak pri stlačení tlačidla **Mínus** sa zníži citlivosť signalizácie. Úroveň citlivosti signalizácie je možné nastaviť na škále od 1 do 10.



Obr. 34: Okno nastavení

V okne štatistík, ktoré sa zobrazí v hornej časti obrazovky, má používateľ možnosť zaznamenať jednotlivé úrovne únavy vodiča v závislosti od počtu obrazových rámcov, času a tiež percentuálneho rozloženia jednotlivých úrovní. Okrem toho sa v štatistikách počíta aj na koľkých obrázkoch mal používateľ oči zatvorené, respektíve otvorené. Percentuálny výpočet je zaokrúhlený nadol na celé číslo. Okno štatistík je znázornené na obrázku č. 35.

Stav	Snímky	Čas	Perc.
Zatvorené:	492	24 sec.	11 %
Otvorené:	3654	182 sec.	87 %
Bdelý:	3869	193 sec.	92 %
Mierne unavený:	62	3 sec.	1 %
Unavený:	40	2 sec.	0 %
Veľmi unavený:	35	1 sec.	0 %
Nadmiere un.:	53	2 sec.	1 %
Mikrospánok:	86	4 sec.	2 %

Obr. 35: Okno štatistík

Po spustení okna snímania, pri nastavenom režime samostatného snímania, sa zobrazí záznam z kamery s rámčekom, ktorý zaznačuje tvár. Pri tomto okne je k dispozícii bočné menu so štyrmi tlačidlami. Po stlačení tlačidla:

- **Späť** – Presun späť do hlavného menu.
- **Štatistiky** – Zobrazenie okna štatistík na mieste záznamu z kamery.
- **Noc, Deň, Zamračené** alebo **Vlastné** (podľa nastavenej svetelnej podmienky) – Zmena bočného menu na výberové tlačidlá svetelných podmienok (**Noc, Deň, Zamračené** alebo **Vlastné**). Pri výbere jednej z nich sa vybraná nastaví do bočného menu okna snímania.
- **Zvuk** – Vypnutie, respektíve zapnutie zvuku signalizácie. Ak je zvuk signalizácie zapnutý, v strede tlačidla je aktívny zelený krúžok, naopak pri vypnutej signalizácii je aktívny červený krúžok.

Okno snímania je zobrazené na obrázku č. 36a. Bočné menu výberu zo svetelných podmienok je zobrazené na obrázku č. 36b. Pri dvojkliku na záznam obrázku sa prestaví režim snímania na duálny a zobrazí sa okno duálneho režimu z obrázku č. 37.



Obr. 36a,b: Okno režimu samostatného snímania



V okne duálneho režimu sú v hornej časti obrazovky zobrazené záznamy z dvoch kamier. Prvý záznam (v ľavej časti obrazovky) sníma stav únavy vodiča, zatiaľ čo druhý záznam (v pravej časti obrazovky) je záznamom „nočného videnia“. V tomto režime sa menu nachádza v spodnej časti obrazovky. Nachádzajú sa v nej 3 tlačidlá funkčne totožné s režimom samostatného snímania. Po stlačení tlačidla:

- **Späť** – Presun späť do hlavného menu.
- **Štatistika** – Zobrazenie okna štatistík na mieste záznamu z kamery v hornej časti obrazovky.
- **Zvuk** – Vypnutie, respektíve zapnutie zvuku signalizácie. Ak je zvuk signalizácie zapnutý, v strede tlačidla je aktívny zelený krúžok, naopak pri vypnutej signalizácii je aktívny červený krúžok.

Ďalšie možnosti ponúkajú dvojkliky na plochy záznamov z kamier. Pri dvojkliku na záznam v ľavej časti obrazovky sa zobrazí okno režimu samostatného snímania, pri dvojkliku na záznam v pravej časti obrazovky sa zobrazí zväčšený záznam kamery „nočného videnia“. Okno duálneho režimu je zobrazené na obrázku č. 37.



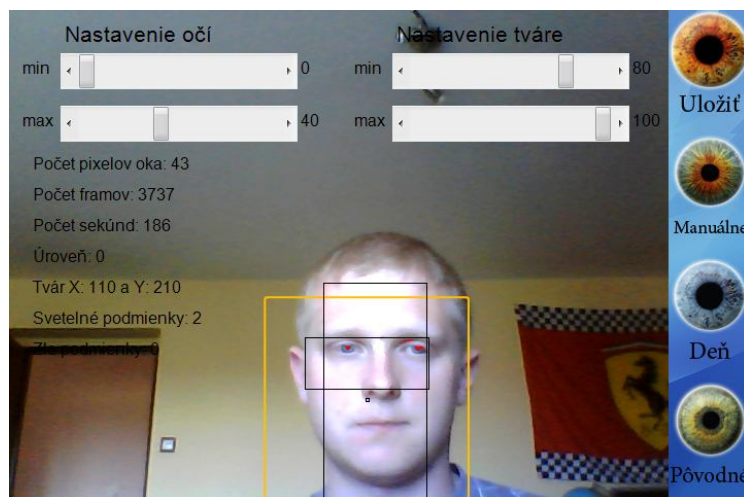
Obr. 37: Okno duálneho režimu



Okno kalibrácie slúži na vlastnoručné nastavovanie svetelných podmienok. V tomto okne si môže používateľ zvoliť buď automatické prehľadávanie svetelných podmienok, alebo si ich môže nastaviť manuálne. V bočnom menu okna kalibrácie sa nachádzajú štyri tlačidlá. Po stlačení tlačidla:

- **Uložiť** – Uloženie nastavených svetelných podmienok a zobrazenie okna snímania (režim samostatného snímania).
- **Automatické** alebo **Manuálne** (podľa toho, ktoré je aktívne) – Aktivácia opačnej možnosti, teda prechod z automatického na manuálne, alebo opačne.
- **Noc, Deň, Zamračené** alebo **Vlastné** (podľa nastavenej svetelnej podmienky) – Zmena bočného menu na výberové tlačidlá svetelných podmienok (**Noc, Deň, Zamračené** alebo **Vlastné**). Pri výbere jednej z nich sa vybraná nastaví do bočného menu okna kalibrácie.
- **Pôvodné** – Vrátenie sa k pôvodným nastaveniam svetelných podmienok.

Pri manuálnom nastavovaní svetelných podmienok si používateľ môže pomocou štyroch posuvných nastavovačov nastaviť minimálne, respektíve maximálne hodnoty jasu tváre a očí. Hranica 0 určuje najtmavšie hodnoty, naopak opačná hranica 100 určuje tie najsvetlejšie. Okno kalibrácie v manuálnom prevedení nastavovania svetelných podmienok je zobrazené na obrázku č. 38.



Obr. 38: Okno kalibrácie

## 5 Zoznam použitej literatúry

- [1] Kubovčáková, Mariana, 2009, Mikrospánok – zaspávate za volantom? [online], zzz.sk [cit. 19.4.2011]. Dostupné na internete: <http://www.zzz.sk/?clanok=6343>
- [2] Autolexicon, 2009, Mikrospánok [online], autolexicon.net [cit. 19.4.2011]. Dostupné na internete: <http://sk.autolexicon.net/articles/mikrospanok>
- [3] BMW Press Club, 2002, Battle against microsleep: BMW Group Research tests driving alertness assistant [online], bmwzine.com [cit. 19.4.2011]. Dostupné na internete: <http://www.bmwzine.com/print/?linkid=294>
- [4] Mercedes-Benz Slovakia s.r.o., 2008, Ochrana pred mikrospánkom [online], mercedesbenz.sk [cit. 19.4.2011]. Dostupné na internete: <http://www.mercedesbenz.sk/mbsk/press-centrum?&artid=459>
- [5] HACKER, W., GREIF, S., HOLLING, H., NICHOLSON, N.: Arbeits- und Organisationspsychologie. Internationales Handbuch in Schlüsselbegriffen. München: Psychologie Verlags Union, 1989, s. 209-212.
- [6] FHWA, 2011, Commercial motor vehicle driver fatigue and alertness study [online], tc.gc.ca [cit. 19.4.2011]. Dostupné na internete: [http://www.tc.gc.ca/TDC/publicat/tp12876/english/12876\\_e.htm](http://www.tc.gc.ca/TDC/publicat/tp12876/english/12876_e.htm)
- [7] HACKER, W., RICHTER, P.: Psychische Fehlbeanspruchung: Psychische Ermüdung, Monotonie, Sättigung und Stress. Berlin: VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, 1980.
- [8] VON JAN, T., KARNAHL, T., SEIFERT, K., HILGENSTOCK, J., ZOBEL, R.: Don't sleep and drive – VW's fatigue detection technology. 2005, s. 1-12.
- [9] C. MCCALL, J., M. TRIVEDI, M.: Visual Context Capture and Analysis for Driver Attention Monitoring. San Diego: Computer Vision and Robotics Research Laboratory University of California, 2004, s. 332-337. IEEE Intelligent Transportation Systems Conference.
- [10] BELZ, S.: An on-road investigation of self-rating of alertness and temporal separation as indicators of driver fatigue in commercial motor vehicle operators. Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University, 2000. Dissertation.

- [11] WIERWILLE, W.W., MUTO, W.H.: Significant changes in driver vehicle response measures for extended duration simulated driving tasks. Delft: Delft University of Technology, 1981, s. 298-314. In Proceedings of the First European Annual Conference on Human Decision Making and Manual Control.
- [12] M. BUNDELE, M., BANERJEE, R.: Detection of Fatigue of Vehicular Driver using Skin Conductance and Oximetry Pulse: A Neural Network Approach. Pusad: Department of Computer Science and Engineering, 2009. 2 s.
- [13] EUN-JUNG, S., BYUNG-CHAN, M., SEUNG-CHUL, K., CHUL-JUNG, K.: Effects of oxygen concentrations on driver fatigue during simulated driving. Journal of Applied Ergonomics Elsevier Publication - 36, 2009, s. 25-31. Proceedings of the iiWAS2009.
- [14] Lexus, 2011, Technický lexikón [online], lexus.sk [cit. 26.4.2011]. Dostupné na internete: <http://www.lexus.sk/about/index.aspx>
- [15] Newcarnet, 2006, LS460 achieves a world-first in preventative safety [online], newcarnet.co.uk [cit. 26.4.2011]. Dostupné na internete: [http://www.newcarnet.co.uk/Lexus\\_news.html?id=5787](http://www.newcarnet.co.uk/Lexus_news.html?id=5787)
- [16] Lexus, 2011, Pricing and Options [online], lexus.com [cit. 26.4.2011]. Dostupné na internete: <http://www.lexus.com/models/LSh/features/pricing.html>
- [17] Carpages, 2007, High Technology Driver Monitoring System on Lexus LS [online], carpages.co.uk [cit. 26.4.2011]. Dostupné na internete: <http://www.carpages.co.uk/lexus/lexus-ls600h-06-09-07.asp>
- [18] Topspeed, 2010, Mercedes CL-Class Facelift [online], topspeed.com [cit. 26.4.2011]. Dostupné na internete: <http://www.topspeed.com/cars/mercedes/2011-mercedes-cl-class-facelift-ar92907.html>
- [19] German Museum of Hygiene, 2007, The battle against microsleep [online], volkswagen-mediaservices.com [cit. 26.4.2011]. Dostupné na internete: [https://www.volkswagen-mediaservices.com/medias\\_publish/ms/content/en/pressemitteilungen/2007/08/30/the\\_battle\\_against\\_standard.gid-oeffentlichkeit.html](https://www.volkswagen-mediaservices.com/medias_publish/ms/content/en/pressemitteilungen/2007/08/30/the_battle_against_standard.gid-oeffentlichkeit.html)

- [20] Fraunhofer IDMT, 2011, Eye Tracker warns drivers about microsleep [online], mikroelektronik.fraunhofer.de [cit. 2.5.2011]. Dostupné na internete: <http://www.mikroelektronik.fraunhofer.de/en/press-media/microelectronics-news/article/eye-tracker-warns-drivers-about-microsleep.html>
- [21] Aschenbrenner, Norbert, 2010, Infrared LED Detects Drivers in Microsleep [online], innovationsreport.com [cit. 2.5.2011]. Dostupné na internete: [http://www.innovationsreport.com/html/reports/energy\\_engineering/infrared\\_led\\_detects\\_drivers\\_microsleep\\_163904.html](http://www.innovationsreport.com/html/reports/energy_engineering/infrared_led_detects_drivers_microsleep_163904.html)
- [22] Horváth, Andrej, 2006, Seat Altea XL - praktickejši člen rodiny [online], etrend.sk [cit. 2.5.2011]. Dostupné na internete: <http://profit.etrend.sk/archiv-profitu/rok-/cislo-/seat-altea-xl-praktickejsi-clen-rodiny.html>
- [23] FUNTORO, MOLPIR s.r.o., 2011, O spoločnosti Funtoro [online], funtoroeurope.com [cit. 22.4.2011]. Dostupné na internete: <http://www.funtoro-europe.com/sk/>
- [24] Funtoro Inc.: BV-105 Infotainment Box Specification. Jhonghe City, Taipei Country, Taiwan, 2009. Datasheet.
- [25] Funtoro Inc.: Standard Monitor Specification. Jhonghe City, Taipei Country, Taiwan, 2009. Datasheet.
- [26] KEETEC, 2011, Comfort and safety systems: DTK 100 [online], keetec.sk [4.5.2011]. Dostupné na internete: <http://www.keetec.sk/en/product/dtk100-104>
- [27] Inzercia.sk, 2010, Alarm proti mikrosnánku [online], inzercia.sk [cit. 4.5.2011]. Dostupné na internete: <http://www.inzercia.sk/inzeratANC1154alarmprotimikrosnanku/>
- [28] HWEI-JEN, L., SHU-YI, W., SHWU-HUEY, Y., YANG-TA, K.: Face Detection Based on Skin Color Segmentation and Neural Network. Taipei: Department of Computer Science and Information Engineering, 2005, s. 1145-1146
- [29] CHYTIL, R.: Systém na zabránenie mikrosnánku vodičov. Bratislava: Fakulta informatiky a informačných technológií, 2011, s. 12-28. Diplomový projekt 1.
- [30] CHYTIL, R.: Systém na zabránenie mikrosnánku vodičov. Bratislava: Fakulta informatiky a informačných technológií, 2011, s. 29-45. Diplomový projekt 2.

## **Príloha A: Elektronické médium**

Ako súčasť k tejto práci patrí aj elektronické médium, ktoré je priložené vo forme CD-ROM k dokumentu. Nachádza sa na nej táto práca v elektronickej podobe. Na médiu sa okrem spustiteľnej aplikácie nachádzajú aj všetky zdrojové kódy a knižnice bez ktorých by funkčnosť aplikácie nebola predstaviteľná.

Stromová štruktúra adresárov na médiu je nasledujúca:

- Obsah.txt
- Anotacia.txt
- Annotation.txt
- \Dokumentacia**
  - DP3\_xchytir.doc
  - DP3\_xchytir.pdf
- \Program**
  - \Spustitelny program**
    - Microsleep.exe
  - \Zdrojove kody**
    - \Images**
    - \Microsleep**
      - Microsleep.sln