

UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE
FAKULTA MATEMATIKY, FYZIKY A INFORMATIKY

MOŽNOSTI VYUŽITIA MULTISPEKTRÁLNEHO
OBRAZU PRI VIZUÁLNEJ BEZPEČNOSTI.

BAKALÁRSKA PRÁCA

2022

SEBASTIÁN JANKOVIČ

UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE
FAKULTA MATEMATIKY, FYZIKY A INFORMATIKY

MOŽNOSTI VYUŽITIA MULTISPEKTRÁLNEHO
OBRAZU PRI VIZUÁLNEJ BEZPEČNOSTI.

BAKALÁRSKA PRÁCA

Študijný program: Aplikovaná Informatika
Študijný odbor: Informatika
Školiace pracovisko: Katedra didaktiky matematiky, fyziky a informatiky
Školiteľ: RNDr. Zuzana Černeková, PhD.

Bratislava, 2022
Sebastián Jankovič



Univerzita Komenského v Bratislave
Fakulta matematiky, fyziky a informatiky

ZADANIE ZÁVEREČNEJ PRÁCE

Meno a priezvisko študenta: Sebastián Jankovič
Študijný program: aplikovaná informatika (Jednoodborové štúdium, bakalársky I. st., denná forma)
Študijný odbor: informatika
Typ záverečnej práce: bakalárska
Jazyk záverečnej práce: slovenský
Sekundárny jazyk: anglický

Názov: Možnosti využitia multispektrálneho obrazu pri vizuálnej bezpečnosti
Use of multispectral images in visual security

Anotácia: Preskúmať možnosti využitia informácie zo spektrálnych oblastí mimo viditeľného spektra pri ochrane verejných priestorov a budov. Naštudovať spracovanie obrazu v oblasti IR, UV a termožiarenia a analyzovať pridanú hodnotu týchto spektier pri detekcii objektov a osôb.

Cieľ: Preskúmať možnosti využitia informácie zo spektrálnych oblastí mimo viditeľného spektra pri ochrane verejných priestorov a budov. Naštudovať spracovanie obrazu v oblasti IR, UV a termožiarenia a analyzovať pridanú hodnotu týchto spektier pri detekcii objektov a osôb.

Vedúci: RNDr. Zuzana Černeková, PhD.
Katedra: FMFI.KAI - Katedra aplikovanej informatiky
Vedúci katedry: prof. Ing. Igor Farkaš, Dr.
Dátum zadania: 30.09.2021

Dátum schválenia: 06.10.2021

doc. RNDr. Damas Gruska, PhD.
garant študijného programu

.....
študent

.....
vedúci práce

Obsah

Úvod	1
1 Prehľad elektromagnetických spektier	2
1.1 Elektromagnetické spektrum	2
1.2 Viditeľné spektrum	3
1.3 Infračervené žiarenie	4
1.4 Ultrafialové žiarenie	5
2 Aplikácia kamier v reálnom živote	6
2.1 IR kamery	6
2.1.1 SWIR kamery	6
2.1.2 Termokamery	7
2.2 UV kamery	9
3 Analýza prác	10
3.1 Sledovací systém využívajúci termokameru	10

Úvod

V dnešnej dobre žijeme vo svete, kde sme plne zvyknutý na kamery okolo nás. Stretávame sa s nimi na autobusových zástavkách, vnútri mestskej hromadnej dopravy, pri bankomatoch a mnoho z nás si ich aj sami nainštalovali doma. Tieto kamery nám dovoľujú mať oči na miestach, kde sa v tej chvíli nemusíme nachádzať, no väčšina z nich je schopná ako naše oči snímať iba viditeľné spektrum.

Naším cieľom je preskúmať možnosti využitia spektier voľnému oku nedostupným a analyzovať ich pridanú hodnotu.

V prvej kapitole sa oboznámime so všeobecným prehľadom o spektrách. Bližšie si vysvetlíme pre nás jediné viditeľné spektrum. Následne sa pozrieme na infračervené spektrum, ultrafialové spektrum a termožiarenie, ktoré sú bežnému ľudskému oku neviditeľné.

V druhej kapitole sa pozrieme aplikáciu kamier snímajúcich neviditeľné spektrum v reálnom svete.

V tretej kapitole budeme analyzovať existujúce publikované práce.

V štvrtej kapitole sa pokúsime aplikovať snímanie týchto neviditeľných spektier. Následne zanalyzovať ich pridanú hodnotu oproti bežnému viditeľnému spektru snímaného bežnými kamerami pri detekcii osob. A nakoniec celkovo zhodnotiť ich pridanú hodnotu pri ochrane verejných priestorov a budov.

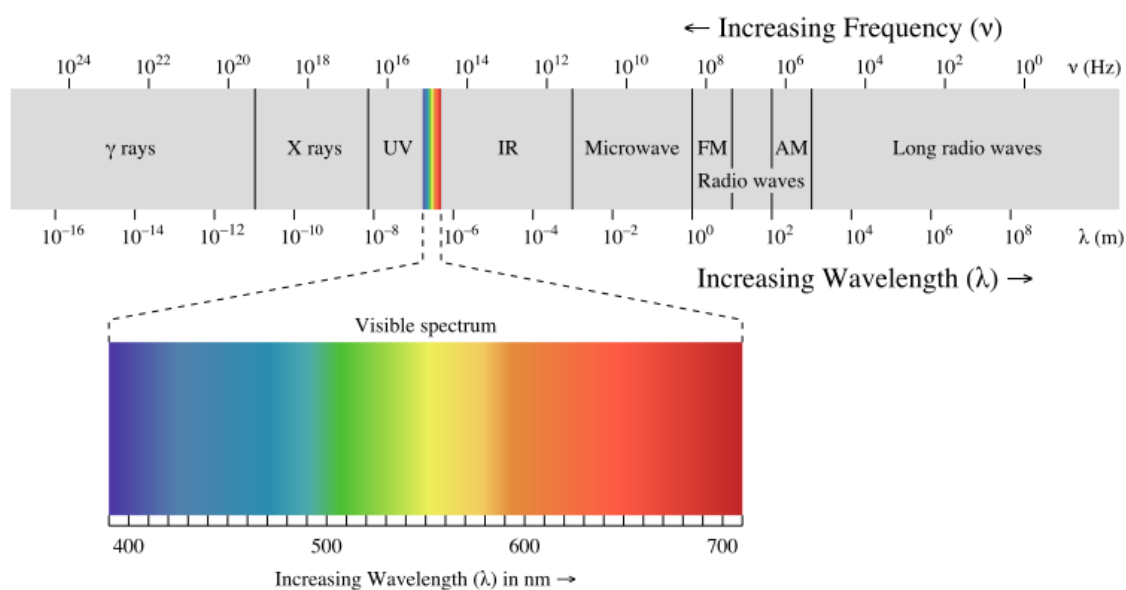
Kapitola 1

Prehľad elektromagnetických spektier

V tejto kapitole sa pozrieme a si rozoberieme spektrá, ktoré budeme neskôr sledovať a analyzovať.

1.1 Elektromagnetické spektrum

Elektromagnetické vlny sa dajú rozdeliť a zoradiť podľa ich rozdielných vlnových dĺžok/frekvencií. V našom prípade nám bude stačiť si to rozdeliť do dvoch skupín: viditeľné a neviditeľné spektrum. Do viditeľného spektra zaradíme spektrum s rovnakým názvom. Do neviditeľného spektra zaradíme všetky ostane ale my sa budeme zaoberať iba susednými spektrami viditeľného spektra: infračerveným a ultrafialovým žiarením. Na obrázku 1.1 vidíme rozdelenie elektromagnetického spektra.[1]



Obr. 1.1: Rozdelenie elektromagnetického spektra podľa vlnovej dĺžky

1.2 Viditeľné spektrum

Viditeľné spektrum sa často nazýva aj viditeľné svetlo. Je to jediný druh elektromagnetického žiarenia, ktorý sme schopný vnímať priamo našim zrakom.

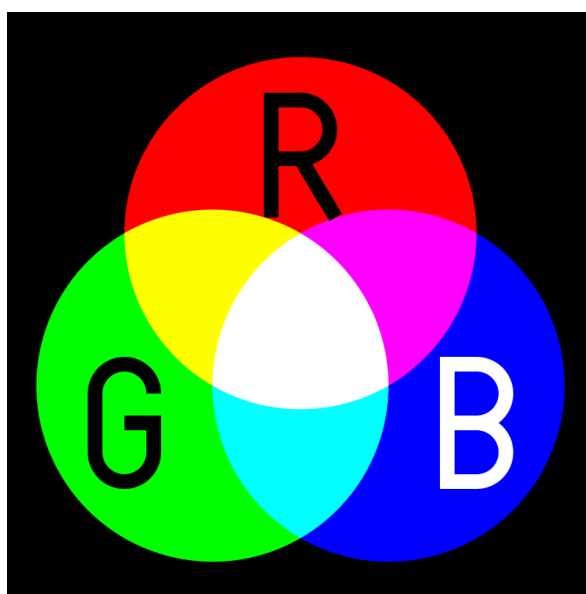
Najvýznamnejšou vlastnosťou viditeľného svetla je farba. Tieto farby vieme pozorovať tak, že biele svetlo prejde cez hranol a začne sa separovať/lámať na základe toho, že rôzne farby majú rozdielnu vlnovú dĺžku. Fialová má najkratšiu vlnovú dĺžku a to okolo 380 nanometrov a červená ma najdlhšiu vlnovú dĺžku okolo 700 nanometrov.[2]



Obr. 1.2: Rozdelenie viditeľného spektra podľa vlnovej dĺžky

Vo svete techniky sme schopný vytvárať farby pomocou rôznych farebných modelov. Farebný model je abstraktný matematický model, opisujúci spôsob ako môžeme farby reprezentovať pomocou n-tíc čísel. Obvykle sú to tri alebo štyri hodnoty alebo farebné komponenty.

Najznámejším takýmto modelom je Lineárny model RGB. Svoje meno dostal po svojich základných(primárnych) farbách, ktorými sú: červená(Red), zelená(Green) a modrá(Blue). Ostatné farby sa vyjadrujú aditívnym skladaním týchto základných farieb. V RGB farebnom modeli sme schopný vytvoriť $256^3 = 16,8$ milióna farieb.[3]

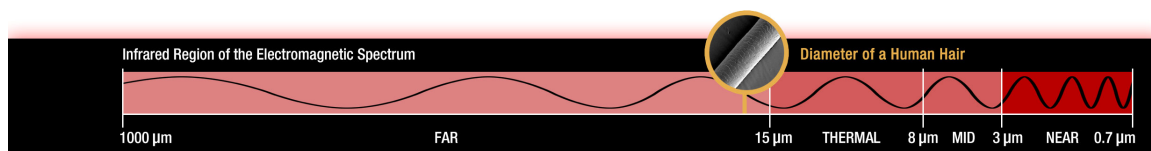


Obr. 1.3: RGB farebný model

Ďalšími farebnými modelmi sú napríklad: CMY(K), YUV, CIE a Lab.

1.3 Infračervené žiarenie

Infračervené žiarenie je súčasťou elektromagnetického spektra a pre ľudské oko neviditeľného spektra. Nachádza sa v rozpätí vlnovej dĺžky od 1000 mikrometrov po 0,7 mikrometra alebo 700 nanometrov.



Obr. 1.4: Rozdelenie infračerveného žiarenia podľa vlnovej dĺžky[4]

Na obrázku 1.4 môžeme vidieť, že infračervené žiarenie rozdeľujeme podľa dĺžky infračervených vln do troch skupín:

- Ďaleké infračervené žiarenie
 - Anglicky nazývané Far infrared, sú infračervené vlny susediace s mikrovlnnými. Najviac sú využívané v Astronómii na získavanie kvalitnejších fotiek vzdialených objektov.
- Termálne infračervené žiarenie
 - Inak nazývané aj termožiarenie, sú vlny skúmané pri termografii. My ako ľudia sme schopný vycítiť infračervenú energiu ako teplo. Niekedy telesá sú tak teplé, že zároveň vyžarujú aj farbu, napríklad oheň. Ostatné telesá, ako napríklad ľudia nie sú tak teplé a vyžarujú iba infračervené vlny. My nie sme schopný sledovať to voľnými očami ale v dnešnej dobe máme technológie, ktoré sú schopné zaznamenávať tieto vlny, ako napríklad termálne kamery.[4]
- Blízke infračervené žiarenie
 - Anglicky nazývané Near infrared, je infračervené žiarenie, ktoré využívame v technológii pri každodenných aktivitách. Najčastejšie v diaľkových ovládačoch. Pri tomto type infračerveného žiarenia necítíme teplo.

1.4 Ultrafialové žiarenie

Ultrafialové(UV) svetlo je typ elektromagnetickej radiácie. Je neviditeľné ľudskému oku. Dĺžka jeho vln je medzi 10 a 400 nanometrov. V elektromagnetickom spektre susedí s viditeľným svetlom a röntgenovým žiarením. Vnútorne sa podľa vlnovej dĺžky delí na:

- Extrémne ďaleké ultrafialové žiarenie
- Ďaleké ultrafialové žiarenie
- Stredné ultrafialové žiarenie
- Blízke ultrafialové žiarenie

[6]

Pre nás najbežnejším zdrojom ultrafialovej radiácie je Slnko. Väčšinu tejto radiácie pohlcuje atmosféra a ozónová vrstva Zeme.

Kapitola 2

Aplikácia kamier v reálnom živote

V tejto kapitole si ukážeme aplikáciu infračervených a ultrafialových kamier reálnom svete.

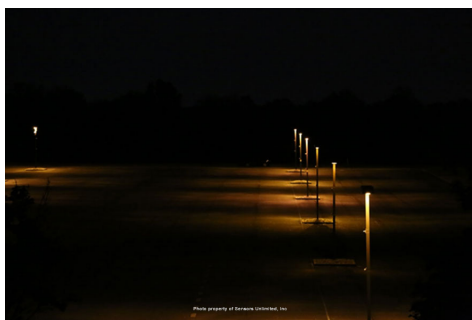
2.1 IR kamery

2.1.1 SWIR kamery

SWIR kamery snímajú blízke infračervené žiarenie. Tieto kamery vyžadujú jedinečné optické a elektronické komponenty schopné fungovať v špecifickej dĺžke v blízkom infračervenom spektre. Kamery sú často dostupné len s licenciami.

SWIR je podobný viditeľnému svetlu v tom, že fotóny sa odrážajú alebo absorbujú objektom, čo poskytuje silný kontrast potrebný pre vysoké rozlíšenie zobrazovania.

Tieto kamery sú schopné byť použité v situáciach, kedy normálne kamery snímajúce viditeľné spektrum sú neefektívne a dosahovať skvelé výsledky.[7]

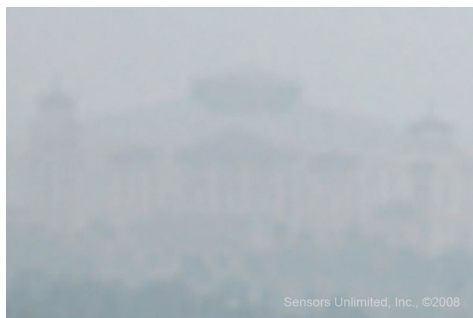


(a) Viditeľné svetlo



(b) SWIR

Obr. 2.1: Porovnanie pri slabom osvetlení.



(a) Viditeľné svetlo



(b) SWIR

Obr. 2.2: Porovnanie pri hmle.



(a) Viditeľné svetlo



(b) SWIR

Obr. 2.3: Porovnanie pri požiari.

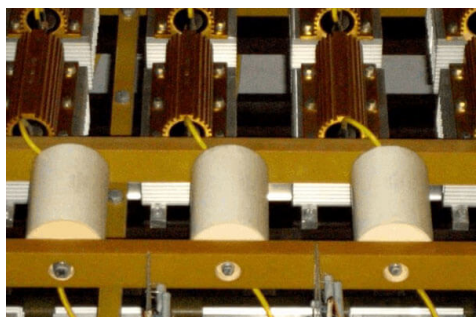
Na ukázkach pri obrázkoch 2.2 a 2.3 vidíme, že dlhšie vlnové dĺžky lepšie prenikajú cez prekážky ako sú smog, hmla, prach a preto SWIR kamery sú schopné zachytiť aj objekty za nimi.[8]

2.1.2 Termokamery

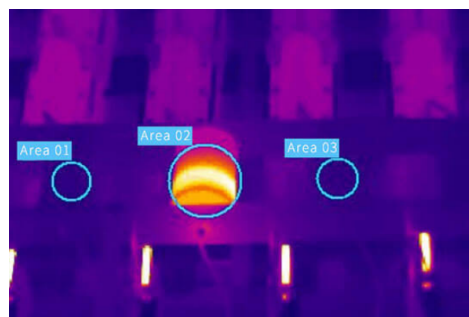
Tieto kamery na rozdiel od SWIR kamier snímajú stredné (termálne) a dlhé infračervené žiarenie. Tento typ kamier sa inak nazýva aj pasívny lebo samy nič nevysielať iba zaznamenávajú rozdiely v teplote. Tie tepelné stopy sú následne zobrazené na monitore. Tak isto ako SWIR kamery, termálne kamery nie sú obmedzené faktormi ako sú tma, veľmi jasné svetlo, hmla a ďalšie. Termokamery v porovnaní s optickými kamerami, dosahujú ďaleko väčšie vzdialenosti a nevyžadujú toľko zariadení k inštalácii. Tieto kamery sú populárne v rôznych sektoroch od komerčného po vojenský.[9]

Príklady situácií a miest, kde sa využívajú termokamery:

- Detekcia požiarov
 - Termálne kamery dokážu detektovať abnormálnu teplotu v kľúčových oblastiach a spustiť poplach, aby sa zabránilo požiaru.



(a) Viditeľné svetlo



(b) Termokamera

Obr. 2.4: Detekcia požiaru.[10]

- Ochrana hraníc

- Termálne kamery sú skvelé pre ochranu hraníc vďaka tomu, že nie sú ovplyvnené okolitými podmienkami.



(a) Pokus prejsť hranice za tmy



(b) Sledovanie výkladu tovaru

Obr. 2.5: Kontrola hraníc.[11]

- Prevencia pri epidemickej situácii

- Kamery tohto typu sú schopné naraz snímať veľký počet ľudí s presnosťou $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ a preto efektívne pomáhať pri meraní teploty ľudí pri vstupe do budovy a bez kontaktne obchytiť možných nakazených a tak predísť nakazeniu ostatných .[10]

- Určenie diagnózy v medicíne

- Bolestivé ochorenia často vykazujú významný rozdiel v telesnej teplote v oblasti problému. Infračervená termovízna technológia má svoju jedinečnú diagnostickú hodnotu tým, že prezentuje tepelný obraz ľudského tela indikujúci rozloženie teploty. Tým pádom poskytuje dôležité informácie pre diagnostiku chorôb.[10]

2.2 UV kamery

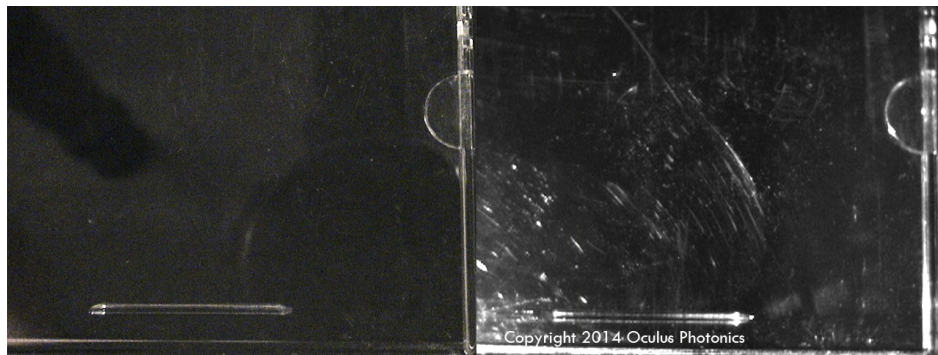
Ako bolo spomenuté v 1.4 tieto kamery snímajú inú vlnovú dĺžku ako bežné kamery snímajúce viditeľné svetlo. Snímať vysoko-energetické ultrafialové svetlo je vysoko náročné kvôli tomu, že toto svetlo reaguje takmer s každým materiálom a nepreniká dobre cez atmosféru.

Na základe toho že UV svetlo je absorbované mnohými materiálmi je veľmi dôležité, že je zvolená správna optika a senzorové technológie. To znamená, že na výrobu šošoviek a senzorov sa nemôžu použiť materiály ako pri bežných kamerách a preto sa to odvíja aj na cene.

Napriek tomu postup v technológii dovolil, že kamery sa stávajú menšími, lacnejšími na základe toho dostupnejšími.[12]

Aplikácia UV kamier:

- Detekcia poškodenia
 - Medzi najbežnejšie aplikácie UV zobrazovania patrí detekcia škrabancov a rytín na leštených alebo vysoko zrkadlových povrchoch. Použitím osvetlenia tmavého poľa na zvýšenie efektu rozptylu sa škrabance, ktoré nie sú viditeľné na viditeľnom obrázku, dajú ľahšie zobrazit' v UV.



Obr. 2.6: Obal CD odfotený obyčajnou a UV kamerou[13]

- Detekcia povrchovej kontaminácie

Kapitola 3

Analýza prác

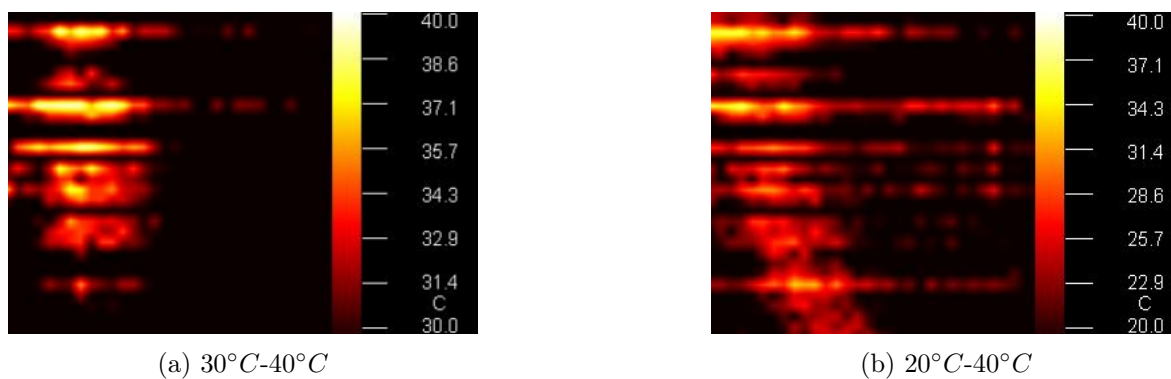
3.1 Sledovací systém využívajúci termokameru

Cieľom práce Efektívny sledovací systém využívajúci termokameru bolo vytvoriť multifunkčný systém na kontrolu bezpečnosti na pracovisku.[14] Tím sa pokúsil využiť fakt, že v továrňach sú už často zabudované termokamery na prevenciu požiarov(príklad ??). Preto sa pokúsili vyvinúť algoritmus, ktorý by bol aplikovateľný na detekciu možných požiarov spôsobených prehriatím strojov ale zároveň by bol schopný detekovať osoby na miestach, kde je zlé osvetlenie ako napríklad kamery vonku, kde sa úroveň svetla mení neustále.

Na pokus využili kameru AXT100 vyrobenú ANN ARBOR SENSOR SYSTEM. Kamera je lacnejšia ako ostatné kamery na trhu s rovnakou kvalitou.

Ako prvé sa venovali detekcii strojov a ich teploty, kde algoritmus dosiahol z 10000 testov 96,35% úspešnosť.

Pre detekciu osôb zmenili teplotu sledovanú kamerou na rozpätie $30^{\circ}C-40^{\circ}C$. Pri pokusoch zistili, že toto rozpätie je najlepšie pre detekciu osôb, keď bolo menšie stávalo sa, že keď osoba mala na sebe hrubé oblečenie tak vedela byť nezachytená. Naopak, keď sa pokúsili dať väčší rozsah tak sa zaznamenávali veci, ktoré neboli osoby ako je možné vidieť na a znižovalo to presnosť detekcie. Algoritmus fungoval na princípe porovnávania momentálneho obrazu s predošlým.



Obr. 3.1: Pokus zaznamenať osobu pri rôznych rozpätiach teploty.

Kde sa kontrolovali tri parametre.

- Prvý parameter
 - Keďže snímky zachytené termálnou kamerou sú vo formáte RGB, tak rátať rozdiel hodnôt RGB dvoch obrázkov.
- Druhý parameter
 - Rozdelili obrázok z termálnej kamery na 20 oblastí, každú s rovnakým počtom pixelov. A rátať využitie pixelov.
- Tretí parameter
 - Rozdelili obrázok na 5 úsekov a rátať v koľkých sa má osoba objaviť aby bola identifikovaná.

Boli schopný vytvoriť rýchly systém, ktorý vie identifikovať osobu s 83,8% presnosťou. Výhodou tohto systému je nákladovo efektívny sledovací systém. Nevýhodou je systém nie je schopný rozlíšiť medzi osobou a zvierateľom.

Literatúra

- [1] *Elektromagnetické spektrum*, Dostupné na internete 24.1.2022: <https://www.khanacademy.org/science/physics/light-waves/introduction-to-light-waves/a/light-and-the-electromagnetic-spectrum>
- [2] *Viditeľné spektrum*, Dostupné na internete 24.1.2022: https://science.nasa.gov/ems/09_visiblelight
- [3] ŠIKUDOVÁ, Elena, ČERNEKOVÁ, Zuzana, BENEŠOVÁ, Wanda, HALADOVÁ, Zuzana, KUČEROVÁ, Júlia, 2014, *Počítačové videnie. Detekcia a rozpoznávanie objektov*. Vydavateľstvo Wikina Praha, ISBN: 978-80-87925-06-5
- [4] *Infračervené žiarenie*, Dostupné na internete 24.1.2022: https://science.nasa.gov/ems/07_infraredwaves
- [5] *Infračervené žiarenie*, Dostupné na internete 24.1.2022: <https://study.com/academy/lesson/infrared-waves-definition-uses-examples.html>
- [6] *Ultrafialové žiarenie*, Dostupné na internete 24.1.2022: <https://astronomy.swin.edu.au/cosmos/u/ultraviolet>
- [7] *SWIR kamery*, Dostupné na internete 24.1.2022: <https://www.edmundoptics.com/knowledge-center/application-notes/imaging/what-is-swir/>
- [8] *Ukážky obrázkov z SWIR kamery*, Dostupné na internete 24.1.2022: <https://www.sensorsinc.com/gallery/images>
- [9] *Termálni zobrazování*, Dostupné na internete 24.1.2022: <https://www.hikvision.com/cz/core-technologies/thermal-imaging/>
- [10] *Termálne kamery ukážka*, Dostupné na internete 24.1.2022: <https://www.gst-ir.net/industries/thermography/>
- [11] *Termálne kamery ukážka*, Dostupné na internete 24.1.2022: <https://www.infratec.eu/thermography/industries-applications/security/>

- [12] *Understanding Camera-Based Ultraviolet Imaging And Applications, 2019*, Dostupné na internete 24.1.2022: https://www.pco.de/fileadmin/user_upload/pco-publications/pco_pub_201902_Understanding_Camera-Based_Ultraviolet_Imaging_And_Applications.pdf
- [13] *UV forografia*, Dostupné na internete 24.1.2022: <https://ultravioletcameras.com/applications/imaging-changes-in-surface-texture/>
- [14] W. K. Wong, P. N. Tan, C. K. Loo and W. S. Lim, *An Effective Surveillance System Using Thermal Camera*, 2009 International Conference on Signal Acquisition and Processing, 2009, pp. 13-17, doi: 10.1109/ICSAP.2009.12.