



UNIVERZITA  
KARLOVA



**Klasifikace sociálně-psychologických parametrů osob  
s využitím analýzy obrazu pro zvýšení jejich bezpečnosti  
v prostředí kritických prvků zranitelných staveb  
dopravní infrastruktury**

## **Klasifikace sociálně-psychologických parametrů osob s využitím analýzy obrazu pro zvýšení jejich bezpečnosti v prostředí kritických prvků zranitelných staveb dopravní infrastruktury**

Zpracovali:

PhDr. JUDr. Tomáš Karásek, Ph.D., PhDr. Sarah Komarová, Ph.D.

*Univerzita Karlova, Fakulta sociálních věd*

doc. Mgr. Tomáš Apeltauer, Ph.D., Ing. Ondřej Uhlík

*Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební*

Ing. David Herman

*RCE systems, s.r.o.*

Mgr. Ludmila Fonferová, Ph.D., doc. JUDr. Mgr. Joža Spurný, Ph.D.

*Policejní akademie České republiky v Praze*

Praha, 2021

**Výsledek vznikl v rámci řešení projektu *Klasifikace sociálně-psychologických parametrů osob prostřednictvím umělé inteligence a strojového vidění pro potřeby ochrany osob v reálném čase*, reg. č. TL02000352. Tento projekt je spolufinancován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu ÉTA.**

T A  
Č R

Program **Éta**

## OBSAH

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1     | Úvod.....  | 6  |
| 2     | Základy evakuace osob .....                                  | 7  |
| 2.1   | Druhy evakuace.....  | 7  |
| 2.1.1 | Evakuace podle způsobu provedení.....                        | 7  |
| 2.1.2 | Evakuace podle zvolené varianty.....                         | 7  |
| 2.1.3 | Evakuace podle rozsahu.....                                  | 7  |
| 2.1.4 | Evakuace podle doby trvání .....                             | 8  |
| 2.2   | Doba pro evakuaci osob.....                                  | 8  |
| 2.2.1 | Doba dostupná pro evakuaci.....                              | 8  |
| 2.2.2 | Doba potřebná pro evakuaci .....                             | 9  |
| 2.2.3 | Doba před pohybem.....                                       | 9  |
| 2.2.4 | Doba před pohybem pro různé typy objektů .....               | 12 |
| 2.2.5 | Doba pohybu.....   | 17 |
| 2.3   | Shrnutí.....   | 18 |
| 3     | Psychologické a sociální souvislosti reakční doby osob ..... | 19 |
| 3.1   | Východiska pro posouzení.....                                | 19 |
| 3.2   | Klasifikace osob a výběr testu .....                         | 21 |
| 3.3   | Skladba vzorku respondentů.....                              | 22 |
| 3.4   | Velikost vzorku.....   | 24 |
| 3.5   | Vyhodnocení testu.....                                       | 25 |
| 3.6   | Praktická doporučení pro použití TCC press testu .....       | 25 |
| 3.7   | Výsledky testování .....                                     | 25 |
| 3.7.1 | Správnost řešení.....  | 26 |
| 3.7.2 | Rychlost řešení.....   | 28 |
| 3.7.3 | Shrnutí.....   | 29 |
| 4     | Analýza obrazu pro klasifikaci osob.....                     | 30 |
| 4.1   | Druhy analýzy .....  | 30 |
| 4.2   | Technologie.....   | 31 |
| 4.2.1 | Algoritmy počítačového vidění .....                          | 31 |
| 4.2.2 | Detekce a klasifikace.....                                   | 32 |
| 4.3   | Tracking.....  | 33 |
| 4.4   | Reidentifikace mezi kamerovými systémy .....                 | 34 |
| 4.5   | Transformace obrazových souřadnic.....                       | 35 |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 4.6   | Odstranění distorze .....   | 35 |
| 4.7   | Georegistrace.....  | 36 |
| 4.8   | Filtrace dat.....   | 37 |
| 4.9   | Umístění kamery.....  | 37 |
| 4.10  | Současné limity.....  | 38 |
| 5     | Závěr .....   | 39 |
| 6     | Reference .....   | 40 |
| 7     | Pracovní postup klasifikace parametrů osob s využitím analýzy obrazu..... | 41 |
| 7.1   | Stanovení druhu evakuace.....   | 41 |
| 7.2   | Stanovení doby dostupné a potřebné pro evakuaci .....                     | 41 |
| 7.3   | Stanovení obecné doby před pohybem .....                                  | 41 |
| 7.3.1 | Doba pro rozpoznání nebezpečí .....                                       | 41 |
| 7.3.2 | Doba pro odezvu na nebezpečí.....   | 42 |
| 7.4   | Empirické stanovení doby před pohybem jednotlivých kategorií osob .....   | 42 |
| 7.5   | Klasifikace kategorií osob prostřednictvím analýzy obrazu.....            | 43 |



## **PŘEDMĚT METODIKY, JEJÍ URČENÍ A PŘÍNOS PRO PRAXI**

Cílem metodiky je nabídnout funkční propojení metod aplikované psychologie a analýzy obrazu s využitím metod strojového učení pro klasifikaci sociálně psychologických parametrů osob v prostředí objektů s vysokým počtem osob a nízkou úrovní zabezpečení.

Tyto objekty jsou velmi často důležitou součástí kritických prvků dopravní infrastruktury, kdy jde zejména o železniční uzly nebo letištní terminály, případně spadají mezi zranitelné stavby, tedy místa (stavby, prostory nebo plochy) s vysokou koncentrací osob a různou úrovní zabezpečení ochrany života a zdraví obyvatelstva.

Tyto objekty jsou dnes běžně vybaveny bezpečnostními systémy, které zahrnují také široké spektrum kamerových technologií. Ty se stávají potenciálním zdrojem velmi důležitých dat o výskytu osob v budovách a umožňují jejich klasifikaci při plném zachování ochrany osobních dat. Takto klasifikovaným skupinám osob je následně možné přiřadit konkrétní parametry, využitelné pro předběžnou nebo okamžitou analýzu jejich případné evakuace, a přeneseně pro posouzení úrovně bezpečnosti objektu jako celku.

Metodika se ve své první části zaměřuje na obecné základy evakuačního procesu, jeho strukturu, a specificky se věnuje tzv. době před pohybem, která je zjednodušeně označovaná jako reakční doba osob, a která je pro úspěšnou evakuaci osob většinou rozhodující. Uvádí rovněž agregovaná data doby před pohybem pro různé typy objektů na základě analýzy evakuačních experimentů v různých zemích.

V další části se metodika věnuje psychologickým a sociálním souvislostem reakční doby osob a metodám dekompozice agregovaných hodnot pro jednotlivé kategorie osob. Konkrétní zastoupení různých kategorií osob má značný dopad na evakuační proces z objektu jako celku (např. vyšší podíl cestujících se zavazadlem bude mít dopad odlišný od vyššího podílu seniorů).

V poslední části metodika popisuje principy analýzy obrazu jako moderní metody pro klasifikaci osob do skupin, kterým je pak možné přiřadit konkrétní reakční dobu. Věnuje se jednotlivým analytickým metodám, pracovním postupům a aktuálním technologickým limitům tohoto přístupu.

Metodika je určena zejména pro vlastníky a provozovatele kritických prvků zranitelných staveb a dopravní infrastruktury, kteří jsou v současné době nuceni hledat nové, moderní metody pro zvyšování úrovně bezpečnosti a tzv. odolnosti těchto objektů. Jde zejména o orgány státní správy a samosprávy, sekundárně pak o bezpečnostní složky jako např. Hasičský záchranný sbor a Policii České republiky, nebo o projektanty pozemních staveb.

Novost metodiky spočívá ve sloučení oddělených oblastí technického a netechnického charakteru pro stanovení reakční doby osob jako klíčové proměnné v rámci evakuačního procesu. Ukazuje se, že toto stanovení není možné bez vzájemné spolupráce aplikované psychologie při stanovení reakční doby jednotlivých kategorií osob a analýzy obrazu při stanovení podílu těchto kategorií ve sledované skupině jako celku.



## 1 ÚVOD

---

Společně s růstem městských aglomerací v těchto oblastech výrazně narůstá také hustota zalidnění a mobilita obyvatelstva. Kromě vyššího tlaku na dostatečnou kapacitu příslušné infrastruktury (dopravní a další) narůstají také požadavky na úroveň její bezpečnosti, kterým je možné vyhovět díky rychlému technologickému rozvoji. Přesto trvale narůstá riziko bezpečnostního incidentu s potenciálně dramatickými dopady, při jejichž eliminaci je klíčová rychlá a efektivní evakuace velkého počtu osob z postiženého objektu.

Pro úspěšnou evakuaci je velmi důležitým faktorem chování dotčených účastníků incidentu, které souvisí s jejich psychologickými charakteristikami. Dosud se této oblasti věnovala pozornost pouze buď z hlediska „psychologie velkých skupin“ (např. patologické skupinové chování sportovních fanoušků), nebo z hlediska identifikace potenciálního útočníka (detecting suspicious behavior). Datově orientovaný přístup k dlouhodobé nebo okamžité analýze vlastností osob v rámci prvků dopravní kritické infrastruktury nebo zranitelných objektů byl dosud pouze okrajový, vzhledem k technologickému rozvoji (zejména technologií zpracování obrazu) má ale velký potenciál.

Dokument umožňuje optimální propojení metod aplikované psychologie, v jejichž rámci je možné stanovit reakční doby osob na úrovni jednotlivých sociálních kategorií jako klíčový faktor pro jejich úspěšnou evakuaci, s analýzou obrazu jako v současnosti nejúčinnější metody pro klasifikaci osob do skupin, kterým je pak možné takto zjištěnou konkrétní reakční dobu přiřadit. Tímto propojením pak bude možné vytvořit funkční systém, který bude dlouhodobě nebo v reálném čase analyzovat tento bezpečnostní parametr objektu, případně na jeho základě aplikovat příslušná opatření.

Dokument nabízí podrobný vhled do struktury evakuačního procesu a detailně se věnuje konkrétním statistickým vlastnostem reakční doby velkých skupin osob, které byly zjištěny na základě reálných experimentů ve světě. Dále popisuje principy aplikace klasifikace osob do jednotlivých skupin a vhodné testovací metody pro stanovení reakční doby v rámci této skupiny. Neopomíjí ani základní principy současných metod analýzy obrazu včetně jejich technologických limitů.

Pokud se uživatel dokumentu rozhodne vybudovat jakýkoliv systém, který bude čerpat informace z nové nebo již existující soustavy kamerových systémů v příslušném objektu pro průběžnou nebo okamžitou analýzu evakuace z tohoto objektu, dokument mu umožní tento systém technologicky ohraničit a správně zadat. Dojde tak k maximálnímu využití potenciálu spojení metod aplikované psychologie a analýzy obrazu s využitím metod strojového učení, aniž by současně došlo k nerealistickým očekáváním ze strany zadavatele zejména na základě často příliš optimistické prezentace přínosů ze strany možného dodavatele.

Metodika vychází z následujících klíčových teoretických a praktických východisek. V případě problematiky evakuace osob jde zejména o široké spektrum dokumentů Hasičského záchranného sboru ČR a mezinárodních norem jako např. ISO/TR 13387-8 Fire Engineering: Life Safety. V případě psychologických a sociálních souvislostí reakční doby osob jde zejména o studii KOCH,



Asim. *Assessment of socio-demographic sample composition in ESS Round 61*. Mannheim : GESIS Leibniz Institute for the Social Sciences, 2016. Metodika tyto postupy rozvíjí a prakticky propojuje v konkrétní řešené oblasti.

## 2 ZÁKLADY EVAKUACE OSOB

---

Cílem evakuačního procesu je zajistit, aby osoby uvnitř evakuovaného objektu nebo prostranství byly schopny v případě kritické situace tento objekt nebo toto prostranství opustit, přesunout se do bezpečného místa, nebo zůstat na bezpečném místě po dobu nezbytnou pro potlačení hrozby. To vše bez vystavení životu či zdraví nebezpečným podmínkám, či dokonce bez uvědomění si jejich existence. Taková situace představuje ideální řešení bezpečnosti.

V případě existence požáru, který může být součástí např. žhářského útoku, je případný požadavek na nulové vystavení evakuovaných osob účinkům požáru zásadní komplikací při návrhu dotčeného objektu. Efektivnějším přístupem k řešení bezpečnosti je proto hledání takové úrovně expozice, která umožní efektivní evakuaci osob, a zároveň neznamená ohrožení evakuačního procesu ani zdraví evakuovaných osob. Uvedený postup znamená nutnost časového hodnocení dopadu návrhového požárního scénáře na evakuované osoby z hlediska jejich místa a podmínek.

### 2.1 DRUHY EVAKUACE

Evakuaci rozdělujeme na čtyři základní kategorie podle způsobu provedení, zvolené varianty, rozsahu a doby trvání.

#### 2.1.1 Evakuace podle způsobu provedení

- Samovolná evakuace: ohrožené osoby se evakuují podle vlastního uvážení.
- Řízená evakuace: ohrožené osoby jsou evakuovány řízeně prostřednictvím příslušných orgánů od samotného vyhlášení evakuace.

#### 2.1.2 Evakuace podle zvolené varianty

- Přímá evakuace: Je prováděna bez předchozího ukrytí osob.
- Evakuace s ukrytím: Je prováděna po předchozím ukrytí evakuovaných osob, jakmile je počáteční ohrožení sníženo na přijatelnou úroveň.

#### 2.1.3 Evakuace podle rozsahu

- Objektová evakuace: obytné domy, administrativní budovy, provozovny.



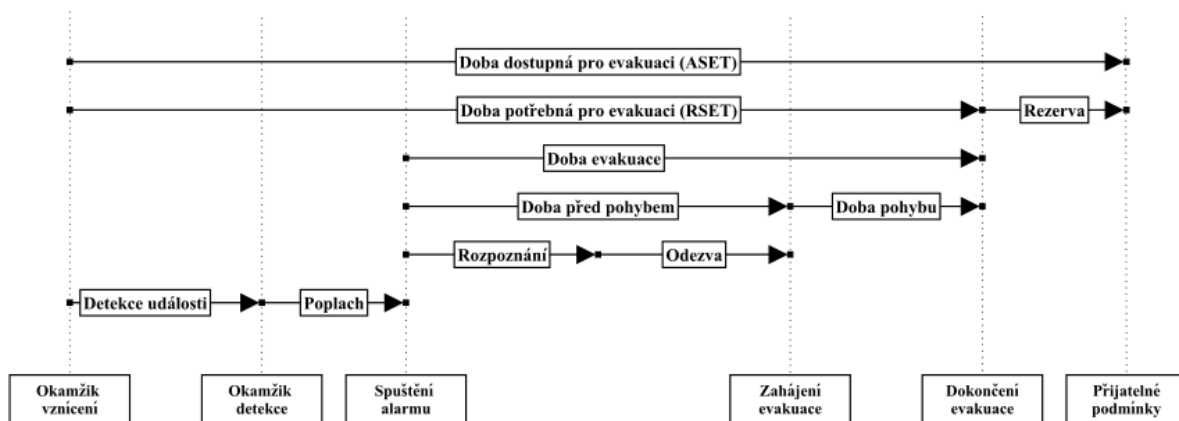
- Plošná evakuace: Evakuace obyvatelstva nebo většího území.

## 2.1.4 Evakuace podle doby trvání

- Krátkodobá evakuace: Nevyžaduje dlouhodobé opuštění domova, není zajištěno náhradní ubytování.
- Dlouhodobá evakuace: Vícedenní pobyt mimo domov, je třeba zajistit náhradní ubytování a provést další, navazující opatření.

## 2.2 DOBA PRO EVAKUACI OSOB

Predikce pohybu osob v průběhu evakuace je základním postupem při analýze efektivity zabezpečení. Obecně platí, že dostatečná ochrana je zajištěna v případě, kdy doba potřebná pro evakuaci (Required Safe Egress Time - RSET) je kratší než doba dostupná pro evakuaci (Available Safe Egress Time - ASET) [1]. Vzájemné vztahy mezi jednotlivými složkami doby potřebné a dostupné pro evakuaci jsou zachyceny na Obr. 2.1.



Obr. 2.1: Struktura evakuačního procesu.

### 2.2.1 Doba dostupná pro evakuaci

Doba dostupná pro evakuaci představuje časový interval, po který panují v místě evakuace přijatelné podmínky pro evakuované osoby. Příklad stanovení takových podmínek může být následující (pro názornost uvádíme parametry typické pro žhářský útok):

- viditelnost přesahuje 10 metrů,
- koncentrace CO nepřesahuje 950 ppm,
- teplota vzduchu nepřesahuje 80 °C ve výšce 2 metry.

Pro stanovení hodnot vybraných veličin po dobu evakuace je vhodné použít požární model, přičemž přijatelné podmínky trvají až do okamžiku, kdy libovolná z vybraných hodnot poprvé





překročí stanovený limit. Při stanovení limitu pro přijatelné podmínky využíváme některý z obecně uznávaných zdrojů, např. [2] nebo [3].

## 2.2.2 Doba potřebná pro evakuaci

Doba potřebná pro evakuaci je komplexní veličina, která je složena z řady dalších dílčích intervalů. Nejistota jejich stanovení může znamenat výrazné prodloužení celkové doby potřebné pro evakuaci a vyčerpání časové rezervy mezi dokončením evakuace a limitem pro přijatelné podmínky v budově, případně překročení tohoto limitu a ohrožení unikajících osob. Celková doba potřebná pro evakuaci se skládá dle Obr. 2.1 z následujících základních časových intervalů:

- doba detekce události,
- doba spuštění poplachu,
- doba evakuace.

*Doba detekce události* je časový interval, který uplyne mezi vznikem hrozby a jeho detekcí příslušným zabezpečením, personálem budovy nebo jejími obyvateli. Pro určení tohoto časového intervalu lze v případě požáru použít požární model podobně jako v případě stanovení doby dostupné pro evakuaci, kdy hledáme okamžik překročení kritické hodnoty některé z veličin, které jsou pro detekci rozhodující.

*Doba spuštění poplachu* závisí především na způsobu detekce hrozby. Reakční doba elektronického systému bude výrazně kratší než reakce obslužného personálu.

*Doba evakuace* závisí především na podrobné znalosti lidského chování v krizových situacích a pro její určení jsou využívány pokročilé softwarové modely. Většina z těchto modelů pracuje samostatně s *dobou před pohybem* a *dobou pohybu osob*.

## 2.2.3 Doba před pohybem

Pro každou osobu je doba před pohybem intervalem od první výstražné zprávy do případného zahájení evakuace. Existují různé druhy klasifikace této doby, nejčastější rozdělení je na následující základní intervaly:

- rozpoznání nebezpečí,
- odezva na nebezpečí.

Doba před pohybem se může u jednotlivých osob nebo u jejich skupin velmi lišit. Rozptyl doby před pohybem závisí na řadě faktorů, včetně vzdálenosti osob od místa požáru a jejich znalostech o požáru, existenci a rozložení únikových východů, stavu výstražného zařízení a systému řízení.

V otevřeném uspořádání prostoru (sportovní nebo kulturní události) lze očekávat nízkou variabilitu doby před pohybem, protože osoby zahájí evakuaci přibližně ve stejnou dobu. V

případě komplexní geometrie prostoru lze očekávat naopak velký rozptyl této doby. Osoby v bezprostřední blízkosti požáru tak mohou za určitých okolností dokončit evakuaci dříve, než se osoby ve vzdálených částech budovy o požáru dozví.

### 2.2.3.1 Rozpoznání nebezpečí

Časový interval rozpoznání nebezpečí představuje období od spuštění poplachu po okamžik, kdy osoby na spuštěný poplach začínají reagovat. Během této doby osoby dále pokračují v činnosti, kterou vykonávaly před zjištěním poplachu nebo příznaků nebezpečí, tedy např. konkrétní pracovní aktivity, nakupování nebo odpočinek. Doba rozpoznání se velmi liší v závislosti na konkrétních faktorech, jakými je typ a účel budovy, charakteristika osob či instalované zabezpečení. Časová variabilita intervalu je velmi vysoká pohybuje se v rozmezí několika sekund až po mnoho minut. Jeho délka je také odlišná u jednotlivých osob ve stejném prostoru v budově a také u podobných skupin osob v různých prostorech.

Jednoduchým vstupem je použití jednoho časového intervalu pro každou skupinu osob, například průměrnou nebo nejdelší dobu rozpoznání. Při složitějším vstupu může být každému jedinci přidělen samostatně vlastní časový interval. Pro určení doby rozpoznání je možno brát v úvahu řadu faktorů, ale zcela základní jsou následující:

- Parametry budovy:
  - účel budovy,
  - rozměry budovy (půdorysy, počet podlaží a další dispozice).
  - vybavení budovy,
  - zabezpečovací systém a řízení bezpečnosti.
- Stav obyvatel budovy:
  - počet osob a jejich rozmístění,
  - charakteristické vlastnosti osob, zejména věk a mobilita,
  - činnosti osob vykonávané v době vzniku nebezpečí,
  - podmínky pro osob.
- Externí rizika (např. požár nebo únik toxických látek):
  - místo vzniku rizika,
  - viditelnost rizika,
  - působení toxických látek nebo vysoké teploty,
  - zprávy od ostatních osob či personálu budovy,
  - stav zabezpečovacího zařízení a aktivní ochrany.

Při stanovení doby rozpoznání nebezpečí musí uživatel modelu všechny tyto skutečnosti zvážit a v případě nedostatku informací o některém z uvedených faktorů zvolit řešení na straně bezpečné, optimálně přidáním časové rezervy do doby potřebné pro evakuaci (RSET).

### 2.2.3.2 Odezva na nebezpečí



Časový interval odezvy na nebezpečí trvá od okamžiku, kdy si osoby uvědomí vznik kritické situace, až do okamžiku, kdy se rozhodnou pro konkrétní způsob strategie evakuace. Typické činnosti vykonávané osobami v tomto časovém úseku jsou následující:

- ověřování reálnosti alarmu, hledání příznaků nebezpečí,
- zastavení strojů ve výrobě, úschova cenných předmětů,
- vyhledání ostatních členů rodiny nebo skupiny,
- vyrozumění dalších osob,
- hledání vhodné únikové cesty,
- snaha o eliminaci nebezpečí.

Jednoduchým vstupem je použití jedné hodnoty pro každou skupinu osob, například průměrnou nebo nejdelší dobu odezvy. Při složitějším vstupu může být doba odezvy přidělena každé osobě samostatně.

Časová variabilita intervalu je velmi vysoká, pohybuje se v rozmezí několika sekund až po řadu minut. Pro určení doby reakce je možno brát v úvahu řadu faktorů, ale principiální jsou následující (některé faktory jsou shodné s faktory ovlivňujícími rozpoznání nebezpečí):

- Parametry budovy:
  - účel budovy,
  - rozměry budovy (půdorysy, počet podlaží a další dispozice).
  - vybavení budovy,
  - zabezpečovací systém a řízení bezpečnosti,
  - navigace a osvětlení,
  - rozložení únikových východů, vědomí o jejich existenci, komplexnost prostoru jako celku.
- Stav osob budovy:
  - počet osob a jejich rozmístění,
  - charakteristické vlastnosti osob, zejména věk a mobilita,
  - činnosti osob vykonávané v době vzniku požáru,
  - rodinné nebo skupinové vztahy,
  - podmínky pro osoby.
- Externí rizika (např. požár nebo únik toxických látek):
  - místo vzniku rizika,
  - viditelnost rizika,
  - působení toxických látek nebo vysoké teploty,
  - zprávy od ostatních osob či personálu budovy,
  - stav zabezpečovacího zařízení a aktivní ochrany.

Opět platí, že pro stanovení doby odezvy na nebezpečí musí uživatel modelu všechny tyto skutečnosti zvážit a v případě nedostatku informací volit bezpečné řešení, optimálně přidáním časové rezervy do doby potřebné pro evakuaci (RSET).

### 2.2.3 Význam doby před pohybem pro posouzení RSET

Existence spolehlivých údajů o předpokládané době před pohybem v různých situacích a zahrnutí těchto údajů do modelů chování při úniku je zcela zásadním předpokladem pro posouzení doby RSET a tato oblast je v současné době předmětem intenzivního výzkumu.

Analýza konkrétních incidentů ukazuje, že existuje korelace mezi délkou doby před pohybem osob a následky tohoto incidentu v podobě zraněných či usmrčených osob. Do současnosti byla uskutečněna řada experimentů, které se pokusily kvantifikovat dobu před pohybem pro různé druhy budov, jako např. rezidenční prostory, komerční budovy nebo kina.

Další studie jsou zaměřeny na vlivy sociální a fyziky prostředí (externí faktory) a na charakteristické vlastnosti osob (interní faktory). Dosud nicméně platí, že znalosti o chování osob před pohybem jsou méně rozsáhlé než v případě samotného pohybu během evakuace. Zároveň je skutečností, že většina existujících evakuačních modelů aplikuje jednoduché předpoklady o chování osob v době před pohybem, nejčastěji v podobě prosté reakční doby na alarm.

Tyto skutečnosti je proto neustále zohledňovat a dobu před pohybem chápat jako komplexní, špatně empiricky měřitelnou a extrémně variabilní veličinu se zásadním dopadem na dobu evakuace jako celku. Zanedbání této skutečnosti může mít fatální dopady na posouzení evakuačního procesu jako celku a vést ke zcela nerealistickým předpokladům. Jako jeden z příkladů takového chybného přístupu lze uvést evakuaci pražského obchodního centra Palladium z roku 2008, které oproti původním předpokladům trvala 40 minut, přičemž doba před pohybem byla v této evakuaci zcela zásadním faktorem.

### 2.2.4 Doba před pohybem pro různé typy objektů

Stanovením doby před pohybem pro různé typy objektů se zabývá řada studií, pro účely této metodiky vycházíme ze souhrnných dat [4].

V následující tabulce jsou seskupena dostupná validní data, která jsou následně roztržena podle daných kritérií. Na tyto datové sady jsou naitovány čtyři spojitě dvouparametrické funkce rozdělení pravděpodobnosti (gamma, lognormální, loglogistické a Weibullovo rozdělení). Výběr těchto rozdělení vyplývá ze skutečnosti, že právě tato bývají implementována do modelů pohybu osob (např. FDS + Evac, Pathfinder, EXODUS). Každé z těchto rozdělení je zešikmené zprava, což odpovídá empirickým poznatkům o době před pohybem. Počáteční strmý růst těchto funkcí reprezentuje fázi, kdy větší část populace reaguje relativně rychle na vzniklou mimořádnou událost a zahajuje evakuaci a následný méně strmý pokles představuje menší část populace, která zahajuje evakuaci s výrazným zpožděním.

Uvedené distribuční funkce mají následující předpisy:

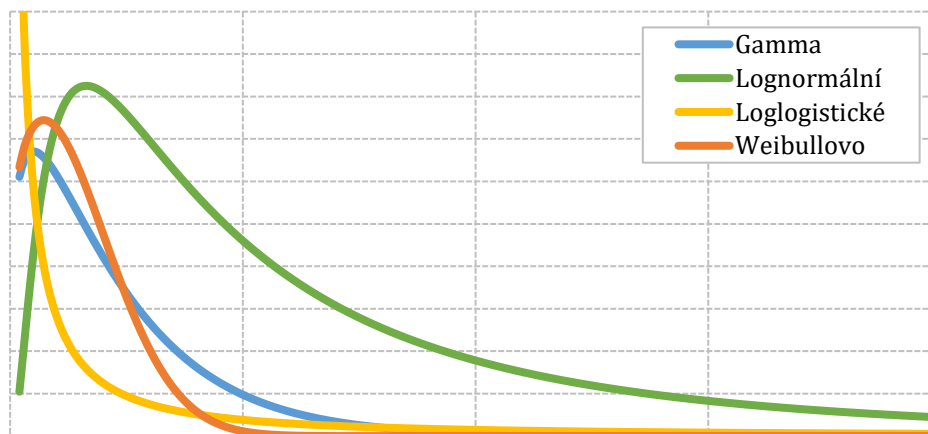
Gamma: 
$$F(x|a, b) = \frac{1}{b^a \Gamma(a)} \int_0^x t^{a-1} e^{-\frac{t}{b}} dt$$

Lognormální 
$$F(x|a, b) = \frac{1}{b\sqrt{2\pi}} \int_0^x \frac{\exp\left(\frac{-(\ln(t) - a)^2}{2b^2}\right)}{t} dt$$

Loglogistické: 
$$F(x|a, b) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x}{a}\right)^{-b}}$$

Weibullovo: 
$$F(x|a, b) = \int_0^x ba^{-b}t^{b-1} \exp\left(-\left(\frac{t}{a}\right)^b\right) dt$$

### Použitá statistická rozdělení



Obr. 2.2: Srovnání obecného tvaru jednotlivých statistických rozdělení. V praxi bývá aplikováno nejčastěji rozdělení lognormální.

Pomocí distribuční funkce lze stanovit pravděpodobnost, že hodnota  $t_i$  reprezentující dobu před pohybem  $i$ -tého chodce bude mít menší nebo stejnou hodnotu než libovolné reálné číslo  $x$ . Parametry rozdělení pro jednotlivé typy objektů a charakteristicky mimořádných událostí jsou popsány v Tab. 2.1. U každého rozdělení je zároveň uvedena hodnota  $R^2$ , tedy koeficient determinace, který udává kvalitu fitování. Čím více se blíží  $R^2$  k hodnotě 1, tím přesněji nafitovaná křivka odpovídá původním datům. Tab. 2.1 dále obsahuje následující údaje:

- Typ budovy, kde evakuace probíhala a počet jejích pater.
- Stát, kde se budova nachází.
- Charakteristiku mimořádné události (NEC – neohlášené evakuační cvičení; P-NEC – částečně ohlášené evakuační cvičení; OEC – ohlášené evakuační cvičení; P – požár)
- Typ alarmu (ZN – spuštění hlasové audio nahrávky; AL – sirény, zvony, alarm; T3 – požární pulzní alarm; V – verbální)

Tab. 2.1: Agregovaná data doby před pohybem pro různé typy objektů.

| Typologie budovy       | Charakteristika mimořádné události                |              |                                     | Rozdělení     | Parametry rozdělení v minutách |        | R <sup>2</sup> |
|------------------------|---|--------------|-------------------------------------|---------------|--------------------------------|--------|----------------|
|                        |   |              |                                     |               | a                              | b      |                |
| Administrativní budovy | Kancelářské prostory                              | Země:        | USA, Kanada, Finsko, Velká Británie | Gamma         | 1.291                          | 1.732  | 0.564          |
|                        |   | Zdroj dat:   | NEC, OEC, P-NEC, P                  | Lognormální   | 0.492                          | 0.967  | 0.548          |
|                        |   | Alarm:       | AL, ZN, T3                          | Loglogistické | 0.498                          | 0.587  | 0.548          |
|                        |   | Počet pater: | 4-14                                | Weibullovo    | 2.321                          | 1.195  | 0.566          |
|                        | Mrakodrap   | Země:        | USA                                 | Gamma         | 0.557                          | 23.651 | 0.942          |
|                        |   | Zdroj dat:   | TU                                  | Lognormální   | 1.817                          | 1.613  | 0.949          |
|                        |   | Alarm:       | -                                   | Loglogistické | 1.811                          | 0.958  | 0.950          |
|                        |   | Počet pater: | 110                                 | Weibullovo    | 11.200                         | 0.664  | 0.944          |
| Rezidenční budovy      | Bytové domy, univerzitní koleje, domy pro seniory | Země:        | USA, Kanada, Velká Británie         | Gamma         | 0.650                          | 2.967  | 0.601          |
|                        |   | Zdroj dat:   | NEC                                 | Lognormální   | -0.009                         | 1.432  | 0.589          |
|                        |   | Alarm:       | AL, T3                              | Loglogistické | -0.007                         | 0.873  | 0.586          |
|                        |   | Počet pater: | 3-4                                 | Weibullovo    | 1.708                          | 0.767  | 0.599          |
|                        | Bytové domy                                       | Země:        | Kanada, Austrálie                   | Gamma         | 0.911                          | 13.545 | 0.820          |
|                        |   | Zdroj dat:   | P, NEC                              | Lognormální   | 2.031                          | 1.268  | 0.785          |
|                        |   | Alarm:       | AL                                  | Loglogistické | 2.049                          | 0.763  | 0.784          |
|                        |   | Počet pater: | 3-30                                | Weibullovo    | 12.077                         | 0.978  | 0.819          |
| Nákupní centra         | Mark & Spencer, IKEA                              | Země:        | Velká Británie, Švédsko             | Gamma         | 3.005                          | 0.243  | 0.901          |
|                        |   | Zdroj dat:   | NEC                                 | Lognormální   | -0.450                         | 0.574  | 0.895          |
|                        |   | Alarm:       | AL, HU                              | Loglogistické | -0.434                         | 0.334  | 0.893          |
|                        |   | Počet pater: | 1-3                                 | Weibullovo    | 0.808                          | 1.957  | 0.905          |
|                        | Obchodní centrum smíšeného zboží                  | Země:        | Čína                                | Gamma         | 2.535                          | 0.576  | 0.996          |
|                        |   | Zdroj dat:   | OEC                                 | Lognormální   | 0.221                          | 0.610  | 0.996          |
|                        |   | Alarm:       | AL                                  | Loglogistické | 0.215                          | 0.362  | 0.993          |
|                        |   | Počet pater: | 1                                   | Weibullovo    | 1.608                          | 1.642  | 0.994          |
| Občanská vybavenost    | Divadlo, Kino                                     | Země:        | Velká Británie, Švédsko             | Gamma         | 10.584                         | 0.028  | 0.961          |
|                        |   | Zdroj dat:   | NEC                                 | Lognormální   | -1.264                         | 0.308  | 0.962          |
|                        |   | Alarm:       | ZN, AL                              | Loglogistické | -1.266                         | 0.184  | 0.960          |
|                        |   | Počet pater: | 1                                   | Weibullovo    | 0.320                          | 3.554  | 0.954          |
|                        | Divadlo, Kino                                     | Země:        | Švédsko                             | Gamma         | 16.627                         | 0.032  | 0.886          |
|                        |   | Zdroj dat:   | NEC                                 | Lognormální   | -0.666                         | 0.248  | 0.888          |
|                        |   | Alarm:       | AL, ZN                              | Loglogistické | -0.666                         | 0.149  | 0.889          |
|                        |   | Počet pater: | 1                                   | Weibullovo    | 0.563                          | 4.631  | 0.880          |
|                        | Kino  | Země:        | Švédsko                             | Gamma         | 12.779                         | 0.052  | 0.992          |
|                        |   | Zdroj dat:   | NEC                                 | Lognormální   | -0.436                         | 0.281  | 0.993          |
|                        |   | Alarm:       | ZN                                  | Loglogistické | -0.436                         | 0.166  | 0.992          |

|                     |                 |              |  |               |        |         |       |
|---------------------|-----------------|--------------|--|---------------|--------|---------|-------|
|                     |                 | Počet pater: | 1  | Weibullovo    | 0.725  | 4.008   | 0.986 |
|                     | Divadlo         | Země:        | Velká Británie                                   | Gamma         | 5.544  | 0.166   | 0.999 |
|                     |                 | Zdroj dat:   | NEC  | Lognormální   | -0.160 | 0.427   | 1.000 |
|                     |                 | Alarm:       | ZN   | Loglogistické | -0.159 | 0.251   | 0.999 |
|                     |                 | Počet pater: | 3  | Weibullovo    | 1.016  | 2.579   | 0.996 |
|                     | Restaurace, Bar | Země:        | Velká Británie, Čína                             | Gamma         | 2.861  | 0.213   | 0.372 |
|                     |                 | Zdroj dat:   | NEC  | Lognormální   | -0.627 | 0.611   | 0.378 |
|                     |                 | Alarm:       | AL + ZN  | Loglogistické | -0.628 | 0.376   | 0.377 |
|                     |                 | Počet pater: | 1-2  | Weibullovo    | 0.666  | 1.780   | 0.367 |
| Hotelová zařízení   | Hotel           | Země:        | Nizozemsko                                       | Gamma         | 2.787  | 0.492   | 0.974 |
|                     |                 | Zdroj dat:   | NEC  | Lognormální   | 0.170  | 0.631   | 0.978 |
|                     |                 | Alarm:       | Textová zpráva                                   | Loglogistické | 0.168  | 0.379   | 0.978 |
|                     |                 | Počet pater: | 0  | Weibullovo    | 1.508  | 1.790   | 0.968 |
|                     | Hotel           | Země:        | USA  | Gamma         | 0.567  | 21.281  | 0.994 |
|                     |                 | Zdroj dat:   | P  | Lognormální   | 1.696  | 1.571   | 0.997 |
|                     |                 | Alarm:       | -  | Loglogistické | 1.686  | 0.946   | 0.996 |
|                     |                 | Počet pater: | 13   | Weibullovo    | 10.107 | 0.684   | 0.996 |
|                     | Hotel           | Země:        | USA  | Gamma         | 0.294  | 236.085 | 0.875 |
|                     |                 | Zdroj dat:   | P  | Lognormální   | 2.490  | 2.560   | 0.784 |
|                     |                 | Alarm:       | -  | Loglogistické | 2.495  | 1.567   | 0.772 |
|                     |                 | Počet pater: | 26   | Weibullovo    | 34.806 | 0.440   | 0.835 |
| Vzdělávací zařízení | Školka          | Země:        | Rusko  | Gamma         | 7.859  | 0.412   | 0.931 |
|                     |                 | Zdroj dat:   | NEC  | Lognormální   | 1.123  | 0.358   | 0.931 |
|                     |                 | Alarm:       | AL   | Loglogistické | 1.124  | 0.211   | 0.931 |
|                     |                 | Počet pater: | > 1  | Weibullovo    | 3.537  | 3.142   | 0.929 |
|                     | Školka, ZŠ, SŠ  | Země:        | Rusko, Česká republika, Irsko, Španělsko         | Gamma         | 0.757  | 0.502   | 0.377 |
|                     |                 | Zdroj dat:   | NEC, POEC  | Lognormální   | -1.503 | 1.294   | 0.380 |
|                     |                 | Alarm:       | AL, S  | Loglogistické | -1.504 | 0.794   | 0.380 |
|                     |                 | Počet pater: | 1-3  | Weibullovo    | 0.356  | 0.836   | 0.378 |
|                     | Knihovna        | Země:        | Polsko, Turecko, Česká republika, Velká Británie | Gamma         | 2.743  | 0.467   | 0.937 |
|                     |                 | Zdroj dat:   | NEC  | Lognormální   | 0.100  | 0.624   | 0.934 |
|                     |                 | Alarm:       | AL, ZN, AL + ZN, AL + ZN + V                     | Loglogistické | 0.103  | 0.373   | 0.935 |
|                     |                 | Počet pater: | 2-3  | Weibullovo    | 1.407  | 1.798   | 0.937 |
|                     | Laboratoř       | Země:        | Velká Británie                                   | Gamma         | 1.118  | 0.506   | 0.386 |
|                     |                 | Zdroj dat:   | NEC  | Lognormální   | -0.924 | 1.108   | 0.372 |
|                     |                 | Alarm:       | ZN   | Loglogistické | -0.917 | 0.675   | 0.371 |
|                     |                 | Počet pater: | 0  | Weibullovo    | 0.574  | 1.100   | 0.386 |



|         |  |              |                       |                 |        |       |       |
|---------|--|--------------|-----------------------|-----------------|--------|-------|-------|
|         | Přednášková aula   | Země:        | Čína, Itálie, Švédsko | Gamma           | 1.144  | 0.410 | 0.528 |
|         |  | Zdroj dat:   | OEK, NEC              | Lognormální     | -1.123 | 1.015 | 0.504 |
|         |  | Alarm:       | AL, ZN                | Loglogistické   | -1.117 | 0.620 | 0.501 |
|         |  | Počet pater: | 0                     | Weibullovo      | 0.482  | 1.127 | 0.530 |
| Tunely  | Silniční tunel   | Země:        | Švédsko               | Gamma*          | 3.201  | 0.598 | 0.950 |
|         |  | Zdroj dat:   | NEC                   | Lognormální*    | 0.519  | 0.591 | 0.938 |
|         |  | Alarm:       | ZN                    | Loglogistické*  | 0.525  | 0.356 | 0.938 |
|         |  | Počet pater: | 0                     | Weibullovo*     | 2.107  | 2.039 | 0.959 |
|         | Silniční tunel   | Země:        | Nizozemsko            | Gamma*          | 1.465  | 3.085 | 0.771 |
|         |  | Zdroj dat:   | NEC                   | Lognormální*    | 1.219  | 0.961 | 0.751 |
|         |  | Alarm:       | zpožděná ZN           | Loglogistické*  | 1.238  | 0.569 | 0.756 |
|         |  | Počet pater: | 0                     | Weibullovo*     | 4.781  | 1.385 | 0.776 |
|         | Silniční tunel   | Země:        | Nizozemsko            | Gamma**         | 0.846  | 1.508 | 0.390 |
|         |  | Zdroj dat:   | NEC                   | Lognormální**   | -0.236 | 1.236 | 0.399 |
|         |  | Alarm:       | zpožděná ZN           | Loglogistické** | -0.239 | 0.767 | 0.397 |
|         |  | Počet pater: | 0                     | Weibullovo**    | 1.236  | 0.890 | 0.391 |
| Ostatní | Trajekt  | Země:        | -                     | Gamma           | 0.860  | 0.750 | 0.963 |
|         |  | Zdroj dat:   | NEC                   | Lognormální     | -0.939 | 1.142 | 0.980 |
|         |  | Alarm:       | AL                    | Loglogistické   | -0.927 | 0.659 | 0.982 |
|         |  | Počet pater: | 0                     | Weibullovo      | 0.620  | 0.881 | 0.966 |
|         | Výletní loď  | Země:        | -                     | Gamma           | 0.891  | 3.425 | 0.994 |
|         |  | Zdroj dat:   | NEC                   | Lognormální     | 0.647  | 1.078 | 0.998 |
|         |  | Alarm:       | AL                    | Loglogistické   | 0.654  | 0.628 | 0.995 |
|         |  | Počet pater: | 0                     | Weibullovo      | 2.963  | 0.922 | 0.995 |
|         | Ambulantní nemocnice   | Země:        | Velká Británie        | Gamma           | 5.595  | 0.141 | 0.988 |
|         |  | Zdroj dat:   | NEC                   | Lognormální     | -0.309 | 0.431 | 0.987 |
|         |  | Alarm:       | AL                    | Loglogistické   | -0.309 | 0.261 | 0.986 |
|         |  | Počet pater: | 0                     | Weibullovo      | 0.867  | 2.639 | 0.987 |
|         | Jaderná elektrárna   | Země:        | Švédsko               | Gamma           | 2.055  | 0.768 | 0.979 |
|         |  | Zdroj dat:   | NEC                   | Lognormální     | 0.247  | 0.744 | 0.973 |
|         |  | Alarm:       | AL                    | Loglogistické   | 0.250  | 0.448 | 0.971 |
|         |  | Počet pater: | 0                     | Weibullovo      | 1.719  | 1.537 | 0.980 |
|         | Univerzitní knihovna/kancelář/místnost s výpočetní technikou | Země:        | Velká Británie        | Gamma           | 1.721  | 0.972 | 0.671 |
|         |  | Zdroj dat:   | NEC                   | Lognormální     | 0.290  | 0.794 | 0.650 |
|         |  | Alarm:       | AL / ZN / T3          | Loglogistické   | 0.293  | 0.481 | 0.656 |
|         |  | Počet pater: | 0                     | Weibullovo      | 1.780  | 1.427 | 0.676 |
|         | Stanice metra  | Země:        | Čína                  | Gamma           | 1.067  | 0.273 | 0.998 |
|         |  | Zdroj dat:   | NEC                   | Lognormální     | -1.600 | 0.941 | 0.995 |
|         |  | Alarm:       | -                     | Loglogistické   | -1.616 | 0.558 | 0.994 |





|  |  |              |   |            |       |       |       |
|--|--|--------------|---|------------|-------|-------|-------|
|  |  | Počet pater: | 0 | Weibullovo | 0.296 | 1.044 | 0.998 |
|--|--|--------------|---|------------|-------|-------|-------|

Na základě znalosti distribuční funkce pak lze stanovit míry polohy, zejména střední hodnotu, směrodatnou odchylku a 5% a 95% kvantil. Tato data následně slouží jako parametry modelu pohybu osob pro daný vzorek populace dle typu objektu.

Pokud uživatel nenalezne v tabulce preferovaný typ objektu, volí nejbližší variantu. Jako příklad může sloužit doba před pohybem pro železniční tunel. Jde o často posuzovaný objekt vysoké důležitosti, pro který zvolíme variantu tunelu silničního, případně stanici metra, která na železniční tunel obvykle bezprostředně navazuje.

### 2.2.5 Doba pohybu

Analýza doby pohybu je zaměřena na posouzení doby potřebné pro evakuaci osob do bezpečného místa. Konkrétní výsledek bude závislý na celé řadě vstupních údajů, mezi které patří zejména dispozice budovy, znalost budovy jejími obyvateli, místo nebezpečí a způsob řízení bezpečnosti.

Pro posouzení doby pohybu je možné aplikovat modely pohybu osob na základě existujících informací a složitosti situace. Takto lze analyzovat proces evakuace a jeho časovou náročnost s dostatečnou přesností, studovat variantní řešení uspořádání prostoru, rozložení únikových východů apod.

Při analýze doby pohybu posuzujeme při využití modelu pohybu osob jako klíčové vstupní údaje zejména následující skutečnosti:

- Počet a rozmístění osob. Zaměřujeme se především na kapacitu prostoru. Jedním z modelovaných scénářů by měla být vždy varianta s maximálním očekávaným počtem osob. V případě, že nejsou dostupné údaje o předpokládané obsazenosti, použijeme vhodné normové či jiné zdroje. V případě rozmístění osob jako vstupní údaj bereme jejich polohu v okamžiku zahájení evakuace.
- Charakteristika osob. Zahrnujeme zde věk, fyzické atributy, sociální a kulturní zvyklosti, hierarchie. Obecně platí, že pouze některé atributy, o kterých máme dostupné informace, je možné bezprostředně zadat jako vstupní údaj. Patří mezi ně zejména věk osoby, rychlost jejího pohybu, mobilita, některé psychologické vlastnosti jako např. agresivita, případně specifická role v průběhu evakuace.
- Preference únikových východů a jejich dostupnost. Volba konkrétní únikové trasy a preference některého únikového východu má významný dopad na hustotu proudu evakuovaných osob, a tedy na efektivitu evakuace. Při stanovení preference únikového východu u konkrétní osoby bereme v úvahu její znalost vnitřní geometrie budovy, obsazenost budovy, systém řízení bezpečnosti a případný rizikový (požární) scénář.
- Kapacita klíčových prvků geometrie. Pomocí dostupných empirických údajů posoudíme dostupnou kapacitu proudu v klíčových bodech únikové cesty, jakými jsou dveře, chodby, a schodiště.



- Evakuační strategie. Slouží pro stanovení scénáře úniku jako jednoho z důležitých údajů modelu pohybu osob.

Aplikace modelu pohybu osob nám kromě hodnocení doby pohybu umožňuje posuzovat další důležité parametry, mezi které patří zejména následující:

- vzdálenost k únikovému východu,
- lokální hustota osob,
- stav a počet osob v jednotlivých dílčích sektorech geometrie,
- příchozí intenzita osob do dílčího sektoru,
- odchozí intenzita osob z dílčího sektoru.

## 2.3 SHRNU TÍ

Při využití konceptu srovnání doby dostupné a potřebné pro evakuaci je zejména s ohledem na výsledky dosavadních, výše uvedených studií, brát v úvahu následující skutečnosti.

V současné době nelze přebírat koncept ASET/RSET v jeho původní, striktně deterministické a zjednodušené podobě. Pokud srovnáváme s dodržением výše uvedených zásad dvě evakuační strategie, z nichž obě poskytují různou hodnotu RSET, ale vždy nižší, než je hodnota ASET, lze je označit za vyhovující, ale nikoliv rovnocenné. Dnes nabývá na významu část představující časovou rezervu mezi hodnotou ASET a RSET, přičemž velikost této časové rezervy bývá považována jako klíčový vstupní údaj pro analýzu rizik a preferovaný bývá takový scénář, který tuto časovou rezervu nabízí co největší.

Důvodem pro popsání přístup je stochastická povaha klíčových parametrů vstupujících do tohoto konceptu. Jednotlivé klíčové časové intervaly (rozpoznání, odezva, pohyb apod.) nejsou identické napříč obyvateli objektu a nejsou identické ani v případě opakování stejné situace u stejné osoby. Vždy se jedná náhodnou veličinu s příslušným statistickým rozdělením, a takto je třeba nakládat také s výsledky, které tyto vstupní hodnoty produkují.



### 3 PSYCHOLOGICKÉ A SOCIÁLNÍ SOUVISLOSTI REAKČNÍ DOBY OSOB

---

#### 3.1 VÝCHODISKA PRO POSOUZENÍ

Prožívání a chování jedinců a sociálních souborů v situacích ohrožení ovlivňují činitelé osobnostního i situačního rázu. To, jak a v jakém časovém horizontu (reakční době) bude jedinec (sociální soubor) na vznik krizové situace reagovat, závisí zejména na jeho schopnostech:

- reálně vnímat vzniklou situaci, registrovat změnu nebo nebezpečí
- posoudit její účinek z hlediska ohrožení základních potřeb (zdraví, života, bezpečí)
- reagovat, jednat (případně se jednání zdržet)
- učinit rozhodnutí (to vše v kontextu s emocemi, vyvolanými vzniklou stresovou interakcí, stresující situací)

Reakční čas pak vnímáme jako čas mezi percepcí podnětu a reakcí (percepce, analýza, rozhodování). Podle kritéria percepce, resp. pocitu ohrožení ve vztahu ke kritériu intenzity či stupně ohrožení mohou vzniknout následující typy kognitivního zpracování vzniklého nebezpečí:

- A: vysoký stupeň ohrožení při minimální percepci hrozby jedincem; výrazně rizikový stav
- B: vysoký stupeň ohrožení je jedincem vnímán, reálně percipován, předpoklad adekvátní reakce
- C: nízký stupeň ohrožení je jedincem minimálně percipován; nebezpečí v případě zvýšení stupně ohrožení
- D: nízký stupeň ohrožení je jedincem reálně percipován, což vytváří předpoklady pro jeho adekvátní reagování v případě zvýšení intenzity, stupně ohrožení

Toto rozdělení popisuje chování jedince. V případě, že bude jedinec součástí neorganizovaného uskupení, sociálního souboru („davu“), bude jeho chování navíc ovlivněno skupinovou dynamikou aktuálního kontextu.

Při psychickém zpracování události jedincem (členem neorganizovaného uskupení) ovlivňují způsob reakce na vzniklou krizovou situaci a prožívání následků následující faktory:

- přiměřené předvídání a hodnocení vzniku krize (anticipace události): adaptivní/maladaptivní reakce, rozhodování učiněné na základě šoku ze vzniklé události,
- povaha krizové události – tj. zejména určení zdroje ohrožení, hrozící následky,
- subjektivní pocit kontroly nad situací (související s mnoha osobnostními i situačními faktory),
- aktuální role jedince v krizové situaci,
- předchozí zkušenost.

Je přitom zřejmé, že vnímání vlastního ohrožení se může zásadně rozcházet s tím, jaké je skutečné riziko. V případě působení skupinové dynamiky mohou dále účastníci vystavení účinkům situačních kontextů hromadné povahy svým jednáním směřovat:



- k sobě (vytvoří kohezivní, stmelenu skupinu) pociťují závislost na druhých a mají motivaci ke kooperaci – žádoucí stav
- od sebe (rozvíjejí navzájem nezávislé formy chování a řešení situace),
- proti sobě (projevují se tendence k egocentrickým postojům a chování, jsou-li druzí překážkou vyřešení vlastní situace).

Dopad aktuálních situačních kontextů na psychiku co do kvality, resp. intenzity prožívané psychické zátěže je možno indikovat z celé řady pozorovatelných změn v prožitcích a chování v interakčních projevech a aktivitách osobnosti, hlavně pak z příznačné struktury a dynamiky:

- aktuálních psychických stavů
- psychosomatických projevů
- zaměřenosti, motivace, základního přístupu (postoje) ke vzniklé situaci
- schopnosti projevit a uplatnit v rozhodovacích aktivitách a v systému jednání a zachování se účinnou kapacitu rozumu a schopnost zpětnovazební kontroly
- výkonnosti (hlavně co do frekvence a povahy, závažnosti chybných úkonů a projevů plastičnosti či destrukce osvojených systémů jednání a chování)
- sociálního chování.

Klíčovým kritériem pro posuzování a hodnocení, zda dochází ke vzniku a rozvoji hromadného či jiného typu chování, je struktura a kvalita sociálních interakcí a výsledný efekt vykazovaných aktivit (adekvátnost, přiměřenost a jejich faktické důsledky ve vztahu k aktualizovaným podmínkám a sledovaným cílům).

V případě řešeného výzkumného problému lze za klíčový explanační pojem považovat rozhodování. To lze definovat jako proces výběru mezi několika různými možnostmi, podle kritérií subjektivní užitečnosti (hodnota důsledků určitého rozhodnutí) a pravděpodobnosti (s níž určitá možnost nastane). Když se rozhodujeme, činíme tak typicky v situaci nejistoty ohledně úplnosti dostupných informací. Rozhodovací proces je navíc mnohem širší fenomén než jen srovnávání alternativ. Na rozhodování lze pohlížet i jako na sekvenci, sled několika kroků: vyhodnocení výzvy, mapování alternativ, zvažování alternativ, odhodlání k závazku, lpění na výběru i přes negativní zpětnou vazbu.

Klíčové a určující jsou přitom předrozhodovací fáze, a to vyhodnocení výzvy a mapování alternativ. Vyhodnocení situace, míra její závažnosti, respektive dostatečné významnosti jsou podstatné pro to, abychom začali zvažovat změnu svého dosavadního jednání nebo nejednání. Tato fáze může proto logicky významně ovlivnit dobu před pohybem. Rozhodovací strategie se odvíjí od typu rozhodnutí, tzn. dané rozhodovací situace a dovedností jedince, rozhodovatele.

Jaká je naše kognitivní kapacita pro vyhodnocení možností? Lidé v mimořádných a nejistých situacích, kdy se na ně hrne velké množství informací, mají podvědomou tendenci zjednodušovat své mentální procesy (strategie omezené racionality) za účelem rychlejšího rozhodování a jsme daleko náchylnější k neobjektivnímu uvažování. Silné emoce mohou navíc vést k nekontrolovatelnému a iracionálnímu jednání. Mohou být natolik vyhrocené a kontraproduktivní,



že nám hrozí úplným zahlcením a riziku propadnutí panice, vybuzením našeho rizikovějšího chování. Přesto jsou ale v krizové situaci, která vyžaduje kreativní řešení, zásadní pro rozhodnutí k motivované akci.

Do rozhodovacího procesu také vstupuje intuice, tedy způsob vyhodnocení podnětů, který je rychlý a do značné míry neuvědomovaný, jeho podklady nám v daném momentě (nebo dokonce vůbec) nejsou přístupné vědomě, ale přitom poskytují dostatečně silný podnět (emoce), abychom na jeho základě jednali. Intuice a intuitivní zkratky jsou dokonce někdy jedinou možnou cestou, jak se včas a relativně dobře rozhodnout. Zejména v krizových situacích nedochází k vědomému srovnávání možností. Naopak, řešení se nám vyjeví jako jasná a jednoznačná odpověď. Rychlejší reakce mohou nastat u expertů ve vztahu k řešenému problému, kteří mají implicitní znalosti o podobných situacích, možných reakcích a jejich výsledcích.

Konečně je třeba připomenout, že naše rozhodování probíhá vždy v kontextu, který je nepostradatelným a validním postupem pro pochopení samotného rozhodnutí. Kontext určuje, jak situaci rozumíme, jak si jiзарámujeme. Všechny tyto faktory se potom specificky odrážejí i v aspektu reakční doby jedinců.

### 3.2 KLASIFIKACE OSOB A VÝBĚR TESTU

Hodnocení reakční doby jedinců se skládá ze dvou inherentních komponentů: a) kognitivní reakční schopnost, tedy vyhodnocení přítomnosti hrozby a nutnosti evakuace, kde se jedná o proměnné klíčové pro dobu před pohybem - dovednost rozpoznání a dovednost reakce (viz. 2.2.3) a b) fyzická schopnost evakuace, tedy fyzicky podmíněná schopnost opustit objekt v dostatečně krátkém čase, která se přímo promítá do doby pohybu. Obě proměnné se budou u jednotlivých skupin jedinců lišit a předpokladem zpřesnění evakuačních modelů je nejen hodnocení fyzické schopnosti evakuace, ale rovněž kognitivní reakční schopnosti. Klasifikace dostupná na základě videoanalýzy umožňuje vytvořit model pohybu osob na základě jejich klasifikace do skupin. Zpřesnění tohoto modelu tvorbou odhadů očekávané doby odezvy (tedy doby před pohybem) těchto skupin napomáhá psychodiagnostické testování. Vnitřní logika testování je založena na předpokladu odlišné doby odezvy skupin na základě jejich vnější klasifikace skrze videoanalýzu.

Současné technologické možnosti umožnily klasifikaci osob v testovaném prostoru na základě věkových parametrů (dítě, dospělí, důchodový věk) a na základě dalších signifikantních vnějších charakteristik (bez příznaku, s dětským kočárkem, s invalidním vozíkem). Pro vybrané segmenty této klasifikace bylo realizováno testování doby odezvy. S postupujícím vývojem detekčních nástrojů využívajících strojové učení je však možné předpokládat další diferenciaci osob na videozáznamu a s ní spojené rozšiřování klasifikace. Cílem hodnocení doby odezvy je tak nejen identifikovat konkrétní rozdíly mezi v současnosti identifikovatelnými skupinami, ale navrhnout obecný postup pro hodnocení doby odezvy takto klasifikovaných skupin. Tento postup by pak mohl být realizován v přímé návaznosti na nové klasifikace přímo provozovateli objektů.



Doba odezvy byla konceptualizována jako schopnost správně reagovat v konkrétním čase. Z tohoto důvodu se testování zaměřilo na rozdíly skupin vzhledem k proměnným a) rychlost reakce a b) správnost vyhodnocení situace. Pro účely testování těchto proměnných byl zvolen TCC Press test. Tento test hodnotí schopnost osob pracovat s více informacemi současně, tedy udržet je a vyhodnocovat. Měří rovněž dovednost přizpůsobit se novému typu informací a přecházet mezi různými styly řešení situace a jednat v situacích percepční a psychické zátěže. Test dokáže klíčovým způsobem popsat schopnost testovaných skupin osob rychle se rozhodovat pod časovým tlakem, rychle a správně posoudit nové informace a jednat na jejich základě. Měří tak přímo koncepty rozhodující pro schopnost efektivního jednání v případě krizové situace a s ní spojené nutnosti evakuace.

Konstrukce testu je relativně jednoduchá. Test se opírá o dva analytické koncepty: 1) rychlost dosažení řešení a 2) kvalita řešení. Ty jsou synteticky propojeny do celkového výsledného skóre označovaného jako výkon uchazeče. Test je složen z 24 položek, v každé z nich jsou přidělovány body za správné řešení. Získané body jsou sčítány do hrubého skóre a následně převedeny skrze percentilové rozložení populace, na jejímž základě byly hodnoty normovány ( $n=1302$ ) na standardizované hodnoty, které umožňují porovnání s populací. Vzhledem k designu experimentu jsou hodnoceny případné rozdíly mezi pozorovanými skupinami mezi sebou a vzhledem k obecné pracující populaci, na které byl test normován.

Práce se standardizovaným testem přináší řadu výhod v oblasti výzkumného designu a zejména jeho replikaci ze strany provozovatelů. Za prvé, jedná se o testy, které měří potřebné vlastnosti skupin, byly již zkonstruovány a validovány na velkém vzorku (PRESS Test  $n = 1302$ , Dotazník zvládání zátěže a zdrojů stresu  $n = 3704$ , Multifaktorový osobnostní profil  $n = 2636$ ), a je tedy možné je považovat za přesné a spolehlivé pro potřeby vlastního výzkumu. Za druhé, díky již proběhlé standardizaci testů přináší jejich užití významné úspory z rozsahu. Testy byly nastaveny pro skupinu osob v produktivním věku (20-55 let), pro kterou jsou tak již známá statistická rozložení škál u jednotlivých testovaných položek. To umožní zaměřit se v následném testování pouze na specifické, příznakové, skupiny definované výše. Výsledky těchto skupin pak bude možné přímo porovnat s hodnotami dosahovanými skupinou osob v produktivním věku bez nutnosti jejich opakovaného testování. Pokud dojde k zjištění statisticky signifikantních rozdílů, budou takto získané rozdíly přímo využitelné jako podklady pro rozšíření softwarového modelu pro jednotlivé skupiny osob.

### 3.3 SKLADBA VZORKU RESPONDENTŮ

Po výběru testu následuje konstrukce vhodného vzorku respondentů. Konstrukce vzorku musí být řízena tzv. kvótním předpisem. Kvótní předpis udává sociodemografické složení vzorku, pro který byl test standardizován. Nově klasifikovaná skupina se musí od původního složení vzorku lišit právě touto sociodemografickou charakteristikou, jejíž vliv na dobu odezvy je testován. V případě, že tato sociodemografická charakteristika v původním vzorku není kontrolována, musí složení testovaného vzorku kopírovat původní sociodemografické složení osob. Tento postup je



založen na předpokladu, že zůstávají-li ostatní faktory nezměněny, musí být za změnu ve výsledném testu zodpovědná právě jediná odlišná charakteristika.

Tab. 3.1: Příklad tvorby kvótního předpisu.

| sociodemografický ukazatel (proměnná)   | Sociodemografická distribuce standardizovaného testu   | Sociodemografická distribuce při testu vlivu kontrolované sociodemografické proměnné (věk)   | Sociodemografická distribuce při testu vlivu proměnné která nebyla v rámci standardizace kontrolována  |
|---|--|--|--|
| pohlaví ženy<br>muži<br>nevyplněno  | 57 % (n = 739)<br>34 % (n = 443)<br>9 % (n = 120)  | 57 % (+/- interval spolehlivosti)<br>34 % (+/- interval spolehlivosti)<br>9 % (+/- interval spolehlivosti)   | 57 % (+/- interval spolehlivosti)<br>34 % (+/- interval spolehlivosti)<br>9 % (+/- interval spolehlivosti)   |
| věk do 29 let<br>30— 44 let<br>nad 45 let<br>nevyplněno   | 58 % (n = 752)<br>27 % (n = 346)<br>6 % (n = 82)<br>9 % (n = 122)                                    | 0 %<br>0 %<br><b>100 % (definovaná věková skupina)</b>   | 58 % (+/- interval spolehlivosti)<br>27 % (+/- interval spolehlivosti)<br>6 % (+/- interval spolehlivosti)<br>9 % (+/- interval spolehlivosti)   |
| vzdělání základní<br>střední odborné<br>středoškolské<br>vysokoškolské<br>postgraduální<br>nevyplněno | 3 % (n = 44)<br>26 % (n = 341)<br>21 % (n = 267)<br>39 % (n = 505)<br>2 % (n = 21)<br>10 % (n = 124) | 3 % (+/- interval spolehlivosti)<br>26 % (+/- interval spolehlivosti)<br>21 % (+/- interval spolehlivosti)<br>39 % (+/- interval spolehlivosti)<br>2 % (+/- interval spolehlivosti)<br>10 % (+/- interval spolehlivosti) | 3 % (+/- interval spolehlivosti)<br>26 % (+/- interval spolehlivosti)<br>21 % (+/- interval spolehlivosti)<br>39 % (+/- interval spolehlivosti)<br>2 % (+/- interval spolehlivosti)<br>10 % (+/- interval spolehlivosti) |

Mírné odchylky od původního předpisu by neměly přesahovat interval spolehlivosti pro zastoupení jednotlivé populační vlastnosti a případný podíl z neuvedených údajů v případě, že respondenti při testu byli nuceni vybrat konkrétní možnost [5]. Podíl z neuvedených údajů je možné definovat jako  $n_{\text{nevyplněno}}/p$ , kde p je počet možných odpovědí. Interval spolehlivosti je pak závislý na velikosti vzorku.



### 3.4 VELIKOST VZORKU

Stanovení velikosti vzorku představuje komplikovaný úkol, vzhledem k tomu, že je klíčový pro realizaci testu, avšak jeho přesné vyhodnocení je možné až zpětně. Pro základní odhad je třeba zmínit, že potřebný rozsah výběru závisí především na očekávané velikosti rozdílu mezi skupinami.

Pro stanovení velikosti výběru je vhodné nejprve stanovit směrodatnou chybu

$$\sigma = \sqrt{\frac{p(100-p)}{n}},$$

kde  $p$  je četnost vlastnosti v procentech a  $n$  velikost výběru. Na základě této hodnoty můžeme stanovit interval spolehlivosti (pro jednoduchost volíme hladinu spolehlivosti 95 %) za použití předpokladu

$$i = p + \frac{p}{-1,96} \sigma,$$

kde  $p$  je naměřená četnost v procentech a  $\sigma$  předpokládaná směrodatná chyba. Tato úvaha umožňuje zhodnotit kvalitu provedeného kvótního výběru (např. pro zastoupení žen ve vzorku při 100 respondentech  $10 \pm 1,96 \sqrt{\frac{57(100-57)}{100}}$ , by tak zastoupení žen nemělo variovat od původního testu o více než 10 %). Zde je třeba připomenout, že cílem je maximálně se přiblížit původní hodnotě, překročení tohoto limitu svědčí pouze pro zřejmé porušení předpokladů.

Tuto úvahu můžeme dále rozšířit pro výpočet nezbytné velikosti vzorku – chceme-li odhadnout rozdíl mezi dvěma průměry, je nejprve třeba určit spojený odhad směrodatné odchylky jako

$$s^2 = \frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{n_1+n_2-2}.$$

Tento předpoklad můžeme využít pro odhad vztahu

$$n = 1 + \frac{4s^2}{d^2},$$

kde  $s$  je odhad spojené směrodatné odchylky,  $d$  pak předpoklad rozdílu průměrů mezi skupinami [6]. Tyto hodnoty založíme na známém rozložení standardizovaného testu. (např. budeme-li předpokládat rozdíl 1 bod mezi průměry v jednotlivých skupinách a směrodatnou odchylku 4 body, budeme potřebovat výběr o velikosti  $n = 64$  pro každou z testovaných skupin).

Při poměrování výsledků více skupin, které nemohou sdílet společnou testovanou charakteristiku je možné velikost vzorku úměrně zvětšovat přidáváním počtu respondentů nezbytných pro otestování vztahů dvou skupin proti sobě (+ $n=64$ , např. lidé v důchodu a lidé v produktivním věku).

Stejnou skupinu respondentů je však zároveň možné využít k testování více charakteristik (proměnných), kterých respondenti přirozeně nabývají zároveň, bez nutnosti vzorek dále zvětšovat (např. osoba v produktivním věku, je zároveň žena).



### 3.5 VYHODNOCENÍ TESTU

Dosažené skóry obou skupin v testu následně vyhodnotíme za pomoci t-testu (dvě skupiny), nebo ANOVA (více skupin). V případě porovnání více skupin následně použijeme post hoc analýzu, která umožní určit, které skupiny se odchylojí od výsledků bezpříznakové skupiny. Prvotní bezpříznakovou skupinu při tom tvoří populace pro kterou byl test normován. Tuto skupinu tedy není nutné znovu testovat a čerpáme tak značné úspory z rozsahu. V případě zjištění statisticky signifikantních rozdílů u nově klasifikovaných skupin osob můžeme využít rozdílů průměrů (a směrodatných odchylek) zjištěných v těchto skupinách oproti základní bezpříznakové skupině a tyto rozdíly využít jako vstupní koeficienty pro úpravu evakuačního modelu pro tyto skupiny osob.

### 3.6 PRAKTICKÁ DOPORUČENÍ PRO POUŽITÍ TCC PRESS TESTU

Při použití press testu je třeba vzít v úvahu limity jeho aplikovatelnosti, resp. předpokládaných výsledků u určitých sociálních skupin. Ve zvoleném případě testu složeného z 24 úloh, kde na vyřešení všech úloh byl čas 15 minut, se v daném časovém horizontu věkové kategorii 65+, rodičům s kočárky s nižším stupněm vzdělání i osobám se středoškolským vzděláním nedařilo celý test zvládnout. Úlohy činily problém zejména lidem bez vzdělání nebo se základním vzděláním. V daných případech se jako obtížné ukázalo samotné porozumění textu (s tím výsledkem, že v daných případech respondenti odpovědi pouze tipovali). Od počátku vyplňování testu se vyjevovala u těchto respondentů frustrace a v jeho průběhu potom – logicky a předvídatelně – ztráta motivace. Podobné problémy, byť ne nutně ve shodném rozsahu, se ukazovaly i u některých respondentů s vysokoškolským vzděláním. U velké části respondentů (až na určité výjimky) se pak ukazoval problém v samotné administraci testu pomocí PC, k jehož ovládnutí nevykazovali respondenti dostatečnou kompetenci.

Matematicky formulované dotazy, které jsou v rámci press testu pokládány, představovaly pro řadu respondentů rovněž problém. Při dalším používání tohoto typu testu je proto třeba respondenty explicitně a srozumitelně připravit na skutečnost, že jde o zátěžový test, jehož smyslem je ověřit limity jejich rozhodovacích kapacit, nikoliv dospět nezbytně k pozitivnímu výsledku. Je vhodné počítat s tím, že po neúspěšně zvládnutém testu mohou u respondentů převládnout dysforické pocity a je proto třeba věnovat čas a nezbytnou psychologickou „péči“ osobám, které se v tomto stavu mohou nacházet.

### 3.7 VÝSLEDKY TESTOVÁNÍ

V rámci studie bylo testováno celkem 92 osob, vnitřně členěných do skupin dle výše popsaného kvótního předpisu. Rekrutace účastníků v některých skupinách byla při tom extrémně obtížná, a tak bylo zejména ve skupině uživatelů vozíku získáno pouze velmi malé množství respondentů (n=6) a předpoklady kvótních požadavků tak mohly být naplněny pouze částečně. Po očištění dat



od nekompletních demografických údajů bylo ve skupině uživatelů kočárků získáno celkem 34 respondentů, mezi seniory 32 a mezi uživateli vozíčků 5. Nízké množství respondentů ve skupině při tom však samo o sobě neznemožňuje testování hypotézy různosti skupin. Zvyšuje však požadavek na velikost efektu (viz výše), pro který může být statisticky významný rozdíl prokázán. Tedy, aby bylo možné argumentovat pro přítomnost rozdílů v době před pohybem mezi obecnou populací a testovanými skupinami, musí být rozdíl v chování skupin a populace vyšší. Přes nižší velikost vzorku však byly pro skupinu seniorů prokázány statisticky signifikantní rozdíly jak v rychlosti, tak ve správnosti řešení testy. V obou případech senioři vykázali slabší výsledky než populace, na které byl test normován, i než populace uživatelů kočárků.

### 3.7.1 Správnost řešení

První z testovaných faktorů, tedy správnost řešení, která byla měřena jako počet správně zodpovězených otázek při průchodu testem, vykázala statisticky signifikantní rozdíly mezi testovanými skupinami (tab.3.2).

Tab. 3.2: ANOVA: Správnost řešení testu, srovnání skupin

|         | SS      | df   | MS      | F      |
|---------|---------|------|---------|--------|
| Between | 341.2   | 3    | 113.728 | 6.098* |
| Within  | 25533.1 | 1369 | 18.651  |        |
| Total   | 25874.3 | 1372 |         |        |

\* Rozdíl je signifikantní na hladině  $p = 0.0004039061$

Následná analýza předpokládaných standardizovaných rozdílů průměrů skupin (Hedgesovo  $g$ ) a intervalů spolehlivosti prokázala statisticky významný rozdíl mezi populací, na které byl test normován, a skupinou seniorů. Stejně tak byl prokázán statisticky významný rozdíl mezi uživateli kočárků a skupinou seniorů (tab. 3.3). Jak je z výsledku testu patrné, rozdíl je důsledkem nižších skóre dosažených seniory.

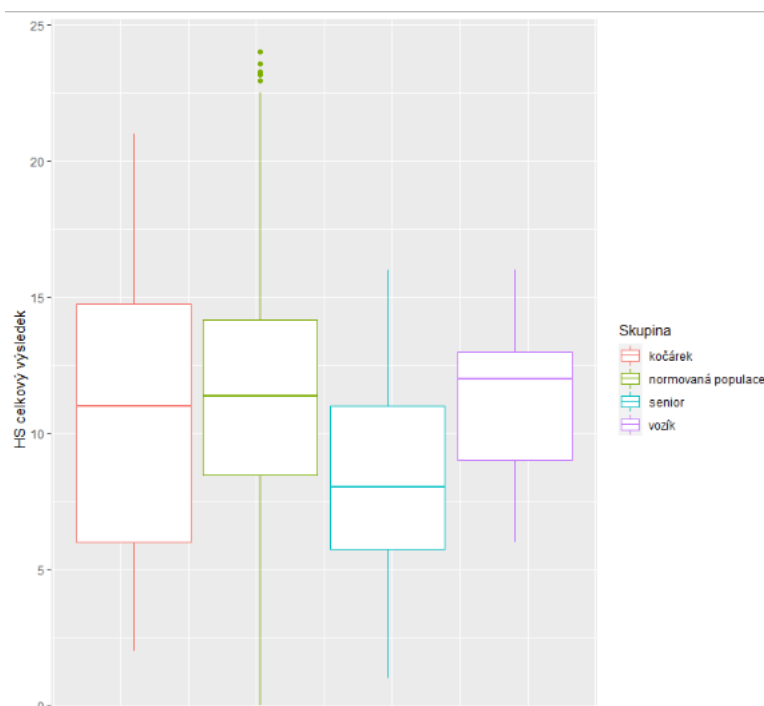
Tab. 3.3: Standardizované rozdíly mezi skupinami

|                          | ES     | lower  | upper | std   | p      |
|--------------------------|--------|--------|-------|-------|--------|
| norm. populace - kočárek | 0.149  | -0.192 | 0.490 | 0.174 | 0.392  |
| norm. populace - senior  | 0.753  | 0.402  | 1.104 | 0.179 | 0.000* |
| norm. populace - vozík   | 0.033  | -0.846 | 0.912 | 0.448 | 0.941  |
| kočárek - senior         | 0.604  | 0.121  | 1.088 | 0.246 | 0.014* |
| kočárek - vozík          | -0.116 | -1.055 | 0.824 | 0.479 | 1.191  |
| senior - vozík           | -0.720 | -1.663 | 0.223 | 0.481 | 1.866  |

\* Rozdíl je signifikantní na hladině  $p = 0.05$

Rozložení výsledků skupin je možné znázornit též graficky (tab. 3.4). Z výsledků testování vyplývá, že senioři dosahovali nižších skóre, v případě osob užívajících kočárky, data nenasvědčují přítomnosti rozdílů mezi skupinami. Skupina uživatelů vozíčků je velice malá, a proto je problematické činit o ní větší statistické závěry, získaná data však nenasvědčují možné přítomnosti rozdílů.

Tab. 3.4: Grafické znázornění rozložení skóre dosažených jednotlivými skupinami. Pro zobrazení populace normované populace byla využita generovaná data s odpovídajícím rozložením



### 3.7.2 Rychlost řešení

Druhý z testovaných faktorů, tedy rychlost řešení, která byla měřena jako počet zodpovězených otázek, při průchodu testem rovněž vykazala statisticky signifikantní rozdíly mezi testovanými skupinami (tab.3.5).

Tab. 3.5: ANOVA: Rychlost řešení testu, srovnání skupin

|         | SS      | df   | MS     | F      |
|---------|---------|------|--------|--------|
| Between | 639.1   | 3    | 213.05 | 9.649* |
| Within  | 30228.0 | 1369 | 22.08  |        |
| Total   | 30867.2 | 1372 |        |        |

\* Rozdíl je signifikantní na hladině  $p = 2.64534e-06$

Následná analýza (3.6) opět umožňuje identifikaci rozdílů mezi skupinami. I v tomto případě je možné prokázat přítomnost statisticky signifikantního rozdílu mezi normovanou populací a skupinou seniorů; a mezi uživateli kočárků a skupinou seniorů, která je i v tomto případě zapříčiněna slabšími výstupy osob v kategorii seniorů. Rozdíl průměrů skupin je v tomto případě ještě výraznější. Kontext interpretace dat pro rychlost a správnost je v tomto případě důležitý, protože nižší dosažené výsledky seniorů v obou případech umožňují odmítnutí hypotézy, že kvalita vyplnění mohla být touto skupinou prioritizována před rychlostí, nebo naopak.

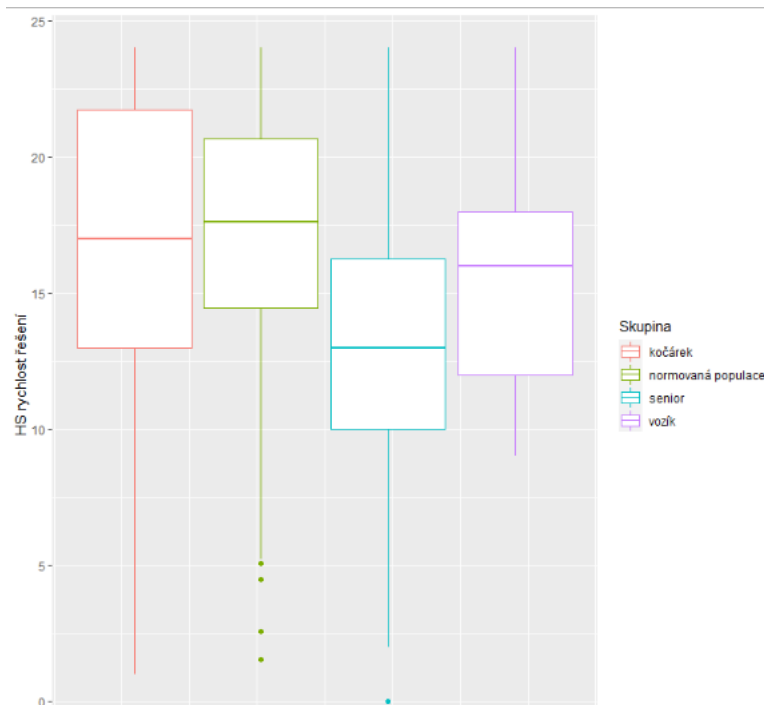
Tab. 3.6: Standardizované rozdíly mezi skupinami

|                          | ES     | lower  | upper | std   | p      |
|--------------------------|--------|--------|-------|-------|--------|
| norm. populace - kočárek | 0.191  | -0.150 | 0.532 | 0.174 | 0.272  |
| norm. populace - senior  | 0.936  | 0.585  | 1.287 | 0.179 | 0.000* |
| norm. populace - vozík   | 0.383  | -0.496 | 1.262 | 0.448 | 0.393  |
| kočárek - senior         | 0.745  | 0.262  | 1.228 | 0.246 | 0.002* |
| kočárek - vozík          | 0.192  | -0.748 | 1.131 | 0.479 | 0.689  |
| senior - vozík           | -0.553 | -1.497 | 0.390 | 0.481 | 0.750  |

Výsledky, znázorněné rovněž graficky (tab. 3.7.), ukazují, že i v tomto případě jsou hodnoty dosažené obecnou populací blízké skupině uživatelů kočárků. Hodnoty seniorů jsou naopak výrazně nižší. V případě uživatelů vozíků, je problematické činit větší závěry vzhledem k velikosti vzorku.



Tab. 3.7: Grafické znázornění rozložení rychlosti dosažené jednotlivými skupinami. Pro zobrazení populace normované populace byla využita generovaná data s odpovídajícím rozložením.



### 3.7.3 Shrnutí

Testování prokázalo statisticky signifikantní rozdíly mezi obecnou populací v produktivním věku, na které byl test normován a skupinou seniorů. Stejně tak byly prokázány rozdíly mezi skupinou uživatelů kočárků a seniorů. Tyto rozdíly se projeví v obou testovaných položkách – správnost i rychlost reakce v nátlakové situaci. Vzhledem k tomu, že se test zaměřuje na kognitivní kapacitu a byl realizován jako prostředek k identifikaci doby před pohybem, jsou získané závěry v souladu s teoretickými předpoklady – tedy, že osobní kognitivní funkce jsou ovlivněny věkem, nikoliv vnějšími faktory jako je tělesný handicap, nebo péče o dítě. Tyto vnější faktory mohou následně ovlivnit dobu pohybu. Na samotné vyhodnocení krizové situace však nemají vliv. Tyto vnější faktory patrně mohou ovlivnit dobu před pohybem negativně pouze za okolností, kdy přítomnost těchto faktorů představuje pro osobu kognitivní zátěž (kontrola činnosti dítěte, koncentrace na překonávání překážek), která následně dané osobě neumožňuje věnovat plnou kognitivní kapacitu vyhodnocení krizové situace.

## 4 ANALÝZA OBRAZU PRO KLASIFIKACI OSOB

---

Přesná predikce hodnoty RSET velmi závisí na predikci jejích dílčích komponent – doby před pohybem a doby pohybu, jak již bylo zmíněno v předešlých kapitolách, Při stanovování těchto klíčových údajů je nutné studovat behaviorální a fyziologické vlastnosti osob vyskytujících se v konkrétním typu posuzované budovy. K tomuto účelu se stále častěji využívají videozáznamy pohybu osob v budovách v běžném provozu. S jejich využitím je možné získat unikátní data spjatá s konkrétní posuzovanou stavbou mezi něž patří:

- počet osob v objektu,
- podíl osob s omezenou schopností pohybu,
- obsazenost prostoru osobami,
- rychlosti pohybu osob v běžném provozu,
- genderová distribuce,
- trajektorie pohybu.

Při dlouhodobém monitoringu a průběžné makroskopické analýze je možné tato data statisticky zpracovávat a získat tak validnější vstupní údaje. Při mimořádných událostech majících za následek evakuaci, případně v evakuačních experimentech či cvičeních lze na zkoumaném vzorku populace pomocí videozáznamu detailně analyzovat:

- dobu před pohybem,
- rychlost pohybu osob při evakuaci,
- trajektorie jednotlivých osob v souvislosti s využitím únikových cest,
- zatížení jednotlivých exitů.

Tato data se dají posléze využít pro kalibraci již zmíněných modelů pohybu osob. Dosavadní postupy analýzy videozáznamu spočívaly zejména v časově náročné vizuální inspekci videozáznamu a sledování interakcí osob či extrakci makroskopických veličin (např. ručním počítáním osob a následném stanovováním intenzit). Pokročilé techniky počítačového vidění umožňují detailní analýzu vybraných behaviorálních charakteristik osob detekovaných na videozáznamu. V případě kvalitního videozáznamu je tak možné analyzovat scénu čítající stovky či tisíce osob a extrahovat detekované trajektorie pohybu, či agregovaná data (např. průměrnou rychlost) s výpočtním časem v řádech sekund či minut, dle definice dané úlohy. Přínosem počítačového vidění je tedy především enormní časová úspora a automatizace.

### 4.1 DRUHY ANALÝZY

Analýzu videozáznamu realizovanou technikami počítačového vidění lze rozlišit dle:

- Požadovaných výstupů:
  - *Mikroskopická analýza.* Tento typ analýzy je typicky používán pro detailní extrakci trajektorií pohybu jednotlivých osob. Detekce tohoto typu je velice detailní a



relativně přesná, nicméně s rostoucí délkou videozáznamu a počtem osob, roste i výpočetní čas a nároky na kapacitu datového úložiště.

- *Makroskopická analýza.* Tento přístup je užíván při analýze záznamů s délkou trvání v řádech hodin, či dnů, čítajících tisíce osob v jednotlivých framech (videozáznam se skládá ze sekvence obrázků, tzv. framů, oddělených fixním časovým krokem.). Zaznamenávána jsou agregovaná data o hustotě, intenzitě či rychlosti.
- Úrovně obsluhy:
  - *Poloautomatická analýza.* Používá se v mikroskopických analýzách, kde algoritmus strojového učení detekuje chodce a v případě chybné detekce uživatel manuálně doplní nedetekované chodce kliknutím myši. Algoritmus v následujících framech manuálně detekované chodce dále analyzuje spolu s ostatními chodci.
  - *Automatická analýza.* Tento typ analýzy se používá zejména pro monitorování pohybu osob v reálném čase. Algoritmus je spuštěn nepřetržitě a ukládá (loguje) požadovaná agregovaná data. Používá se zejména v makroskopických analýzách.

## 4.2 TECHNOLOGIE

Efektivní realizace výše uvedených analýz vyžaduje nasazení moderních metod počítačového vidění, které zajistí požadovanou přesnost a bohatost extrahovaných dat. Mimo vlastní algoritmizaci úlohy jde také především o výběr vhodné výpočetní platformy spolu se softwarovým ekosystémem, a to zejména při využití moderních video-analytických enginů založených na hlubokých neuronových sítích / umělé inteligenci. Vyjma HW/SW výpočetní platformy, tzv. běhových prostředků, je třeba pamatovat i na vhodné obrazové vstupy, a to ve smyslu vhodné kompozice, nebo kvality obrazového streamu.

### 4.2.1 Algoritmy počítačového vidění

Detekce a sledování objektů v obraze je mnoho let řešenou problematikou v oblasti počítačového vidění. Přístupy jsou vždy determinovány vlastnostmi úlohy. Klíčové je zejména to, zda se jedná o plně automatický, nebo polo-automatický systém (možný vstup operátora), dále pak rozlišení objektů zájmu a snímkovací frekvence. Důležité je rovněž to, zda jde o známé, či neznámé objekty. Úlohy lze také dělit podle počtu sledovaných objektů v jeden čas (multi-tracking / single tracking). Z pohledu zpracování charakterizujeme tuto úlohu následně:

- Plně automatický systém – bez lidské intervence do procesu
- Monitorování objektů několika tříd – rigidní i nerigidní objekty s různými modely chování
- Sledování mnoha objektů zároveň v rámci jednoho pohledu
- Přítomnost statických i dynamických okluzí
- Fixní/pevně instalovaná kamera, avšak s možností motorizace (PTZ)
- Více kamerové prostředí



- Vyhodnocení dat v reálném čase
- GDPR přátelské řešení – systém nesmí být postaven na extrakci informací, které by mohly vést k identifikaci osoby (např. rozpoznávání tváře)

Video-detekční systém pro monitorování pohybu osob a evaluaci jejich statických/dynamických parametrů lze dekomponovat do několika vzájemně provázaných funkčních celků:

- Detekce – rozpoznání objektů v obraze a Klasifikace – určení kategorie objektu, případně dalších specifických atributů,
- Sledování v rámci jedné kamery – kontinuální určování pozice objektu v čase,
- Re-identifikace mezi kamerovými systémy – předávání si sledovaných objektů (pokročilý kamerový systém),
- Evaluace extrahovaných časoprostorových dat v reálném čase na základě uživatelsky definovaných scénářů,
- Generování událostí s možností řízení akčních členů, publikace výstupů přes datová rozhraní & vizualizace.

#### 4.2.2 Detekce a klasifikace

Dříve hojně používaným přístupem pro detekci pohyblivých objektů je modelování pozadí. Tento přístup se vyznačuje výpočetní nenáročností a nízkými nároky na rozlišení sledovaného objektu. Jeho nevýhodou je, že se jedná pouze o pohybový detektor; nedochází tak ke skutečnému rozpoznání objektu jako takového. Metody založené na modelování pozadí mají typické problémy se sléváním objektů, nebo falešně pozitivními cíli. Mezi další přístupy patří metody rozpoznávající objekty v rámci jednoho snímku na základě vizuálních příznaků. V tomto segmentu jsou v současnosti vkládány největší naděje do hlubokých neuronových sítí (DNN), které posouvají soudobé možnosti v mnoha aplikacích o kus dál (rozpoznání scény – počítačové vidění, analýza hlasu atd.). Právě pro detekci a klasifikaci objektů v rámci jednoho snímku je tento přístup velmi dobře využitelný a v posledních letech zažívá obrovský rozmach. Aplikovatelnost tohoto přístupu je rovněž podpořena vývojem specializovaného hardwaru pro urychlení jak aktivní, tak i adaptivní dynamiky dopředných neuronových sítí (NVIDIA CUDA, Nervana engine apod.). Přírozenou nevýhodou tohoto přístupu je skutečnost, že nebere do kontextu pohybovou složku a v omezené míře kontext scény, a tak vyžaduje vyšší rozlišení objektu zájmu pro úspěšné rozpoznání (alespoň 20 pixelů v nejkratší straně). Z pohledu výpočetní náročnosti jde o metodu vyžadující masivní paralelní výkon optimalizovaného HW, avšak přináší nejlepší výsledky. Tyto přístupy lze dělit na pixelově/konturově orientované neboli segmentační a objektové/modelové. Segmentační přístupy jsou extrémně výpočetně náročné a dávají smysl tam, kde je třeba získat přesnou konturu objektu (zpravidla nerigidních).

U systémů pro trackování mnohačetných objektů v reálném čase se nejčastěji používá paradigma *tracking-by-detection*, kde detektor je realizován konvoluční neuronovou sítí. Detektor je na jednotlivé snímky aplikován nezávisle, přičemž výstupem jsou jednotlivé detekce



s pravděpodobností. Tyto jsou dále vstupem do trackeru, který provádí datovou asociaci těchto detekcí v čase, čímž vznikají trajektorie. Níže je uveden přehled publikovaných algoritmů hlubokého učení užívaných pro detekci objektů:

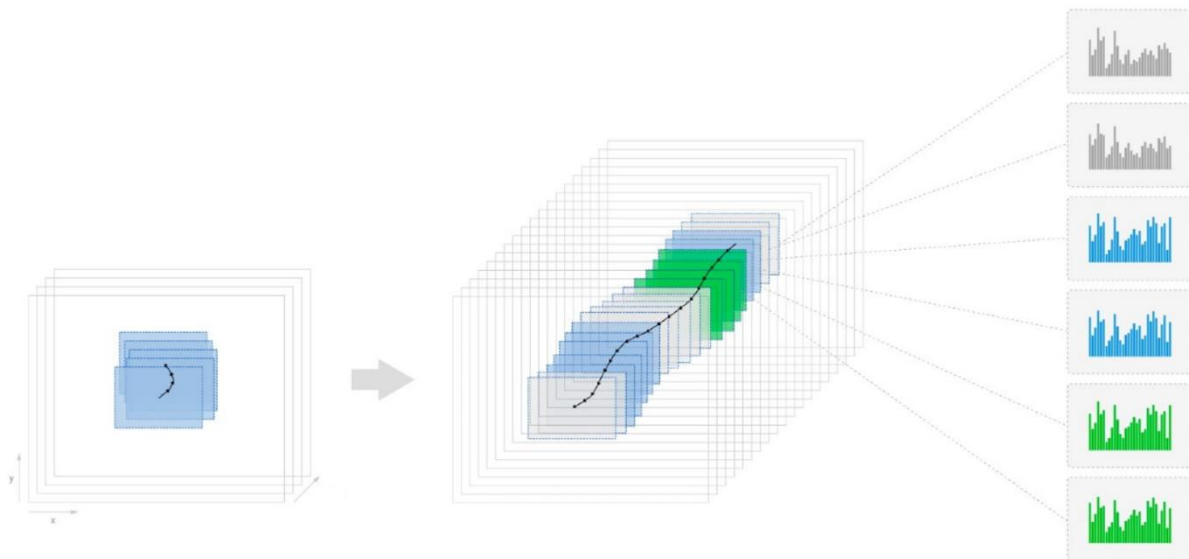
- R-CNN, Fast R-CNN, Faster R-CNN, cascade R-CNN,
- Single Shot Multibox Detector (SSD),
- You Only Look Once (YOLO),
- Single-Shot Refinement Neural Network for Object Detection (RefineDet),
- Retina-Net,
- Deformable CNN.



Obr. 4.1: Ukázka detekce chodce algoritmem YOLO s uvedenou pravděpodobností úspěšné detekce.

### 4.3 TRACKING

Sledování objektů v obraze patří rovněž mezi klíčové prvky systému. V dnešní době se i v této oblasti uplatňují hluboké neuronové sítě, které lze za běhu adaptovat/trénovat na sledovaný objekt a tímto značně zvýšit robustnost systému (tzv. „tracking-learning-detection“). Nicméně tyto přístupy postavené na kontinuálním vizuálním sledování objektů a adaptaci jejich vizuálně-pohybových modelů není možné aplikovat na prostředí s více cíli, a to z důvodu vysoké výpočetní náročnosti. Proto, zejména v řešeních běžících přímo na kamerách, se aplikují metody vycházející z paradigmatu „tracking-by-detection“ (přístupy založené na spojování detekcí). Mezi „primitivní“ zástupce těchto metod patří IOU tracker, který pouze napojuje detekce dle kritéria postaveném na překrytí po sobě jdoucích ohraničujících boxů jednotlivých detekcí. Tento přístup, ačkoliv je extrémně výpočetně efektivní, není nijak robustní, neboť využívá pouze prostorovou složku. I v případě dokonalého detektoru neumí korektně řešit situace s okluzemi a jeho základní podoba je tak pro aplikace nevhodná. Tento přístup pro sledování několika objektů současně se tak rozšiřuje o další prvky, které nejsou příliš výpočetně náročné, avšak mohou dramaticky přispět ke zvýšení robustnosti trackování. Jde zejména o pohybový model a funkci hodnotící vizuální podobnost jednotlivých detekcí.

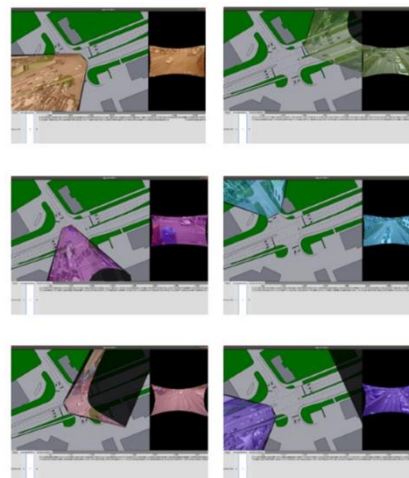
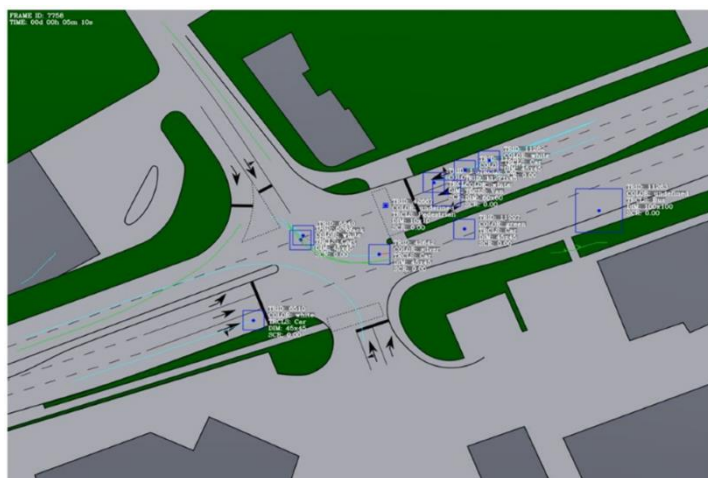


Obr. 4.2: Ukázka principu standardního IOU trackovacího algoritmu postaveném na základě míry překryvu dílčích detekcí v po sobě navazujících snímcích a jeho rozšíření o metriku vizuální podobnosti (vpravo).

#### 4.4 REIDENTIFIKACE MEZI KAMEROVÝMI SYSTÉMY

V některých scénářích může být žádoucí extrahované trajektorie z jednotlivých pohledů spojovat a získávat tak úplnou informaci o pohybu sledovaného objektu v rámci rozsáhlejších oblastí. Reidentifikace objektů ve více kamerovém prostředí je náročnou úlohou, kterou lze rozdělit dle prostředí do dvou kategorií:

- Reidentifikace v kamerovém prostředí s vizuálním překryvem,
- Reidentifikace v kamerovém prostředí bez vizuálního překryvu.



Obr. 4.3: Ukázka kooperativního kamerového systému postaveném na vizuálním překryvu dílčích kamer. Vlevo agregační prostor, vpravo jednotlivé pohledy z kamer včetně georegistrace (mapování do společného prostoru).

Reidentifikace v kamerovém prostředí s vizuálním překryvem staví zpravidla na znalosti o prostorové konfiguraci prostředí. Umístění kamer v prostoru je známo, stejně tak mapování jednotlivých tracků do společného agregačního prostoru, kde dochází k dalšímu napojování/fúzování. Využívány jsou pohybové modely sledovaných objektů. Kvalita výstupu je ovlivněna zejména přesností lokalizace objektů v agregovaném prostoru, a tedy i vlastní kalibrací více-kamerového systému a vhodným návrhem umístění.

Reidentifikace v kamerovém prostředí bez vizuálního překryvu se opírá o maximálně jednoznačnou vizuální deskripci detekovaných objektů. Deskriptory sledovaných objektů se pak porovnávají, přičemž se napojují ty tracky, kde zjištěna dostatečná míra shody a zároveň jsou splněny další podmínky vyplývající z topologie rozmístění kamer a časových omezení. Poznamenejme, že mezi dnes nejúspěšnější vizuální deskriptory patří přístupy založené na hlubokých neuronových sítích. U klasických dohledových kamerových systémů není rozlišení osob dostatečné pro velmi spolehlivou vizuální deskripci, proto je nutné kombinovat jak časově-prostorovou, tak vizuální složku při znalosti topologie / prostorové konfigurace kamerového systému.

#### 4.5 TRANSFORMACE OBRAZOVÝCH SOUŘADNIC

Pro zajištění přesné detekce trajektorií v požadovaném souřadnicovém systému je žádoucí potlačit distorzi čoček použité kamery a transformovat obrazové souřadnice do souřadnicového systému reálného světa.

#### 4.6 ODSTRANĚNÍ DISTORZE

Distorze objektivu kamery se projevuje zkreslením obrazu. Míra distorze je závislá na použité kameře. Je možné ji potlačit kalibrací kamery při práci s pořízeným videozáznamem. Pro tuto

operaci je zapotřebí sada souřadnic 3D reálných bodů a odpovídající sada souřadnic 2D obrazových bodů. Vstupní data pro kalibraci a transformaci obrazových souřadnic do reálného souřadnicového systému zahrnují:

- *koeficienty distorze*. Popisují míru radiální distorze, tedy zkreslení linií na okrajích obrazu vlivem tvaru čočky, a tangenciální distorze, ke které dochází, pokud snímač kamery není v rovnoběžné rovině vůči čočkám.
- *vnitřní parametry kamery*. Jedná se o ohniskovou vzdálenost a optický střed. Závisí na konkrétním modelu použité kamery.
- *parametry rotace a naklonění*. Pomocí nich dochází k transformaci 3D bodu do souřadnicového prostoru.



Obr. 4.4: Příklad obrázku před potlačením distorze (vlevo) a po potlačení distorze (vpravo).

Na základě výše uvedených parametrů je možné algoritmicke vygenerovat obrázek s potlačenou distorzí. Metody/algoritmy pro zjištění distorzních koeficientů jsou např. součástí volně dostupné knihovny počítačového vidění OpenCV.

#### 4.7 GEOREGISTRACE

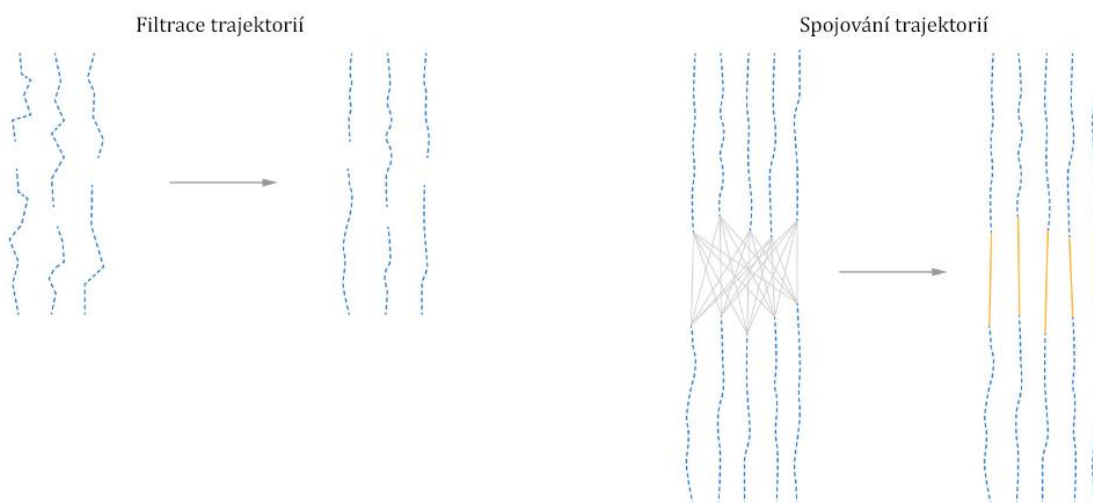
Procesu, který umožní získat transformační funkci pro mapování snímku z kamery, tj. pixelového souřadného systému, do reálného/metrickeho souřadného prostoru, říkáme georegistrace kamery. Často však není třeba mít data ve světovém souřadném systému, ale postačí vhodně zvolený lokální souřadnicový systém (např. v rámci budovy). Georegistrovaný prostor je zpravidla i agregacním prostorem v případě více kamerového prostředí.

Georegistrovaný prostor nám umožní jednak měřit vzdálenosti mezi objekty, jednak získávat data o rychlosti, a to v kterémkoliv místě trajektorie. Kvůli zjednodušení je transformační funkce reprezentována ve většině případů homografií, která mapuje obrazový prostor snímku na rovinu země/podlahy. Přesnost dat závisí zejména na přesnosti lokalizace objektů v obraze, respektive v odhadu jejich průmětu na rovinu země/podlahy. Kvůli perspektivní projekci platí, že s rostoucí vzdáleností objektu od kamery roste výrazně i chyba v přesnosti lokalizace objektu, neboť klesá efektivní rozlišení objektu v obraze. Nejvyšší nepřesnost v lokalizaci objektu v georegistrovaném

prostoru je v případě, kdy se objekt pohybuje po optické ose kamery (zde má obraz objektu nejmenší citlivost na změnu jeho polohy).

#### 4.8 FILTRACE DAT

Jednotlivé trajektorie objektů jsou zatíženy šumem, případně mohou být i rozpojeny z důvodu statických, nebo dynamických okluzí, respektive selhání kontinuálního trackování. Je proto žádoucí extrahovaná data dále filtrovat, případně jinak post procesovat. Pro tyto účely je možné využít pohybové modely, aproximační křivky atd. Napojování trajektorií se pak často řeší pomocí bránového přístupu (tzv. „gating“), kdy se v rámci časoprostorového okna ohodnocují jednotliví kandidáti každý s každým a následně se provádí párování/napojení dle nejlepší shody.



Obr. 4.5: Ukázka výstupu filtrace (vlevo) a napojování trajektorií (vpravo).

#### 4.9 UMÍSTĚNÍ KAMERY

Značný vliv na kvalitu výsledků má prostorová kompozice scény, tedy jak jsou kamery umístěny a zoomovány. Pro co nejlepší výsledky je žádoucí se držet těchto obecných pravidel:

- kratší strana obalového obdélníku objektu zájmu by měla být v detekčním rozlišení větší než 24 pixelů,
- kamera by měla být umístěna tak, aby se minimalizoval počet dynamických (mezi objekty) a statických okluzí ve scéně,
- kamera by měla být klopena k zemi, obraz kamery by neměl obsahovat horizont,
- ve snímku by neměly být intenzivní zdroje světla (nebo musí být použita kamera s velkým dynamickým rozsahem, či jinou technologií, která si s lokálními přepaly poradí),
- kamera by měla snímat scénu s frekvencí alespoň 5 FPS pro objekty do 6 km/h a 15 FPS pro objekty do 50 km/h.



Při projektování pozic kamer je vhodné využít 3D modelovacích nástrojů (např. Blender), kde lze snadno ověřit vhodnou kompozici, pokrytí a dostačené rozlišení objektů v požadovaném rozsahu pro spolehlivou detekci.

#### 4.10 SOUČASNÉ LIMITY

Soudobé video-detekční systémy mají stále problémy v prostředích, kde se pohybuje mnoho vizuálně podobných cílů, jejichž trajektorie se v obrazovém prostoru kamery protínají. S rostoucím počtem okluzí vzniká pravděpodobnost selhání kontinuálního trackování. Z toho důvodu je žádoucí kameru umístit tak, aby tyto situace byly díky vhodné poloze kamery minimalizovány (např. *top-view*).

Dalším limitem je přesnost v lokalizaci objektů v georegistrovaném prostoru. Tato je rovněž determinována zejména polohou kamery, kdy nejvyšší citlivost na změnu polohy ve všech horizontálních směrech má kamera při *top-view* pohledu. Pro přesnější výstupy je rovněž vhodné provést odstranění distorze, a to zejména u fisheye pohledů.

Video-analytické systémy lze zhodnotit následně:

- Vysoká přesnost v počítání průchodů / včetně časové rozlišitelnosti
- V prostředí bez okluzí, nebo s mírným výskytem okluzí vysoká úspěšnost v poskytování kontinuálních trajektorií (časoprostorových dat)
- Možnost extrakce vizuálně rozpoznatelných atributů – barva, věk, pohlaví
- Snadná interpretovatelnost výsledků člověkem díky obrazovému materiálu
- Plošný senzor – možnost získávat data z kterékoliv části obrazu
- Univerzalita – možnost adaptace systému na další rozpoznatelné prvky z obrazu (SW úprava)



Obr. 4.6: Příklad ztráty polohy osoby vlivem překrytí dvou osob (vlevo) a nepřesné detekce dané statickým objektem v zorném poli kamery (vpravo).

## 5 ZÁVĚR

---

Objekty s výskytem velkého počtu osob se dnes vyskytují zejména v prostředí prvků kritické dopravní infrastruktury, kde jde zejména o klíčové dopravní uzly a terminály, a v množině zranitelných staveb, kde je jejich spektrum podstatně širší a zahrnuje také například obchodní centra, sportovní stadiony nebo například nemocnice. Všechny tyto objekty spojuje relativně nízká úroveň zabezpečení ochrany života a zdraví obyvatelstva, která vyplývá z jejich podstaty fungování.

V rámci předběžného nebo okamžitého posouzení bezpečnosti těchto objektů je jednou z nejdůležitějších otázek, na kterou hledá příslušná analýza odpověď, úspěšnost a efektivita evakuačního procesu. Pro jeho posouzení je zcela zásadní existence spolehlivých údajů o předpokládané době před pohybem v různých situacích a zahrnutí těchto údajů do modelů chování, které aplikovány v rámci příslušné studie (v případě předběžného posouzení), nebo v rámci příslušného systému (v případě okamžitého nebo dokonce prediktivního posouzení). Naopak není možné se spolehnout na tzv. požárně bezpečnostní řešení daného objektu, které je sice nutnou podmínkou pro jeho kolaudaci, ale ze své podstaty zohledňuje pouze situace související s požárem objektu, a nikoliv jeho napadení útočníkem.

Dokument metodicky propojuje metody aplikované psychologie, v jejichž rámci je možné stanovit reakční doby osob na úrovni jednotlivých sociálních kategorií jako klíčový faktor pro jejich úspěšnou evakuaci, s analýzou obrazu jako v současnosti neúčinnější metody pro klasifikaci osob do skupin, kterým je pak možné takto zjištěnou konkrétní reakční dobu přiřadit. Poznatky lze shrnout do následujících základních bodů:

- Při sestavení příslušné analýzy nebo při implementaci příslušného systému pracujeme s reakční dobou osob vždy jako se statistickým rozdělením, nikoliv jako s konstantní hodnotou.
- Reakční dobu obvykle aplikujeme jako lognormální distribuci, která nejlépe odpovídá empirickým poznatkům, v okrajových případech nebo v prostředí některých nástrojů je možné zvolit i jiné (gamma, loglogistické nebo Weibullovo rozdělení).
- Dostupná empirická data pracují obvykle s populací objektu jako celkem, tedy neprovádějí její dekompozici do jednotlivých sociálních skupin s různými reakčními dobami. Zastoupení těchto skupin v celkové populaci objektu nicméně výrazně ovlivňuje celkovou reakční dobu a tedy i evakuaci z objektu a příslušná opatření.
- Pro přiřazení reakční doby jednotlivým skupinám je možné provést empirické ostré evakuační testy, které jsou velmi nákladné a obtížně reprodukovatelné, nebo realizovat tzv. press testy, kterým se dokument detailně věnuje.
- Skutečné zastoupení jednotlivých sociálních skupin v celkové populaci objektu, a tedy podíly jednotlivých distribucí reakčních dob osob, je možné zjistit prostředním analýzou obrazu v rámci kamerového systému. Tyto se mohou zaměřit na veškeré vizuálně rozpoznatelné atributy, zejména věk, pohlaví, nebo přítomnost zavazadel.



## 6 REFERENCE

---

- [1] ISO, *ISO/TR 13387-8 Fire Engineering: Life Safety | Occupant Behaviour, Location and Condition*, 1999.
- [2] M. Hurley, *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, Springer, 2015.
- [3] D. B. Smith, *Fire Safety Engineering (CIBSE Guide E)*, CIBSE, 2010.
- [4] R. Lovreglio, E. Kuligowski, G. S. a K. Boyce, „A pre-evacuation database for use in egress simulations,” *Fire Safety Journal*, č. 105, 2019.
- [5] A. Koch, *Assessment of socio-demographic sample composition in ESS Round 61*, Mannheim: GESIS Leibniz Institute for the Social Sciences, 2016.
- [6] J. Hendl, *Přehled statistických metod*, Praha: Portál, 2015.
- [7] J. Averill, *Final Report on the Collapse of the World Trade Center Towers. Federal Building and Fire Safety Investigation of the World Trade Center Disaster, Occupant Behaviour. Egress and Emergency Communications*, National Institute of Standards and Technology, 2005.
- [8] E. Galea, „Approximating the Evacuation of the World Trade Center North Tower Using Computer Simulation,” *Fire Protection Engineering*, sv. 18, č. 2, pp. 85-115, 2008.
- [9] E. Galea, „The UK WTC9/11 Evacuation Study: An Overview of the Methodologies Employed and Some Preliminary Analysis,” *Proceedings of the 4th Pedestrian and Evacuation Dynamics Conference*, 2008.
- [10] E. Galea a S. Blake, *Collection and Analysis of Human Behaviour Data Appearing in the Mass Media Relating to the Evacuation of the World Trade Centre Towers of 11 September 2001*, 2004.
- [11] E. D. Kuligowski a R. D. Peacock, *Building Occupant Egress Data, Report of Test FR 4024*, National Institute of Standards and Technology, 2010.
- [12] G. Proulx, „High-Rise Evacuation: A Questionable Concept,” *Proceedings of the 2nd International Symposium on Human Behaviour in Fire*, 2001.
- [13] E. Ronchi a D. Nilsson, „Fire Evacuation in High-Rise Buildings: A Review of Human Behaviour and Modelling Research,” *Fire Science Reviews*, sv. 2, č. 7, 2013.



## 7 PRACOVNÍ POSTUP KLASIFIKACE PARAMETRŮ OSOB S VYUŽITÍM ANALÝZY OBRAZU

---

### 7.1 STANOVENÍ DRUHU EVAKUACE

- Podle rozsahu.
- Podle doby trvání.
- Podle zvolené varianty.
- Podle způsobu provedení.

Podrobnosti jsou uvedeny v kapitole 2.1. Výstupem tohoto kroku je specifikace druhu evakuace, která je následně dále posuzována.

### 7.2 STANOVENÍ DOBY DOSTUPNÉ A POTŘEBNÉ PRO EVAKUACI

- Stanovení doby dostupné pro evakuaci (RSET).
- Stanovení doby potřebné pro evakuaci (ASET).

Podrobnosti jsou uvedeny v kapitolách 2.2.1 a 2.2.2. Výstupem tohoto kroku je stanovení časového limitu RSET. Limit ASET je dále posuzován s důrazem na analýzu dobu před pohybem.

### 7.3 STANOVENÍ OBECNÉ DOBY PŘED POHYBEM

Doba před pohybem bývá klasifikována různým způsobem, pro účely metodiky je zvoleno následující nejčastější rozdělení.

#### 7.3.1 Doba pro rozpoznání nebezpečí.

Pro stanovení doby pro rozpoznání nebezpečí jsou rozhodující následující faktory:

- Parametry budovy:
  - účel budovy,
  - rozměry budovy (půdorysy, počet podlaží a další dispozice).
  - vybavení budovy,
  - zabezpečovací systém a řízení bezpečnosti.
- Stav obyvatel budovy:
  - počet osob a jejich rozmístění,
  - charakteristické vlastnosti osob, zejména věk a mobilita,
  - činnosti osob vykonávané v době vzniku nebezpečí,
  - podmínky pro osob.
- V případě předpokladu externích rizik (např. hoření nebo šíření toxických látek) dále zohledňujeme:



- místo vzniku,
- viditelnost požáru a kouře,
- působení vysoké teploty a zplodin hoření,
- zprávy od ostatních osob či personálu budovy,
- stav požárního poplachu a aktivní ochrany.

### 7.3.2 Doba pro odezvu na nebezpečí

Pro stanovení doby pro odezvu na nebezpečí jsou rozhodující následující faktory (většina z nich je shodných s faktory pro stanovení doby pro rozpoznání nebezpečí):

- Parametry budovy:
  - účel budovy,
  - rozměry budovy (půdorysy, počet podlaží a další dispozice).
  - vybavení budovy,
  - zabezpečovací systém a řízení bezpečnosti,
  - navigace a osvětlení,
  - rozložení únikových východů, vědomí o jejich existenci, komplexnost prostoru jako celku.
- Stav osob budovy:
  - počet osob a jejich rozmístění,
  - charakteristické vlastnosti osob, zejména věk a mobilita,
  - činnosti osob vykonávané v době vzniku nebezpečí,
  - rodinné nebo skupinové vztahy,
  - podmínky pro osoby.
- V případě předpokladu externích rizik (např. hoření nebo šíření toxických látek) dále zohledňujeme:
  - místo vzniku rizika,
  - viditelnost rizika,
  - působení toxických látek nebo vysoké teploty,
  - zprávy od ostatních osob či personálu budovy,
  - stav zabezpečovacího zařízení a aktivní ochrany.

Podrobnosti jsou uvedeny v kapitolách 2.2.3.1 a 2.2.3.2. Stanovení doby před pohybem pro různé typy objektů je popsáno podrobně v kapitole 2.2.4. Výstupem tohoto kroku je stanovení doby před pohybem jako součásti limitu RSET.

## 7.4 EMPIRICKÉ STANOVENÍ DOBY PŘED POHYBEM JEDNOTLIVÝCH KATEGORIÍ OSOB

- Klasifikace osob a výběr vhodného testu.
- Konstrukce vhodného vzorku respondentů.



- Stanovení velikosti vzorku.
- Vyhodnocení výsledků.

Postup pro empirické stanovení reakční doby jednotlivých kategorií osob je uveden v kapitolách 3.2., 3.3., 3.4. a 3.5. Výstupem tohoto kroku je přiřazení doby před pohybem jednotlivým kategoriím osob dle empirického testu.

## 7.5 KLASIFIKACE KATEGORIÍ OSOB PROSTŘEDNICTVÍM ANALÝZY OBRAZU

- Volba vhodného druhu analýzy:
  - mikroskopická analýza: pro detailní extrakci například trajektorií nebo pro přiřazení osob do jednotlivých kategorií,
  - makroskopická analýza: záznam agregovaných dat, například hustota, intenzita nebo rychlost pohybu.
- Volba požadovaných parametrů počítačového vidění:
  - plně automatický systém: bez lidské intervence do procesu,
  - monitorování objektů několika tříd: objekty s různými modely chování,
  - sledování mnoha objektů zároveň v rámci jednoho pohledu,
  - pevně instalovaná kamera, nebo motorizovaná kamera, více kamerové prostředí,
  - vyhodnocení dat v reálném čase,
  - reidentifikace osob mezi kamerovými systémy,
  - soulad s GDPR: systém nesmí být postaven na extrakci informací, které by mohly vést k identifikaci osoby (např. rozpoznávání tváře).
- Umístění kamery:
  - Kratší strana obalového obdélníku objektu zájmu by měla být v detekčním rozlišení větší než 24 pixelů.
  - Kamera by měla být umístěna tak, aby se minimalizoval počet dynamických (mezi objekty) a statických okluzí ve scéně.
  - Kamera by měla být klopena k zemi, obraz kamery by neměl obsahovat horizont.
  - Ve snímku by neměly být intenzivní zdroje světla (nebo musí být použita kamera s velkým dynamickým rozsahem, či jinou technologií, která si s lokálními přepaly poradí).
  - Kamera by měla snímat scénu s frekvencí alespoň 5 FPS pro objekty do 6 km/h a 15 FPS pro objekty do 50 km/h.
- Požadavky na zpracování dat:
  - Odstranění distorze: Potlačení zkreslení obrazu způsobené optickými členy soustavy čoček kamery.
  - Georegistrace: Aplikace transformační funkce pro mapování snímku kamery.

Požadavky na druh analýzy, parametry kamerového systému, jeho umístění a zpracování dat jsou uvedeny v kapitole 4. Výsledkem tohoto kroku je stanovení doby před pohybem konkrétnímu složení osob v daném objektu a daném čase.