



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní
Ústav letecké dopravy

**Porovnání celotělových bezpečnostních skenerů
používaných na letištích**

**Comparism of Security Scanners
Used in Airport Operations**

Bakalářská práce

Studijní program: Technika a technologie v dopravě a spojiích

Studijní obor: Letecká doprava

Vedoucí práce: Lukáš Popek, MSc.
doc. Ing. Andrej Lališ, Ph.D.

Kristýna Sehnalová

Praha 2022

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

děkan

Konviktská 20, 110 00 Praha 1



K621.....Ústav letecké dopravy

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Kristýna Sehnalová

Studijní program (obor/specializace) studenta:

bakalářský – LED – Letecká doprava

Název tématu (česky): **Porovnání celotělových bezpečnostních skenerů používaných na letištích**

Název tématu (anglicky): **Comparism of Security Scanners Used in Airport Operations**

Zásady pro vypracování

Při zpracování bakalářské práce se řiďte následujícími pokyny:

- Cílem práce je srovnat jednotlivé bezpečnostní skenery a na základě navržených kritérií vyhodnotit vliv jejich implementace do procesu bezpečnostních kontrol cestujících na letištích.
- Vypracujte analýzu současného stavu zaměřenou na celotělové skenery určené pro bezpečnostní kontrolu cestujících na letištích.
- Stanovte kritéria pro možnost srovnání a vyhodnocení jednotlivých typů skenerů.
- Proveďte srovnání a vyhodnocení jednotlivých druhů zařízení.
- Na základě výsledků navrhněte možnosti využití jednotlivých typů celotělových skenerů pro účel bezpečnostních kontrol cestujících na letištích.
- Diskutujte navrhované řešení, proveďte vyhodnocení a ověření.



Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího práce

Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury: ACI Smart Security Guidance Document - Passenger Screening
ACI Smart Security Guidance Document - Checkpoint management
L 17 - Bezpečnost - Ochrana mezinárodního civilního letectví před protiprávními činy

Vedoucí bakalářské práce: **Lukáš Popěk, MSc.**
doc. Ing. Andrej Lališ, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: **1. října 2020**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání bakalářské práce: **8. srpna 2022**
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

doc. Ing. Jakub Kraus, Ph.D.
vedoucí Ústavu letecké dopravy



prof. Ing. Ondřej Příbyl, Ph.D.
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

Kristýna Sehnalová
jméno a podpis studenta

V Praze dne.....5. května 2022

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem **Porovnání celotělových bezpečnostních skenerů používaných na letištích** vypracovala samostatně a použila k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k bakalářské práci.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 8. srpna 2022



Podpis

Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala vedoucímu této bakalářské práce, panu Lukáši Popkovi, MSc. za vedení, pomoc a rady při psaní této práce. Díky patří také mé rodině a přátelům, kteří mě během psaní této práce a po celou dobu studia podporovali a bez jejichž podpory by nebylo možné práci dokončit.

ABSTRAKT

Cílem této práce je porovnání celotělových bezpečnostních skenerů používaných na letištích. Teoretická část uvádí do problematiky bezpečnostní kontroly, představuje čtenáři mezinárodní i české organizace a dokumenty, které vydávají. Dále se práce věnuje popisu historického vývoje bezpečnostní kontroly od jejího začátku až do přítomnosti. Je objasněna technologie, na jejímž základě celotělové bezpečnostní skenery fungují. Praktická část se pak zabývá navržením kritérií, podle kterých jsou jednotlivé modely srovnávány, a algoritmu, s jehož pomocí je vyhodnoceno výsledné pořadí. Následně je navrženo řešení využití jednotlivých modelů skenerů. Výsledkem práce jsou zařízení porovnaná podle navržených kritérií a vyhodnocovací algoritmus.

Klíčová slova

Celotělové bezpečnostní skenery, bezpečnostní kontrola, letiště, milimetrové vlny, letecká doprava

ABSTRACT

The objective of this bachelor thesis is to compare security scanners currently used in airport operations. The theoretical part introduces the reader to the topic of security check and international and Czech organizations and documents they produce. This thesis also describes the evolution of security control from the very beginning up until present day. The thesis then explains the technology that security scanners are based on. The practical part consists of designing criteria that is used to compare the different models and an algorithm that helps with determining the final rankings. Based on this ranking, a solution is designed to determine the optimal use of the individual scanner models. The result of this thesis is that the scanners were compared, as well as the algorithm used for this cause.

Key words

Security scanners, security control, airports, millimeter waves, aviation

Seznam zkratek

CAPEX	Capital Expenditures	Investiční náklady
CEP	Common Evaluation Process	Společný vyhodnocovací proces
ČR	Czech Republic	Česká republika
ECAC	European Civil Aviation Conference	Evropská konference pro civilní letectví
EU	European Union	Evropská unie
FAA	Federal Aviation Administration	Státní letecký úřad USA
ICAO	International Civil Aviation Organization	Mezinárodní organizace pro civilní letectví
NBP	National Security and security plan	Národní bezpečnostní plán
OPEX	Operating expenses	Provozní náklady
PNNL	Pacific Northwest National Laboratory	Severozápadní pacifická národní laboratoř
SRA	Security Restricted Area	Vyhrazený bezpečnostní prostor
USA	United States of America	Spojené státy americké
ÚCL	Civil Aviation Authority	Úřad pro civilní letectví
WTMD	Walk Through Metal Detector	Průchozí detektor kovu

Obsah

Úvod	10
1 Bezpečnost v letecké dopravě	11
1.1 Teroristické útoky na oblast civilního letectví.....	11
1.1.1 Pan Am let 103	11
1.1.2 Trans World Airlines let 847.....	12
1.1.3 Northwest Airlines let 253	12
1.1.4 American Airlines let 63.....	12
1.2 Historický vývoj bezpečnostní kontroly na letištích.....	13
1.3 Bezpečnostní kontrola cestujících.....	13
1.4 Bezpečnostní kontrola zavazadel	14
1.4.1 Bezpečnostní kontrola zapsaných zavazadel	14
1.4.2 Bezpečnostní kontrola příručních zavazadel.....	14
2 Legislativa.....	16
2.1 Mezinárodní letecké úmluvy a organizace	16
2.1.1 Chicagská konference a vznik ICAO	16
2.1.2 Tokijská úmluva.....	16
2.1.3 Haagská úmluva	17
2.1.4 Montrealská úmluva	18
2.2 Předpisy a organizace v rámci EU.....	18
2.2.1 ECAC	18
2.2.2 Nařízení EP a Rady (ES) č. 300/2008.....	19
2.2.3 Rozhodnutí Komise (EU) K(2015)8005	19
2.2.4 Nařízení Komise (EU) č. 1254/2009	19
2.2.5 Prováděcí Nařízení Komise (EU) 2015/1998	20
2.3 Předpisy v rámci České republiky	20
2.3.1 Zákon 49/1997 Sb. O civilním letectví.....	21
2.3.2 Úřad pro civilní letectví.....	21

2.3.3	Letištní předpisy a nařízení	21
3	Analýza současného stavu bezpečnostní kontroly zaměřená na bezpečnostní skenery.....	22
3.1	Využívané technologie	23
3.2	Typy skenerů dle konstrukce	24
3.2.1	Skenery s nepohyblivou anténou a nutností otočení kontrolované osoby	24
3.2.2	Statické skenery s nepohyblivou anténou	25
3.2.3	Statické skenery s pohyblivými anténami	25
3.2.4	Průchozí skenery s nepohyblivou anténou.....	26
3.3	Nedostatky skenerů a možnosti jejich řešení.....	26
3.4	Modely bezpečnostních skenerů schválené programem CEP	27
4	Kritéria pro srovnání celotělových skenerů používaných na letištích.....	27
4.1	Citlivost	27
4.2	Cena	28
4.2.1	Pořizovací cena.....	28
4.2.2	Cena za provoz a údržbu	28
4.2.3	Rozsah školení a počet pracovníků	28
4.3	Spokojenost cestujících	29
4.3.1	Poloha cestujících při průchodu zařízením	29
4.4	Uživatelská přívětivost.....	29
4.5	Propustnost.....	29
4.5.1	Scan-to-scan time	29
4.5.2	Propustnost na plochu	30
4.6	Pravděpodobnost falešného alarmu	30
5	Sběr a vyhodnocení dat.....	31
5.1	Sběr dat	31
5.2	Čištění a vyhodnocení dat.....	33

5.3	Dodatečné statistiky	34
6	Srovnání skenerů podle navržených kritérií.....	37
6.1	Citlivost	37
6.2	Cena	37
6.2.1	Požizovací cena.....	37
6.2.2	Cena za provoz a údržbu	37
6.2.3	Rozsah školení a počet pracovníků	38
6.3	Spokojenost cestujících	38
6.3.1	Poloha cestujících při průchodu zařízením	38
6.4	Uživatelská přívětivost.....	39
6.5	Propustnost.....	41
6.5.1	Scan-to-scan time	41
6.5.2	Propustnost na plochu	41
6.6	Pravděpodobnost falešného alarmu	41
7	Vyhodnocení výsledků za pomoci navrženého algoritmu	46
7.1	Princip funkce algoritmu.....	46
7.2	Práce s vyhodnocovacím programem.....	47
8	Návrh řešení.....	51
9	Diskuse.....	52
	Závěr.....	55
	Seznam obrázků	63
	Seznam tabulek.....	64
	Seznam rovnic	64
	Seznam příloh.....	64
	PŘÍLOHA A – Zdrojový kód.....	65
	PŘÍLOHA B – Uživatelské rozhraní programu na vyhodnocování	68

Úvod

Bezpečnostní kontrola v letecké dopravě je oblast, na kterou je s jejím rychlým rozvojem třeba klást velký důraz, ať už se jedná o safety (provozní bezpečnost) nebo o security (ochrana letecké dopravy před protiprávními jevy), kterou se práce zabývá. Protože je nemožné předvídat nové formy ohrožení bezpečnosti letecké dopravy, přijímaná opatření a nová legislativa vznikají spíše v reakci na jednotlivé incidenty. Vznikají stále nové metody bezpečnostní kontroly a je proto nutné, aby byly před jejich zařazením do provozu důsledně prověřeny a byly stanoveny postupy, jakými s novými zařízeními pracovat tak, aby byl jejich potenciál využit co nejvíce. S výjimkou pandemie viru SARS-CoV-2, kdy letecká doprava výrazně stagnovala, počet cestujících, kteří za rok projdou letištěm, neustále stoupá. Na letiště je tak kladen čím dál větší tlak a musí hledat efektivní a rychlé způsoby kontroly cestujících.

S příchodem možnosti využití technologie skenování cestujících za pomoci milimetrových vln se na trhu objevilo několik modelů bezpečnostních skenerů, které se od sebe navzájem odlišují v různých vlastnostech. Problematikou využití těchto zařízení je nutné se zabývat hned z několika důvodů. Pokud se na věc podíváme z širšího hlediska, jedním z hlavních úkolů letiště je zajistit co nejvyšší možnou míru ochrany cestujících, letadel, jejich posádek i letišť samotných. Zároveň však letiště usilují o co nejvyšší propustnost a komfort cestujících.

Pokud se v rámci bezpečnostní kontroly zaměříme již přímo na celotělové skenery, letiště se snaží zakoupit optimální model, který nejen zajistí potřebnou úroveň bezpečnosti a komfortu cestujících, ale zároveň bude jeho provoz výhodný i z ekonomického hlediska.

Cílem této bakalářské práce je tedy navrhnout vhodná kritéria na srovnávání zařízení, která se na letištích v současné době používají, tato zařízení podle nich srovnat a na základě získaných výsledků navrhnout řešení jejich využití na různých typech letišť. Sběr dat proběhl na veřejném mezinárodním evropském letišti během dvou dnů v lednu a dubnu 2022.

1 Bezpečnost v letecké dopravě

Letecká doprava je oblast, pro kterou je bezpečnost naprosto klíčová. Vzhledem k velké koncentraci osob na jednom místě jsou jak letiště, tak i samotná letadla ideálním cílem pro potenciální teroristy, protože útoky na tuto oblast dopravy jsou vždy vysoce medializované. Způsobů, jakými lze ohrozit bezpečnost letectví je více, mezi jeden z nejznámějších se řadí únos letadla. Tito únosci se obecně dají rozdělit do několika kategorií: [1]

Politicky motivovaní únosci využívají leteckou dopravu jako prostředek, kterým chtějí dosáhnout svého cíle v oblasti politiky. Díky tomu, že těmto činům následně věnují pozornost média po celém světě, jsou pak teroristé středem pozornosti. [1]

Únosci hledající azyl jsou nespokojeni se sociálním či politickým stavem ve své zemi, a snaží se ji za jakoukoliv cenu opustit. Tento druh útoku na civilní letectví byl rozšířený ve východní Evropě po skončení 2. světové války. [1]

Vyděrači vidí v únosu letadla způsob, jakým mohou rychle získat peníze. Velká část lidí unášejších letadla za vidinou zisku už obvykle byla jednou nebo vícekrát souzena. [1]

1.1 Teroristické útoky na oblast civilního letectví

Následující čtyři podkapitoly jsou věnovány vybraným teroristickým útokům, které se udály v minulosti.

1.1.1 Pan Am let 103

21. prosince 1988 došlo k teroristickému útoku na let společnosti Pan Am č. 103 z Londýnského Heathrow mířícího na letiště J.F.K. do New Yorku s trasou vedoucí přes Skotsko. Letadlu bylo od Shanwick Ocean Control uděleno povolení pro přelet oceánu, ale tato zpráva nebyla letadlem potvrzena. V tuto dobu se Boeing 747 ztratil z obrazovek radaru a ze strany letadla nedocházelo k žádné komunikaci. Krátce poté ve výšce 31 000 stop explodovalo improvizované výbušné zařízení ukryté v jednom ze zavazadel, a letadlo se zřítilo k zemi. Zemřelo všech 243 cestujících, 16 členů posádky a dalších 11 obyvatel skotského města Lockerbie, na které dopadly kusy trosek zničeného letadla. [2]

Pozdější vyšetřování zjistilo, že jedno ze zavazadel bylo do letadla přeloženo z letu 103A ve Frankfurtu. V tomto zavazadle, které bylo nedoprovázené jak na letu z Frankfurtu do Londýna, tak i na následném letu z Londýna do New Yorku se nacházela plastická trhavina ukrytá v přehrávači na kazety. [2]

1.1.2 Trans World Airlines let 847

14. června 1985 bylo mužem jménem Mohammed Ali Hamadei a druhým teroristou neznámého jména uneseno letadlo na trase z Káhiry do San Diega se zastávkami v Aténách, Římě, Bostonu a Los Angeles. Krátce po vzletu z Atén se únosci zmocnili letadla a jeho kapitán byl po dobu 17 dní nucen opakovaně létat z Bejrútu do Alžírsko. [3]

1.1.3 Northwest Airlines let 253

25. prosince 2009 muž z Nigérie jménem Umar Farouk Abdulmutallab spáchal teroristický útok na let číslo 253 společnosti Northwest Airlines z Amsterdamu do Detroitu se 289 cestujícími na palubě. Když se širokotrupý letoun Airbus A330 připravoval na přistání v Detroitu, pokusil se muž zapálit výbušné zařízení, které do letadla pronesl ve spodním prádle. Výbušninu, kterou vyšetřovatelé popisují jako směs prášku a tekutiny, se naštěstí nepovedlo plně zapálit a na palubě letadla tak vypukl požár. Abdulmutallab se později přiznal, že měl sáček s práškem připevněný k noze a smíchal jej s tekutinou, kterou na palubu propašoval zvláště ve stříkačce. [4]

Jeden z cestujících později uvedl, že se zničehonic ozval rána připomínající výbuch petardy a o chvíli později se objevil kouř. Na palubě okamžitě vypukl chaos a cestujícím a posádce se může podařilo zpacifikovat. Ihned po přistání bylo letadlo navedeno na konec dráhy, kde bylo okamžitě obklopeno policejními auty. Paluba byla následně prohledána robotem určeným na zneškodňování bomb. Pachatel utrpěl vážné popáleniny a po propuštění z nemocnice byl odsouzen k doživotnímu vězení. [4]

Letiště následně přijalo přísnější bezpečnostní opatření, jako například tým psů na vyhledávání bomb či odborníky na sledování chování cestujících uvnitř terminálů v civilním oblečení. [4]

1.1.4 American Airlines let 63

22. prosince 2001 se Richard Reid, narozený v Londýně pokusil o bombový útok na let č. 63 společnosti American Airlines z Paříže do Miami. Nastoupil do

letadla s výbušninou ukrytou ve svých botách, kterou plánoval za letu odpálit. Kvůli technickému problému se mu ale nepodařilo plán dokončit a jeho podezřelé chování upozornilo ostatní cestující na hrozící útok a povedlo se jim Reida zneškodnit do té doby, dokud piloti neprovedli nouzové přistání v Bostonu. Následně byl předán policii a v roce 2002 byl odsouzen ke třem doživotním trestům a dodatečným 110 letem ve vězení. [5]

1.2 Historický vývoj bezpečnostní kontroly na letištích

Bezpečnostní kontrola cestujících i zavazadel neprobíhala vždy ve stejné formě, v jaké ji známe dnes. Dříve byla cestujícím zavazadla prohlížena pouze letmo a osobní prohlídka také nebývala tak důkladná. V roce 1974 byl ve Spojených státech přijat zákon, na základě kterého se musela zavazadla podrobit prohlídce pod rentgenem a cestující byli povinni v rámci zachování bezpečnosti procházet detektory kovu. V roce 1986 byly po několika případech nálezů výbušnin v zavazadlech zavedeny nové bezpečnostní otázky pokládané pracovníky odbavení. [6]

Po explozi trhaviny v zavazadlovém prostoru letu Pan Am 103 v roce 1988 se stalo pro letiště povinností rentgenovat všechna zapsaná zavazadla. Ta musela být zároveň spojována s jejich majiteli a na let se nesmělo dostat nedoprovázené zavazadlo. [6]

Po sérii teroristických útoků v roce 2001 začaly být na letištích kontrolovány tekutiny v příručních zavazadlech a je regulováno i množství, které si cestující může vzít s sebou na palubu. Jeden kus smí obsahovat maximálně 100 ml tekutiny a celkový objem nesmí překročit 1 litr. [6]

1.3 Bezpečnostní kontrola cestujících

Bezpečnostní kontrola cestujících je naprosto nezbytná pro to, aby bylo cestujícímu umožněno nastoupit do letadla. Před stanovištěm bezpečnostní kontroly je upozorněn na pravidla týkající se převozu tekutin a zaměstnanci vydávají instrukce, jak být na kontrolu co nejlépe připraven.

Cestující si musí svléknout všechny vrchní vrstvy oblečení, tzn. bundy, mikiny, svetry atd. Dále je povinen si z kapes vyndat všechny předměty, sundat si hodinky, náramky, řetízky a další předměty, které by při průchodu bezpečnostním zařízením

mohly být vyhodnoceny jako nežádoucí. Následně je zaměstnancem vyzván k průchodu rámem na detekci kovů (WTMD) či celotělovým skenerem.

Pokud zařízení nebo pracovník vyhodnotí, že cestující nepředstavuje pro leteckou dopravu žádnou hrozbu, může si vzít své věci zpět a pokračovat k nástupu do letadla. V opačném případě se cestující musí podrobit dodatečné kontrole. Po průchodu celotělovým skenerem již nemusí absolvovat ruční prohlídku celého těla, protože zařízení je schopné určit, na jaké části těla se mají zaměstnanci zaměřit. V případě, že procházel detektorem kovu, by měl absolvovat kontrolu celého těla.

Letiště také využívají zařízení, která jsou schopna detekovat stopové množství výbušniny, známá jako Explosive Trace Detector (ETD). Cestujícímu je speciálním papírkem setřen povrch rukou, případně některých částí oděvu nebo jiných předmětů, a vložen do detektoru. Ten pak vyhodnotí, jestli byl cestující v nedávné době se stopovým množstvím výbušniny v kontaktu. [7]

1.4 Bezpečnostní kontrola zavazadel

Tento druh kontroly je pro provoz letecké dopravy stejně důležitý, jako bezpečnostní kontrola cestujících. Je naprosto nepřipustné, aby se na palubu letadla dostalo jakékoliv zařízení, které by mohlo ohrozit jak cestující, tak i posádku. Z hlediska umístění zavazadel v letadle se jejich kontrola dělí na bezpečnostní kontrolu zapsaných zavazadel a bezpečnostní kontrolu příručních zavazadel.

1.4.1 Bezpečnostní kontrola zapsaných zavazadel

S prvním náznakem kontroly zapsaných zavazadel se cestující setkají už na přepážce odbavení. Zaměstnanec se cestujícího zeptá, jestli se v zavazadle nenachází nějaký ze seznamu zakázaných předmětů. Tento seznam bývá uveden na webových stránkách letiště. Dále pak zavazadlo pokračuje do automatizovaného rentgenového zařízení, které běžně dokáže obsloužit 1200 až 1500 zavazadel za hodinu. [8] Na některých letištích mohou být u odbavených zavazadel prováděny preventivní detekční kontroly za účelem zamezení naložení výbušných látek do letadla. [9] V případě, že kontrolu absolvuje úspěšně, je zavazadlo posláno do třídiřny a následně naloženo do letadla.

1.4.2 Bezpečnostní kontrola příručních zavazadel

Stejně jako zapsaná zavazadla, i ta příruční se musí podrobit bezpečnostní kontrole. Cestující je informován, že veškeré tekutiny a elektronika musí být

kontrolovány samostatně. Pokud však zařízení splňují požadavky na standard EDS CB C3, není toto opatření nutné a elektronika i tekutiny tak mohou zůstat v příručním zavazadle. [10] Po tom, co cestující připraví svoje příruční zavazadlo ke kontrole, ho umístí do letištní nádoby a tu následně pošle po pásu do rentgenového zařízení. Pokud se uvnitř nenachází podezřelé předměty, si cestující zavazadlo může převzít zpět a pokračovat k nástupu do letadla.

V opačném případě je zavazadlo za přítomnosti cestujícího otevřeno a jeho obsah je manuálně prověřen jedním z pracovníků stanoviště. Cestující se může předmětu dobrovolně vzdát, na některých letištích také existuje možnost úschovy.

2 Legislativa

Letecká doprava je v současné době hojně využívána po celém světě, a proto je nutné zajistit co nejvyšší bezpečnost, jaké je v této oblasti možno dosáhnout. Existuje několik úrovní, na kterých se tato bezpečnost zajišťuje. V USA tyto regule vydává Federal Aviation Administration (FAA) a v Evropské unii (EU) se státy rámcově řídí legislativou jí vydanou. Každý stát si ovšem k těmto pravidlům může doplnit i vlastní regule, které následně dodržuje. Tato kapitola se věnuje organizacím sjednocujícím minimální standardy, které je v oblasti bezpečnosti letecké dopravy nutno dodržovat.

2.1 Mezinárodní letecké úmluvy a organizace

Legislativa vydávaná na mezinárodní úrovni je závazná pro všechny členské státy organizace, která dané předpisy vydává.

2.1.1 Chicagská konference a vznik ICAO

Úmluva o civilním letectví, známá také jako Chicagská úmluva, byla podepsána 52 státy včetně bývalého Československa 7. prosince 1944 v Chicagu. Při čekání na ratifikaci od alespoň poloviny (tj. 26) států byla ustanovena prozatímní organizace s názvem Provisional International Civil Aviation Organization (PICAO), která fungovala od 6. června 1945 až do 4. dubna 1947, kdy vznikla organizace International Civil Aviation Organization (ICAO) v podobě, v jaké ji známe dnes. [11]

Problematika bezpečnosti v letecké dopravě je podrobně rozebrána v Annexu 17 Chicagské úmluvy, který nese název Bezpečnost – Ochrana mezinárodního civilního letectví před protiprávními činy. Tato příloha byla poprvé představena v březnu 1974 a stanovuje, jakým způsobem a v jakém rozsahu musí být zajištěna ochrana civilního letectví. Zároveň jasně stanovuje definice základních termínů, jako je např. bezpečnostní kontrola, detekční kontrola, neidentifikované zavazadlo apod.

2.1.2 Tokijská úmluva

14. září 1963 byla v japonském Tokiu podepsána Úmluva o trestných a některých jiných činech spáchaných na palubě letadla, také známá jako Tokijská úmluva. Tento dokument definuje, že let začíná v momentu, kdy jsou vnější dveře letadla zavřeny po nástupu pasažérů až do doby, kdy jsou tyto dveře znovu otevřeny

za účelem výstupu. V případě nuceného přistání se uvažuje, že všechny potenciální trestné činy spáchané v této době byly provedeny na palubě letadla za letu. [12]

Úmluva dále stanovuje kapitána jako vedoucího letadla a uděluje mu pravomoc přijmout taková opatření, jaká uzná za vhodná, pokud má vážný důvod podezřívat osobu na palubě letadla z toho, že spáchala nebo se chystá spáchat trestný čin, a to za účelem:

- Ochrany bezpečnosti letadla nebo cestujících a jejich majetku na palubě; nebo
- Zachování pořádku a disciplíny; nebo
- Možnosti předat osobu páchající trestnou činností příslušným státním orgánům nebo možnosti takovou osobu vyloučit z přepravy a vykázat ji z letadla. [12]

Velitel letadla může dále vyžadovat asistenci ostatních členů posádky či je k ní autorizovat, nebo požádat některé z cestujících a autorizovat je k asistenci zadržení pachatele. Po těchto osobách ji však nesmí vyžadovat. Jakýkoliv člen posádky a cestující však může konat bez předchozího svolení kapitána letadla, pokud má důvod se domnívat, že dochází k zásadnímu ohrožení osob na palubě letadla nebo jejich majetku. [12]

Článek 11 Tokijské úmluvy se dále zabývá problematikou nezákonného zmocnění se letadla a stanovuje, že pokud za letu dojde k tomuto trestnému činu, povinností členských států, které tuto úmluvu podepsaly, je podniknout všechny možné kroky k tomu, aby kontrola letadla byla předána zpět jeho právoplatnému veliteli, nebo aby mu tato kontrola zůstala. Je ovšem nutné zdůraznit, že tato dohoda se týká pouze civilních letadel, nelze ji tedy uplatnit na armádní či policejní letadla. [12]

2.1.3 Haagská úmluva

Úmluva k potlačení nezákonného zmocnění se letadel, též známá pod názvem Haagská úmluva, byla podepsána 16. prosince 1970 v Haagu. Uplatnit ji lze pouze v případě, kdy se samotný vzlet nebo přistání uskutečňuje mimo oblast státu, ve kterém je dané letadlo registrováno. Jestli se jedná o let vnitrostátní nebo mezinárodní nehraje roli. [13]

Tato úmluva navazuje na Tokijskou úmluvu a definuje únos letadla jako trestný čin, a zároveň je kladen důraz na to, aby byl pachateli, který se tohoto zločinu dopustí, udělen co nejvyšší možný trest. Stejně jako u Tokijské úmluvy se tento dokument vztahuje pouze na civilní letadla. [13]

2.1.4 Montrealská úmluva

Úmluva k potlačení protiprávních činů v civilním letectví byla podepsána v Montrealu 23. září 1971. Tento dokument specifikuje, co je v rámci letecké dopravy považováno za trestný čin. Jedná se například o napadení osoby na palubě letadla, pokud by tato akce ohrozila bezpečnost daného letadla nebo o úmyslné sdělení nepravdivých informací, pokud by tyto informace ohrozily bezpečnost letadla v průběhu letu. Zároveň se smluvní státy zavazují k potrestání chování, které vede k ohrožení letecké dopravy. [14]

2.2 Předpisy a organizace v rámci EU

Stejně jako ICAO, i Evropská unie vydává vlastní nařízení a doporučení postupů k zajištění bezpečnosti v letecké dopravě.

2.2.1 ECAC

Evropská konference pro civilní letectví (ECAC) byla založena v roce 1955. Cílem organizace je podporovat vývoj bezpečného, efektivního a udržitelného evropského systému letecké dopravy. ECAC úzce spolupracuje s dalšími regionálními organizacemi a jednotlivými členskými státy na škále problémů týkajících se letecké dopravy. Dále svolává pravidelné mezinárodní konference, semináře a výcvikové akce. [15]

V současné době je tato organizace tvořena 44 členskými státy, mezi něž patří všechny státy EU. ČR se k organizace připojila v roce 1991. [15]



Obr. 1 Mapa členských států ECAC [16]

2.2.2 Nařízení EP a Rady (ES) č. 300/2008

Jedním ze základních evropských legislativních pramenů je Nařízení EP a Rady (ES) č. 300/2008. Stanovuje společné základní normy týkající se ochrany civilního letectví před protiprávními činy. Zároveň opravňuje členské státy k uplatňování přísnějších opatření, než jsou ta, která jsou uvedena v tomto nařízení. [17]

2.2.3 Rozhodnutí Komise (EU) K(2015)8005

Toto rozhodnutí obsahuje upřesnění postupů provádění jednotlivých bezpečnostních opatření a zároveň charakterizuje podmínky, za kterých jsou udělovány výjimky. V legislativě ČR je toto rozhodnutí uplatněno v rámci § 86d leteckého zákona. [18]

2.2.4 Nařízení Komise (EU) č. 1254/2009

Tento legislativní dokument stanovuje kritéria, za kterých je členským státům umožněno odchýlit se od jednotných bezpečnostních norem a přijmout tak vlastní alternativní opatření zajišťující bezpečnost letecké dopravy. Dostatečná úroveň bezpečnostních opatření bude tedy poskytována na základě místního posouzení rizika letišť a jejich vymezených prostorů, „kde je provoz omezen na jednu nebo několik z následujících kategorií:

- Letadla s maximální vzletovou hmotností nedosahující 15 000 kilogramů;
- Vrtulníky;

- Lety pro potřeby donucovacích orgánů;
- Protipožární lety;
- Lety pro potřeby zdravotnických, pohotovostních nebo záchranných služeb;
- Lety pro potřebu výzkumu a vývoje;
- Lety pro účel leteckých prací;
- Lety pro potřeby humanitární pomoci;
- Lety provozované leteckými dopravci, výrobci letadel nebo společnostmi provádějícími údržbu, nepřevážející ani cestující či zavazadla, ani náklad či poštovní zásilky
- Lety s letadly o maximální vzletové hmotnosti nedosahující 45500 kilogramů používané pro přepravu vlastních zaměstnanců a neplatících cestujících nebo zboží v rámci výpomoci při výkonu obchodní činnosti podniku.“ [19]

2.2.5 Prováděcí Nařízení Komise (EU) 2015/1998

Tímto nařízením byla stanovena prováděcí opatření ke společným základním normám pro ochranu civilního letectví před protiprávními činy. Dokument definuje pojmy jako například hranice mezi veřejným a neveřejným prostorem letiště nebo vyhrazené bezpečnostní prostory a jejich kritické části. [20]

Zároveň určuje pravidla a podmínky vstupu do veřejně nepřístupné části letiště a požadavky na identifikační průkazy členů letových posádek a letištní identifikační průkazy. [20]

Nařízení dále stanovuje minimální rozsah detekční kontroly osob jiných než cestujících a seznam zakázaných předmětů, které nesmí být vneseny do vyhrazených bezpečnostních prostor letiště, stejně jako detekční kontrolu cestujících a jejich zavazadel, jak kabinových, tak i zapsaných. Se zapsanými zavazadly V neposlední řadě dokument definuje zajištění bezpečnosti samotných letadel. [20]

2.3 Předpisy v rámci České republiky

Podobně jako ICAO a EU, i ČR vydává své vlastní letecké předpisy a nařízení. Tyto dokumenty mají základ v mezinárodní legislativě, ale mohou obsahovat i konkrétnější pravidla specifická právě pro ČR.

2.3.1 Zákon 49/1997 Sb. O civilním letectví

Tento zákon stanovuje obecné povinnosti a příkazy k ochraně civilního letectví a obecná ustanovení o detekční kontrole (§ 85b, § 85c, § 85d). [21]

2.3.2 Úřad pro civilní letectví

Úřad pro civilní letectví je správní úřad, který je podřízen Ministerstvu dopravy ČR. Tento úřad vykonává dohled nad civilním letectvím, certifikuje letadla a letecká technická zařízení a v neposlední řadě licencuje piloty.

Dále vydává Národní bezpečnostní program (NBP), Národní program bezpečnostního výcviku, Národní bezpečnostní program řízení kvality a předpis L17, který je českou verzí ICAO Annex 17.

2.3.3 Letištní předpisy a nařízení

Letištní předpisy a nařízení představují nejkonkrétnější úroveň letecké legislativy. Každé letiště vydává svoje sady, které v sobě zahrnují národní a mezinárodní legislativní dokumenty. Mezi tyto dokumenty patří např. Bezpečnostní program letiště, Letištní pohotovostní plán a Pravidla pro vstup a vjezd vozidel a jejich pobyt v neveřejném prostoru letiště.

3 Analýza současného stavu bezpečnostní kontroly zaměřená na bezpečnostní skenery

Celotělové bezpečnostní skenery jsou zařízení, která se používají na stanovištích vyžadujících zachování jak vysoké úrovně bezpečnosti, ale zároveň i plynulosti provozu, například při vstupu do vládních budov nebo sportovních a koncertních hal s vysokou koncentrací lidí. Na letištích je možné je využívat při kontrole do Security Restricted Area (SRA) terminálu, a to jako primární i sekundární formu kontroly. Primární kontrolou se rozumí případ, kdy jediná forma detekce přítomnosti nežádoucích předmětů probíhá pouze formou průchodu bezpečnostním skenerem. O sekundární kontrolu se jedná, pokud cestující absolvuje tuto formu detekce jako druhou v pořadí po jiné formě bezpečnostní kontroly. [22]

SRA je součástí neveřejného prostoru letiště. Pro vstup do této oblasti je povinností absolvovat bezpečnostní kontrolu za účelem zajištění bezpečnosti letecké dopravy. Tato oblast je vždy vymezena provozovatelem letiště, ale zpravidla se do ní řadí všechny prostory letiště mezi bezpečnostní kontrolou a letadlem (např. odletové brány, odbavovací plocha a třídírna zavazadel). Této kontroly se musí zúčastnit jak cestující, tak i letištní personál vykonávající v této oblasti letiště úkoly přidělené zaměstnavatelem. [23]

Hlavní výhoda celotělových bezpečnostních skenerů spočívá v tom, že na rozdíl od průchozích detektorů kovů, které jsou na letištích používány ve velkém rozsahu, bezpečnostní skenery dokážou detekovat nejen kovy, ale také různé nekovové předměty a tekutiny. Z hlediska vyhodnocování výsledků bezpečnostní kontroly se celotělové skenery dělí na dva typy:

Typ A se vyznačuje tím, že jeho součástí je automatizovaný rozhodovací algoritmus, který vyhodnotí případnou hrozbu a sám označí přibližnou oblast, ve které se předmět nachází. Není tedy nutné, aby letiště zvláště školilo zaměstnance tak, aby byli schopni podle poskytnutého obrazu najít a identifikovat hrozbu. [24]

Typ B neobsahuje žádný takový algoritmus, zaměstnanci je pouze poskytnut skutečný obraz kontrolovaného cestujícího. Podle tohoto obrazu pak musí manuálně rozhodnout, zda cestující představuje pro bezpečnost letecké dopravy hrozbu, či ne. [24] Tento typ skenerů se v letectví využívá méně než typ A, protože

skener nezobrazuje jednotný avatar, ale skutečné tělo kontrolované osoby. K ochraně soukromí a zachování důstojnosti cestujícího je tedy nutné dodržovat přísnější pravidla. Pracovník, který vyhodnocuje výsledky kontroly, by měl pracovat na vzdáleném stanovišti, aby neměl možnost vidět osobu, kterou analyzuje, a nemohl tak spojit obraz s konkrétním člověkem. Je vhodné, aby vyhodnocování prováděla osoba stejného pohlaví, a výměna informací mezi posuzovatelem a pracovníkem přítomným u zařízení by měla být omezena na naprosté minimum potřebné pro vyhodnocení situace. [25]

3.1 Využívané technologie

Všechny celotělové skenery používané na letištích v EU fungují na principu tzv. aktivních milimetrových vln. Tato část elektromagnetického spektra leží mezi pásmem rádiových a infračervených vln o frekvenci pohybující se mezi 30 GHz – 300 GHz a vlnové délce 1 mm – 10 mm. Záření není ionizující, absolvování tohoto typu kontroly tedy není zdraví škodlivé a je vhodné i pro těhotné ženy a cestující s kardiostimulátory nebo jinými zdravotními pomůckami. [26]

Zobrazovací systémy, které využívají milimetrové vlny, mohou být konfigurovány jako portály, kterými daná osoba prochází, nebo jako vzdálené systémy s možností dosahu až 20 metrů. Portály ovšem dosahují všeobecně vyšší kvality výsledků, protože operují na kratší vzdálenosti a skenovaný subjekt je v této konfiguraci možné lépe instruovat. Pacific Northwest National Laboratory (PNNL) vyvinula prototyp, který využívá frekvenci pohybující se okolo 350 GHz. [27] V letectví se tento typ v současné době nevyužívá.

Milimetrové vlny nejsou schopny projít lidským tělem, a proto musí být kontrolovaná osoba naskenována zepředu i zezadu, aby zařízení mělo dostatek informací a bylo schopné vyhodnotit celé tělo. [28]

Skenery se skládají z antén, které aktivně vysílají dávku milimetrových vln, a detekčních senzorů, které zachytávají zpět odražené vlny. Tato energie odražená od těla kontrolované osoby nebo předmětu na něm ukrytého je dále použita ke konstrukci obrazu těla pomocí algoritmu. Na obrazovce obsluhy zařízení se poté v rámci zachování soukromí u skeneru typu A objeví pouze standardizovaný avatar. U typu B vyhodnocuje výsledky zaměstnanec bezpečnostní kontroly.

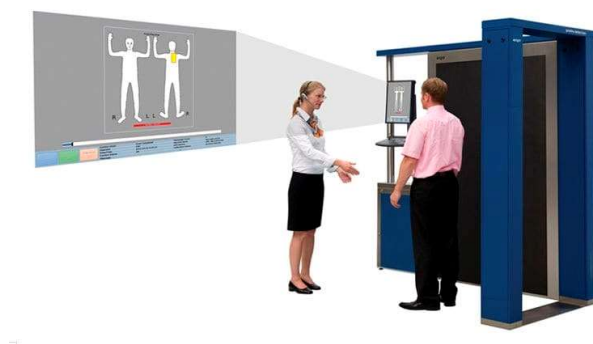
Pokud algoritmus vyhodnotí, že se na těle osoby nenachází nežádoucí předmět, zobrazí tuto informaci na ovládacím displeji. V případě, že detekuje potenciální hrozbu, není sice schopen určit, o jaký předmět se jedná, dokáže ale pracovníkovi bezpečnostní kontroly ukázat, na jaké části těla se nachází. Tato technologie může značně snížit dobu trvání tělesné prohlídky, protože zaměstnanec ví, kterým místům věnovat pozornost. Nemusí už tedy provádět kontrolu celého těla, ale cílená ruční kontrola je plně dostačující. Zaměstnanec se zároveň na označenou oblast více soustředí a dodatečná kontrola je tak důkladnější. [22]

3.2 Typy skenerů dle konstrukce

V následujících čtyřech podkapitolách se práce věnuje různým typům bezpečnostních skenerů a jejich zástupcům v praxi.

3.2.1 Skenery s nepohyblivou anténou a nutností otočení kontrované osoby

Tento typ skenerů se vyznačuje tím, že anténa, která vysílá milimetrové vlny, není pohyblivá. Kontrovaná osoba se po vyzvání obsluhy musí otočit okolo své osy o 360° a algoritmus poté ihned automaticky vyhodnotí výsledek. Do této kategorie se řadí například bezpečnostní skener eqo od firmy Smiths Detection.



Obr. 2 Model eqo společnosti Smiths Detection [29]

3.2.2 Statické skenery s nepohyblivou anténou

Stejně jako u předchozí kategorie, ani tento skener neobsahuje žádné pohyblivé části. Osoba se při kontrole jednoduše postaví do předem určené standardní pozice a následně je proveden sken celého těla. I tento typ má implementován algoritmus, který automaticky zobrazí výsledek kontroly. Mezi zástupce patří například QPS201 společnosti Rohde & Schwarz.



Obr. 3 Model QPS201 společnosti Rohde & Schwarz [30]

3.2.3 Statické skenery s pohyblivými anténami

Pro tento typ skeneru jsou charakteristické dvě antény, které současně rotují okolo těla kontrolované osoby a vysílají milimetrové vlny. Osoba se tedy nemusí nijak pohybovat, stačí, když zaujme předepsanou polohu. Řadí se sem například model ProVision 2 vyráběný společností Leidos.



Obr. 4 Model Pro Vision 2 společnosti Leidos [31]

3.2.4 Průchozí skenery s nepohyblivou anténou

Skenery spadající do této kategorie mají jednoznačnou výhodu v tom, že se kontrolovaná osoba při skenování nemusí zastavit. Stejně jako u WTMD je osoba pracovníkem stanoviště vyzvána, aby prošla zařízením. Výsledek je poté okamžitě vyhodnocen a zobrazen na displeji. Tento způsob skenování může výrazně šetřit čas, a tím i zvýšit propustnost bezpečnostní kontroly. Jediný bezpečnostní skener tohoto typu je momentálně model QPS Walk2000 vyráběný společností Rohde & Schwarz. Nelze ho zatím ovšem používat v provozu, protože není certifikován na potřebný standard programu Common Evaluation Process (CEP).



Obr. 5 Model QPS WALK2000 společnosti Rohde & Schwarz [32]

3.3 Nedostatky skenerů a možnosti jejich řešení

Celotělové bezpečnostní skenery nejsou schopné detekovat, jestli se cestující nepokouší v botách pronést na palubu letadla zakázaný předmět. [33] V USA si cestující od roku 2006 musí při bezpečnostní kontrole sundávat boty, které společně s příručními zavazadly projíždí rentgenem.

PNNL v současné době vyvíjí speciální zařízení na skenování bot. Pro cestující by to tedy znamenalo, že kontrolou již nemusí procházet bez obuvi, ale jednoduše se postaví na zařízení, které boty naskenuje, a mohou pokračovat dál. [34] Za pomoci této technologie by se také urychlil proces kontroly, protože sundávání obuvi ho zdržuje.

3.4 Modely bezpečnostních skenerů schválené programem CEP

Program CEP se věnuje testování bezpečnostních zařízení proti požadavkům ECAC/EU stanoveným členskými státy organizace ECAC za účelem poskytnutí společných standardů pro jednotlivé státy, které pak mohou zařízení schvalovat pro použití na svých letištích na vlastní zodpovědnost. Následující seznam obsahuje modely skenerů a jejich výrobce, které tyto požadavky splňují ke dni 31. července 2022. [24]

- Model JANUS společnosti CEIA
- Model ProVision 2 společnosti Leidos
- Model ProVision 3 společnosti Leidos
- Model MW1000AA společnosti Nuctech
- Model QPS100 společnosti Rohde & Schwarz
- Model QPS200 společnosti Rohde & Schwarz
- Model QPS201 společnosti Rohde & Schwarz
- Model QPS Walk2000 společnosti Rohde & Schwarz
- Model eqo společnosti Smiths Detection

Všechny modely uvedené výše spadají do kategorie typu A. [24]

4 Kritéria pro srovnání celotělových skenerů používaných na letištích

Tato kapitola se věnuje výčtu a popisu kritérií, podle kterých jsou v práci dále srovnávány oba typy bezpečnostních skenerů. Kritéria byla navržena tak, aby podle nich bylo možné skenery srovnat jak z bezpečnostního a z ekonomického hlediska, tak i z hlediska komfortnosti pro cestující a uživatelské přívětivosti pro zaměstnance.

4.1 Citlivost

Citlivost bezpečnostního skeneru je klíčová pro úspěšné provedení kontroly osoby. Musí být dostatečná na to, aby bylo zařízení schopné odhalit všechny potenciální hrozby, ale zároveň nesmí být tak vysoká, aby docházelo k častým výskytům falešných alarmů.

4.2 Cena

Cena je jedním z faktorů, který může hrát klíčovou roli v rozhodování o tom, který z typů skenerů na letišti poříditi. Tato podkapitola se věnuje analýze jak jednorázových, tak i dlouhodobějších nevyhnutelných nákladů.

4.2.1 Pořizovací cena

Tento pojem zahrnuje náklady na samotné pořízení bezpečnostního skeneru. Je to tedy výdaj, který je pouze jednorázový a označujeme ho výrazem capital expenditure (CAPEX). [35] Před výběrem zařízení je třeba odhadnout požadovanou propustnost, a to i s ohledem na plánovaný vývoj provozu, tak, aby byla propustnost zařízení dostatečná po celou plánovanou dobu jeho provozu (případně aby bylo možno v případě potřeby sestavu rozšířit na požadovanou kapacitu). S ohledem na pořizovací cenu by mělo být zvoleno zařízení s dostatečnou kapacitou.

4.2.2 Cena za provoz a údržbu

Do této kategorie se řadí náklady dlouhodobého typu. Můžeme sem zahrnout například náklady na pravidelnou údržbu zařízení, platy pracovníků bezpečnostní kontroly, cenu za elektřinu nebo jednorázové opravy v případě poruchy. Tyto náklady je při výběru zařízení důležité zohlednit proto, aby se při výběru zařízení nevěnovala pozornost pouze pořizovací ceně. Dlouhodobé náklady se u jednotlivých modelů mohou výrazně lišit, a to může být pro letišti rozhodující. Tyto náklady se označují výrazem operating expenses (OPEX). [35]

4.2.3 Rozsah školení a počet pracovníků

Kvalitní školení pracovníků na konkrétní typ skeneru je velice důležité nejen pro bezpečnost letecké dopravy, ale i pro plynulost provozu. Pro letišti může být rozhodující fakt, že jeden typ skeneru může vyžadovat rozsáhlejší školení než druhý.

Dalším z faktorů, který může být pro výběr zařízení rozhodující, je počet pracovníků nutných k jeho obsluze. V případě, že by pro jeden z druhů skenerů bylo potřeba méně členů obsluhy, by se mohli „přebyteční“ zaměstnanci přeradit na obsluhu jiných forem bezpečnostní kontroly, čímž se zamezí nutnosti přijmout a vyškolit nové zaměstnance. Takto se dají snížit roční náklady na platy zaměstnanců, a tyto ušetřené peníze může letišti použít na nákup dalších zařízení potřebných na stanovišti bezpečnostní kontroly.

4.3 Spokojenost cestujících

Průchod bezpečnostním skenerem je metoda kontroly cestujících a zaměstnanců, která na Letišti Václava Havla není povinná. [9] Cestující si tedy může požádat o tzv. „opt-out“ a absolvovat kontrolu jiným způsobem. Tato kontrola by ovšem měla v zájmu zachování bezpečnosti letecké dopravy být podobně rozsáhlá, adekvátní náhradou za průchod celotělovým skenerem by tedy mohla být např. ruční prohlídka celého těla. [25]

4.3.1 Poloha cestujících při průchodu zařízením

Pro cestující může být důležitým faktorem i způsob, jakým prochází zařízením. U statických skenerů se musí nastavit do pozice definované CONOPs daného modelu, která jim je předem sdělena pracovníkem bezpečnostní kontroly.

4.4 Uživatelská přívětivost

Jednotlivé modely skenerů mohou mít naprosto rozdílné způsoby ovládání. Pro zajištění plynulého provozu na stanovišti bezpečnostní kontroly je tedy velice důležité, aby toto ovládání bylo co nejjednodušší a nejpřehlednější, a zaměstnanci tak neztráceli čas zbytečně složitými procedurami. Výhodou by například byla také možnost nastavení jazyka softwaru podle lokality umístění skeneru. Zaměstnanci by takto nemuseli spoléhat na své znalosti cizích jazyků a snížil se riziko volby nesprávného tlačítka. Naprostou nezbytností je ovšem to, aby výsledek kontroly byl zobrazen jasně a přehledně a nemohlo dojít k chybné interpretaci ze strany zaměstnance.

4.5 Propustnost

Termínem propustnost se rozumí celkový počet cestujících za hodinu, které je zařízení schopno odbavit. Teoretická propustnost je dána parametry a konstrukcí zařízení. Reálná propustnost je ovlivněna ještě dalšími faktory, mezi které se řadí například vybavení stanoviště, počet pracovníků, kvalita přípravy cestujících před kontrolou a v neposlední řadě i roční období. V zimní sezóně se tyto hodnoty mohou kvůli většímu množství oblečení lišit.

4.5.1 Scan-to-scan time

Dalším z důležitých parametrů celotělových skenerů je scan-to-scan time. Tímto výrazem se vyjadřuje doba trvání mezi jednotlivými skeny, tedy čas, který uplyne mezi začátkem prvního a následujícího skenu. Minimální teoreticky

dosažitelná hodnota scan-to-scan je dána technologickými limitacemi zařízení. Propustnost dosažitelná v běžném provozu bude vždy nižší. Pokud by se různé modely na stanovišti bezpečnostní kontroly umístily vedle sebe a do obou by byl posílán stejný počet cestujících, v průběhu dne by došlo k tomu, že zařízení s vyšší hodnotou scan-to-scan time začne zaostávat za zařízením s nižší hodnotou tohoto parametru a odbaví výrazně menší počet cestujících.

4.5.2 Propustnost na plochu

Propustnost na plochu se spočítá jako

$$\frac{\text{počet cestujících}}{\text{plocha}} \text{ (cestující/h/m}^2\text{)} \quad (4.1)$$

Tato informace je důležitá, pokud existují požadavky na propustnost na omezené ploše.

4.6 Pravděpodobnost falešného alarmu

Falešný alarm je jev, který je v procesu bezpečnostní kontroly nežádoucí. Tímto pojmem rozumíme situaci, ve které algoritmus vyhodnotí na těle skenované osoby potenciální hrozbu i přes to, že se na něm ve skutečnosti žádná nenachází. V případě jeho častého výskytu může docházet k narušení plynulosti provozu a nižší propustnosti. Zároveň musíme počítat s tím, že pro zvýšení efektivity bezpečnostní kontroly probíhají namátkové dodatečné osobní prohlídky, které by se do této statistiky neměly zahrnovat. Pravděpodobnost falešného alarmu se spočítá jako

$$\frac{\text{počet falešných alarmů}}{\text{celkový počet alarmů}} \cdot 100 (\%) \quad (4.2)$$

5 Sběr a vyhodnocení dat

Kapitola 6 popisuje průběh sběru dat z obou porovnávaných modelů a způsob, jakým byly zjištěné informace následně zpracovány.

5.1 Sběr dat

Sběr dat proběhl v provozu a v případě QPS201 je nashromážděná sada kombinací strojových a manuálních dat. Samotné zařízení je schopno poskytnout základní údaje o provozu (např. propustnost za hodinu, pohlaví cestujícího, počet alarmů apod.), ale neumí samo rozhodnout, jestli se v případě spuštění alarmu jedná o alarm skutečný či falešný. U modelu ProVision 2 tato možnost poskytnuta nebyla, data byla tedy v celém rozsahu zaznamenávána manuálně do předem připraveného formuláře vytvořeném v nástroji Microsoft Excel. Kvůli nutnosti vyhodnocení případné falešnosti alarmu byla tedy u obou měření nutná přítomnost přímo v provozu. Statistiky jsou vytvořeny ze vzorku 284 cestujících pro každý sledovaný model.

V průběhu sběru dat byly zaznamenávány další statistiky, jako např. počet alarmů přítomných u cestujícího, nejčastější lokace falešných i pravých alarmů a pokud bylo možné jasně určit předmět, který alarm spustil, byl zaznamenán i ten.

Důvodů, proč byla v aktivním provozu srovnávána pouze tato dvě zařízení, je několik. Jak QPS201, tak i ProVision 2 jsou ve svých řadách nejnovější modely a současně jsou na letištích po světě využívány nejčastěji.

Zbývající modely skenerů jsou používány méně nebo vůbec. Modely QPS100 a QPS200 společnosti Rohde & Schwarz a eqo společnosti Smiths Detection jsou na některých letištích stále v provozu, ale ne v tak velkém počtu. Eqo je poměrně nepraktické zařízení ať už z provozního, tak i prostorového hlediska. Na rozdíl od ostatních skenerů obsahuje i WTMD a pro jeho provoz je tedy potřeba více prostoru. Zároveň se v něm však cestující musí pomalu otočit dokola, což zabere více času, než je potřeba pro zachování plynulosti provozu. Na letištích se tedy tolik nepoužívá právě z těchto důvodů.

Model CEIA je novinka firmy JANUS, takže s tímto skenerem se na letištích prozatím také nesetkáme, stejně jako s modelem QPS WALK2000. Tento skener je rovněž nejnovější zařízení výrobce Rohde & Schwarz, ale v provozu se nepoužívá

z jiného důvodu. Tento model je totiž certifikovaný pouze na standard 1 [24], ale v rámci EU je požadováno, aby všechna zařízení instalována po 1. lednu 2021 měla certifikaci alespoň na standard 2.1. Na evropských letištích se nevyužívá ani model MW1000AA od firmy Nuctech.

Obr. 6 slouží jako ukázka způsobu manuálního zaznamenávání dat. Každý výsledek skenu byl v příslušném sloupci označen písmenem X. Pokud je na jednom řádku takto označeno více sloupců, může tomu tak být ze dvou důvodů:

V prvním případě došlo ke spuštění alarmu a následující sloupec obsahující X udává, zda se jednalo o skutečný nebo falešný alarm.

Druhým důvodem je pak případ, že se jednalo o nepovedený sken, a další označený sloupec udává, jestli při následujícím pokusu došlo ke spuštění alarmu. Pokud ano, stejně jako v prvním případě je ještě označen sloupec udávající druh alarmu.

Datum	06.01.2022	Zařízení	QPS201	Začátek	9:01	Konec	14:59	
Cestující č.	Úspěšný sken	Špatný sken	Alarm	Falešný alarm	Skutečný alarm	Umístění	Počet alarmů	Předmět
1			X	X		St	1	
2			X		X	La rI II	3	Vysoké boty s kapsou
3	X							
4			X	X		La	1	
5	X							
6	X		X		X	St	1	Pásek
7		X	X	X		Rl II	2	
8	X							
9			X		X	3xrsH 1xrl	5	Peněženka v kapse
10	X							
11			X	X		St to la	3	
12	X							
13	X							
14			X		X	Sto	1	Peněženka v zadní kapse
15			X		X	RL	1	pásek
16	X							
17	X							
18			X		X	RL	1	Mikina s přívěsky
19	X							
20			X		X	Lsh, II	2	
21	X	X						Bota s železnými přívěsky
22			X		X	RSh, lsh, la	4	Vysoké boty s kapsou
23	X							
24			X		X	He la lsh	3	Vysoké boty s odznaky
25	X							
26	X							

Obr. 6 Ukázka záznamového formuláře

V tabulce 1 se nachází seznam použitých zkratk a jejich anglický i český význam.

Tabulka 1 – význam použitých zkratk

Zkratka	Anglický význam	Český význam
ST	Stomach	Břicho
LA	Left arm	Levá ruka
RL	Right leg	Pravá noha
LL	Left leg	Levá noha
RSH	Right shoe	Pravá bota
LSH	Left shoe	Levá bota
HE	Head	Hlava

5.2 Čištění a vyhodnocení dat

Protože u modelu QPS201 byl k dispozici soubor se základními statistikami, pro ověření správnosti stejných dat zaznamenaných manuálně byly obě tabulky s hodnotami porovnány. Dále bylo zjištěno, že se oba soubory shodují a může se tedy pokračovat k vytváření výsledných statistik. Tyto statistiky byly jak u QPS201, tak i u ProVision 2 vytvářeny stejným způsobem.

Ve formuláři, kdy jeden řádek představuje jednoho cestujícího, byly za pomoci funkcí dostupných v nástroji Excel vytvořeny vzorce, které na příslušném řádku zobrazí hodnotu 1 pokud byly dané podmínky splněny. V opačném případě byla řádku přiřazena hodnota 0. Pro každý daný sloupec představující jednu z kategorií byly poté sečteny všechny řádky, čímž se získal výsledný počet výskytů zkoumaného jevu. Z těchto statistik byla těmto jevům vytvořena grafická reprezentace.

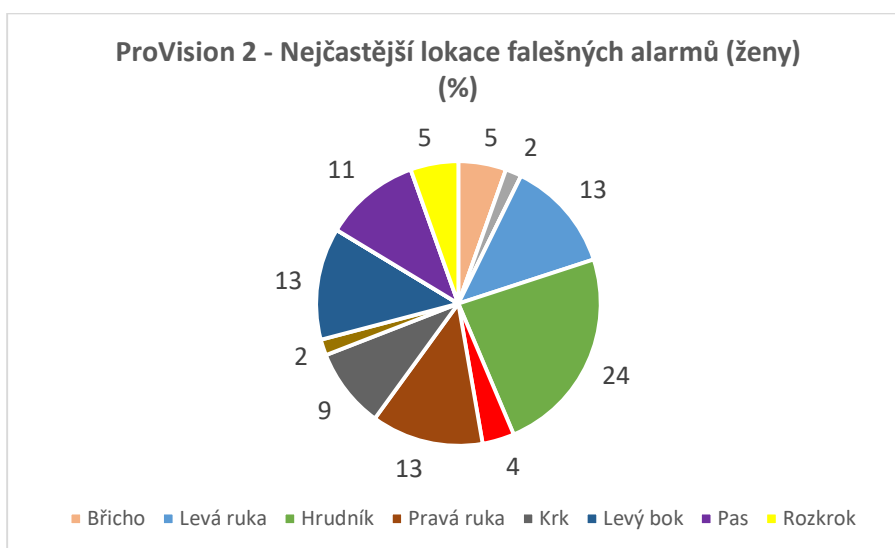
Pohlaví	jeMuž	jeŽena	Úspěch	ŠpatnýSken	Alarm	jeFalešný	jeSkutečný	ŠpatnýSkenPakAlarm	ŠpatnýSkenPakÚspěch	1 alarm	2 alarmy	>=3 alarmy	Alarm břicho	Alarm hlava	Alarm krk
m	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0
f	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
f	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
f	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
f	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
m	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
f	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0
f	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
m	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
f	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
f	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0
f	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
m	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
m	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
m	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
f	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
m	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
f	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
m	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
m	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
f	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
m	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
f	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0
m	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
f	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Obr. 7 Ukázka zpracovaných dat

5.3 Dodatečné statistiky

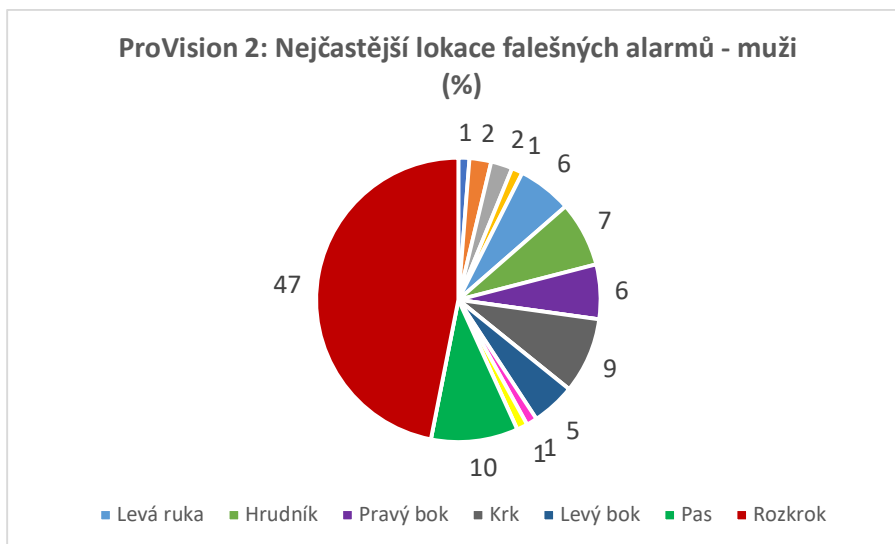
Během vyhodnocování dat nashromážděných v provozu byly vytvořeny také statistiky, které mohou být důležité pro samotné výrobce zařízení. Jednou z takových statistik je například četnost výskytů falešných alarmů na různých částech těla vztažená na pohlaví kontrolované osoby. Nejprve se práce zaměřuje na model ProVision 2. Ve všech následujících grafech jsou v popisu uvedeny pouze oblasti s největší četností výskytů.

Na Obr. 8 lze vidět, že u žen bylo lokací falešných alarmů méně než u mužů a četnost jejich výskytů je rozložena poměrně rovnoměrně. U žen byl falešný nejčastěji detekován v oblasti hrudníku, dále pak na obou rukách a v oblasti pasu. Dalšími výraznějšími lokacemi jsou pak například břicho a krk.



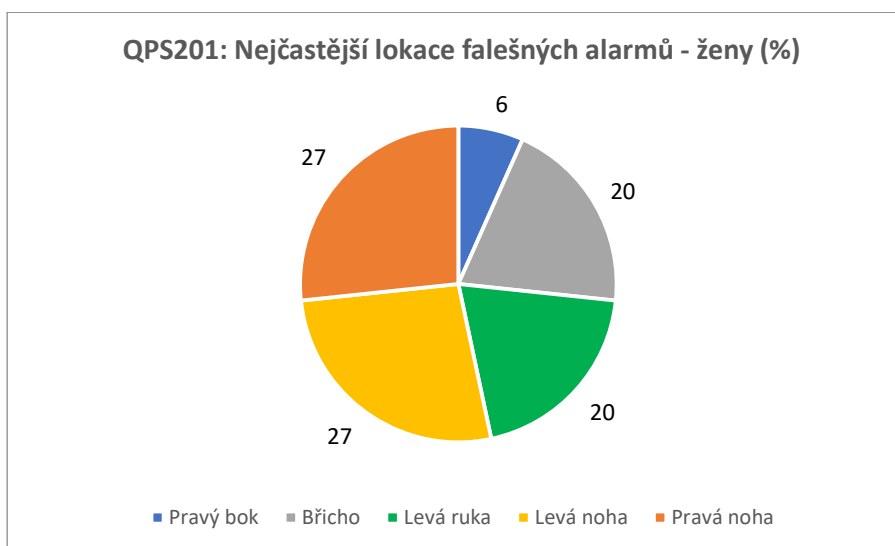
Obr. 8 ProVision 2 - Nejčastější lokace falešných alarmů (ženy)

U mužů je naopak znát výraznější rozdíl. Zdaleka nejvíce falešných alarmů bylo detekováno v oblasti rozkroku. Stejně jako u žen se dále tyto alarmy ve větším počtu vyskytují kolem krku a pasu.



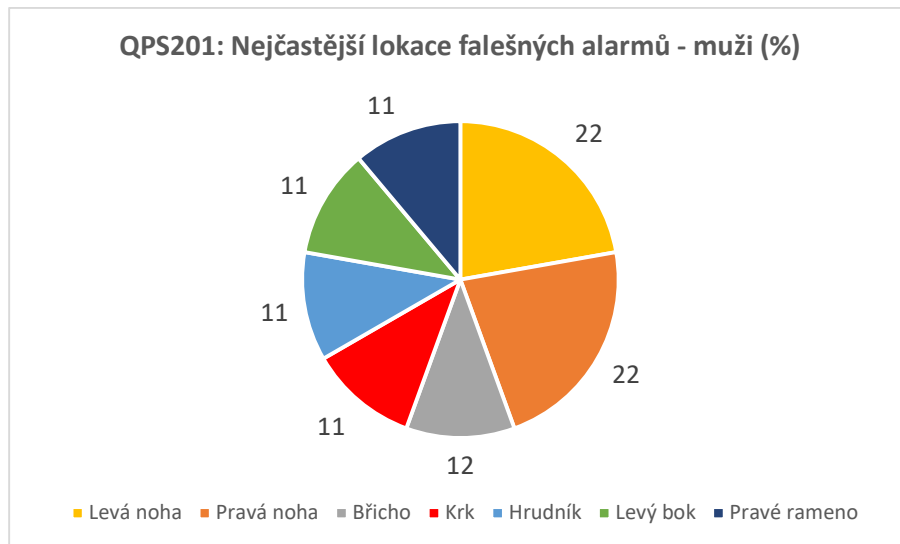
Obr. 9 ProVision 2: Nejčastější lokace falešných alarmů – muži

Co se týče modelu QPS201, rozdíly mezi četnostmi výskytů nejsou zdaleka tak výrazné. U žen se nejčastěji falešné alarmy vyskytovaly na levé a pravé noze a následovala levá ruka a břicho. Oblastí s nejmenší četností výskytu, ovšem ne zanedbatelnou, je pravý bok.



Obr. 10 QPS201: Nejčastější lokace falešných alarmů – ženy

U mužů se v případě tohoto modelu objevilo lokací více než u žen, oproti ProVision 2 jsou ale jejich četnosti rovnoměrně rozložené. Stejně jako u žen téhož modelu se falešné alarmy vyskytovaly nejvíce na pravé a levé noze a za těmito místy následují břicho, hrudník, levý bok, krk a pravé rameno.



Obr. 11 QPS201: Nejčastější lokace falešných alarmů – muži

Po porovnání statistik obou skenerů si lze všimnout, že zatímco u modelu ProVision 2 se nejčastější lokace u mužů a žen lišily, QPS201 detekoval největší počet falešných alarmů u obou pohlaví na stejných místech. Tyto informace mohou mít pro výrobce přínos, protože statistiky ukazují, na jaká problémová místa je třeba se zaměřit při dalším vývoji.

6 Srovnání skenerů podle navržených kritérií

V následujících několika podkapitolách jsou podrobněji rozebrány výsledky, kterých skenery dosáhly v jednotlivých kategoriích.

6.1 Citlivost

Citlivost zařízení není ani u jednoho z porovnávaných modelů možné uživatelsky nastavit. Lze je pouze kalibrovat, aby se časem nestávalo, že bude podávat chybné výsledky. V tomto ohledu tedy nemá ani jedno ze zařízení výhodu a kritérium není pro celkový výsledek relevantní.

6.2 Cena

V případě ceny není možné modely spolehlivě srovnat z důvodů uvedených níže.

6.2.1 Pořizovací cena

Toto kritérium nelze hodnotit, protože při pokusu o zjištění pořizovací ceny bylo firmami sděleno, že tyto informace jsou neveřejné a k práci je neposkytnou. Celková cena navíc závisí na konkrétní konfiguraci navržené přímo pro letiště, takže cena poskytnutá výrobcem a skutečná cena by se mohly výrazně lišit. Pořizovací ceny obou modelů jsou však podle informací srovnatelné.

6.2.2 Cena za provoz a údržbu

V případě dlouhodobých nákladů se jedná důležitý faktor, který celkovou cenu výrazně ovlivňuje. Model Leidos ProVision 2 pro vysílání příjem milimetrových vln používá pohyblivou anténu, zatímco u modelu QPS201 přenos signálu zajišťuje 3008 vysílacích a 3008 přijímacích antén umístěných v panelech zařízení. [36]

U skenerů s pohyblivými částmi zpravidla platí, že jejich poruchovost je čtenější než u skenerů, které pohyblivé části nemají. Z dlouhodobého hlediska tedy lze předpokládat, že ProVision 2 bude potřebovat servisní zásahy a náhradní díly častěji než QPS201. Podle výrobce jejich cena závisí na několika faktorech, mezi které se řadí např. typ měněné součásti nebo počet kusů, které zákazník objednává. Cena dílů, u kterých se předpokládá poruchovost, se však pohybuje v řádu statisíců korun.

Pokud by během životního cyklu modelu ProVision 2 bylo nutné některé součásti měnit (případně měnit i vícekrát), výrazně by to ovlivnilo celkové náklady

na údržbu. Ceny součástí, které podléhají opotřebení a pravděpodobně je třeba je v průběhu provozu vyměnit, ale pro potřeby této práce nebyly výrobcem poskytnuty, takže náklady na údržbu nelze přesně vyhodnotit a lze je pouze odhadovat.

6.2.3 Rozsah školení a počet pracovníků

Ani u jednoho ze skenerů není potřeba, aby pracovník absolvoval na konkrétní model rozsáhlejší školení. Musí se ovšem se zařízením dostatečně seznámit a vyzkoušet si ovládání, aby v případě vysokého množství cestujících přesně věděl, jak má postupovat.

Počet pracovníků, kteří jsou potřební pro provoz skenerů, se také neliší. Je vhodné, aby mezi pracovníky byl muž i žena, protože dodatečnou kontrolu místa, na které bylo upozorněno, musí vždy provádět osoba stejného pohlaví. Pokud by se u skeneru nacházelo více pracovníků, než je potřeba, mohlo by dojít k neefektivitě vykonávaných úkolů způsobené nedostatečným množstvím prostoru pro práci.

6.3 Spokojenost cestujících

Při pozorování zařízení v provozu nedošlo ani jednou k tomu, že by cestující měl námitky ke způsobu kontroly, nebo že by kontrolu skenerem odmítl.

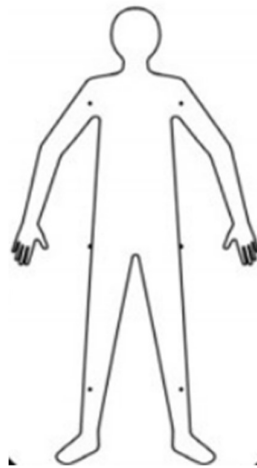
6.3.1 Poloha cestujících při průchodu zařízením

Cestující musí při průchodu oběma modely zaujmout optimální pozici na skenování. V obou případech je požadovaná pozice vyznačena na stěně zařízení, a v případě nejistoty ji zaměstnanec navíc cestujícím demonstruje. Tato pozice se však u obou zařízení liší. U modelu ProVision 2 je nutné, aby cestující zvedl ruce nad hlavu a chodidla umístil na vyznačené místo uvnitř skeneru. Tato poloha, kterou lze vidět na obr. 12, je lehce nepřírozená a není ideální pro delší dobu skenování či více skenů.



Obr. 12 Poloha při průchodu ProVision 2 [37]

Při průchodu zařízením QPS201 je požadovaná zobrazená na obr. 13 poloha cestujícího více přirozená. Cestující rozkročí nohy na vyznačená místa a ruce lehce oddálí od těla dlaněmi dozadu. V této poloze je možné pohodlně setrvat i v případě, že je nutné cestujícího naskenovat vícekrát.



Obr. 13 Poloha při průchodu QPS201 [38]

6.4 Uživatelská přívětivost

Uživatelská přívětivost je u obou srovnávaných zařízení na stejné úrovni. Ovládací displeje jsou jednoduché, přehledné a nacházejí se na nich pouze funkce, které jsou nezbytně nutné pro provoz skenerů.

U obou zařízení se na ovládacím displeji objeví výběr skenování muže či ženy. Po zvolení příslušné možnosti je skenování zahájeno.

Po dokončení skenu cestujícího se na obrazovce u obou modelů objeví výsledek kontroly. Pokud nebyl nalezen žádný předmět, informace se zobrazí tak, jak je uvedeno na obr. 14 a 15:

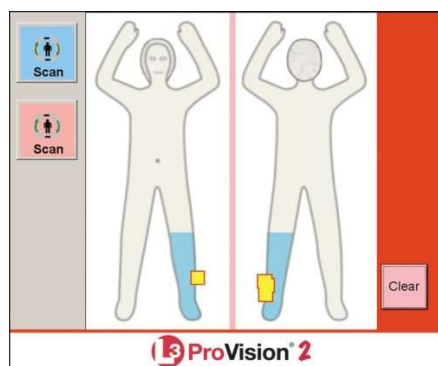


Obr. 14 ProVision 2 - úspěšný průchod [39]

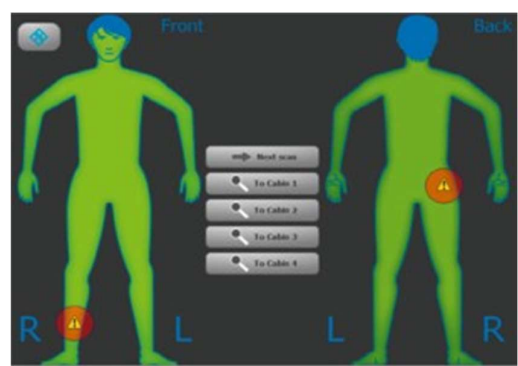


Obr. 15 QPS201 – úspěšný průchod [40]

Pokud ovšem nastane případ, že skener nalezne na těle cestujícího nežádoucí předmět, bude prezentace této informace stejná, jako na obr. 16 a 17:



Obr. 16 ProVision 2 - alarm [39]



Obr. 17 QPS201 – alarm [40]

Z výše uvedených obrázků tedy vyplývá, že ovládání skeneru a interpretace výsledků jsou u obou modelů kromě odlišného designu velice podobné. Není sice možné nastavovat jazyk zařízení, celé uživatelské rozhraní je implementováno v angličtině, což by ale nemělo dělat problémy, protože k jeho provozování je nutná znalost pouze několika základních slov.

Celkově nemá ani jeden ze skenerů v této kategorii zásadní výhodu, toto kritérium tedy nebude pro celkový výsledek rozhodující.

6.5 Propustnost

Následujících několik podkapitol se podrobně věnuje vyhodnocení výsledků z hlediska propustnosti zařízení.

6.5.1 Scan-to-scan time

V případě tohoto kritéria se naměřené hodnoty u jednotlivých zařízení výrazně liší. U modelu QPS201 bylo zjištěno, že prodleva mezi dvěma po sobě následujícími skeny je v průměru přibližně 25 sekund a za jednu hodinu jím prošlo 143 cestujících, zatímco u modelu ProVision 2 se tato hodnota pohybuje průměrně okolo 45 sekund a za hodinu jím prošlo 81 cestujících. Do těchto prodlev jsou započítány i případy, kdy byl zařízením vyhodnocen alarm. Výrobce Leidos ProVision 2 uvádí, že celkový čas skenu a vyhodnocení nepřesahuje 6 sekund, zatímco QPS201 udává 2,5 sekundy. [37], [41]. Jedná se již tedy o poměrně velký rozdíl, který bude s postupem času narůstat. Pokud bychom uvažovali dvanáctihodinový nepřetržitý denní provoz, QPS201 by za tuto dobu bylo schopno odbavit zhruba 1715 cestujících, zatímco ProVision 2 zvládne pouze okolo 970 cestujících. V tomto případě lze tedy jasně konstatovat, že z hlediska propustnosti a scan-to-scan time je QPS201 pro letiště vhodnější volbou.

6.5.2 Propustnost na plochu

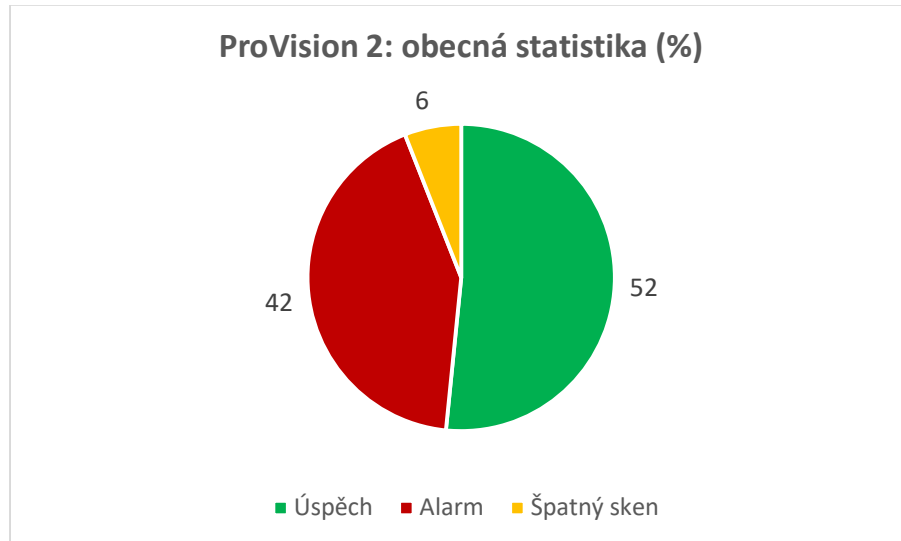
QPS201 zabírá plochu 2,51 m², z rovnice 4.1 tedy lze spočítat, že propustnost na plochu tohoto zařízení se rovná přibližně 45 cestujících/h/m². ProVision 2 potřebuje k provozu plochu 3,41 m², z rovnice 4.1 opět spočítáme propustnost na plochu, která se v tomto případě rovná přibližně 24 cestujících/h/m².

6.6 Pravděpodobnost falešného alarmu

Alarm byl vyhodnocen jako falešný, pokud nebyl u cestujícího nalezen žádný předmět, který by mohl způsobit oprávněnou výstrahu. Pro úplný kontext je nutné nejprve uvést základní statistiky obou skenerů. Následující obrázek obsahuje grafy s přehledem počtů úspěšných, neúspěšných a špatných skenů. (Špatným skenem se rozumí případ, kdy cestující nezaujal správnou polohu, nebo se v průběhu skenování pohnul.)

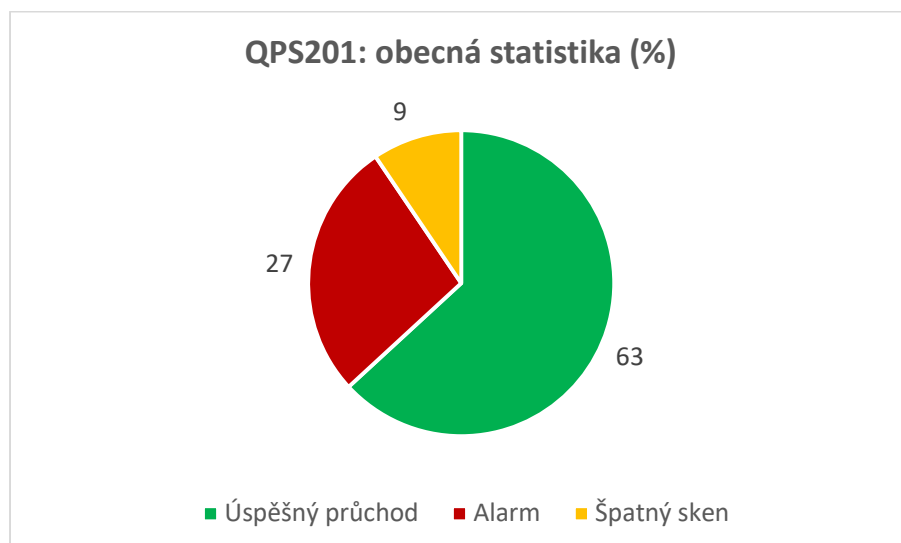
Z grafů na obr. 18 lze vyčíst, že modelem ProVision 2 na první pokus úspěšně prošlo 52 % všech cestujících. V přepočtu je to zhruba 148 cestujících. Alarm se

spustil u 42 %, v přepočtu 119 cestujících. Neadekvátní sken nastal v 6 %, tedy u 17 cestujících.



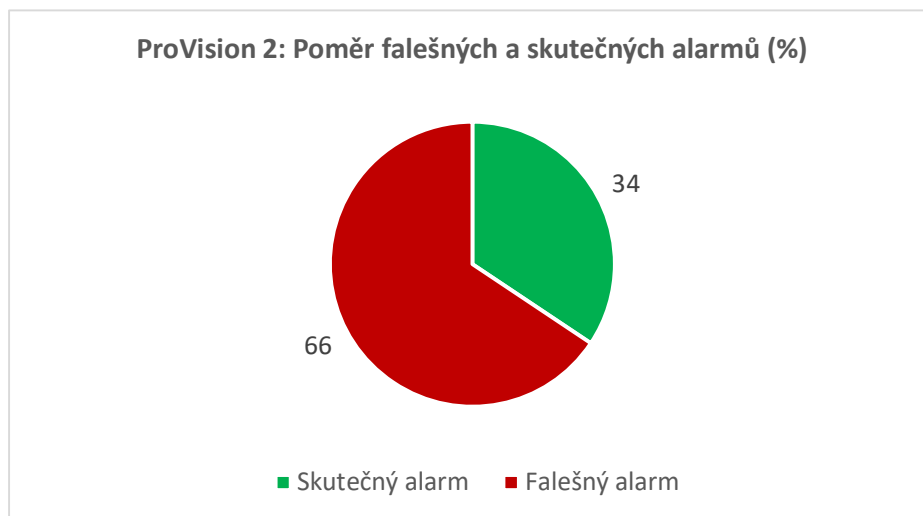
Obr. 18 ProVision 2: obecná statistika

Obecné statistiky modelu QPS201 jsou na první pohled o něco příznivější. Podle grafu na obr. 19 na první pokus prošlo 63 % všech cestujících, což lze přepočítat na 179 cestujících. K alarmu došlo pouze u 27 % případů, tedy u 77 cestujících. Neadekvátní sken nastal v 9 %, v přepočtu u 28 cestujících. Po uvedení těchto obecných údajů je možné se dále zabývat statistikou týkající se falešných alarmů.



Obr. 19 QPS201: obecná statistika

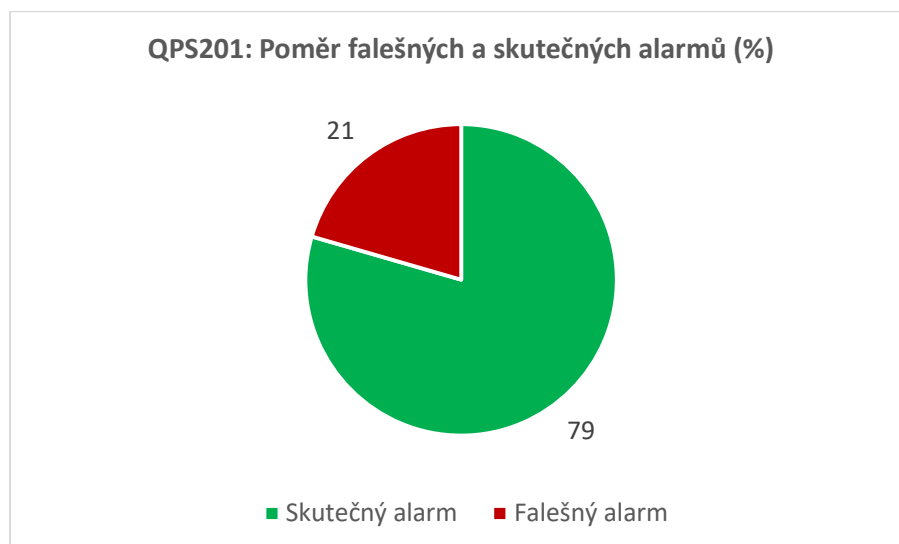
Z grafu na obrázku 20 lze vyčíst, že model ProVision2 vytvořil 66 % falešných alarmů, což z hlediska zachování plynulosti provozu rozhodně není ideální situace.



Obr. 20 ProVision 2: poměr falešných a skutečných alarmů

Pokud uvážíme, že u tohoto modelu byl alarm spuštěn u 119 cestujících, lze spočítat, že ze všech těchto alarmů jich bylo 79 falešných.

U modelu QPS201 podle grafu na obr. 21 došlo k falešnému alarmu pouze u 21 %, tedy u 17 cestujících. V těchto hodnotách jsou již znát veliké rozdíly.

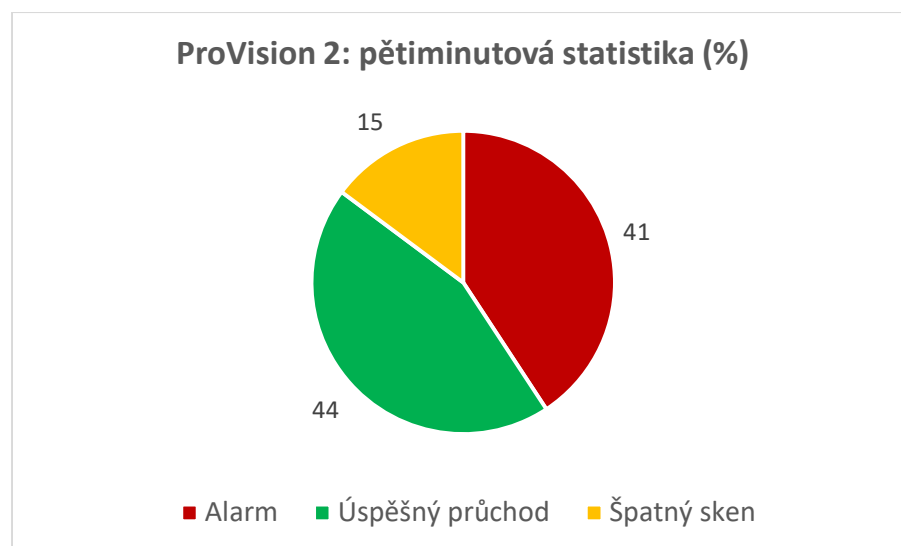


Obr. 21 QPS201: Poměr falešných a skutečných alarmů

V případě vysoké chybovosti modelu ProVision 2 se nabízí hypotéza, že konkrétní kus je vadný, a proto jsou jeho výsledky nepříznivé. Ještě před samotným

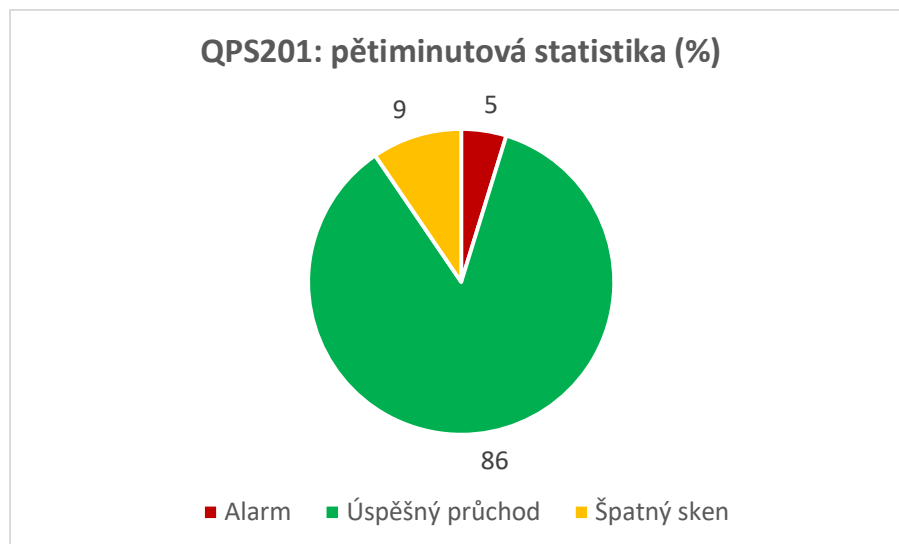
začátkem sběru dat však proběhlo seznámení se autora s oběma porovnávanými modely, aby v provozu nedocházelo ke zbytečným zdržením vedoucím k nepřesnému záznamu výsledků. Během tohoto seznámení byly na obou zařízeních spolu s několika zaměstnanci letiště provedeny pětiminutové zkušební testy, kdy byli nasimulováni cestující, kteří jsou na bezpečnostní kontrolu perfektně připraveni. Provoz byl tedy během těchto pěti minut nepřetržitý a nedocházelo k žádným prodlevám mezi jednotlivými skeny.

K testování byl v případě ProVision 2 použit kus nacházející se na jiném stanovišti, než na kterém byl poté proveden sběr dat, a i na tomto zařízení bylo naměřeno vysoké množství alarmů. Během testovací doby bylo oskenováno 27 simulovaných cestujících a z obrázku 22 lze vyčíst, že u 41 % jejich průchod spustil alarm. Vzhledem k tomu, že všichni zúčastnění figuranti mají v oblasti bezpečnostní kontroly hlubší znalosti, lze na rozdíl od samotného sběru dat vyloučit možnost, že by se u nich při dodatečné tělesné prohlídce dohledaly nežádoucí předměty. V tomto případě tedy lze uvažovat skutečnost, že 100 % těchto alarmů bylo falešných.



Obr. 22 ProVision 2: pětiminutová statistika

Pětiminutové testování modelu QPS201 proběhlo na stejném zařízení, na jakém byl později proveden i sběr hlavních dat k této práci. Stejně jako ProVision 2, i tento skener si během těchto pěti minut vedl lépe, než ve skutečném provozu a všech 5 % detekovaných alarmů se považuje za falešné.



Obr. 23 QPS20: pětiminutová statistika

7 Vyhodnocení výsledků za pomoci navrženého algoritmu

Cílem této kapitoly je stanovit výsledné pořadí skenerů podle kritérií navržených kapitole č. 5. Za tímto účelem byl autorem v nástrojích MATLAB a MATLAB GUIDE vytvořen program, kterému jsou dodány informace zpracované v předchozí kapitole, a jejich váhové ohodnocení. To jim bylo přiřazeno z důvodu, že na každou kategorii může letiště klást rozdílný důraz a je tedy třeba, aby výsledné pořadí skenerů tyto požadavky reflektovalo. Zdrojový kód je uveden v příloze A. Příloha B obsahuje uživatelské rozhraní programu.

7.1 Princip funkce algoritmu

Algoritmus je sestaven tak, aby v každé hodnocené kategorii přiřadil jednotlivým skenerům známku v rozsahu 1–10 podle toho, na jaké pozici se příslušný testovaný parametr nachází v rámci referenčního intervalu hodnot. Spodní mez referenčního intervalu je limitní (nejhorší akceptovatelná) hodnota, která je zadána v jednom ze vstupních souborů. Horní mezí referenčního intervalu je nejlepší dosažená hodnota ze všech porovnávaných zařízení. Zařízení s nejlepším výsledkem dostane hodnocení 10, a ostatní zařízení dostanou hodnocení v rozsahu 1–10 proporcionálně odpovídající jejich výsledku v rámci referenčního intervalu.

Mají-li všechny porovnávané skenery v některé kategorii stejné výsledky, ztrácí smysl příslušný parametr porovnávat (na výsledné pořadí nemůže mít vliv), je ohodnocen známkou 0 a tím je z porovnání vyloučen.

Důležité je ovšem také brát na vědomí, že ne u všech kritérií je vyšší hodnota daného parametru žádoucí. Příkladem takovéto kategorie je například pravděpodobnost falešného alarmu, u které platí, že čím menší je její hodnota, tím je daný model skeneru lepší. Aby tedy byly výsledky vyhodnocení algoritmem správné, těmto hodnotám bylo ve vstupním souboru přiřazeno záporné znaménko.

Protože při vyhodnocování vhodnosti skeneru nebývá všem parametrům přikládána stejná důležitost, jsou dále jednotlivým parametrům přiřazeny váhy. Do celkového hodnocení jsou zahrnuta vypočtená bodová ohodnocení parametrů vynásobená příslušnou váhou. Váhy parametrů jsou uživatelsky nastavitelné a jsou uloženy v souboru vah, který je při zpracování načten spolu se souborem hodnot.

Algoritmus je navržen tak, aby bylo možné porovnávat libovolný počet skenerů. Protože jsou však v rámci této práce porovnávány pouze dva, a to pouze s neúplnými údaji (například údaje o ceně výrobci pro potřeby této práce neposkytli), neukazují výstupy všechny možnosti porovnání. Z toho důvodu byla sestavena sada čtyř fiktivních zařízení s kompletními údaji, aby bylo možno sledovat vliv vah na výsledky porovnání.

7.2 Práce s vyhodnocovacím programem

Do algoritmu vstupují tři soubory, které uživatel načte manuálně. První z těchto souborů obsahuje vstupní data skeneru. Na obr. 24 lze vidět soubor obsahující skutečná data.

```
1 NavezSkeneru, PorizovaciCena, NakladyNaUdrzbu, PocetZamestnancu, SpokojenostPAX,
UzivatelaskaPrivetivost, ScantoScanTime, PropustnostNaPlochu, FalseAlarmRate
2 QPS201, 0,0,0,0,0, -25,45, -21
3 ProVizion 2,0,0,0,0,0, -45,24, -66
```

Obr. 24 Soubor se skutečnými daty

Pro efektivnější demonstraci funkčnosti algoritmu byla kromě skutečných dat vytvořena také sada skenerů s fiktivními daty. Obr. 25 ukazuje fiktivní data.

```
1 NavezSkeneru, PorizovaciCena, NakladyNaUdrzbu, PocetZamestnancu, SpokojenostPAX,
UzivatelaskaPrivetivost, ScantoScanTime, PropustnostNaPlochu, FalseAlarmRate
2 Skener 1, -10000000, -1000000, -1,1,1, -22,39, -21
3 Skener 2, -5000000, -900000, -2,1,2, -45,24, -40
4 Skener 3, -4500000, -800000, -2,3,1, -33,36, -35
5 Skener 4, -6500000, -1200000, -3,2,3, -28,35, -29
```

Obr. 25 Soubor s fiktivními daty

Dále byly vytvořeny tři různé soubory s váhovými ohodnoceními, z nichž každý klade důraz na jiné kritérium. Obr. 26 ukazuje soubor s důrazem na cenu.

```
1 NavezSkeneru, PorizovaciCena, NakladyNaUdrzbu, PocetZamestnancu, SpokojenostPAX,
UzivatelaskaPrivetivost, ScantoScanTime, PropustnostNaPlochu, FalseAlarmRate
2 -,10,10,2,2,2,2,2,2
```

Obr. 26 Váhové ohodnocení s důrazem na cenu

Druhý z těchto souborů obsahuje váhové ohodnocení s důrazem na propustnost skeneru.

```
1 NavezSkeneru, PorizovaciCena, NakladyNaUdrzbu, PocetZamestnancu, SpokojenostPAX,
UzivatelaskaPrivetivost, ScantoScanTime, PropustnostNaPlochu, FalseAlarmRate
2 -,2,2,2,2,2,2,2,10,2
```

Obr. 27 Váhové ohodnocení s důrazem na propustnost

Třetí soubor z této sady klade důraz na scan-to-scan time.

```
1 NazevSkeneru, PorizovaciCena, NakladyNaUdrzbu, PocetZamestnancu, SpokojenostPAX,  
UzivatelaskaPrivetivost, ScantoScanTime, PropustnostNaPlochu, FalseAlarmRate  
2 -, 2, 2, 2, 2, 2, 10, 2, 2
```

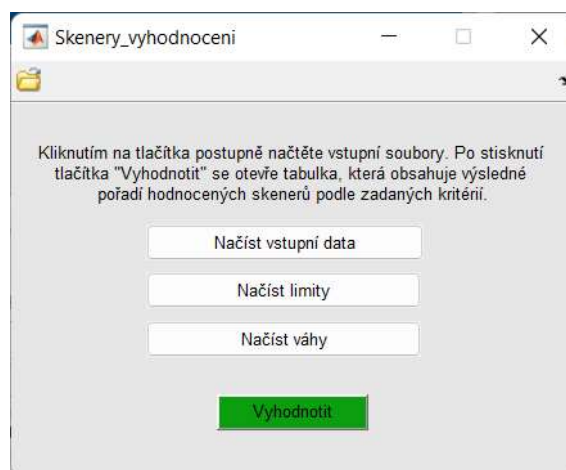
Obr. 28 Váhové hodnocení s důrazem na scan-to-scan time

Poslední ze souborů, který do algoritmu vstupuje, obsahuje limitující hodnoty (nejhorší akceptovatelné) v dané kategorii. Podle těchto limitů je následně rozpočítáno bodové ohodnocení udělené jednotlivým skenerům.

```
1 NazevSkeneru, PorizovaciCena, NakladyNaUdrzbu, PocetZamestnancu, SpokojenostPAX,  
UzivatelaskaPrivetivost, ScantoScanTime, PropustnostNaPlochu, FalseAlarmRate  
2 -, -15000000, -1500000, -4, 1, 1, -60, 20, -50
```

Obr. 29 Soubor s limity zařízení

Na obr. 30 se nachází ukázka uživatelského rozhraní, které bylo k algoritmu vytvořeno.



Obr. 30 Uživatelské rozhraní

Jakmile je dokončeno nahrání souborů, klikne uživatel na tlačítko "Vyhodnotit" a následně se otevře okénko s tabulkou výsledků, ve které jsou sestupně podle konečného počtu bodů seřazeny všechny porovnávané modely. V některých kategoriích bylo oběma modelům uděleno 0 bodů, protože jejich výkon je srovnatelný, QPS201 však získal vyšší počet bodů než ProVision 2 ve všech zbylých kategoriích, a tedy i celkově.

Následující obrázky ukazují, jakým způsobem jsou prezentovány výsledky, které z programu vystupují. U obr. 31 se jedná o případ skutečných dat, kdy je kladen důraz na propustnost a u obr. 32 je kladen důraz na scan-to-scan time. Protože jsou pořizovací ceny a náklady na provoz srovnatelné, porovnávání s důrazem na cenu zde není zobrazeno. Na výsledném pořadí se nic nezmění.

NazevSkeneru	PorizovaciCena	NakladyNaUdrzbu	PocetZamestnancu	SpokojenostPAX	UzivateliskaPrivativnost	ScantoScanTime	PropustnostNaPlochu	FalseAlarmRate	Celkem
QPS201	0	0	0	0	0	20	100	20	140
ProVision 2	0	0	0	0	0	10	24	3	37

Obr. 31 Porovnání skutečných dat s důrazem na propustnost

NazevSkeneru	PorizovaciCena	NakladyNaUdrzbu	PocetZamestnancu	SpokojenostPAX	UzivateliskaPrivativnost	ScantoScanTime	PropustnostNaPlochu	FalseAlarmRate	Celkem
QPS201	0	0	0	0	0	100	20	20	140
ProVision 2	0	0	0	0	0	49	5	3	57

Obr. 32 Porovnání skutečných dat s důrazem na scan-to-scan time

Obrázky 33, 34 a 35 ukazují výsledek porovnání fiktivních skenerů se všemi způsoby váhových ohodnocení.

NazevSkeneru	PorizovaciCena	NakladyNaUdrzbu	PocetZamestnancu	SpokojenostPAX	UzivateliskaPrivitivost	ScantoScanTime	PropustnostNaPlochu	FalseAlarmRate	Celkem
Skener 3	100	100	14	20	2	15	17	11	279
Skener 2	96	87	14	2	11	9	6	8	233
Skener 4	83	49	8	11	20	17	16	15	219
Skener 1	53	74	20	2	2	20	20	20	211

Obr. 33 Porovnání fiktivních dat s důrazem na cenu

NazevSkeneru	PorizovaciCena	NakladyNaUdrzbu	PocetZamestnancu	SpokojenostPAX	UzivateliskaPrivitivost	ScantoScanTime	PropustnostNaPlochu	FalseAlarmRate	Celkem
Skener 1	11	15	20	2	2	20	100	20	190
Skener 3	20	20	14	20	2	15	86	11	188
Skener 4	17	10	8	11	20	17	81	15	179
Skener 2	19	17	14	2	11	9	29	8	109

Obr. 34 Porovnání fiktivních dat s důrazem na propustnost

NazevSkeneru	PorizovaciCena	NakladyNaUdrzbu	PocetZamestnancu	SpokojenostPAX	UzivateliskaPrivitivost	ScantoScanTime	PropustnostNaPlochu	FalseAlarmRate	Celkem
Skener 1	11	15	20	2	2	100	20	20	190
Skener 4	17	10	8	11	20	86	16	15	183
Skener 3	20	20	14	20	2	74	17	11	178
Skener 2	19	17	14	2	11	46	6	8	123

Obr. 35 Porovnání fiktivních dat s důrazem na scan-to-scan time

8 Návrh řešení

Tato kapitola se věnuje pokusu o nález řešení využití jednotlivých skenerů na letištích. Z nashromážděných dat vychází, že kromě kategorií, ve kterých jsou zařízení srovnatelná, ve všech ostatních směrech jednoznačně dosáhl lepších výsledků model QPS201.

Pokud by se model ProVision 2 odlišoval alespoň nižší pořizovací cenou či náklady na údržbu, byl by vhodný pro menší letiště, která nemají tak vysoké požadavky na propustnost pořizovaného skeneru. Protože je však pořizovací cena obou zařízení srovnatelná a předpokládané náklady na údržbu jsou u ProVision 2 vyšší, pro letiště je výhodnější pořídit model QPS201 i za předpokladu, že nebude využit jeho plný potenciál. V případě, že by se ovšem větší letiště chtěla zbavit již použitých modelů ProVision 2 za účelem nákupu nového vybavení, se nabízí možnost pro menší letiště tato zařízení odkoupit za nižší cenu.

Využití modelu QPS201 už je o něco širší. Vzhledem k jeho výsledkům v kategoriích týkajících se propustnosti a scan-to-scan time je toto zařízení vhodné pro střední a velká letiště s vysokým ročním počtem odbavených cestujících. Při nákupu více kusů tak bude zajištěna požadovaná plynulost provozu a efektivita bezpečnostní kontroly. V případě jeho implementace do provozu, ať už jako primární či sekundární formu detekce, bude propustnost stanoviště na základě dosažených výsledků výrazně vyšší, než by byla, pokud by došlo k implementaci modelu ProVision 2.

9 Diskuse

Na základě autorem navržených kritérií byly porovnány modely skenerů, které se v současné době využívají k bezpečnostní kontrole cestujících na letištích. Tato kritéria zohledňují jak ekonomické vlastnosti modelů (tedy pořizovací cenu, náklady na provoz a údržbu a školení a počet zaměstnanců nutný k jejich provozu), tak i vlastnosti důležité pro zachování plynulosti provozu. Mezi tyto vlastnosti se řadí např. propustnost na plochu, scan-to-scan time a hodinová propustnost. Modelem ProVision 2 za hodinu v průměru prošlo 81 cestujících, zatímco QPS201 prošlo cestujících 143, což je téměř dvojnásobek za srovnatelnou pořizovací cenu a nižší předpokládané náklady na údržbu.

Pokud by během životního cyklu modelu ProVision 2 bylo nutné některé součásti měnit a uvažuje-li se nejnižší možná cena jednoho náhradního dílu 100 000 Kč, dlouhodobé náklady na údržbu jednoho zařízení se mohou pohybovat v řádu několika statisíců až milionů korun. Protože model QPS201 neobsahuje žádné pohyblivé části, je u něj předpokládána nižší četnost výskytu poruch a náklady na údržbu tedy budou nižší. Tyto náklady však lze pouze odhadovat, stejně jako u pořizovací ceny se jedná o informaci, která pro práci nebyla poskytnuta.

Dále byly skenery srovnány z hlediska spokojenosti cestujících. V této kategorii byl porovnávána poloha, kterou kontrolovaná osoba musí zaujmout, aby bylo možné provést sken. Poloha při průchodu zařízením QPS201, kdy cestující pouze lehce rozkročí nohy a ruce oddálí od těla dlaněmi natočenými dozadu, je lidskému tělu přirozenější než poloha potřebná pro kontrolu modelem ProVision 2. V tomto případě musí kontrolovaná osoba zvednout ruce nad hlavu a pokud by bylo nutné provést sken vícekrát, cestující se nemusí cítit komfortně. Při delším setrvání v této pozici se navíc cestující může cítit zranitelně, čímž se snižuje jeho spokojenost.

Jednotlivé modely se navíc liší i samotnou konstrukcí. ProVision 2 svým vzhledem připomíná telefonní budku, otevřený je pouze ze dvou stran, a to na vstup a výstup. Tento model má navíc pevnou střechu, což může působit negativně na cestující trpící klaustrofobií. QPS201 se oproti tomu skládá z podstavy a dvou na ni kolmých panelů, tudíž nehrozí, že by se cestující cítil stísněně.

Podobně jako spokojenost cestujících byla při srovnávání zohledněna i uživatelská přívětivost. V této kategorii si vedly oba modely stejně, protože i přesto,

že mají uživatelská rozhraní odlišný design, postup při jejich použití je téměř identický. Zobrazení výsledku kontroly je opět srovnatelné, je velice nepravděpodobné, že dojde k jejich chybné interpretaci. V případě špatného skenu navíc QPS201 sám zaměstnancům radí, jakým způsobem má cestující upravit svou pozici. [42]

Posledním z navržených kritérií je pravděpodobnost falešného alarmu. V této kategorii byly zaznamenány velice odlišné výsledky. Ze vzorku 284 kontrolovaných osob byl v případě ProVision 2 u 42 % z nich zaznamenán alarm a celkový součet všech alarmů byl 203. Z podrobnější analýzy bylo poté zjištěno, že 66 %, tedy 134 těchto alarmů bylo falešných. Zaznamenaný výsledek se velice podobá údajům poskytnutým letišťem v Německu, kde se počet falešných alarmů pohyboval okolo 54 %. [43] Nejedná se sice o přesně stejný model, výrobce obou zařízení je ovšem stejný. Je tedy vidět, že se jedná o rozšířený problém.

Pro zachování plynulosti provozu takto vysoká hodnota představuje výraznou komplikaci. Pokud tedy letiště plánuje nakoupit nové skenery, je nutné si uvědomit, že doba průchodu tímto zařízením je delší než doba průchodu WTMD. Při výběru vhodného modelu skeneru je třeba, aby rozhodnutí nebylo podřízeno pouze náklady na jeho koupi a údržbu, ale musí být brán zřetel zejména na skutečné údaje z provozu o propustnosti a pravděpodobnosti falešných alarmů. V opačném případě je možné, že letiště zakoupí model, který je sice levnější než ostatní zařízení, ale kvůli pomalejšímu provozu nebude stanoviště dostatečně efektivní a bude tak nutné poříditi větší množství kusů.

Nepostradatelnou součástí práce je i algoritmus pro vyhodnocování celkového pořadí skenerů. Každý potenciální zájemce o implementaci skenerů může mít ale jiné preference a požadavky – větší letiště budou spíše klást důraz na propustnost systému, menší letiště mohou preferovat nižší pořizovací a provozní náklady. Konkrétní hodnoty kritérií pro porovnání skenerů tedy nelze stanovit obecně tak, aby vyhovovaly všem zájemcům. Z toho důvodu bylo třeba vytvořit obecný algoritmus, který by uživatel mohl přizpůsobit svým požadavkům.

Algoritmus proto umožňuje pomocí vstupních souborů definovat limitní hodnoty všech parametrů a váhy, které určují, jakou důležitost uživatel konkrétnímu parametru přikládá. Díky tomu může uživatel uzpůsobit vyhodnocování pro své

potřeby, a může si sestavit i různé varianty hodnocení a posoudit, jak si jednotlivá zařízení vedou při různých preferencích.

Po vyhodnocení výsledků je zřejmé, že model ProVision 2 dosáhl ve všech kategoriích stejných nebo horších výsledků než QPS201. Při porovnání s jakýmkoli nastavením váhových ohodnocení tedy vždy skončí jako horší.

Závěr

Cílem této práce bylo porovnat celotělové bezpečnostní skenery používané na letištích podle navržených kritérií a na základě výsledků vyhodnotit jejich implementaci do provozu a navrhnout vhodné využití jednotlivých typů. Sběr dat proběhl u obou zařízení v provozu. Tato data byla následně zpracována v nástroji Microsoft Excel a u všech pozorovaných jevů byla vytvořena jejich grafická reprezentace. K získání finálního pořadí skenerů byl navržen algoritmus, kterému jsou dodány soubory s potřebnými daty a váhovými ohodnoceními jednotlivých kategorií.

Vzhledem k výsledkům porovnání obou zařízení nelze navrhnout, pro který typ letišť je model ProVision 2, který si téměř ve všech kategoriích vedl podstatně hůře, vhodnější. Jediným nalezeným řešením je možnost odkoupení těchto již použitých modelů od letišť, která se chystají pořídit nové vybavení, za nižší cenu. Tato možnost se jeví jako vhodná pro letiště s menší návštěvností, která nemají velký rozpočet.

Přínosem této práce je jak výsledné pořadí porovnávaných modelů, které mohou letiště již nyní využít k rozhodnutí, pokud se chystají ke koupi jednoho z těchto zařízení, tak i samotný srovnávací algoritmus. Vzhledem k tomu, že je navržen pro libovolné množství skenerů a kritérií, lze ho využít obecně za pomoci jednoduchého pozměnění vstupních souborů s daty i váhovými ohodnoceními. Algoritmus tedy nabízí rychlé a snadné řešení pro jakékoliv letiště.

V průběhu řešení práce se naskytlo výrazné omezení v podobě dostupnosti dat pouze ze dvou zařízení. Tím došlo nejen k výraznému omezení možností návrhu jejich využití, ale i k velkým rozdílům při distribuci získaných bodů v jednotlivých kategoriích. Pro lepší demonstraci funkčnosti algoritmu bylo proto do práce zařazeno také modelové porovnání skenerů s fiktivními daty.

Cíle práce se i navzdory omezením podařilo splnit. Pro možnost důkladného návrhu využití skenerů pro různá letiště by však bylo vhodné, aby byla k dispozici data z více skenerů, jejichž výkony se neliší tak výrazně jako je tomu v případě modelů ProVision 2 a QPS201. Ideální příležitostí pro kompletní porovnání skenerů, které se běžně používají v provozu, může být nákup nového vybavení pro konkrétní

letišť. Bylo by tak možné získat kompletní sadu informací přímo pro letiště včetně pořizovací ceny zařízení.

- [1] CHOI, Jin-Tai. *Aviation terrorism: Historical Survey, Perspectives and Responses*. New York: St. Martin's Press, 1994, 265 s. ISBN 978-0-312-10072-8.
- [2] BLACK, Sue, Xanthé MALLET, Lucina HACKMAN a Graham SUNDERLAND. *Disaster victim identification: experience and practice*. Boca Raton: CRC Press, 2011. 272 s. ISBN 9781420094121.
- [3] *Hijacking of TWA Flight 847*. FBI [online]. USA [cit. 2022-07-31]. Dostupné z: <https://www.fbi.gov/history/famous-cases/hijacking-of-twa-flight-847>
- [4] SCHMITT, Eric a Anahad O'CONNOR. Terror Attempt Seen as Man Tries to Ignite Device on Jet. *The New York Times* [online]. New York, 2009 [cit. 2022-05-10]. Dostupné z: <https://www.nytimes.com/2009/12/26/us/26plane.html>
- [5] AVRAHAM, Jager. *The "Shoe Bomber" Richard Reid – His Radicalization Explained* [PDF]. International Institute for Counter-Terrorism, 2018 [cit. 2022-03-03]. Dostupné z: <https://www.ict.org.il/images/Richard%20Reid%20-%20His%20Radicalization%20Explained.pdf>
- [6] BBC. *A brief history of airport security* [online video]. BBC News, 2016 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://www.bbc.com/news/av/world-36666913>
- [7] Homeland Security. *Explosive Trace Detection* [online video]. March 08 2021 [cit. 2021-10-08]. Dostupné z: <https://www.dhs.gov/medialibrary/assets/videos/22999>
- [8] POOLE, Robert W Jr. a Viggo BUTLER. Rethinking Checked-Baggage Screening. *Reason Foundation* [PDF]. 2002 [cit. 2021-10-08]. Dostupné z: <https://reason.org/wp-content/uploads/files/f9b5018689d607923c7ce0c624e7dd58.pdf>

- [9] *Bezpečnostní pravidla*. Letiště Praha [online]. [cit. 2021-010-08]. Dostupné z: <https://www.prg.aero/bezpecnostni-pravidla>.
- [10] *EDS CB S3 approval will transform checkpoints*. Smiths Detection [online]. [cit. 2022-06-18]. Dostupné z: <https://www.smithsdetection.com/c3-approval-a-major-milestone-for-the-checkpoint/>
- [11] *Convention on International Civil Aviation – Doc 7300*. International Civil Aviation Organization. [cit. 2022-05-10] Dostupné z: <https://www.icao.int/publications/pages/doc7300.aspx>
- [12] ICAO. Convention on offences and certain other acts committed on board aircraft. In: *United Nations Treaty Collection* [PDF]. Tokio, 1963 [cit. 2022-07-07]. Dostupné z: <https://treaties.un.org/doc/db/terrorism/conv1-english.pdf>
- [13] ICAO. Convention for the suppression of unlawful seizure of aircraft. In: *United Nations Treaty Collection* [PDF]. Haag, 1970 [cit. 2022-07-07]. Dostupné z: <https://treaties.un.org/doc/db/Terrorism/Conv2-english.pdf>
- [14] ICAO. Convention for the suppression of unlawful acts against the safety of civil aviation. In: *United Nations Treaty Collection* [PDF]. Montreal, 1971 [cit. 2022-07-07]. Dostupné z: <https://treaties.un.org/doc/Publication/UNTS/Volume%20974/volume-974-I-14118-english.pdf>
- [15] *About ECAC* [online]. [cit. 2021-08-08]. Dostupné z: <https://www.ecac-ceac.org/about-ecac>
- [16] *Member States* [online]. [cit. 2021-08-08]. Dostupné z: <https://www.ecac-ceac.org/about-ecac/member-states>
- [17] EU. NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (ES) č. 300/2008 o společných pravidlech v oblasti ochrany civilního letectví před protiprávními činy a o zrušení nařízení (ES) č. 2320/2002. 2008. Dostupné

také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008R0300&from=EN>

- [18] EU legislativa. *Úřad pro civilní letectví* [online]. [cit. 2022-06-30]. Dostupné z: <https://www.caa.cz/ochrana-civilniho-letectvi/legislativa/eu-legislativa/>
- [19] EU. *NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) č. 1254/2009 ze dne 18. prosince 2009, kterým se stanoví kritéria umožňující členským státům odchýlit se od společných základních norem v oblasti ochrany civilního letectví před protiprávními činy a přijmout alternativní bezpečnostní opatření*. EUR-LEX [PDF]. 2009 [cit. 2022-06-029]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009R1254&from=CS>
- [20] EU. *PROVÁDĚCÍ NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) 2015/1998 ze dne 5. listopadu 2015, kterým se stanoví prováděcí opatření ke společným základním normám letecké bezpečnosti*. 2015. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015R1998&from=EN>
- [21] ČR. *Zákon 49/1997 Sb. O civilním letectví a o změně a doplnění zákona č. 455/1991 Sb., o živnostenském podnikání (živnostenský zákon), ve znění pozdějších předpisů*. 1997. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1997-49>.
- [22] *Smart Security: Passenger Screening*. ACI [PDF]. 3rd edition. 2019 [cit. 2022-08-01]. Dostupné po vyplnění formuláře z <https://store.aci.aero/form/smart-security-documentation-form/>
- [23] *Bezpečnostní kontrola při odbavení: Vstupní řád*. Letiště Praha [online]. 1. 1 2017 [cit. 2021-08-09]. Dostupné z: <https://www.prg.aero/vstupni-rad>.
- [24] *Common Evaluation Process (CEP) of security equipment*. European Civil Aviation Conference [PDF]. 2021 [cit. 2021-08-08]. Dostupné z: <https://www.ecac-ceac.org/activities/security/common-evaluation-process-cep-of-security-equipment>

- [25] European Commission. *COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT AND THE COUNCIL on the Use of Security Scanners at EU airports*. Brussels, 2010. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/DOC/?uri=CELEX:52010DC0311&from=CS>
- [26] VERA-RODRIGUEZ, Ruben, Ester GONZALEZ-SOSA, Javier HERNANDEZ-ORTEGA a Julian FIERREZ. *Body shape-based biometric person recognition from mmW images. Lecture Notes in Computer Science* [PDF]. Faro: IbPRIA, 2017, s. 453-461 [cit. 2021-08-08]. ISBN 978-331958837-7. ISSN 03029743. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-319-58838-4_50
- [27] SHEEN, David M., Douglas L. MCKIN, Thomas E. HALL a Ronald H. SEVERTSEN. *Active millimeter-wave standoff and portal imaging techniques for personnel screening*. In: *2009 IEEE Conference on Technologies for Homeland Security* [PDF]. Richland, 2009, s. 440-447 [cit. 2021-08-07]. ISBN 978-142444178-5. Dostupné z: doi:10.1109/THS.2009.5168070
- [28] MCKIN, Douglas L., David SHEEN, Thomas HALL, Jonathan R. TEDESCHI a A. Mark JONES. *New Improvements to Millimeter-Wave Body Scanners*. In: *3DBODY.TECH 2017 - 8th International Conference and Exhibition on 3D Body Scanning and Processing Technologies* [PDF]. Montreal, 2017, s. 263-271 [cit. 2021-08-07]. Dostupné z: doi:10.15221/17.263
- [29] eqo. Smiths Detection [online]. [cit. 2021-08-10]. Dostupné z: <https://www.smithsdetection.com/products/eqo/>
- [30] R&S QPS quick personnel security scanner. Rohde & Schwarz [online]. [cit. 2021-08-09]. Dostupné z: https://www.rohde-schwarz.com/in/products/aerospace-defense-security/security-scanner/rs-qps-quick-personnel-security-scanner__63493-332676.html
- [31] *People Screening*. Leidos [online]. [cit. 2021-08-09]. Dostupné z: <https://www.leidos.com/markets/aviation/security-detection/aviation-checkpoint/people-screening>

- [32] *R&S QPS Walk2000*. Rohde & Schwarz [online]. [cit. 2021-08-09]. Dostupné z: https://www.rohde-schwarz.com/cz/products/aerospace-defense-security/security-scanner/rs-qps-walk2000__63493-978496.html
- [33] EMELIANOV, Iouri. *A COMPARATIVE STUDY OF NEW IMAGING SECURITY TECHNOLOGIES FOR INSPECTING PEOPLE: PART I. ACTIVE MILLIMETER WAVE RADAR VERSUS X – RAY TRANSMISSION SCANNER*. Belarus, 2007. [cit. 2021-10-05] Dostupné také z: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.467.3446&rep=rep1&type=pdf>
- [34] BAUER, Susan. Shoe Scanner Technology on the Horizon. *Pacific Northwest National Laboratory* [online]. Richland, 2021 [cit. 2021-09-09]. Dostupné z: <https://www.pnnl.gov/news-media/shoe-scanner-technology-horizon>
- [35] FERNANDO, Jason. Capital Expenditure (CapEx). *Investopedia* [online]. 2022 [cit. 2022-08-05]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/terms/c/capitalexpenditure.asp>
- [36] Security through technology. Rohde&Schwarz. [Online] 2019. [Citace: 2022-08-07] Dostupné z: https://www.rohde-schwarz.com/hk/applications/security-through-technology-application-card__56279-609176.html.
- [37] ProVision 2 Compact Advanced Personnel Screening. Leidos [PDF]. [cit. 2022-07-09]. Dostupné z: <https://www.leidos.com/sites/g/files/zoouby166/files/2020-07/FS-Leidos-Provision2.pdf>
- [38] HARRIS, Mark. Microsoft to test 'Total Recall'-style personnel scanners at two data centers, Redmond office and mystery East Coast location. *GeekWire* [online]. [cit. 2021-09-14]. Dostupné z: <https://www.geekwire.com/2020/microsoft-test-total-recall-style->

personnel-scanners-two-data-centers-redmond-office-mystery-east-coast-location/

- [39] People and checkpoint screening: ProVision PV2. EAS envimet [online]. [cit. 2022-07-08]. Dostupné z: <https://www.envimet.com/en/product/provision-pv2/>

- [40] Fast, high-resolution screening. Rohde & Schwarz [online]. 2019 [cit. 2022-03-13]. Dostupné z: https://www.rohde-schwarz.com/in/applications/fast-high-resolution-screening-application-card__56279-608841.html#media-gallery-5

- [41] R&S QPS QUICK PERSONNEL SECURITY SCANNERS. Rohde & Schwarz [PDF]. 2022 [cit. 2022-07-09]. Dostupné z: https://scdn.rohde-schwarz.com/ur/pws/dl_downloads/dl_common_library/dl_brochures_and_datasheets/pdf_1/QPS201_bro_en_3606-7160-12_v0400.pdf

- [42] Simple open design. Rohde & Schwarz [online]. 2019 [cit. 2022-07-09]. Dostupné z: https://www.rohde-schwarz.com/hk/applications/simple-open-design-application-card__56279-631360.html

- [43] GRABELL, Michael a Christian SALEWSKI. Sweating Bullets: Body Scanners Can See Perspiration as a Potential Weapon. *ProPublica* [online]. Dec 19 2011 [cit. 2022-08-02]. Dostupné z: <https://www.propublica.org/article/sweating-bullets-body-scanners-can-see-perspiration-as-a-potential-weapon>

Seznam obrázků

Obr. 1	Mapa členských států ECAC
Obr. 2	Model eqo společnosti Smiths Detection
Obr. 3	Model QPS201 společnosti Rohde & Schwarz
Obr. 4	Model Pro Vision 2 společnosti Leidos
Obr. 5	Model QPS WALK2000 společnosti Rohde & Schwarz
Obr. 6	Ukázka záznamového formuláře
Obr. 7	Ukázka zpracovaných dat
Obr. 8	ProVision 2: Nejčastější lokace falešných alarmů – ženy
Obr. 9	ProVision 2: Nejčastější lokace falešných alarmů – muži
Obr. 10	QPS201: Nejčastější lokace falešných alarmů – ženy
Obr. 11	QPS20: Nejčastější lokace falešných alarmů – muži
Obr. 12	Poloha při průchodu ProVision 2
Obr. 13	Poloha při průchodu QPS201
Obr. 14	ProVision 2 – úspěšný průchod
Obr. 15	QPS201 – úspěšný průchod
Obr. 16	ProVision 2 – alarm
Obr. 17	QPS201 – alarm
Obr. 18	ProVision 2: obecná statistika
Obr. 19	QPS201: obecná statistika
Obr. 20	ProVision 2: poměr falešných a skutečných alarmů
Obr. 21	QPS201: poměr falešných a skutečných alarmů
Obr. 22	ProVision 2: pětiminutová statistika
Obr. 23	QPS201: pětiminutová statistika
Obr. 24	Soubor se skutečnými daty

Obr. 25	Soubor s fiktivními daty
Obr. 26	Váhové ohodnocení s důrazem na cenu
Obr. 27	Váhové ohodnocení s důrazem na propustnost
Obr. 28	Váhové ohodnocení s důrazem na scan-to-scan time
Obr. 29	Soubor s limity zařízení
Obr. 30	Uživatelské rozhraní
Obr. 31	Porovnání skutečných dat s důrazem na propustnost
Obr. 32	Porovnání skutečných dat s důrazem na scan-to-scan time
Obr. 33	Porovnání fiktivních dat s důrazem na cenu
Obr. 34	Porovnání fiktivních dat s důrazem na propustnost
Obr. 35	Porovnání fiktivních dat s důrazem na scan-to-scan time

Seznam tabulek

Tabulka 1	význam použitých zkratk
-----------	-------------------------

Seznam rovnic

Rovnice 4.1	Výpočet propustnosti na plochu
Rovnice 4.2	Výpočet pravděpodobnosti falešného alarmu

Seznam příloh

Příloha A	Zdrojový kód
Příloha B	Uživatelské rozhraní programu na vyhodnocování

PŘÍLOHA A – Zdrojový kód

```
function varargout = Skenery_vyhodnoceni(varargin)
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                  'gui_Singleton',   gui_Singleton, ...
                  'gui_OpeningFcn', @Skenery_vyhodnoceni_OpeningFcn, ...
                  'gui_OutputFcn',  @Skenery_vyhodnoceni_OutputFcn, ...
                  'gui_LayoutFcn',  [], ...
                  'gui_Callback',    []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT

% --- Executes just before Skenery_vyhodnoceni is made visible.
function Skenery_vyhodnoceni_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
% This function has no output args, see OutputFcn.
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
% varargin   command line arguments to Skenery_vyhodnoceni (see VARARGIN)

% Choose default command line output for Skenery_vyhodnoceni
handles.output = hObject;

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% UIWAIT makes Skenery_vyhodnoceni wait for user response (see UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);

% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = Skenery_vyhodnoceni_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)
% varargout  cell array for returning output args (see VARARGOUT);
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Get default command line output from handles structure
varargout{1} = handles.output;

function [sortedResultsTable, status] = processData()
scannerDataTable = getappdata(0, 'scannerDataTable');
scannersCount = size(scannerDataTable, 1);
if scannersCount < 1
    errordlg('Vstupni soubor neobsahuje zadna data.', 'modal');
    sortedResultsTable = 0;
    status = 0;
    return;
end

scannerLimitsTable = getappdata(0, 'scannerLimitsTable');
```

```

limitsCount = size(scannerLimitsTable, 1);
if limitsCount < 1
    errordlg('Soubor s limity neobsahuje zadna data.', 'modal');
    sortedResultsTable = 0;
    status = 0;
    return;
end

resultsTable = getappdata(0, 'scannerDataTable');
scannerWeightsTable = getappdata(0, 'scannerWeightsTable');
criteriaCount = size(scannerWeightsTable, 2) - 1; % prvni sloupec jsou nazvy
if criteriaCount < 1
    errordlg('Nebyla zadana zadna kriteria.', 'modal');
    sortedResultsTable = 0;
    status = 0;
    return;
end

for i = 1:criteriaCount
    col = scannerDataTable(:,i+1); % v prvnim sloupci jsou nazvy
    min = scannerLimitsTable{1,i+1}; % v prvnim sloupci jsou nazvy
    weight = scannerWeightsTable{1,i+1}; % v prvnim sloupci jsou nazvy
    criteriaRank = processSingleCriteria(col, min, weight);
    rank(:,i) = criteriaRank;
    resultsTable{:,i + 1} = criteriaRank; % v prvnim sloupci jsou nazvy
end
total = sum(rank,2); % scitam radek
resultsTable{:,criteriaCount + 2} = total; % +2 protoze +1 za nazvy souboru
% a +1 za pridani sloupce na konec
resultsTable.Properties.VariableNames(criteriaCount + 2) = {'Celkem'};
sortedResultsTable = sortrows(resultsTable, size(resultsTable, 2), 'descend');
status = 1;

function rank = processSingleCriteria(criteriaColumn, criteriaMin,
    criteriaWeight)
columnMin = criteriaMin;
realColumnMin = min(criteriaColumn{:,1});
columnMax = max(criteriaColumn{:,1});
dataRange = columnMax - columnMin;
realDataRange = columnMax - realColumnMin;

for i = 1:size(criteriaColumn, 1)
    if realDataRange == 0
        rank(i,1) = 0;
    else
        % redukce k minimu
        % vydeleni rozsahem - dostanu cislo od 0 do 1
        % *9 - dostanu cislo od 0 do 9
        % +1 - od 1 do 10
        % *vaha
        rank(i,1) = round(criteriaWeight * ((criteriaColumn{i,1}
            - columnMin)/dataRange*9 + 1));
    end
end

% --- Executes on button press in resultGenerator.
function resultGenerator_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to resultGenerator (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

[resultsTable, status] = processData();
if status == 1
    fig = uifigure('Position',[100 100 800 300]);

```

```

        uitable(fig, 'Data', resultsTable, 'Position', [25 25 700 200]);
    end

% --- Executes on button press in loadData.
function loadData_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to loadData (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
[FILENAME, PATHNAME] = uigetfile('*.csv');
scannerDataFilePath = [PATHNAME, FILENAME];
filenameParts = strsplit(FILENAME, '.');
suffix = filenameParts{1, end};
if strcmp(suffix, 'csv')
    opts = detectImportOptions(scannerDataFilePath);
    scannerDataTable = readtable(scannerDataFilePath, opts);
    %msgbox('Vstupní data načtena.');
```

```

    setappdata(0, 'scannerDataTable', scannerDataTable);
else
    errorDlg('Zvoleny soubor ma chyby format.', 'modal')
end

% --- Executes on button press in loadWeights.
function loadWeights_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to loadWeights (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
[FILENAME, PATHNAME] = uigetfile('*.csv');
scannerWeightsFilePath = [PATHNAME, FILENAME];
filenameParts = strsplit(FILENAME, '.');
suffix = filenameParts{1, end};
if strcmp(suffix, 'csv')
    opts = detectImportOptions(scannerWeightsFilePath);
    scannerWeightsTable = readtable(scannerWeightsFilePath, opts);
    %msgbox('Váhy načteny.');
```

```

    setappdata(0, 'scannerWeightsTable', scannerWeightsTable);
else
    errorDlg('Zvoleny soubor ma chyby format.', 'modal')
end

% --- Executes on button press in loadLimits.
function loadLimits_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to loadLimits (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
[FILENAME, PATHNAME] = uigetfile('*.csv');
scannerLimitsFilePath = [PATHNAME, FILENAME];
filenameParts = strsplit(FILENAME, '.');
suffix = filenameParts{1, end};
if strcmp(suffix, 'csv')
    opts = detectImportOptions(scannerLimitsFilePath);
    scannerLimitsTable = readtable(scannerLimitsFilePath, opts);
    %msgbox('Limity načteny.');
```

```

    setappdata(0, 'scannerLimitsTable', scannerLimitsTable);
else
    errorDlg('Zvoleny soubor ma chyby format.', 'modal')
end

```

PŘÍLOHA B – Uživatelské rozhraní programu na vyhodnocování

Vzhledem k formátu souboru není možné poskytnout textový přepis. Tento soubor je přiložen na datovém nosiči.