

## Obsah dokumentu

1.	CESTNÉ TUNELY V PREPOJENEJ A AUTONÓMNEJ BUDÚCNOSTI – ANALÝZA VÝSKUMNÝCH PRÍLEŽITOSTÍ.....	8
1.1	Použité skratky v prvej kapitole.....	8
1.2	Úvod .....	8
1.3	Východiská.....	9
1.3.1	Prepojitelnosť (Connectivity) .....	9
1.3.2	Automatizácia.....	10
1.3.3	Zdieľanie .....	11
1.3.4	Elektrifikácia .....	11
1.3.5	Umelá inteligencia a strojové učenie .....	12
1.4	Doména cestných tunelov.....	12
1.4.1	Určenie počtu ohrozených osôb .....	14
1.4.2	Rozmiestnenie osôb/ vozidiel/ nebezpečného tovaru pozdĺž tunelovej rúry .....	15
1.4.3	Monitorovanie stavu vozidiel .....	16
1.4.4	Monitorovanie zdravotného stavu vodičov a cestujúcich.....	16
1.4.5	Monitorovanie pracovníkov údržby .....	16
1.4.6	Automatizácia evakuačného procesu.....	16
1.4.7	Potlačenie požiaru EV alebo elektrického AV, CAV .....	17
1.4.8	Nasadenie elektrického cestného systému (ERS).....	17
1.4.9	Automatizovaná kontrola bezpečnosti tunela .....	18
1.4.10	Pokročilé donucovacie (enforcement) techniky.....	19
1.4.11	Koncept vozidlo-ako-senzor .....	19
1.4.12	Analýza veľkých dát .....	19
1.4.13	Jazyková adaptácia & Infotainment .....	21
1.4.14	Zaistenie bezpečnosti .....	21
1.4.15	Výnimočné dopravné situácie .....	21
1.5	Diskusia.....	21
1.6	Záver kapitoly .....	24
1.7	Literatúra .....	24
2	ARCHITEKTÚRA INFORMAČNÉHO SYSTÉMU TELEMATICKEJ PODPORY PRI POŽIARI V CESTNOM TUNELI30	
2.1	Úvod kapitoly.....	30
2.2	Relevantné informácie počas požiaru v cestnom tuneli .....	30
2.2.1	Druh vozidla.....	30
2.2.2	Druh a množstvo horiacej látky.....	30
2.2.3	Výkon požiaru.....	31

2.2.4	Rýchlosť prúdenia vzduchu v tuneli .....	32
2.2.5	Hustota dopravy .....	32
2.2.6	Teplota.....	33
2.2.7	Tepelné žiarenie .....	33
2.2.8	Dym .....	34
2.3	Zdroje informácií v reálnom čase .....	34
2.3.1	Senzorický systém tunela .....	34
2.4	Simulácia požiaru.....	37
2.4.1	Jednorozmerná simulácia v reálnom čase.....	37
2.5	Dodatočné snímače použiteľné pre prípad požiaru .....	38
2.5.1	Senzorická sieť.....	38
2.5.2	Inšpekčný robot.....	39
2.6	Reprezentácia priestoru tunela počas mimoriadnej situácie.....	40
2.7	Informačný systém umožňujúci zber údajov pomocou mobilných robotov.....	40
2.7.1	Architektúra.....	41
2.7.2	Architektúra informačného systému.....	41
2.8	Použiteľné technológie.....	42
2.8.1	Centrálny riadiaci systém .....	42
2.8.2	Inšpekčné roboty a pozemná stanica .....	42
2.8.3	Aplikačný server .....	43
2.8.4	Prezentačný server .....	44
2.9	Prvky informačného systému .....	44
2.9.1	Štruktúra dát .....	44
2.10	Prepojenie medzi lokálnou databázou pozemnej stanice a hlavnou databázou .....	51
2.11	Komunikačné protokoly .....	52
2.12	Zabezpečenie komunikácie .....	53
2.13	Záver kapitoly .....	53
2.14	Literatúra kapitoly 4. ....	53
3	WEB PORTÁL SMART TUNEL .....	55
3.1	Označovanie .....	55
3.2	Prístupové práva.....	55
3.2.1	Administrátor .....	55
3.2.2	Operátor .....	55
3.2.3	Používateľ.....	55
3.3	Webová stránka.....	55
3.4	Tunel.....	57
3.5	Administratíva .....	61
3.6	Editovanie používateľov .....	62

3.7	Nový tunel .....	63
3.8	Nový tunelový úsek .....	65
3.9	Nový segment tunelového úseku .....	67
3.10	Nový snímač v tunelovom úseku .....	69
3.11	Záchranný a servisný robot v tuneli .....	72
3.12	Literatúra .....	73
4	Mobilná robotika v oblasti cestných tunelov .....	74
4.1	Mobilné roboty pre špeciálne použitie .....	74
4.1.1	Pátracie a záchranárske roboty .....	74
4.1.2	Hasičské roboty .....	75
4.1.3	Roboty určené na prieskum a sledovanie .....	75
4.2	Sférický robot – Ball Bot .....	77
4.2.1	Stručný prehľad sférických robotov vo svete .....	77
4.3	Všeobecná kinematika .....	79
4.4	Mechanizmy riadenia .....	79
4.4.1	Priame riadenie .....	79
4.4.2	Riadenie pomocou gravitácie .....	81
4.4.3	Riadenie pomocou momentu hybnosti .....	84
4.4.4	Iné typy mechanizmov .....	85
4.4.5	Porovnanie predstavených typov riadení .....	86
4.5	Obmedzenia sférického robota .....	87
4.5.1	Naklonená rovina .....	88
4.5.2	Prekážky typu schod .....	89
4.6	Koncept sférického robota KRIS (SRKRIS) .....	90
4.6.1	Architektúra mobilného robota .....	90
4.7	Literatúra .....	95

## Zoznam obrázkov

Obr. 1.1	Pochopenie vzájomného vzťahu uvažovaných konceptov .....	11
Obr. 1.2	Mapa funkcií pre dohľad a riadenie tunela .....	14
Obr. 1.3	Procesy počítania cestujúcich .....	15
Obr. 1.4	Koncepcia riadenia cestného tunela založená na aktuálnej hodnote rizika .....	18
Obr. 1.5	Návrh architektúry budúceho inteligentného tunela založená na IoT .....	20
Obr. 1.6	Doplňky pre mapu funkcií pre dohľad a riadenie tunela .....	22
Obr. 2.1	Architektúra centrálného riadiaceho systému tunela [6] .....	36
Obr. 2.2	Distribučný senzorický systém založený na inšpekčných robotoch .....	40

Obr. 2.3 Problém s lineárnou aproximáciou vozovky v oblúku (polomer 800 m, dĺžka úseku 250 m, mierka približne 1:5000).	40
Obr. 2.4 Architektúra krízového informačného systému pre cestné tunely.	42
Obr. 2.5 Implementácia databázy pomocou relačného modelu.	51
Obr. 3.1 Prihlasovací formulár.	56
Obr. 3.2 Úvodná obrazovka.	56
Obr. 3.4 Druhý úsek južnej tunelovej rúry	59
Obr. 3.6 Vlastnosti snímača opacity	60
Obr. 3.8 Úvodná obrazovka (administrátor)	61
Obr. 3.9 API dokumentácia	62
Obr. 3.10 Používatelia	62
Obr. 3.11 Registrovanie nového používateľa	63
Obr. 3.12 Nový tunel	63
Obr. 3.13 Obrázok 13. Zobrazenie nového tunela na konci tabuľky	63
Obr. 3.14 Upraviť tunel	64
Obr. 3.15 Vytvorenie nového portálu pre tunel.	64
Obr. 3.16 Zobrazenie nového portálu	65
Obr. 3.17 Doplnenie údajov o portáloch v hlavnej tabuľke	65
Obr. 3.18 Vytvorenie nového úseku tunela	65
Obr. 3.19 Pridanie nového úseku do tunela.	66
Obr. 3.20 Úprava úseku.	67
Obr. 3.21 Vytvorenie nového segmentu	68
Obr. 3.22 Pridanie nového segmentu do tunelového úseku.	68
Obr. 3.23 Predvyplnený formulár na vytvorenie ďalšieho segmentu	69
Obr. 3.24 Vytváranie tunela	69
Obr. 3.25 Vytvorenie nového snímača	70
Obr. 3.26 Pridanie nového snímača do tunelového úseku	71
Obr. 3.27 Vloženie surovej hodnoty.	71
Obr. 3.28 Jednotlivé stavy snímača	72
Obr. 3.29 Prieskumný robot na začiatku tunela.	72
Obr. 3.30 Prieskumný robot po 90 metroch	73
Obr. 3.31 Prieskumný robot pred miestom nehody	73
Obr. 4.1 PackBot [1]	74
Obr. 4.2 Prototyp lacného prieskumného robota [3].	75
Obr. 4.3 Požiarne roboty	75

Obr. 4.4 Roboty určené na prieskum a sledovanie .....	76
Obr. 4.5 Sféricke prieskumné roboty .....	76
Obr. 4.6 Japonský robot ball určený na prieskum Mesiaca [10] .....	77
Obr. 4.7 Spheroo SPRK+ [12] .....	78
Obr. 4.8 GroundBot [13] .....	78
Obr. 4.9 FreeBOT [14] .....	78
Obr. 4.10 Principiálna schéma mechanizmu s jedným kolesom [41] .....	80
Obr. 4.11 Principiálna schéma mechanizmu "škrek v guľi" [41] .....	81
Obr. 4.12 Principiálna schéma mechanizmu posúvania závaží [41] .....	81
Obr. 4.13 Principiálna schéma kyvadlového mechanizmu [41] .....	82
Obr. 4.14 Principiálna schéma dvojkyvadlového mechanizmu [41] .....	83
Obr. 4.15 Principiálna schéma kardanového mechanizmu [41] .....	83
Obr. 4.16 Principiálna schéma mechanizmu s ortogonálne uloženými motormi [41] .....	84
Obr. 4.17 Principiálna schéma mechanizmu so zotrvačníkom na kyvadle [41] .....	85
Obr. 4.18 Principiálna schéma mechanizmu s deformáciou plášťa [41] .....	86
Obr. 4.19 Posun kontaktného bodu [41] .....	86
Obr. 4.20 Pomer posunu CoM a využitia priestoru .....	88
Obr. 4.21 Obmedzenia sférického robota .....	89
Obr. 4.22 Graf obmedzení sférického robota .....	89
Obr. 4.23 Logická štruktúra mobilného robota .....	91
Obr. 4.24 Fyzická architektúra mobilného robota. Snímače sú priamo napojené na ich korešpondujúci ovládač. ....	92
Obr. 4.25 Koncept sférického robota .....	93
Obr. 4.26 Bloková schéma návrhu sférického robota SRKRIS .....	94
Obr. 4.27 Sférický robot SRKRIS vľavo .....	95

## Zoznam tabuliek

Tab. 1.1 Zoznam výskumných výziev týkajúcich sa diskutovaných príležitostí .....	22
Tab. 2.1 Maximálna doba expozície pri prenose tepla vedením pre evakuujúce sa osoby [8] .....	33
Tab. 2.2 Prípustné doby expozície tepelnému žiareniu pre evakuujúce sa osoby [8]. ....	33
Tab. 2.4 Prístupové práva do informačného systému. ....	44
Tab. 4.1 Vlastnosti sférických robotov [41] .....	87