Technologické trendy v silniční dopravě

4. etapa

 oblast silniční infrastruktura

Aktualizace strategické výzkumné agendy

VARS Brno, spol. s r.o.

květen 2019

Vypracoval řešitelský tým ve složení:

* Ing. David Novák
* Ing. Robert Knap
* Ing. Zdenek Pokorný
* Ing. Ivan Budík
* Ing. Josef Stryk, Ph.D.

**Obsah**

[**1.** **Oblast silniční infrastruktura** 4](#_Toc10040252)

[1.1 Úvod 4](#_Toc10040253)

[1.2 Hlavní problémy výzkumu a vývoje v oblasti silniční infrastruktury 4](#_Toc10040254)

[1.3 Vize budoucího stavu v roce 2030 4](#_Toc10040255)

[1.4 Nástin zaměření a obsahu hlavních výzkumných témat 5](#_Toc10040256)

[1.4.1 Téma 1: Datový sklad pro výměnu aktuálních dat o dopravní infrastruktuře 5](#_Toc10040257)

[1.4.3.1 Zaměření a cíle 5](#_Toc10040258)

[1.4.3.2 Stručný popis tématu 5](#_Toc10040259)

[1.4.2 Téma 2: Konsolidace dat o infrastruktuře pozemních komunikací prostřednictvím integrační platformy 6](#_Toc10040260)

[1.4.3.1 Zaměření a cíle 6](#_Toc10040261)

[1.4.3.2 Stručný popis tématu 7](#_Toc10040262)

[1.4.3 Téma 3: Automatizovaná analýza bezpečnostních opatření z 3D dat 11](#_Toc10040263)

[1.4.3.1 Zaměření a cíle 11](#_Toc10040264)

[1.4.3.2 Stručný popis tématu 12](#_Toc10040265)

[1.4.4 Téma 4: Plánování oprav a uzavírek silnic na základě simulace odolnosti silniční sítě vůči dopravním kolapsům 18](#_Toc10040266)

[1.4.3.1 Zaměření a cíle 18](#_Toc10040267)

[1.4.3.2 Stručný popis tématu 18](#_Toc10040268)

[1.5 Závěr kapitoly 21](#_Toc10040269)

[Seznam zdrojů 22](#_Toc10040270)

## **Oblast silniční infrastruktura**

## Úvod

Cílem pracovní skupiny Silniční infrastruktura je využít široké odborné zázemí jejích účastníků a prohloubit diskusi nad aktuálními tématy, které by bylo vhodné rozpracovat v samostatných projektech R&D.

Aktualizace strategické výzkumné agendy je zaměřena na definici témat v tomto kontextu důležitých a přínosných.

## Hlavní problémy výzkumu a vývoje v oblasti silniční infrastruktury

V předchozích dokumentech byly popsány mnohé praktické problémy – malá míra komunikace mezi zhotoviteli a odběrateli, podfinancování a nejasné začlenění výzkumu, problematické workflow zavádění nových technologií apod.

Za další závažný problém, který také ovlivňuje i témata v tomto dokumentu, považujeme neschopnost a neochotu věnovat se problematice, která je komplexní a zasahuje do více technologických oborů dopravy.

S tímto problémem se setkáváme jak u zadavatelů, kteří mají obvykle rigidně stanovenou strukturu organizace, takže mezioborové problémy přísluší vlastně více organizačním jednotkám, které se obvykle nejsou schopny mezi sebou domluvit. Současně ho nacházíme i v komerční sféře, kde ostré hrany oborů, vzniklé většinou už typem vzdělání konkrétních pracovníků, zpomalují inovace v multioborové problematice.

Dalším problémem může být nedůvěra komerční sféry ve schopnost státních organizací některé věci organizovat, provozovat, řešit a vyřešit. Takovým příkladem může být vývoj v oblasti autonomního a asistovaného řízení vozidel, které se téměř výhradně soustředí na perspektivu samotného vozidla bez vážnější vazby na infrastrukturu a data o ní.

## Vize budoucího stavu v roce 2030

Vize stavu infrastruktury v roce 2030+ vychází ze dvou zásadních změn oproti současnosti.

Předpokládáme, že po roce 2030 by měla být v zásadě dobudovaná základní dálniční a silniční infrastruktura nebo by měla být minimálně v procesu aktivního budování. To přinese potřebu přesunout investice z budování infrastruktury do inteligentní a dlouhodobě udržitelné údržby infrastruktury. Kromě dlouhodobé udržitelnosti bude další požadavek na uživatelský komfort a minimalizaci omezení na infrastruktuře. V této souvislosti se rozhodování o zásazích do infrastruktury přesune z technických parametrů na parametry socio-ekonomické a parametry hodnotící rizika – např. odolnosti infrastruktury.

Druhým zásadním faktorem po roce 2030 bude pravděpodobně výrazný nárůst a rozšíření vozidel s asistovaným nebo dokonce autonomní provozem minimálně na vyčleněných částech infrastruktury v rurálním prostředí – zejména na dálnicích. Pro tyto prostředky bude zásadní disponovat maximem informací o technickém stavu infrastruktury jak z pohledu statické informace o technických parametrech (např. sklon, šířka pruhu apod.) tak o proměnných, dynamických informacích o kvalitě a aktuálním stavu.

## Nástin zaměření a obsahu hlavních výzkumných témat

Navržená témata v oblasti silniční infrastruktury nastiňují na základě předchozí kapitoly zejména multioborové problémy, kterým se podle nás nevěnuje náležitá pozornost a které jsou vhodné a užitečné k podrobnějšímu rozpracování.

### Téma 1: Datový sklad pro výměnu aktuálních dat o dopravní infrastruktuře

#### Zaměření a cíle

Vývoj centrálního datového skladu, který by byl schopen do automobilů s pokročilými asistenčními systémy a do autonomních vozidel posílat aktuální informace o vlastnostech a kvalitě komunikace (např. šířka, příčný profil, poškození – trhliny apod.) a zároveň na základě zpětné vazby z asistenčních systémů by poskytnuté informace verifikoval a upozorňoval na jejich případný nesoulad.

**Očekávané přínosy**:

* Soustředění všech dostupných údajů o stavebně-technických charakteristikách silničních komunikací.
* Soustředění aktuálních (online) informací o provozních charakteristikách silničních komunikací.
* Verifikace a online zpracování všech získaných dat.
* Poskytování relevantních dat na jednotném otevřeném rozhraní pro odběr ze strany asistenčních systémů a systémů autonomního řízení.

#### Stručný popis tématu

**Návrh datového úložiště charakteristik silničních komunikací**:

Navrhnout způsob, jak ukládat jednotlivé typy dat vázaně na síť silničních komunikací. Při návrhu bude třeba zohlednit zejména:

* způsob lokalizace sledovaných charakteristik a způsob vazby na síť,
* očekávanou frekvenci aktualizací sledovaných charakteristik,
* očekávanou strukturu vstupních dat a kroků jejich následného zpracování,
* navržený způsob distribuce dat.

**Zajištění stavebně-technických charakteristik:**

Navrhnou způsob, jak především od správců komunikací získávat stavebně technické charakteristiky silnic, např.:

* směrové a výškové vedení trasy – včetně poloměrů zatáček, detekce nepřehledných horizontů, rozhledové trojúhelníky v křižovatkách apod.,
* podélný a příčný sklon,
* typ povrchu vozovky,
* šířkové uspořádání,
* vybavení komunikací – např. bezpečnostní (svodidla, zdi…),
* stav povrchu vozovky (dlouhodobý) – vyjeté koleje, drsnost apod.,
* obvyklé rychlosti…

Detekovat možnosti aktualizace některých charakteristik z asistenčních systémů připojených vozidel.

**Zajištění aktuálních provozních charakteristik**

Navrhnout zdroje aktuálních (online) informací týkajících se:

* stavu vozovky a sjízdnosti – informace o lokálních závadách (např. výtluky), zhoršené parametry sjízdnosti (meteorologická situace, provedená zimní údržba…),
* aktuálních změn v organizaci dopravy – rychlostní limity, omezení provozu a uzavírky,
* opakovaných nestandardních reakcí asistenčních systémů a autonomních vozidel (akcelerometry, ABS, ESP…).

**Návrh zpracování dat**

Navrhnout procesy zpracování vstupních dat v návaznosti na jejich formáty a poskytovatele. Principy řešení věcných nesouladů (např. relevance dat závislá na počtu výskytů v místě a čase), priorit podle zdroje a typu informace apod.

**Návrh distribuce dat**

Navrhnout způsob zpřístupnění aktuálních dat pro asistenční systémy vozidel:

* Zmapovat formáty a struktury, ve kterých jsou asistenční systémy schopné konzumovat externí data,
* Navrhnout strukturu a povinné parametry požadavků zasílaných z asistenčních systémů,
* Definovat základní provozní parametry systému, např. dostupnost a odezvy,
* Provést principiální návrh architektury zajišťující požadované parametry,
* Stanovit požadavky na monitoring fungování systému.

**Vytvoření prototypu**

Vytvořit prototyp části datového skladu pro vybraný zdroj / konzumenta z aktuálně dostupných asistenčních systémů pro ověření obousměrné komunikace a zpracování dat.

### Téma 2: Konsolidace dat o infrastruktuře pozemních komunikací prostřednictvím integrační platformy

#### Zaměření a cíle

Tématem je Konsolidace dat o infrastruktuře pozemních komunikací prostřednictvím integrační platformy tak, aby v současné době roztříštěná datová základna byla využitelná jako zdroj pro rozvoj informačních systémů pro podporu řízení dopravního provozu a pro systémy autonomního a asistovaného řízení. Datový sklad by měl obsahovat nejen samotná data, ale jejich kvalitativní kategorizaci, která by umožnila např. autonomním systémům rozhodnout, jestli jsou v daný okamžik relevantní a kredibilní.

Cíle:

* Připravit služby pro podporu rozvoje inovativních služeb a produktů s přidanou hodnotou v oblasti silniční dopravy.
* Připravit služby pro podporu autonomního a asistovaného řízení dopravních prostředků.
* Navrhnout infrastrukturu pro provoz integrační platformy dat o infrastruktuře pozemních komunikací a provozu na ni.
* Rozvoj informací o silniční infrastruktuře a provozu.

#### Stručný popis tématu

**Inteligentní dopravní systémy**

Inteligentní dopravní systémy jsou pokročilé aplikace, jež – aniž by byly samy o sobě byly inteligentními – mají za cíl poskytovat inovativní služby týkající se různých druhů dopravy a řízení provozu a umožňují různým uživatelům lepší informovanost a poskytují bezpečnější, koordinovanější a „inteligentnější“ používání dopravních sítí.

V oblasti silniční dopravy je klíčovým předpisem Směrnice ITS 2010/40/EU, která stanoví rámec na podporu koordinovaného a soudržného zavádění a využívání inteligentních dopravních systémů (ITS). V ČR byla směrnice transponována do novelizace zákona 13/1997 Sb. o pozemních komunikacích.

**Dopravní data**

Dopravní data představují klíčový vstup pro řízení a organizaci dopravy prostřednictvím ITS, poskytování dopravních informací řidičům a pro jejich využití pro autonomní a asistované řízení. Je proto důležité, aby ČR měla k dispozici data o infrastruktuře pozemních komunikací a dopravě v potřebném rozsahu a kvalitě. Nedostatek a inkoherence dat způsobuje, že provozované systémy ve veřejném i privátním sektoru nevyužívají plně svůj potenciál a dopravní systém jako celek nepracuje optimálně.

V souvislosti s nastavením vlastnictví komunikací a související infrastruktury v ČR jsou zdroje dat často kompetenčně a obsahově roztříštěné, případně se data pořizují duplikovaně a mohou zde vznikat neharmonizované překryvy jejich rozsahu a obsahu. Komplikovaný je pak proces rozhodování o jejich garantovatelnosti a kvalitě (přesnost, aktuálnost a kompletnost) a tím jejich využitelnost například v kontextu rozhodování umělé inteligence.

Data vznikají na úrovni státu (Ministerstvo dopravy), krajských, městských a obecních úřadů, ale i u fyzických a právnických osob (např. účelové komunikace a vlečky). V případě, že jsou zájmy na některé části společné (železniční most nad pozemní komunikací), může tato skutečnost vést ke zdvojené evidenci a nekonzistenci dat.

Kromě výše zmíněných pořizovatelů dat existují i zdroje u:

* Ministerstva pro místní rozvoj (digitalizace stavebního řízení, digitální technické mapy),
* Ministerstva vnitra (Policie ČR, IZS),
* Ministerstva životního prostředí (meteo data, chráněná území - regulativy),
* ČÚZK (ZABAGED, ortofoto)
* akademické a výzkumné sféry,
* správců komunikací,
* vlastníků a provozovatelů inženýrských sítí,
* koordinátorů veřejné dopravy, dopravních podniků,
* přepravních společností
* projekčních a geodetických kanceláří
* producentů mapových podkladů
* a dalších subjektů.

Cílem je konsolidovat data využitelná pro pohyb na síti pozemních komunikací a řízení dopravního proudu.

Je zapotřebí identifikovat nezbytné požadavky, aby data silničních, dopravních a přepravních služeb používaná popis komunikací byla přesná a pokud možno dostupná producentům odvozených dat a poskytovatelům služeb, na základě

* dostupnosti stávajících dat o silniční síti a dopravním provozu,
* usnadnění elektronické výměny dat mezi příslušnými veřejnými orgány a zúčastněnými stranami,
* včasné aktualizace dat o silniční síti a dopravním provozu příslušnými veřejnými orgány a zúčastněnými stranami,
* včasné aktualizace poskytovaných dat poskytovateli služeb.

**Základní výběr dat**

Následující seznam obsahuje základní výběr dat, která jsou využitelná pro další zpracování a poskytování

* Data o silniční síti
	+ Geodetická zaměření
	+ Geometrické vedení trasy
	+ Síťový graf komunikací
	+ Šířkové uspořádání komunikace
* Data o vybavení pozemních komunikací
	+ Vodorovné dopravní značení
	+ Svislé dopravní značení
	+ Signalizační a světelná zařízení
	+ Proměnné dopravní značení
	+ Telematická zařízení
	+ Mosty, propustky, podjezdy, tunely (únosnost, průjezdný profil,…)
	+ Odpočívky
	+ Parkoviště
	+ Mýtné brány
* Data vlastností pozemních komunikací
	+ Pasportizační popis silnic
	+ Proměnné parametry
		- Příčné nerovnosti - vyjeté koleje, hloubka vody ve vyjetých kolejích
		- Podélná nerovnost - IRI (International Roughness Index)
		- Makrotextura MPD (Mean Profile Depth)
		- Geometrie vozovky - příčný sklon vozovky, podélný profil vozovky
		- Únosnost
		- Smykové vlastnosti
	+ Poruchy a závady
	+ Stav komunikací
* Dopravní informace
	+ Intenzity dopravy (CSD, FCD)
	+ Dopravní události
	+ Dopravní omezení
	+ Nehody a nehodové lokality
* Data o kříženích s jinou infrastrukturou
	+ Osy kolejí
	+ Přejezdy, data sdělovací a zabezpečovací techniky,
	+ Vlečky
	+ Nadzemní vedení inženýrských sítí
* Meteo informace
* Regulativy z důvodu ochrany životního prostředí, památek a další
* Data z mapovacích systémů
	+ laserscanová data,
	+ snímky a panoramatické snímky,
	+ odvozená data z výše uvedených zdrojů (automatickou detekcí)
* Data od mobilních operátorů
* Data z kooperativních dopravních systémů (C-ITS)
* BIM

**Kvalita dat**

Jedním ze základních požadavků na konsolidovaná data je, vzhledem k předpokládanému využití dat, jejich kvalita.

Kvalitu dat je potřeba v první řadě zabezpečit na straně jejich poskytovatelů. Integrační platforma bude na své straně zabezpečovat kontrolu přijímaných dat za účelem zajištění jejich interoperability a využití v publikovaných službách.

Kvalita dat je založena na míře naplnění uživatelských požadavků pro práci s danou datovou sadou.

Hlavními důvody k hodnocení kvality dat jsou vyšší možnosti užití, sdílení a integrace těchto dat. Proto je vhodné, aby kvalita dat byla měřena konzistentně způsobem, který umožní porovnat jednotlivé datové sady. Zásadní je proto definice měr, jimiž se kvalita dat má prokazovat.

U kvality dat je nutné pracovat se dvěma pohledy – producenta dat na straně jedné a uživatele na straně druhé. Oba pohledy se potkávají v metadatech.

Od kvality dat a jejich garance se odvíjí také parametr jejich spolehlivosti. Na základě tohoto parametru pak systémy pro autonomní a asistované řízení vyhodnotí jakou vahou tato data zařadí do svých algoritmů a využije je pro navigaci vozidla po pozemní komunikaci.

**Realizace integrační platformy**

Publikační část integrační platformy bude poskytovat informace, potřebné ke zřízení odběru informací o dopravní infrastruktuře pozemních komunikací. Jde zejména o přehled poskytovatelů, jejich zdrojů dopravních informací, včetně technického popisu formátů a protokolů výměny.

Vytvořením integrační platformy dojde k systematickému vytvoření strukturovaného zdroje harmonizovaných a kvalitních dat od různých poskytovatelů, nezávisle na technologii systému, který je poskytuje.

Kroky pro realizaci integrační platformy

* definice cílů integrace a poskytování dat
* popis stávajícího stavu dat o infrastruktuře pozemních komunikací
* návrh na doplnění datových sad pro naplnění cílů
* identifikace zdrojů dat
* autorská práva a licenční podmínky
* posouzení stávající kvality dat
* návrh změn stávajících právních předpisů pro informace o infrastruktuře pozemních komunikací
* souhrn požadavků na dostupnost a kvalitu dat
* návrh opatření na zvýšení a řízení kvality dat
* návrh integrační platformy, služeb a komunikačních protokolů
* návrh opatření pro zabezpečení bezvýpadkové dostupnosti dat
* principy napojení dat a systémů na integrační platformu

Realizací integrační platformy dojde ke zvýšení využití pořizovaných dat, jejich kvality a investovaných prostředků. Přínosy zahrnují zejména zvýšení kapacity silniční sítě, snížení kongescí a znečištění, kratší a předvídatelnější dobu jízdy, zlepšení dopravní bezpečnosti pro všechny účastníky silničního provozu, nižší provozní náklady na vozidla, lepší organizaci a řízení silniční sítě.

Prozatím chybějícím aspektem konsolidace dat a spolupráce na celé síti pozemních komunikací v oblasti silniční dopravy je Centrální evidence pozemních komunikací (CEPK) jejíž vznik je dán §29a zákona č. 13/1997 Sb. ve znění pozdějších předpisů a prováděcí vyhlášky. Tato vyhláška je nyní v legislativním procesu.

Vlastní sjednocování dat o pozemních komunikacích bez rozdílu kategorie komunikace a jejího vlastníka by mělo probíhat v následujících letech po ukončení legislativního procesu.

### Téma 3: Automatizovaná analýza bezpečnostních opatření z 3D dat

#### Zaměření a cíle

Tématem je Automatizovaná analýza bezpečnostních opatření z 3D dat pro posouzení stavu pozemních komunikací a jejich souladu s návrhovými parametry příslušné kategorie.

**Cíle :**

Automatizovat vyhodnocení 3D dat pro

* vyhodnocení souladu konstrukčního uspořádání a aktuálního stavu pozemní komunikace a souvisejících objektů a jevů s návrhovými parametry a technickými podmínkami,
* detekci poruch,
* hodnocení proměnných parametrů komunikací

a poskytovat podklady pro provádění prohlídek a inspekcí pozemních komunikací, mostů a dalších součástí dopravní infrastruktury.

#### Stručný popis tématu

**Prohlídky a inspekce pozemních komunikací**

Cílem prohlídek a inspekcí pozemních komunikací a jejich součástí dle Zákona o pozemních komunikacích je stanovení jednotného způsobu záznamu jevů sledovaných v jejich rámci. Její součástí je i stanovení kritérií na posouzení zjištěných skutečností. Tyto prohlídky probíhají minimálně v zákonem stanovené periodicitě, přejímkách staveb a majetku a při mimořádných událostech.

Sledováno je obvykle celé těleso komunikace, včetně součástí a příslušenství, bezpečnostní opatření a rozhledových poměrů.

Parametry, které musí komunikace splňovat dle zatřízení do kategorie (dálnice, silnice I. až III. třídy, místní a účelové komunikace), jsou určeny normou ČSN 73 6101.

U poruch je sledován jejich rozsah (plocha, délka) a umístění na vozovce. Jevy zjištěné v průběhu prohlídky mohou být doplněny o dostupné údaje proměnných parametrů (drsnost, podélná a příčná nerovnost, zbytková životnost), změřené a vyhodnocené na základě příslušných ČSN.

Mostní objekty jsou sledovány podle závazné ČSN 73 6220 a doporučené ČSN 73 6221.

Pro zemní těleso komunikace, odvodňovací zařízení a další objekty mimo mostních je evidován jejich výskyt, umístění (poloha a délka), stavebně technický stav a funkčnost.

Je evidován i výskyt dalších součástí a příslušenství komunikace, umístění (poloha, resp. délka) a technický stav. Skutečný stav je kontrolován s údaji v pasportu. Zvýšená pozornost je věnována stavu dopravního značení a dopravního zařízení.

Měření a vyhodnocení je prováděno schválenými typy měřicích přístrojů v souladu s doporučenými ČSN.

**3D data**

Prohlídky a inspekce komunikací je možné zefektivnit využitím mobilních mapovacích systémů obsahujících laserový skener. Měřicí vozidlo vybavené laserovým systémem dokáže v krátkém čase poskytnout zásadní informace pro vlastníky a správce komunikací v oblasti kontroly a plánování běžné a souvislé údržby a systémy hospodaření s vozovkou.

V současné době je využíváno operátorské zpracování dat, což přináší delší dobu postprocessingu a data a informace v nich obsažené tak stárnou a stávají se neaktuálními. Současně je takové zpracování méně nákladné, jelikož se jedná především o strojový čas výpočetní infrastruktury.

Jako 3D data jsou zde chápána mračna bodů pořizovaná rotačními laserovými skenery, umístěnými na vozidle. Vhodným doplňkem těchto dat jsou snímky panoramatické kamery a přídavných jednosnímačových kamer, které mohou sloužit k lepší orientaci operátora při vypořádávání sporných dat, nebo pro komplexnější posouzení identifikované poruchy. Obsahují li snímky kamer i externí orientační parametry jednotlivých snímačů, pak mohou být také zdrojem 3D dat.

**Automatické analýzy**

Automatizované zpracování laserscanových dat poskytne objektivní informace o stavu silniční sítě.

Automatická detekce informací z naměřených laserscanových dat nabízí možnost efektivního předzpracování velice detailních mračen bodů a vygenerování bodových, liniových nebo polygonových geometrií, které definují cíleně identifikovaný problém jednodušší formou.

Kombinací výstupních dat s panoramatickými snímky pak lze dále navrhnout efektivní zásah správce komunikace.

Důležitým prvkem řešení je stanovení požadavků na výsledné analýzy dat. Tomu je pak nutno přizpůsobit i samotný sběr 3D dat

- volba měřícího systému a jeho komponent

- způsob pohybu vozidla po komunikaci

- rychlost pohybu vozidla

- nastavení měřícího systému

- posouzení využití vlícovacích bodů

Analýzy budou využívat datový model a implementované úložiště výsledků, nad kterým budou prováděny CRUD operace a prostorové dotazy.

Načítány mohou být mračna bodů z laserscan dat – ground, nižší vegetace, vzrostlá vegetace včetně klasifikace jednotlivých bodů podle síly odrazu. Následně je vhodné provést přípravnou účelovou klasifikaci laserscanových dat.

Proces zpracování dat v případě liniových staveb může pracovat s řídícími liniemi, kterými mohou být například osa komunikace, nebo okraj neprašné části vozovky.

Dalším krokem procesu bude příprava dat pro načítání informací výškového modelu terénu a příprava pro kategorizaci území dle ČSN.



Algoritmy pro vyhodnocení dat musí pracovat například s

- dynamickým výběrem bodů v řešené oblasti,

- vkládáním a vyrovnáním prokládací roviny,

- detekcí chybných bodů,

- identifikací absolutních hodnot příčných a podélných sklonů

- výpočtem celkového sklonu dle postupu ČSN 73 6101

- vytvoření databáze profilů, parametrů sklonů, parametrů přímo měřených informací

- analýzou výsledků podle parametrů definovaných ČSN 73 6101 ČSN 73 6201 a dalších souvisejících norem a technických podmínek,

- integrací informací z dat výškového modelu terénu (výškové segmentace území)

- výpočty parametrů odvodnění ve vztahu k technickým požadavkům

- nalezením dna příkopu v jednotlivých řezech

- výpočtem podélného sklonu odvodnění

- klasifikací typu odvodnění

- testováním identifikace poruchy spádu odvodnění – analýza metodou sousedních profilů

- identifikací míst s poruchou odvodnění – chyba sklonu, malá hloubka vůči vozovce x typ odvodnění

- úrovní pláně od povrchu se liší podle typu komunikace. Tento údaj musí být možno vkládat parametrem.

- výpočty průjezdního profilu

- testováním identifikace rizikových míst

- integrací parametrů norem ČSN

- označením míst s poruchou do databáze pro došetření

Algoritmy musí být parametrizovatelné prostřednictvím uživatelského rozhraní nebo konfiguračním souborem tak, aby při změně ČSN nebo technických podmínek bylo možné ovlivňovat jejich nastavení.

Jednotlivé algoritmy musí být testovány v souvislosti s jejich spolehlivostí a na základě jejího vyhodnocení se musí posoudit, zda a jak velký zásah operátora v postprocessingu bude vyžadován.

Potenciální parametry a jevy získané automatickou detekcí 3D dat

*Pozemní komunikace – povrch vozovky*

- Návrhové parametry a rozměry komunikace

- Vodící proužky

- Krajnice

- Hranice zpevněné plochy

- Podélný profil (stoupání, klesání)

- Příčný profil

- Poruchy vozovky

- Proměnné parametry

- Křížení, sjezdy

- Železniční přejezdy

- Vodorovné dopravní značení

- Šířkové uspořádání

* + Jízdní pásy a jejich šířky
	+ Šířka komunikace
	+ Šířka neprašné části
	+ Šířka středního dělícího pásu
	+ Přídatné a přidružené pruhy
	+ Ostrůvky
	+ Retardéry
	+ Zastávky
	+ Zálivy
	+ Parkovací místa

- Plocha komunikace

- Kanalizační vpusti

*Pozemní komunikace - okolí*

- Návrhové parametry a rozměry silničního tělesa

- Odvodnění

- Pasportizace

* + Svodidla
	+ Zdi
	+ Protihlukové zdi
	+ SDZ
	+ Portály
	+ Reklamy
	+ Stromořadí a jednotlivé stromy
	+ Sloupy, veřejné osvětlení
	+ Přemostění, produktovody
	+ Oplocení
	+ Výška porostu

- Průjezdný profil a jeho omezení

* + Podjezdné výšky – mosty, nadzemní vedení
	+ Přilehlá zástavba
	+ Zeleň (stromy, keře)

**Kontrolní, editační a exportní modul**

Cílem je i vyhodnocení efektivity algoritmů a jejich zařazení do automatického nebo poloautomatického režimu.

Algoritmy v poloautomatickém režimu budou dále vyžadovat zásah operátora prostřednictvím modulu pro rychlou manuální kontrolu klasifikovaných dat. Práce operátora bude cílená přímo na dané lokality a přinese

- možnost kontroly správnosti analýzy,

- prohlížení celkových výsledků,

- zobrazení

* 2D/3D,
* vektorů,
* las bodů,
* výsledků analýz - statistiky

- nástroje pro konsolidaci výsledků

- exporty dat pro integraci do dalších informačních systémů

Přínosem automatizace detekce poruch a nesouladu s normami a technickými podmínkami jakosti pozemních komunikací je jednoznačně zrychlení využití dat a efektivita jejich zpracování i s ohledem na snižující se aktualitu dat v závislosti na čase od jejich pořízení. Toto vyhodnocení umožní postihnout i kontroly některých parametrů, které se běžně neprovádí, protože se obecně předpokládá, že byly zohledněny při projektování jejich výstavby.

Vyšší výtěžnost dat metodami nezávislými na lidském faktoru pak lze přispět ke zvýšení bezpečnosti provozu na pozemních komunikacích a ke snížení škod způsobených dopravními nehodami.

### Téma 4: Plánování oprav a uzavírek silnic na základě simulace odolnosti silniční sítě vůči dopravním kolapsům

#### Zaměření a cíle

Tématem je vývoj informačního systému pro podporu plánování oprav a uzavírek silniční sítě na základě modelování dopadů uzavírek na plynulost dopravy a další socio-ekonomické a environmentální oblasti.

Vývoj informačního systému pro podporu plánování oprav a uzavírek silniční sítě na základě modelování dopadů uzavírek na plynulost dopravy. Za využití aktuálních dat o dopravě a celoplošného prediktivního modelu by systém simuloval dopad uzavírek na plynulost dopravy, upozorňoval na konflikty způsobující zásadní dopravní kolapsy a podporoval rozhodování o jejich prioritě.

**Cíle:**

* Vyvinout IS s dopravním modelem využívajícím real-time data
* Kalibrace algoritmů na základě dostupných datových sad a zdrojů
* Poskytnout podklady pro rozhodování při krátkodobém i dlouhodobém plánování údržby a oprav pozemních komunikací.
* Omezit dopady realizace údržby a oprav na uživatele dopravní sítě pozemních komunikací a životní prostředí.

#### Stručný popis tématu

Vývoj informačního systému pro podporu plánování oprav a uzavírek silniční sítě na základě modelování dopadů uzavírek na plynulost dopravy a další socio-ekonomické a environmentální oblasti. Za využití aktuálních dat o dopravě a celoplošného prediktivního modelu by systém simuloval dopad uzavírek na plynulost dopravy, upozorňoval na konflikty způsobující zásadní dopravní a společenské kolapsy a podporoval rozhodování o jejich prioritě.

Silniční infrastruktura zahrnuje dálnice, rychlostní komunikace, silnice I., II., a III. třídy a místní a účelové komunikace. Součástí silniční infrastruktury jsou ve městech rovněž trasy trolejbusů, tramvají a metra, označované jako elektrické trakce městské hromadné dopravy.

**Určování klíčových prvků sítě**

Definování klíčových prvků řešené infrastruktury v globálním i lokálním pohledu je primárním předpokladem k provádění systémové analýzy provozně-bezpečnostních, environmentálních nebo socio-ekonomických rizik daného dopravního modelu.

Na základě rozsahu a osídlení řešeného území je zapotřebí stanovit kritéria, která budou definovat snížení odolnosti dopravní sítě pro jednotlivé její části (linie/body).

* liniový prvek – typicky úsek komunikace nebo jejich sekvence, která splňuje alespoň jednu z následujících podmínek:
	+ je logickou spojnicí (zpravidla trasa představující nejkratší cestovní čas) mezi klíčovými sídelními celky,
	+ průměrná hodnota RPDI na souvislém úseku dané komunikace je více než definovaný počet vozidel za den (hodnota dle řešené oblasti),
	+ je jedinou spojnicí kritického prvku infrastruktury jiného odvětví případně důležitým prvkem občanské vybavenosti, nebo významným zaměstnavatelem v regionu, se zbytkem silniční sítě,
	+ představuje napojení na kritický prvek silniční infrastruktury sousedního územního celku, města, státu nebo transevropské silniční sítě (TEN-T).
* bodový prvek – typicky křižovatka, která splňuje alespoň jednu z následujících podmínek:
	+ dochází ke křížení s komunikací, která je hodnocena jako kritická
	+ počet vozidel projíždějících křižovatkou překračuje definovanou hodnotu RPDI
	+ křižovatka umožňuje odbočení do dopravně izolované oblasti bez dalších kapacitních přístupových cest

Relativně nejcitlivější je kritérium, kde lze v případě vyřazení prvku z dopravního modelu stanovit orientačně dopady na základě intenzity dopravy v místě uzavírky nebo omezení a doby této události, a následně stanovit počet osob omezených touto událostí. Skutečnost, že osoby musí volit alternativní způsob dopravy, nicméně nelze vždy považovat za „rozsáhlé omezení poskytování nezbytných služeb“ či obecně „závažný zásah“ do jejich života dle významu průřezového kritéria. Pro určení kritických prvků je možné s výhodou použít i real-time data.

**Faktor času**

V případě návrhu kritérií je nutné brát v úvahu i časový faktor. Vyřazení klíčového prvku dopravní či jiné infrastruktury bude mít dopady úměrné délce trvání jeho omezení. Je proto vhodné stanovit v kritériích jednotný časový interval (např. jeden den, měsíc nebo rok), na základě které jsou dopady tohoto vyřazení stanoveny. Současně bude vyhodnocován synergický dopad souběžně plánovaných opatření, který může vést ke změnám harmonogramů realizace jednotlivých akcí.

**Kritéria**

Do definice klíčových prvků dopravní infrastruktury je vhodné zavést kvalitativní a kvantitativní kritéria. Typickým kvalitativním kritériem je posouzení, zda je daný prvek dopravní infrastruktury jedinou spojnicí mezi kritickým prvkem jiného odvětví a zbytkem dopravní sítě. Příkladem je málo využívaná silnice třetí třídy, která je jedinou příjezdovou komunikací k významnému prvku distribuční energetické nebo vodohospodářské soustavy. Typickým kvantitativním kritériem je pak intenzita vozidel na silniční síti nebo finanční ztráta generovaná časovým zdržením na konkrétním úseku silnice. Časové zdržení může být poměrně přesně generováno z FCD dat.

Silniční infrastruktura je ze všech pododvětví dopravy zdaleka nejvíce rozsáhlá, přepravní výkony osobní i nákladní dopravy realizované na silniční síti jsou rovněž řádově vyšší, než ve zbývajících pododvětvích dopravy. Současně představuje základní dopravní síť, která je ostatními druhy dopravy prakticky nenahraditelná. Proto je třeba v rámci silniční infrastruktury docílit dostatečně robustního způsobu identifikace klíčových prvků.

**Negativní dopady**

Provádění údržby a oprav pozemních komunikací má v průběhu jejich realizace

Ekonomické

* Změna podmínek poskytování dopravních služeb;
* Zvýšená poptávka po dopravních službách;
* Negativní vliv na národní hospodářství;
* Snižování produktivity;
* Narušení (selhání) dopravní obslužnosti území.

Sociální

* Nedostupnost dopravních služeb (hromadné dopravy);
* Zvýšená potřeba veřejných financí v oblasti údržby a oprav dopravní infrastruktury (opravy a údržba objízdných tras);
* Omezení dostupnosti zboží a služeb v důsledku disfunkce dopravního zabezpečení území;
* Snížení plynulosti a bezpečnosti dopravy;
* Snížení mobility obyvatelstva.

Technologické

* Narušení uzlových a liniových prvků dopravní infrastruktury
* Pokles výkonu technologických zařízení v důsledku selhání dodávek vstupních komponentů
* Selhání dopravních systémů a zařízení
* Narušení provozu výrobních zařízení pro selhání dodávky vstupních komodit

Environmentální

* Zvýšení emisí CO2, hluku, vibrací
* Negativní hodnoty ukazatelů znečištění životního prostředí
* Nadměrné emise škodlivých látek do ovzduší
* Znečistění životního prostředí únikem nebezpečných látek během přepravy

**Data pro dopravní model**

Pro ladění dopravního modelu je možné používat real-time data intenzit provozu, které lze využít jak pro kalibraci analytických algoritmů, tak pro verifikaci výsledků a následné úpravy. Do modelu ale musí vstupovat i další data

* územně analytické podklady obsahující informace o občanské vybavenosti a regulativech;
* územní plánování o plánech rozvoje území, které mohou v budoucnu ovlivnit chování dopravního modelu;
* počet a rozmístění obyvatel;
* počet obyvatel dojíždějících za prací;
* rozmístění a naplněnost záchytných parkovišť;
* trasy městské hromadné dopravy
* informace o stavu komunikací
* inženýrské sítě a jejich kritické prvky
* významné společensko-kulturní akce v regionu, které mohou být plánovanou údržbou nebo opravou dotčeny.

Plánovaná omezení do modelu musí obsahovat omezení vznikající na úrovni následujících subjektů

* Ředitelství silnic a dálnic
* Krajské správy a údržby silnic
* Městské a obecní správy komunikací
* Vlastníci a správci inženýrských sítí
* Dopravní podniky a další provozovatelé hromadné dopravy
* Správa železniční dopravní cesty
* a dalších subjektů, jejich aktivita může mít vliv na plynulost provozu na dopravní síti

**Účel**

Účelem zavedení navrhovaného informačního systému bude využití dopravního modelu pro vyhodnocení plánu akcí krátkodobé i dlouhodobé údržby na aktuální rok, snížení jejich negativního synergického dopadu na plynulost a bezpečnost dopravy, snížení nákladů uživatelů a dopadů na životní prostředí.

Výstupem informačního systému využívajícího real-time datový model bude

* posouzení vlivu plánovaných omezení na plynulost provozu,
* návrh optimalizace harmonogramu realizací,
* návrh a posouzení objízdných tras,
* doporučení pro další rozvoj dopravní sítě
* rekalibrace algoritmů dle skutečných průběhů uzavírek.

## Závěr kapitoly

Materiál obsahuje nástin témat využívající kombinaci znalostí a dat z oblastí ITS, stavby a údržby komunikací a automatizovaného sběru dat. Pro některá sice v současné době neexistují vyčerpávající datové základny nebo technické možnosti, nicméně je zřejmé, že v několika následujících letech budou nejen vysoce aktuální, ale i technicky a datově realizovatelné.

## Seznam zdrojů

* Bílá kniha: Plán jednotného evropského dopravního prostoru – vytvoření konkurenceschopného dopravního systému účinně využívajícího zdroje (Evropská komise 2011)
* Dopravní politika ČR pro období 2014 – 2020 s výhledem do roku 2050 (MD)
* Dopravní sektorová strategie 2. fáze (MD 2013)
* Zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů
* Pracovní materiály Platformy pro plně automatizovaná vozidla (MD 2017)
* Aktuální stav organizace sběru a správy dat o pozemních komunikacích (Sdružení pro dopravní telematiku 2018)
* Akční plán rozvoje inteligentních dopravních systémů (ITS) v ČR do roku 2020 (s výhledem do roku 2050) - Český kosmický portál
* Implementační plán k Akčnímu plánu rozvoje inteligentních dopravních systémů (ITS) v ČR do roku 2020 (s výhledem do roku 2050) - Český kosmický portál
* Podklady pro přípravu Světového silničního kongresu, Abu Dhabi, Spojené arabské emiráty, 2019
* Konference: Transport Research Arena, Vídeň, Rakousko, 2018
* Výstupy evropského projektu FOX: Forever open infrastructure across (X) all modes, 2017
* Výstupy evropského projektu AM4INFRA: Common framework for an European life cycle based asset management approach for transport infrastructure networks, 2018
* Výstupy evropského projektu LCE4ROADS: Life cycle engineering approach to develop a novel EU-harmonized sustainability certification system for cost-effective, safer and greener road infrastructures, 2017
* Výstupy projektu ISABELA (Integration of social aspects and benefits into life-cycle asset management) - CEDR (Conference of European Directors of Roads)
* Konference: World Conference on Pavement and Asset Management (WCPAM), Baveno, Itálie, 20173th International Symposium on Concrete Roads, Berlín, Německo, 2018
* Konference: Aktuální otázky správy a údržby pozemních komunikací 2018
* Konference: Dopravní infrastruktura 2018
* Konference: Pozemní komunikace 2018
* Konference: Asfaltové vozovky 2017
* Konference: 1. odborná konference projektu Technologické trendy v silniční dopravě listopad 2018