

## I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

<b>Název práce:</b>	<b>Posouzení využití V2X technologií jako vhodného zdroje dopravních dat</b>
<b>Jméno autora:</b>	<b>Martin Vacenovský</b>
<b>Typ práce:</b>	bakalářská
<b>Fakulta/ústav:</b>	Fakulta dopravní (FD)
<b>Katedra/ústav:</b>	Ústav dopravní telematiky
<b>Oponent práce:</b>	Ing. Matěj Malý
<b>Pracoviště oponenta práce:</b>	INTENS Corporation s.r.o.

## II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

<b>Zadání</b>	<b>náročnější</b>
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
<p>V2X technologie (C-ITS) jsou stále ještě poměrně novým a specifickým oborem inteligentních dopravních systémů, který je v tuzemských i evropských podmínkách uváděn do praxe zatím jen na časově či geograficky omezených pilotních lokalitách. Na úrovni technické standardizace je C-ITS dobře zakotveno standardy ETSI a ISO, na úrovni funkční definice jednotlivých služeb či názvosloví se však C-ITS stále poměrně dynamicky vyvíjí, čemuž odpovídá i horší dostupnost kvalitní teoretické literatury i ucelených dat z reálného provozu. S ohledem na tyto skutečnosti hodnotím zadání práce pro studenta bakalářského oboru jako náročné.</p>	

<b>Splnění zadání</b>	<b>splněno s menšími výhradami</b>
<i>Posuďte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uveďte body zadání, které nebyly zcela splněny, nebo zda je práce oproti zadání rozšířena. Nebylo-li zadání zcela splněno, pokuste se posoudit závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků.</i>	
<p>Student ve své práci alespoň částečně splnil všechny body zadání. V souladu se zadáním věnoval velkou část práce popisu C-ITS a jeho komparaci vůči stávajícím detekčním technologiím. Za dílčí nedostatek považuji fakt, že ze stávajících detekčních technologií student zmínil a analyzoval pouze indukční smyčku s odůvodněním, že se jedná o nejpoužívanější technologii na ŘSD ČR. Jakkoli se jedná o pravdivé tvrzení, v práci by měly být alespoň zmíněny i ostatní (intrusivní a neintrusivní) technologie používané na českých i evropských pozemních komunikacích pro detekci vozidel. Menší výhradu mám také k popisu C-ITS, kde student z případů užití fakticky popsal pouze use case bezprostředně se týkající detekce vozidel – Probe Vehicle Data. Pro ostatní případy užití v praxi pouze odkázal na Use case katalog projektu C-ROADS CZ, v samotné práci nejsou nikde uvedeny. Ostatní body zadání byly zcela splněny.</p>	

<b>Zvolený postup řešení</b>	<b>správný</b>
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
<p>Student si správně nejprve za pomoci odborné literatury definoval jednotnou sadu veličin, u které následně hodnotil, zda a jakým způsobem lze jednotlivé veličiny pomocí příslušné technologie detekovat či dopočítat. Stejně tak si student správně detekční technologie rozdělil na sčítací prvky umístěny na dopravní infrastruktuře a sčítací prvky umístěny ve vozidle a pro analýzu vybral vždy nejpoužívanější detekční technologii z dané kategorie. Při posuzování, zda daná technologie umožňuje detekci konkrétní veličiny, však nebyla stanovena jednotná metodika a student zde postupoval spíše subjektivně. Výstupy analýzy jsou tak v několika bodech při nejmenším diskutabilní, viz např.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Skutečně lze pomocí dvou indukčních smyček vzdálených zpravidla do 2m od sebe stanovit hustotu dopravy?</li> <li>• Pokud lze pomocí C-ITS (za předpokladu 100% penetrace) určit intenzitu dopravy, proč nelze stanovit totéž pro FCD?</li> <li>• Pokud lze pomocí C-ITS učit skladbu dopravního proudu, proč nelze stanovit totéž pro FCD? Data o typu vozidel jsou v FCD datech zpravidla známá.</li> <li>• Proč není délka vozidla u C-ITS uvedena mezi veličinami získanými přímým měřením? Délka vozidla je standardním parametrem obsaženým v CAM zprávě.</li> </ul> <p>Uvedené nejasnosti jsou pravděpodobně způsobeny tím, že student vycházel z konkrétních vzorků dat získaných z reálného provozu na ŘSD či v soukromém sektoru. Příliš se tak zaměřil na konkrétní implementace jednotlivých technologií (především FCD a C-ITS) a nezohlednil možné jiné varianty implementace těchto technologií, které by mohly</p>	

v analýze vyústit v odlišné výsledky. Jak již ale bylo řečeno, odborné literatury i dostupných dat z reálného provozu je k dispozici velmi málo, a tak je třeba ocenit studentovu snahu maximálně využít data i poznatky získané z praxe.

### **Odborná úroveň**

**C - dobře**

*Posudte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.*

Student ve své práci prokázal dobrou, a v některých pasážích i poměrně detailní znalost problematiky C-ITS. Obzvláště pozitivně hodnotím návrh alternativního způsobu detekce a výpočtu některých veličin u C-ITS technologie s využitím GeoNetworking protokolu – v této části student nejen prokázal hlubokou znalost jednotlivých vrstev C-ITS stacku, ale zároveň navrhl originální a v praxi dosud nevyužívané řešení.

Na druhou stranu se v práci vyskytuje několik terminologických a faktických nepřesností i vyložené chybných tvrzení. Co se týče terminologie, problematickým pojmem napříč celou prací je „hybridní jednotka“. Student v práci zaměňuje tento pojem s termínem „C-ITS jednotka“, neboť uvádí, že „hybridní jednotka není povinna odesílat svá data na BO tzn. je schopna fungovat bez připojení k centrálnímu serveru“ – toto tvrzení platí pro C-ITS jednotku obecně, nikoliv pro jednotku hybridní, která naopak připojení k centrálnímu prvku vyžaduje. Pojem „hybridní jednotka“ je v práci použit opakovaně a v drtivé většině případů je tím z kontextu evidentně myšlena C-ITS jednotka bez ohledu na používané přenosové technologie. Student v práci také opakovaně nepřesně uvádí, že jednotka je vybavena „GNSS satelitem“.

Co se týče faktických nepřesností, k nejvýraznějším patří studentovo tvrzení (které se následně promítlo i v závěrečném shrnutí celé práce), že pro detekci pomocí C-ITS je nutné dosáhnout 100% penetrace vozidel, jinak není tato detekce nijak využitelná. Je nade vše pochybnost, že i při řádově nižší penetraci vozidel lze pomocí C-ITS detekce získat relevantní data, at už jde např. o rychlostní parametry, či dojezdové doby – obdobně jako je tomu např. u FCD dat. Mezi drobnější nepřesnosti dále patří:

- Tvrzení, že pomocí C-ITS nelze detekovat délku vozidla (str.40) – jedná se standardní parametr obsažený v CAM zprávě.
- Tvrzení, že jednotky RSU jsou jako jediná kategorie jednotek nepřetržitě připojeny k síti LTE (str. 18) – RSU jednotky mohou být a velmi často bývají k centrálnímu prvku připojeny také přes pevné kabelové trasy
- Tvrzení, že povinnou výbavou C-ITS jednotek je technologie WiFi (str. 17) – ve skutečnosti je to technologie, která je sice hojně využívána pro komunikaci s HMI zařízením či pro lokální konfiguraci jednotky, zdaleka se však nejedná o povinnou výbavu C-ITS jednotek a v terénu je nasazeno mnoho zařízení bez WiFi technologie.
- Tvrzení, že navigační platforma Google maps má měsíčně 1 bilion uživatelů – zde se jedná pravděpodobně o chybu v překladu.

Přes výše uvedené nedostatky hodnotím pozitivně studentovu dobrou orientaci v oblasti C-ITS, především pak z hlediska jeho praktického fungování. Ukázky datových vzorků v práci prokazují, že student své závěry neopírá pouze o teoretické znalosti, ale jsou podpořeny konkrétními daty a praktickými zkušenostmi.

### **Formální a jazyková úroveň, rozsah práce**

**C - dobře**

*Posudte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posudte typografickou a jazykovou stránku.*

Formálně je práce na slušné úrovni s výhradami k používané terminologii, které byly popsány výše. Po jazykové stránce se v práci sporadicky objevují gramatické chyby, především co se týče interpunkce.

### **Výběr zdrojů, korektnost citací**

**B - velmi dobře**

*Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posudte, zda student využil všechny relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků a úvah, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.*

Student ve své práci používá minimum přímých citací. Snaží se základní, nebo naopak i velmi komplexní pojmy a principy popsat svými slovy – na jednu stranu je třeba tento přístup ocenit, na druhou stranu je možná zdrojem některých nepřesností, viz např. popsané problémy s terminologií. Druhým dechem je však třeba dodat, že ani napříč dostupnými publikacemi (technické normy, report C-ITS Platform, specifikace C-Roads) není terminologie v oblasti C-ITS zdaleka

jednotná. Z této dostupné literatury student správně zvolil pro dané téma ty nejdůležitější standardy a specifikace a získal z nich potřebné informace. Prokázal tak, že se v odborných materiálech z oblasti C-ITS dobře orientuje.

#### **Další komentáře a hodnocení**

*Vyjádřete se k úrovni dosažených hlavních výsledků závěrečné práce, např. k úrovni teoretických výsledků, nebo k úrovni a funkčnosti technického nebo programového vytvořeného řešení, publikačním výstupům, experimentální zručnosti apod.*

Jak již bylo uvedeno, student ve své práci došel k chybnému závěru, že penetrace vozidel technologií C-ITS musí být 100%, aby byla C-ITS detekce využitelná. Ze současné praxe např. v oblasti FCD je známo, že i penetrace v řádu nižším než 1 % dokáže poskytnout relevantní data o chování dopravního proudu, alespoň v omezeném rozsahu vybraných veličin. Správně je naopak v práci identifikován potenciál dalšího využití C-ITS, a to jak při narůstající penetraci ve vozidlech, tak z pohledu dalších funkcionalit. Student v práci také dle mého názoru správně zmiňuje C-ITS jako „předvoj“ pro nástup autonomních vozidel.

### **III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE**

Celkové hodnocení závěrečné práce nejvíce ovlivnila volba relativně náročného tématu, využití znalostí a dat získaných z praxe a také návrh zcela nové a dosud nepoužívané metody pro sčítání dopravy s využitím C-ITS. Na druhou stranu se na hodnocení podepsala absence širší analýzy stávajících detekčních technologií, faktické nepřesnosti, a především chybné tvrzení v závěru práce týkající se penetrace vozidel C-ITS technologií.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **C - dobře**.

Při obhajobě práce doporučuji studentovi položit následující dotazy:

- Jaké jsou v současné době využívány technologie sběru dopravních dat (intrusivní x neintrusivní)?
- Jaké služby (use cases) může v současné době C-ITS poskytovat kromě sběru dopravních dat?
- Co se rozumí pojmem „Hybridní C-ITS jednotka“? Jaké technologie (fyzické vrstvy) jsou v současné době v C-ITS využívány pro přenos C-ITS zpráv?

Datum: 31.8.2020

Podpis:

