

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta dopravní

Czech Technical University in Prague

Faculty of Transportation Science

Ing. Stanislav Novotný, Ph.D.

**Interaktivní simulátory dopravních prostředků pro analýzu
spolehlivosti interakce řidiče s vozidlem**

**Interactive vehicle simulators for analysis of reliability of driver-car
interaction**

SUMMARY

This text covers the topic of interactive driving simulators as tools for objective assessment of the ability to drive safely. The lecture gives specifications of driving simulators and their hardware and software design as well as the possibility of their use for various measurements. This includes all necessary subsystems of the interactive simulators, such as generators providing visual, sound or motion cues, mathematical-physical model of the vehicle etc. A special chapter is dedicated to the processing and evaluation of technical data obtained from experiments on driving simulators and evaluation criteria for the objective assessment of the ability to drive safely. Furthermore, in a lecture there are presented realized interactive vehicle simulators and examples of their practical application.

SOUHRN

Přednáška pokrývá téma interaktivních vozidlových simulátorů, jakožto nástrojů pro objektivní posuzování schopností bezpečného řízení. V přednášce jsou uvedeny specifikace vozidlových simulátorů a jejich tvorba po hardwarové i softwarové stránce a zároveň možnosti jejich užití pro různá měření. Jsou zde detailně popsány jednotlivé moduly interaktivních simulátorů, například generátory poskytující vizuální, zvukové či pohybové vjemy, matematicko-fyzikální model vozidla a další. Zvláštní kapitola je věnována zpracování a vyhodnocení technických dat získaných z experimentů na vozidlových simulátorech a především vytvořeným hodnotícím kritériím pro objektivní posuzování schopností bezpečného řízení. Dále jsou v přednášce představeny realizované interaktivní vozidlové simulátory a jejich praktické užití.

Klíčová slova: simulační technologie, interaktivní vozidlové simulátory, interakce člověk – stroj, bezpečnost, spolehlivost

Keywords: simulation technologies, interactive driving simulators, human – machine interaction, safety, reliability

Obsah

1	Úvod do problematiky	6
2	Interaktivní vozidlové simulátory	7
2.1	Lehké simulátory.....	8
2.2	Plnohodnotné simulátory.....	8
2.3	Základní softwarové vybavení simulačního systému	9
2.4	Modulární architektura simulačního systému	12
2.5	Virtuální prostředí a testovací scénáře	13
2.6	Měřená data.....	14
3	Analýzy měřených dat	16
3.1	Zpracování dat pro analýzu trajektorie.....	16
3.2	Kritéria pro hodnocení technických dat z jízdy.....	17
3.3	SW pro automatické vyhodnocování experimentů.....	21
4	Experimentální prostředky a vybavení na FD ČVUT	23
4.1	Vozidlové simulátory	23
4.2	Aplikované testovací scénáře	27
	Závěr.....	30
	Seznam použité literatury	31
	CURRICULUM VITAE.....	32

1 ÚVOD DO PROBLEMATIKY

Současná doba je charakterizována stále rostoucím životním tempem, které se projevuje nejen v životě jednotlivců, ale také v rámci celé společnosti. Tato situace tedy vynáší do popředí zejména ty vědní disciplíny, které jsou orientovány směrem do budoucna, proto jsou kladeny zvýšené nároky především na neustálý výzkum a vývoj ve všech oblastech. Takové prostředí však také paradoxně vytváří prostor pro hledání nových cest a prostředků, které člověku život v současné společnosti usnadní. Zřetelným příkladem prostředků, které jsou člověkem sestrojeny proto, aby mu usnadnily práci, jsou stroje.

Interakci člověka a stroje je věnována řada odborných publikací, např. [1] a [2], přesto je stále tématem, které přináší řadu nových poznatků. Téma interakce řidiče s vozidlem je v podstatě podoborem problematiky „Interakce mezi člověkem a strojem“ („Human-Machine Interaction“, zkráceně HMI) zaměřené na úzce profilovanou, avšak velmi významnou problematiku. Sdružuje různorodé vědní obory, které se bezprostředně týkají jak např. konstrukce a návrhů strojů a přístrojů v automobilovém průmyslu používaných, tak i obory, které se zabývají poznáním člověka samotného. Zatímco systematický rozbor funkcí umělých systémů (tj. v našem případě zařízení automobilu) je spíše technickou záležitostí, rozbor chování člověka jeho výkonu, psychiky či složitých funkcí centrální nervové soustavy je v podstatě rozbohem velmi měkkého systému. Otázky spojené s HMI ve vozidlech jsou v posledních letech stále aktuálnější. Svědčí o tom nejen zájem automobilek a výrobců různých asistenčních či komunikačních systémů ale i aktivity národních i mezinárodních organizací a tvůrců legislativy.

V laboratořích FD ČVUT je řidič zkoumán v různých standardních i zátěžových situacích, jako je např. únava, rušení či nadměrná zátěž způsobená používáním různých zařízení během jízdy, které odvádí řidičovu pozornost. Kromě řidiče a jeho vozidla jsou dalšími objekty zájmu i dopravní stavby, jejich návrh či výtvarné řešení (tunely, křižovatky, železniční přejezdy apod.). Pro tyto výzkumy jsou interaktivní vozidlové simulátory velice efektivním nástrojem. Výhoda používání simulátorů oproti skutečným vozidlům spočívá v tom, že řidič, obklopen prostředím, které víceméně přesvědčivě navozuje iluzi reálného světa, může provádět v podstatě jakékoliv úkony a manévry v podmínkách naprosto bezpečných pro něj i jeho okolí.

2 INTERAKTIVNÍ VOZIDLOVÉ SIMULÁTORY

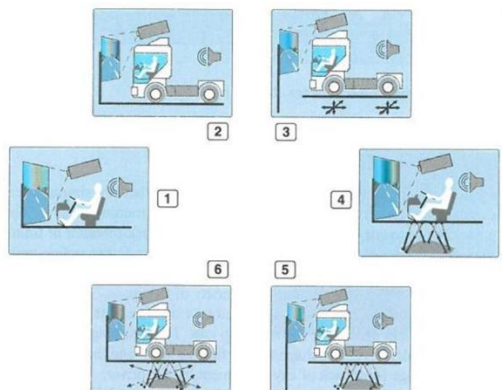
Vozidlový simulátor je zařízení určené pro simulaci jízdy vozidlem v podmínkách napodobujících reálné podmínky na silnicích. V současné době se nejkvalitnější vozidlové simulátory považují nejen za efektivní nástroj pro výcvik řidičů běžných a specializovaných vozidel, ale také za nástroj k provádění různých výzkumných činností, spojených s interakcí člověk - stroj (vozidlo), k řešení velkého množství problémů této interakce, ale také ke zdokonalení kokpitu vozidla a asistenčních systémů. Uplatnění mají pro celý řetězec prací, spojených s vývojem, výrobou automobilů a zajištění jejich spolehlivého a bezpečného provozu. Systémy současných vozidlových simulátorů se stávají stále složitějšími, od dřívějších se výrazně liší svou komplexností a obsahují též podstatně více rozmanitých elektronických a informačních komponent. Proto v rámci Ústavu dopravních prostředků byla vytvořena výzkumná skupina DSRG (Driving Simulation Research Group), která se zabývá stavbou výzkumných vozidlových simulátorů a jejich využitím pro experimenty.

První kroky v oblasti vývoje vozidlových simulátorů byly učiněny v padesátých letech dvacátého století a další rozmach nastal v letech sedmdesátých [3]. Původně byly vozidlové simulátory určeny k tomu, aby pomohly řidičům si osvojit a zdokonalit jejich řidičské schopnosti. Později se převážně využívaly k výcviku řidičů specializovaných vozidel. Vozidlové simulátory s implementovanými pokročilými technologiemi (tedy takovými, které jsou vhodné pro experimentální použití a mohou poskytovat odpovídající objektivní výstupy) jsou vždy velice drahé. Jeden z důvodů jejich poměrně vysoké ceny je požadavek na velmi kvalitní technické zpracování. Druhým důvodem, a to velmi podstatným je, že systémy vozidlových simulátorů nejsou sériově vyráběny, ale jsou vždy vyvíjeny individuálně a realizovány na zakázku. Dalším důvodem jsou samozřejmě nemalé nároky na prostor. Z těchto důvodů je jejich vývoj prováděn většinou ve spolupráci univerzit či výzkumných center s výrobci automobilů. Vozidlové simulátory jsou neustále užívány a zdokonalovány všemi významnějšími výrobci automobilů na celém světě [4].

Z hlediska jejich konstrukce lze vozidlové simulátory rozdělit na dvě skupiny:

- tzv. „lehké“ simulátory (viz následující obrázek typ 1 bez pohybové plošiny a typ 4 s pohybovou plošinou)
- plnohodnotné simulátory (viz následující obrázek typ 2, 3 bez pohybové plošiny a typ 5, 6 s pohybovou plošinou)

Na následujícím obrázku (Obrázek 1) je základní rozdělení vozidlových simulátorů z hlediska koncepce.



Obrázek 1: Rozdělení vozidlových simulátorů

2.1 Lehké simulátory

„Lehké“ simulátory představují mezikrok mezi kompletní virtuální realitou a použitím celého vozidla u plnohodnotných simulátorů. Tento koncept v sobě sdružuje určité výhody obou zmíněných postupů. Technický základ „lehkého“ simulátoru vždy představuje kokpit vozidla (či jeho část). Samotný simulační systém je pak spojen s tímto kokpitem za pomoci CAN sběrnice (Controller Area Network). Toto spojení je obousměrné, směrem k simulačnímu systému jsou odesílány informace o aktuálních polohách volantu, pedálů či zařazeném rychlostním stupni a zpět jsou odesílány informace o rychlosti, otáčkách či nastavení vlastností volantu (moment, tuhost, pružnost) v závislosti na aktuální rychlosti. Na rozdíl od plnohodnotného simulátoru je možné tento typ simulátoru velice snadno přestavět dle požadavků experimentu či vybavit přídatnými zařízeními. Virtuální scéna se promítá na plátna nebo je zobrazována na velkoplošných LCD umístěných před kokpitem vozidla.

2.2 Plnohodnotné simulátory

Vzhledem k tomu, že se u těchto typů simulátorů používá celé vozidlo, je tato koncepce blíže realitě. Testovaná osoba sedí v kokpitu opravdového vozidla a virtuální scéna se promítá na projekční plátna, která jsou umístěna před a po stranách vozidla. Tyto simulátory bývají často vybaveny i zadní projekcí. Výsledky měření by neměly být zatíženy chybou, která bývá způsobena rozdílem mezi simulátorem a reálným vozidlem, právě proto, že řidič sedí ve vozidle a ve výhledu má pouze projekci virtuální reality. Pokud

je simulátor dobře vyladěný, tak se řidič cítí jako v opravdovém vozidle. Na druhou stranu je tato koncepce velice těžko přestavitelná a upravitelná pro potřeby specifických experimentů.

2.3 Základní softwarové vybavení simulačního systému

Pokročilý simulátor by měl reprodukovat všechny vjemy, které člověk (řidič) využívá pro řízení vozidla. Základní softwarové vybavení představuje:

- matematický model chování vozidla
- virtuální realita - obraz a zvuk
- řízení běhu scén / generátor událostí
- řízení pohybů plošiny
- záznam jízdy
- nástroje na vyhodnocení řidičova výkonu

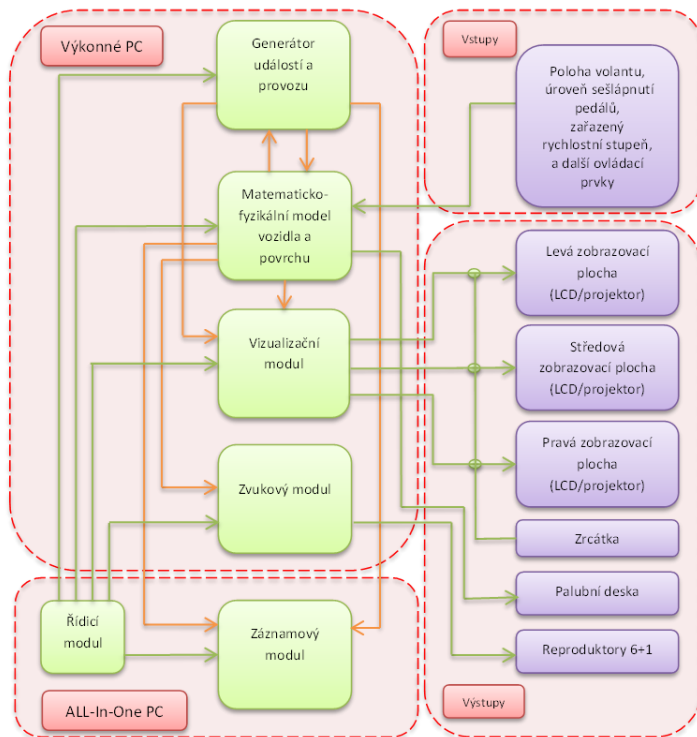
Základem simulačního systému je matematicko - fyzikální model a modul vizualizace virtuálního prostředí spolu s generátorem prostorového zvuku. Matematicko - fyzikální model reaguje na vstupy z ovládacích prvků a určuje následující stav vozidla (poloha, rychlost atd.). Jednotlivé parametry vozidla lze nastavit, např. změnu výkonnostní křivky motoru, případný náhon 4x4 či funkci některých běžně užívaných bezpečnostních a asistenčních systémů, jako např. ABS, adaptivní tempomat, signalizace vyjetí z pruhu, automatické vedení v pruhu apod. V základu se zpravidla jedná o vozidlo se čtyřmi koly, nezávislými nápravami, náhonem předních kol.

Modul simulace virtuální reality se skládá ze dvou základních komponent: obrazového generátoru, který vytváří obraz scény na základě údajů o poloze vozidla a dat z terénní databáze (virtuálního světa - silniční trať obklopené reálně působícími objekty), a zobrazovacího systému, který promítá obraz na projekční plochu obklopující kokpit vozidla. Systém vizualizace virtuálního prostředí je doprovázen generátorem prostorového zvuku, který dává řidiči další doplňující informace. Ze zvukové informace simulovaného vozidla může řidič rozpoznat například rychlost vozidla, otáčky motoru a jeho zatížení, interakce kol s různými typy povrchů, zvukové vlastnosti okolního prostředí (otevřená krajina, ulice, tunely, mosty, lesy atd.), okolní provoz a jiné zvuk vydávající objekty, stav vozidla.

Do základního softwarového vybavení patří i podpora pro vyhodnocení řidičova aktuálního výkonu, a to pomocí vyhodnocení zaznamenaných jízd (záznamový modul). Data z jednotlivých jízd jsou ukládána do matice, jejíž počet sloupců koresponduje s počtem sledovaných veličin a počet řádků je dán délkou jízdy. Tato matice je exportována ze simulátoru a je možné ji

dále zpracovávat vyhodnocovacím softwarem (analýza reakčních časů, analýza trajektorie vozu a jeho rychlosti - jízda v rámci daného jízdního pruhu, řízení a dále například vhodnost řešení situací řidičem apod.).

Na následujícím obrázku (Obrázek 2) je ukázáno schéma vnitřní stavby realizovaného výcvikového vozidlového simulátoru.



Obrázek 2: Schéma vnitřní stavby výcvikového vozidlového simulátoru

Popis jednotlivých bloků simulačního systému:

- **generátor událostí a provozu** – pomocí tohoto modulu je řešen mimo jiné provoz vozidel a ostatní dynamické prvky scény (například chodci, zvěř, jiné dopravní prostředky – letadla, lodě, pohybující se překážka, apod.), se kterými může vozidlo interagovat. Provoz ostatních vozidel je řešen jako „inteligentní“ tj. ostatní vozidla dodržují dopravní předpisy (např. omezení rychlosti, reagují na světelné signalizační zařízení), interagují s vozidlem simulátoru i sama mezi sebou. Další dynamické prvky

scény je možné velice snadno přidat. Kromě těchto dynamicky se měnících objektů je možné dynamicky měnit například klimatické podmínky ve scénáři (sníh, déšť) či umístit překážku do scény během experimentu.

- **matematicko - fyzikální modul** reaguje na vstupy z ovládacích prvků (volant, pedály, řadicí páka, ruční brzda a jiné ovládací prvky vozidla) a počítá hodnoty působících sil a momentů, ze kterých určuje (při zohlednění vlivu okolního prostředí) následující stav vozidla (poloha, rychlost atd.). Dle potřeb je možné přizpůsobit vlastnosti matematicko - fyzikálního modulu, a to pomocí parametrizačních souborů:
 - **nastavení simulačního modelu** - hlavním parametrem zde je nastavení simulačního kroku, další parametr spočívá zejména ve výběru vozidel a tratí
 - **nastavení parametrů vozidla** – zde lze měnit například prostorové uspořádání a rozměry jednotlivých částí vozidla, rozložení váhy, parametry motoru a brzd, zavěšení kol, převodovku, náhon kol a další
 - **nastavení parametrů trati** – v tomto parametrizačním souboru je možné nastavit jednotlivé parametry trati. Jsou zde definovány mimo jiné také parametry interakce kola s prvky virtuální trati

Výstupem z matematicko - fyzikálního modulu kromě technických dat jsou i data pro přístrojovou desku, například informace o rychlosti vozidla, o otáčkách a teplotě motoru, ujeté vzdálenosti a jiné. Přístrojová deska komunikuje s počítačem prostřednictvím sériové sběrnice CAN-BUS.

- **vizualizační modul** - vytváří obraz scény na základě údajů o poloze vozidla a dat z terénní databáze (virtuálního světa) pro tři a více výstupní zařízení (velkoplošné LCD monitory či alternativně projektory). Zrcátka mohou být virtuální, umístěna na správné pozici v obrazu scény.
- **zvukový modul** - generuje prostorový zvuk, který je obvykle slyšet v prostoru kabiny – zvuk motoru, zvuk odvalování kol po vozovce, zvuk okolního prostředí (otevřená krajina, ulice, tunely, mosty, lesy, okolní provoz a jiné zvuk vydávající objekty).

Další bloky simulačního systému jsou:

- **záznamový modul** – tento modul je využíván pro záznam technických dat, která jsou jedním z výstupů matematicko -

fyzikálního modulu. Jedná se především o data o poloze a natočení vozidla ve virtuálním světě, o stavu vozidla (jeho rychlost, otáčky motoru, zařazení rychlostního stupně, úroveň sešlápnutí jednotlivých pedálů, zatažení ruční brzdy či stavy jiných ovládacích prvků jako jsou zapnutí světel, směrových ukazatelů – blinkrů, poloha spínací skříňky - startér), ale i informace o zapnutých a využívaných asistenčních systémech. Dále záznam obsahuje informace o vzdálenostech k překážkám (např. vzdálenost k vpředu jedoucímu vozidlu) o nečekaných (pro řidiče) plánovaných událostech ve virtuálním světě (např. vyjetí vozidla, prudké zastavení vpředu jedoucího vozidla, vběhnutí chodce/zvěře, apod.). Tato data je možné dále zpracovávat vyhodnocovacím softwarem.

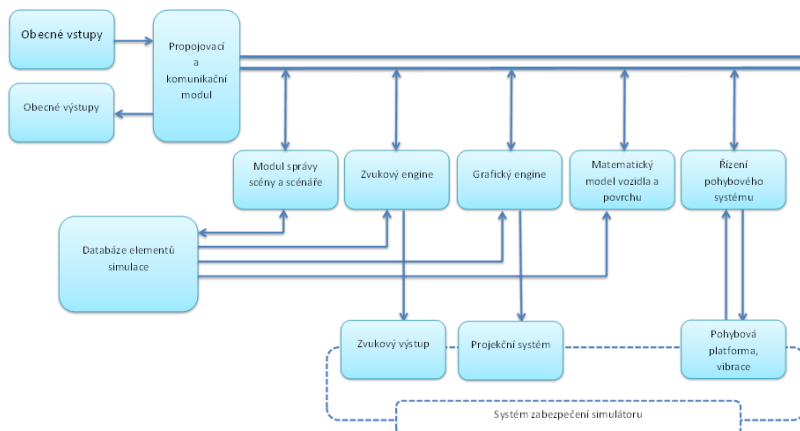
- **řídící modul** – tento modul on-line ovlivňuje všechny výše popsané moduly a umožňuje nastavovat jejich parametry během provozu. Například změna výkonnostní křivky motoru, změna náhonu, úprava vizualizace – změna rozlišení, posunutí obrazu, změna FOV (zorné pole) a další. Dále umožňuje sledovat situaci ve virtuálním světě (tzv. z „ptačí perspektivy“) a on-line vytvářet události (např. umístit překážku na silnici).

2.4 Modulární architektura simulačního systému

Rozsáhlé simulační systémy jsou obecně velmi náročné na výpočetní výkon. Proto se navrhují jako distribuované systémy. To znamená, že jednotlivé logické části aplikace jsou rozděleny do modulů, které jsou spuštěny na více počítačích. Výhoda modulární (distribuované) architektury spočívá v možnosti asynchronního výpočtu, a tím schopnosti zpracovávat složitější procesy.

Simulátory na fakultě dopravní jsou neustále ve vývoji. Postupně se vzrůstajícími nároky vznikla potřeba implementovat je právě jako distribuovanou aplikaci (původně simulační systém fungoval na jednom počítači jako jedna aplikace). Vyvážení výkonu bylo docíleno vhodným rozmístěním modulů na počítačích. Důraz byl kladen především na moduly s největším objemem spotřebovaných a vytvořených dat jako je například matematicko - fyzikální modul.

Následující blokový diagram (Obrázek 3) ukazuje modulární architekturu celého simulačního systému.



Obrázek 3: Modulární architekturu simulačního systému

2.5 Virtuální prostředí a testovací scénáře

Virtuální prostředí se skládá z modelů, tvořených trojúhelníky, které jsou potaženy texturou - obrázkem. Tyto modely se dají vytvářet v mnoha různých grafických editorech.

Postup tvorby virtuálního prostředí:

1. **Příprava** - diskuze, co je předmětem experimentu, v jaké krajině se bude odehrávat, jaké prvky musí prostředí obsahovat
2. **Návrh** – rozvrhnutí celkové vize prostředí, jak zhruba bude vypadat krajina, kompletní výkres silnice podle norem (poloměry oblouků, zaoblení křižovatek, rozhledové poměry, atd.)
3. **Modelování terénu, vozovek** - základní 3D model vozovek, modelování terénu, který se nachází nejbližší silnici, tzn. příkopy, chodníky, zářezy, mosty a zakomponování do krajiny
4. **Umístění dalších předpřipravených objektů** – např. dopravních značek, semaforů, stojících vozidel, domů, vegetace – stromů, křoví, větších trsů trávy a dalších např. laviček, popelnic
5. **Kontrola modelu** – oprava chyb např. stromy kryjící dopravní značky
6. **Animace dynamických objektů** - světla semaforů, lopatky větrných elektráren či pohybující se vlaky atd.

Po vytvoření virtuálního prostředí se přistoupí k vytvoření scénáře, ten je klíčovým prvkem k dosažení požadovaných výsledků. Scénářem nazýváme soubor událostí v simulaci, které se vyvolávají a testovaný (vyučovaný) řidič na ně musí reagovat. Scénáře jsou založeny na principu

předpřipravených jednotlivých situací, tj. jsou vytvářeny pouze krátké scény s předem navolenými situacemi. Jelikož se pro většinu podobných situací tvoří scénáře samostatně, je vytvořena databáze, ve které jsou tyto scénáře již namodelované, a jsou spojeny s proměnlivými událostmi. V rámci těchto událostí je možné nastavit různé prvky, jakými jsou například počasí, denní doba, provoz a podobně. Všechny požadované události jsou vyvolávány prostřednictvím tzv. „triggeru“, umístěného podle potřeb události. „Trigger“ neboli spouštěč je neviditelný, nehmotný objekt s definovanou pozicí, rotací a rozměry. Při jeho projetí (je možné definovat spuštění i při přiblížení se) je příslušná událost, která je k tomuto „triggeru“ přiřazena, vyvolána.

Pro tvorbu takovýchto testovacích scénářů byl vyvinut modul, který slouží k jejich tvorbě, a to z prefabrikovaných modelů. Umožňuje umístění objektů do scény, nastavení vlastností a následný export celé tratě pro snadné použití v simulátoru. Dále byl vyvinut modul pro částečně automatické generování scénářů. Tento se skládá ze tří částí:

- modul pro generování povrchu na základě reálných GIS dat [9]
- modul pro generování silniční sítě
- modul pro umisťování objektů do scény

Testovací scénáře jsou navrženy a vyvinuty vždy tak, aby odpovídaly konkrétním a specifickým požadavkům plánovaných experimentů.

2.6 Měřená data

Měření na vozidlových simulátorech lze z pohledu objektivnosti rozdělit na dva základní typy:

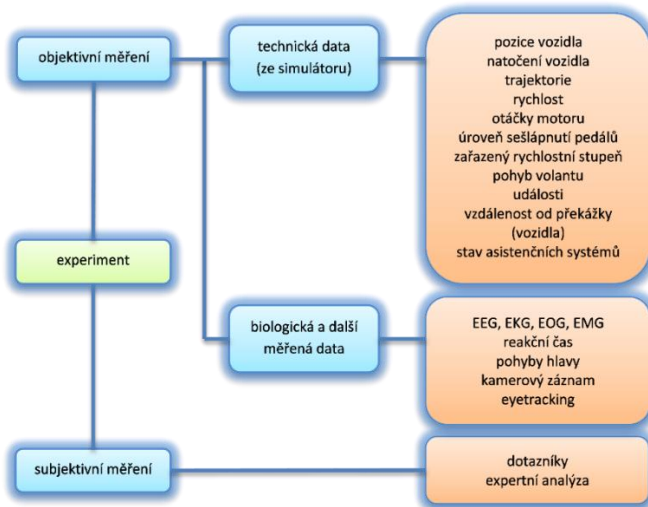
- objektivní měření
- subjektivní měření

Objektivní měření můžeme dále rozdělit na technická data, měřená přímo na simulátoru a dále na data vztažená k měřenému subjektu.

Výstupy simulátoru (technická data) jsou zahrnuty v množině objektivních měření, v tomto případě se jedná především o trajektorii a rychlost. Technická data dále doplňují např. úroveň sešlápnutí jednotlivých pedálů (plyn, brzda, spojka), zařazený rychlostní stupeň, pohyby volantu či otáčky motoru. Kromě těchto čistě technických výstupů je možné umístit na vozidlový simulátor nebo přímo na experimentálního řidiče další přídatná zařízení (snímače a čidla). Výstupy z těchto zařízení jsou opět zahrnuty v množině objektivních měření a patří k nim především biologická data, jako encefalografický záznam, tepová frekvence a pohyby očí. Do této

skupiny měřených dat je možné také zařadit měření reakčního času na různé podněty, pohyby hlavy a kamerový záznam.

Subjektivní měření je reprezentováno například analýzou dotazníků, kde experimentální řidiči popíší svůj stav před a po jízdě na vozidlovém simulátoru, případně své pocity a postřehy během jízdy. Následující obrázek (Obrázek 4) přehledně ukazuje rozdělení jednotlivých typů měření uskutečňovaných na vozidlových simulátorech.



Obrázek 4: Měřená data na vozidlových simulátorech

3 ANALÝZY MĚŘENÝCH DAT

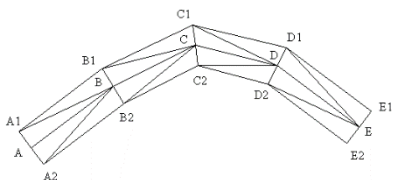
Realizované experimenty vztahující se k problematice spolehlivosti a bezpečnosti interakce řidiče s vozidlem lze obecně rozdělit do těchto čtyř skupin:

- experimenty zaměřené na schopnost řidiče užívat asistenční systémy vozidla a vybavení kokpitu
- experimenty zaměřené na analýzu vizuálního pole řidičů
- experimenty vztahující se ke změnám úrovně pozornosti (jenž je vyjádřena zejména reakční dobou) a rychlosti jejího poklesu
- experimenty týkající se změn odolnosti řidičů vůči negativním vlivům na ně ve vozidle působících, zejména pak odolnosti vůči mechanickým vlivům

Realizace těchto experimentů probíhala v souladu se zadáním jednotlivých projektů a grantů, jež se vztahovaly k řešení problematice, ale také v souladu s požadavky a výzkumnými zakázkami spolupracujících institucí.

3.1 Zpracování dat pro analýzu trajektorie

Všechny prováděné analýzy byly zaměřeny především na technické výstupy, především na analýzu trajektorie vozidla. Obecně lze říci, že trajektorie vozu je rekonstruována jako posloupnost odchylek, počítaných jako minimální vzdálenost mezi referenční křivkou a bodem určujícím aktuální polohu vozu. Jednotlivé odchylky jsou počítány jako vzdálenost mezi bodem určujícím aktuální polohu vozu a body reference v jeho nejbližším okolí. Referenční křivka je vytvořena z bodů přesně určujících polohu pravé krajnice a středu vozovky testovacích okruhů v souřadném systému simulátoru. Model silnice ve virtuální scéně je tvořen z trojúhelníků. Vrcholy těchto trojúhelníků tvoří body reference (Obrázek 5 - vlevo). Střed pruhu představuje posloupnost bodů A, B, C, ... a pravá krajnice posloupnost bodů A2, B2, C2, Referenční křivka je vzorkována po 7,5 cm. Ukázka tvorby virtuální scény z elementárních částí – trojúhelníků (Obrázek 5 – vpravo).



Obrázek 5: Body reference silnice a umístění silnice do terénu

Za nezávislou veličinu, ke které jsou vztahovány ostatní veličiny, je brána kilometrická vzdálenost jednotlivých referenčních bodů. Tento postup umožňuje vzájemné porovnání úseku, kdy je řidič zatížen nějakým sekundárním úkolem a stejného úseku, kdy takovýto úkol neplní, a tímto úsekem pouze projíždí během referenčního kola. Vybrané úseky mají stejný (porovnatelný) počet vzorků odchylek od referenční křivky, ale i stejný počet vzorků ostatních ukládaných veličin, protože informace o stavu vozidla (simulátoru) je známa pro každý bod reference [5].

3.2 Kritéria pro hodnocení technických dat z jízdy

Pro hodnocení kvality jízdy byla vytvořena jednotná hodnotící kritéria [7], [6]. Jsou sledovány tyto parametry jízdy:

- **Pozice v jízdním pruhu** – sleduje se variabilita příčné pozice, ale i překročení dělicí čáry nebo krajnice
- **Rychlost vozidla** – sleduje se maximální povolená rychlost
- **Kritická vzdálenost ke kolizním předmětům**
- **Adekvátní užití ovládacích prvků (brzda, spojka, blikače)**

3.2.1 Kritérium rozptylu odchylek (trajektorie) vozu

Trajektorie vozu je definována jako posloupnost odchylek vozu od reference. Pokud je hodnota odchylky menší než 0, pak to znamená, že vozidlo přejelo (svým středem) do protisměru. Pokud je naopak hodnota větší než a , pak to znamená, že střed vozu již opustil pruh silnice (parametr a je volen dle návrhových kategorií silnic a dálnic - ČSN 736101, například pro S7,5/70 je $a = 3m$ nebo pro S11,5/90 je $a = 3,5m$).

Ze sledovaných parametrů se využívá, jako nejreprezentativnější, parametr rozptylu odchylek. Tento je počítán z trajektorie vozu pomocí plovoucího okénka (citlivost tohoto parametru lze ovlivňovat změnou délky plovoucího okénka - obvykle 100 až 200m). Je zřejmé, že čím kratší bude šířka plovoucího okénka, tím výraznější budou změny parametru. Pokud by bylo ale okénko příliš krátké, pak by sledovaný parametr odrážel pouze aktuální stav řidiče a nebral by vůbec (resp. téměř vůbec) v potaz předchozí vývoj řidičova stavu. Naopak, pokud by byla šířka okénka příliš dlouhá, pak by jedno výraznější zaváhání ovlivňovalo sledované parametry ještě dlouho po jeho odeznění a parametry by působily velice těžkopádně. Šířka okénka by měla být taková, aby úsek signálu v okénku byl pokud možno stacionární, jednotlivé parametry nebyly příliš zprůměrnované a zároveň nebyla u určených parametrů příliš velká nejistota.

Rozptyl (VAR) je definován jako průměr čtverců odchylek od aritmetického průměru (LP_j - odchylky od referenční křivky):

$$VAR(LP) = \frac{n \sum_{j=1}^n LP_j^2 - (\sum_{j=1}^n LP_j)^2}{n^2} \quad (1)$$

$j = j$ -tá odchylka od referenční křivky, $n =$ počet vzorků v plovoucím okénku

Hv_i je vypočtené hodnocení pro úsek vymezený plovoucím okénkem:

$$Hv_i = 10 - \frac{10 \cdot VAR(LP)_i}{K}, \text{ pro } VAR(LP)_i \leq K \quad (2)$$

$$Hv_i = 0, \text{ pro } VAR(LP)_i > K \quad (3)$$

$i = i$ -té plovoucí okénko, $K =$ konstanta - rozhodovací úroveň (empiricky 0.2)

Kritérium 1 (kritérium rozptylu odchylek)

$$K_1 = \frac{\sum_{i=1}^m Hv_i}{m}, \text{ hodnocení } K_1 \text{ nabývá hodnot } (0;10) \quad (4)$$

$i = i$ -té plovoucí okénko, $m =$ počet plovoucích okének

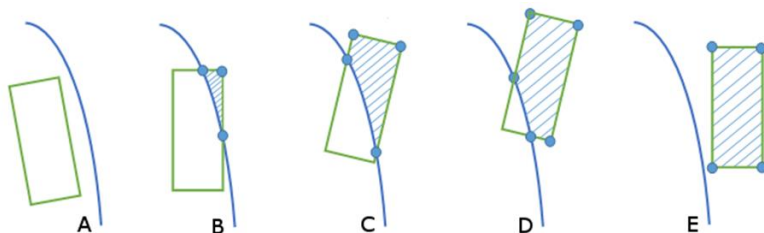
3.2.2 Kritérium pozice vozu (plocha vozu mimo jízdní pruh)

Plocha vozu vyskytující se mimo jízdní pruh je určována pro každou pozici vozu, podle následujícího postupu. Objekt vozidla je možné aproximovat minimálním ohraničujícím kvádrem. Objekt se uzavře do nejmenšího možného rovnoběžnostěnu dané dimenze, v případě trojrozměrného objektu do nejmenšího kvádru. Vzhledem k tvaru objektu vozidla vystihuje určený kvádr vozidlo poměrně přesně. Vzhledem k tomu, že pro každou pozici vozidla je určována pouze plocha vozidla mimo jízdní pruh silnice, je možné minimální ohraničující kvádr zjednodušit na obdélník, který velmi dobře popisuje samotnou plochu vozidla. Ta je určená ortogonální projekcí vozidla na vozovku.

Hranice jízdního pruhu je vytýčena referenční křivkou, která určuje střed vozovky a referenční křivkou, která určuje krajnici vozovky. Pro každou zaznamenanou pozici vozidla jsou vypočteny vrcholy minimálního ohraničujícího obdélníku. V případě, že se některý z těchto vrcholů nachází mimo jízdní pruh, je plocha vozidla mimo jízdní pruh vypočítávána z obsahů vzniknuvších jednoduchých geometrických útvarů.

Pokud se nachází jeden bod mimo jízdní pruh, tvoří tento bod spolu s dvěma průsečíky trojúhelník (viz Obrázek 6 - varianta B). V případě dvou bodů tvoří tyto body spolu s průsečíky lichoběžník (varianta C) a v případě tří bodů mimo jízdní pruh se jedná konvexní pětiúhelník (varianta D). Pokud se nachází všechny čtyři body mimo jízdní pruh je plocha počítána

z celého vozidla (varianta E). V případě, že se vozidlo nachází ve svém jízdním pruhu, je plocha vozidla mimo jízdní pruh rovná nule (varianta A)



Obrázek 6: Počet bodů (rohů) vozidla mimo jízdní pruh a na základě tohoto vzniklé plochy pro výpočet

P_j jsou jednotlivé plochy minimálního ohraničujícího obdélníku vozidla, které se nachází mimo jízdní pruh. Pro výpočet je opět použita metoda plovoucího okénka, tak jako v předchozím případě (je zvolena velikost 100m až 200m). PM_i je aritmetický průměr všech hodnot P_j v plovoucím okénku.

$$PM_i = \frac{\sum_{j=1}^n P_j}{n} \quad (5)$$

$j = j$ -tá plocha vozidla mimo jízdní pruh, $n =$ počet vzorků v plovoucím okénku

Kritérium 2 (kritérium pozice vozu)

$$K_2 = \frac{10}{m} \sum_{i=1}^m \frac{P_v - PM_i}{P_v}, \text{ hodnocení } K_2 \text{ nabývá hodnot } \{0;10\} \quad (6)$$

$i = i$ -té plovoucí okénko, $m =$ počet plovoucích okének, $P_v =$ plocha minimálního ohraničujícího obdélníku (například pro vozidlo Škoda Superb $P_v = 4,803 * 1,765 = 8,477\text{m}^2$ tj. délka vozidla * šířka vozidla)

3.2.3 Kritérium rychlosti

Pro výpočet je použita opět metoda plovoucího okénka, tak jako v předchozím případě (je zvolena velikost 100m až 200m) Je nutné, aby velikost plovoucích okének byla vždy stejná pro všechna počítaná kritéria. VM_i je aritmetický průměr všech hodnot v_j (jednotlivé rychlosti vozidla v km/h) ve zvoleném plovoucím okénku.

$$VM_i = \frac{\sum_{j=1}^n v_j}{n}, \quad (7)$$

$j = j$ -tá rychlost vozidla v km/h, $n =$ počet vzorků v plovoucím okénku

Pro každou průměrnou rychlost (VM_i) ve zvoleném okénku je vypočten rozdíl mezi VM_i a rychlostí povolenou nebo rychlostí definovanou na začátku měření (V_p).

$$VD_i = VM_i - V_p \quad (8)$$

HS_i je vypočtené hodnocení na základě rychlosti pro úsek vymezený plovoucím okénkem:

$$HS_i = 10 - VD_i, \text{ pro } VD_i \in \langle 0; 10 \rangle \quad (9)$$

$$HS_i = 15 + VD_i, \text{ pro } VD_i \in \langle -15; -5 \rangle \quad (10)$$

$$HS_i = 10, \text{ pro, pro } VD_i \in \langle -5; 0 \rangle \quad (11)$$

$$HS_i = 0, \text{ pro, pro } VD_i \geq 10, \quad (12)$$

$$HS_i = 0, \text{ pro, pro } VD_i \leq -15 \quad (13)$$

Kritérium 3 (kritérium rychlosti)

$$K_3 = \frac{\sum_{i=1}^m HS_i}{m}, \text{ hodnocení } K_3 \text{ nabývá hodnot } \langle 0; 10 \rangle \quad (14)$$

$i = i$ -té plovoucí okénko, $m =$ počet plovoucích okének

3.2.4 Subjektivní hodnocení lektora

Kromě automatizovaného výpočtu hodnocení na základě technických dat je možné celkové hodnocení řidiče ovlivnit i hodnocením lektora, a to tak, že lektor ohodnotí řidičův výkon na škále 0 až 10.

Kritérium 4 (subjektivní hodnocení)

K_4 nabývá hodnot $\langle 0; 10 \rangle$

3.2.5 Celkové hodnocení

Pro výpočet celkového hodnocení je použit následující vzorec:

$$K = K_0 \cdot (v_1 \cdot K_1 + v_2 \cdot K_2 + v_3 \cdot K_3 + v_4 \cdot K_4), \quad (15)$$

hodnocení K nabývá hodnot $\langle 0; 10 \rangle$

K_0 – binární kritérium, pokud je dějová situace hodnocena jako nezvládnutá tj. dojde ke střetu s objektem děje nebo dojde-li ke střetu s jakýmkoli objektem je $K_0 = 0$, jinak je $K_0 = 1$, K_i jsou jednotlivé hodnocení dle kritérií, v_i - váhy

Součet všech hodnot jednotlivých váhových parametrů musí být vždy jedna. Doporučené rozdělení je:

Tabulka 1: Váhové parametry pro navrhované scénáře

Váhové parametry pro navrhované scénáře			
$v_1 = 0,2$	$v_2 = 0,3$	$v_3 = 0,2$	$v_4 = 0,3$

Pozn.: samozřejmě je možné zvolit i jiná rozdělení, podle typu scénáře a možných důsledků toho kterého chování řidiče.

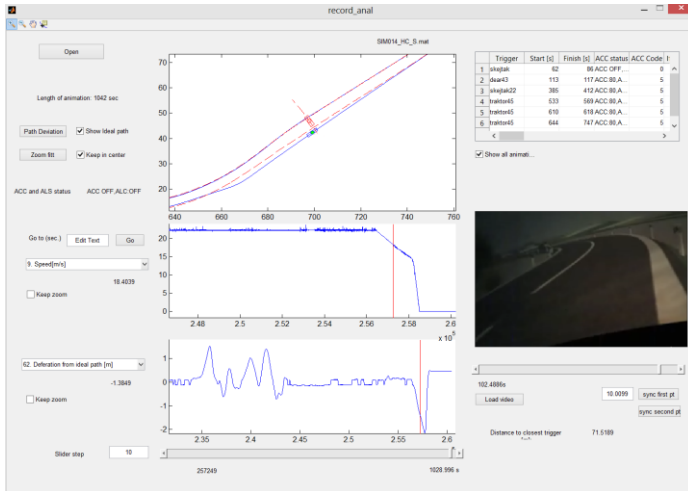
V následující tabulce je uvedeno slovní hodnocení na základě získaných bodů:

Tabulka 2: Slovní hodnocení výkonu řidiče

Celkové hodnocení K	Slovní hodnocení výkonu řidiče
0 – 5 (včetně)	řidič neovládá jízdu s vozidlem, výsledek je neakceptovatelný
5 – 8 (včetně)	řidič má průměrné schopnosti pro řízení, výsledek je akceptovatelný
8 – 10 (včetně)	bezpečná jízda, hodnocení je výborné

3.3 SW pro automatické vyhodnocování experimentů

Pro automatické vyhodnocování experimentů, za pomoci analýzy zaznamenaných technických dat byl navržen a následně vyvinut software [8]. Na následujícím obrázku (Obrázek 7) je ukázáno grafické rozhraní softwaru pro automatické vyhodnocování experimentů doplněné o videozáznam z eye-trackeru, což umožňuje v některých situacích výsledky zpřesnit a zároveň sledovat řidičův fokus. Vyvinutý software je efektivní nástroj pro evaluaci řidičových schopností a objektivní posouzení řidičova výkonu a zátěže. V tomto analyzačním nástroji jsou zakomponovány uvedené metody zpracování dat a zároveň se zde používá výše popsaná metodika pro analýzu dat. Tento software byl již několikrát použit a jeho výstupy byly řádně validovány.



Obrázek 7: Grafické rozhraní softwaru pro automatické vyhodnocování experimentů

4 EXPERIMENTÁLNÍ PROSTŘEDKY A VYBAVENÍ NA FD ČVUT

4.1 Vozidlové simulátory

Vozidlové simulátory jsou vyvíjeny v Laboratoři spolehlivosti systémů již více než deset let. Během této doby bylo vyvinuto několik vozidlových simulátorů, které byly po řadě experimentů buď rozdělaný a nahrazeny či upraveny do nové podoby. Nyní je k dispozici pět vozidlových simulátorů. Tři jsou tzv. lehkého typu, tedy pouze s kokpitem vozidla a zbylé dva jsou tzv. plnohodnotné, tj. s celým vozidlem. Další simulátory jsou ve vývoji.

4.1.1 Plnohodnotný simulátor Škoda Octavia II

Tento simulátor je tvořen vozem Škoda Octavia II a má válcovou projekční plochu (Obrázek 8). Díky distribuovanému projekčnímu systému s pěti projektory, které jsou přizpůsobeny pro válcovou projekci, pokrývá 210° řidičova výhledu. Obraz pro sledování ve zpětných zrcátkách je promítán na rovinnou projekční plochu za pomoci dvou projektorů.



Obrázek 8: Plnohodnotný simulátor Škoda Octavia II

4.1.2 Lehký simulátor Škoda Octavia II

V tomto simulátoru je využito kokpitu z Octavie II. Nabízí tzv. „cave“ projekční systém (Obrázek 9). Tento je realizován pomocí šesti projektorů (je možná i 3D projekce). Pomocí soustavy zrcadel je obraz promítán na tři projekční „plátna“ – matice (průhledný kus plastu, na který se ze zadu promítá obraz). Kokpit je plně vybaven (včetně střechy, zrcátek, sedadla spolujezdce atd.). Tento simulátor je v současné době používán pro většinu experimentů.



Obrázek 9: Lehký simulátor Škoda Octavia II

4.1.3 Lehký simulátor nákladního vozidla

Jedná se o simulátor místa řidiče nákladního automobilu (Obrázek 10), který je tvořený čtyřmi velkoplošnými LCD televizory, umožňujícími simulaci děje kolem celého vozidla. Pro zajištění vzpřímeného posazu řidiče a vzdálenostních parametrů, které odpovídají ovládacímu pracovišti nákladního vozidla, je v simulátoru umístěno sedadlo a volant z kabiny nákladního automobilu. Pedály jsou upevněny ve vertikální poloze, aby bylo zajištěno jejich snadné ovládání ve vzpřímeném sedu. Pro optimalizaci ovládání je ergonomie tohoto simulátoru blízká ergonomii nákladního vozidla v místě řidiče. V simulátoru je použit standardní herní volant. Otáčkoměr a tachometr je zobrazován dynamicky na LCD displeji s úhlopříčkou 17“.



Obrázek 10: Lehký simulátor nákladního vozidla

4.1.4 Lehký simulátor vhodný pro autoškoly

Prostorové uspořádání tohoto simulátoru vychází z potřeb většiny autoškol, které mají jen omezené prostory pro provoz a instalaci simulátoru. Kabina byla navržena jako uzavřená s uzavíratelnými dveřmi. Toto uspořádání dává lepší pocit přítomnosti v reálném vozidle než otevřená kabina, kde má řidič vizuální kontakt s okolím. Vizualizace virtuální scény je řešena pomocí trojice LCD obrazovek umístěných v zorném poli řidiče. Prvky kokpitu jsou postaveny na bázi reálných prvků vozidla (Obrázek 11). Tento simulátor je vybaven třístupňovou pohybovou plošinou. Pohybový systém slouží k reprodukci pohybových vjemů, jako je např. akcelerace, decelerace, odstředivá zrychlení v důsledku změny směru jízdy, změna polohy / náklon vůči gravitačnímu poli a vliv různých nerovností na vozovce.



Obrázek 11: Lehký simulátor vhodný pro autoškoly

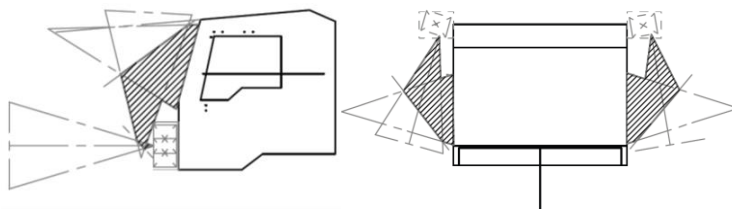
4.1.5 Plnohodnotný simulátor kamionu (MAN)

Simulátor kamionu (Obrázek 12) je koncipován jako tzv. „full mission“ simulátor, tedy zařízení, které je schopno reprodukovat všechny vjemy, které řidič používá v rozhodovacím procesu řízení vozidla. Jedná se zejména o vjemy audio - vizuální a pohybové.



Obrázek 12: Plnohodnotný simulátor kamionu (MAN)

Z důvodu vytvoření maximálně věrného prostředí je kabina simulátoru postavena na bázi reálné kabiny kamionu MAN TGS, a to včetně všech palubních systémů (přístrojová deska, palubní počítač atd.). Řídicí systém simulátoru komunikuje přímo s originálními palubními systémy po sběrnici CAN. Projekční systém pokrývá celé zorné pole řidiče. Za pomoci soustavy zrcadel (Obrázek 13) je simulovaný děj promítán na matnice do prostoru čelního okna a bočních oken ve dveřích kabiny. Pro pokrytí celé plochy čelního okna promítaným obrazem je nezbytná soustava se čtyřmi projektory.



Obrázek 13: Soustava zrcadel plnohodnotného simulátoru kamionu

Výsledná realizace je ovšem připravena pro tzv. stereoprojekci, která je na čelním skle zajišťována osmi projektory. Boční projekce je pak zajišťována čtyřmi projektory z každé strany, svítícími vždy na jedno okno (dva projektory pro levé a dva projektory pro pravé oko).

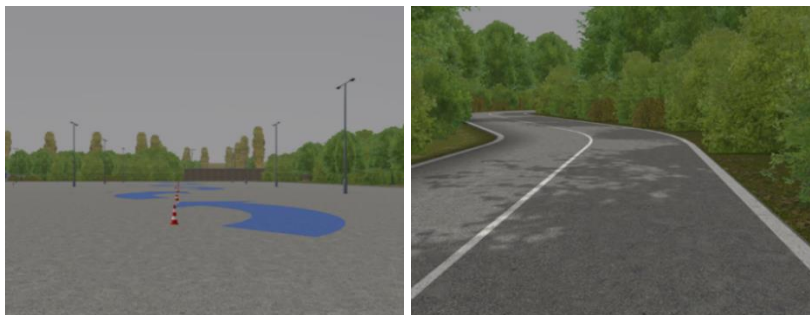
Celý systém simulátoru je založen na distribuované architektuře a běží na několika počítačích propojených v síti. Základem simulačního systému je matematicko - fyzikální model a modul vizualizace virtuálního prostředí spolu s generátorem prostorového zvuku. Kabina simulátoru je umístěna na pohybové plošině se šesti stupni volnosti.

4.2 Aplikované testovací scénáře

S vývojem jednotlivých vozidlových simulátorů paralelně probíhal vývoj virtuálních prostředí a testovacích scénářů. Většina modelovaných scénářů byla určena pro potřeby konkrétních experimentů. Jednalo se například o scénáře pro testování asistenčních a informačních systémů, scénáře pro řešení marginálních dopravních situací či tréninkové scénáře a další. V současné době jsou využívány a dále rozvíjeny především scénáře pro řešení kritických dopravních situací a scénáře pro sledování projevu agresivního chování řidičů.

4.2.1 Tréninkové scénáře pro výcvik řidičů a řešení marginálních dopravních situací

Výcvik na simulátoru se skládá z několika základních součástí. V první části se procvičuje základní ovládání vozidla – použití plynového a spojkového pedálu, brzdy, řazení rychlostních stupňů. Po zvládnutí těchto dovedností se pokračuje k směrovému ovládání vozidla v jednodušším a obtížnějším slalomu (ukázka z tohoto scénáře je na následujícím obrázku - Obrázek 14 - vlevo). Další součástí výcviku je jízda po „klikaté“ silnici mezi vegetací, kde není velký přehled o tom, co bude následovat (viz Obrázek 14 - vpravo).



Obrázek 14: Ukázka z výcviku na simulátoru – směrové ovládání vozidla (vlevo) a komplikované rozhledové podmínky (vpravo)

Po zvládnutí těchto částí výcviku následuje nácvik rozjíždění do svahu (5%, 10% a 15%) viz Obrázek 15 - vlevo. Po úspěšném zvládnutí rozjíždění ve svahu následuje poslední část, kdy jsou řešeny přednosti na křižovatkách v reálném čase (viz Obrázek 15 - vpravo)



Obrázek 15: Ukázka z výcviku na simulátoru – rozjíždění do svahu (vlevo) a řešení situace na křižovatkách (vpravo)

Pokročilý výcvik nespočívá pouze v získání základních dovedností pro ovládání automobilu. Řidič by měl zvládat i řešení složitějších dopravních podmínek a dopravních situací. Tyto jsou cvičeny pomocí speciálních scénářů např. nenadálá překážka na silnici (obrázek 16 - vlevo) či nepříznivé klimatické podmínky (obrázek 16 - vpravo).



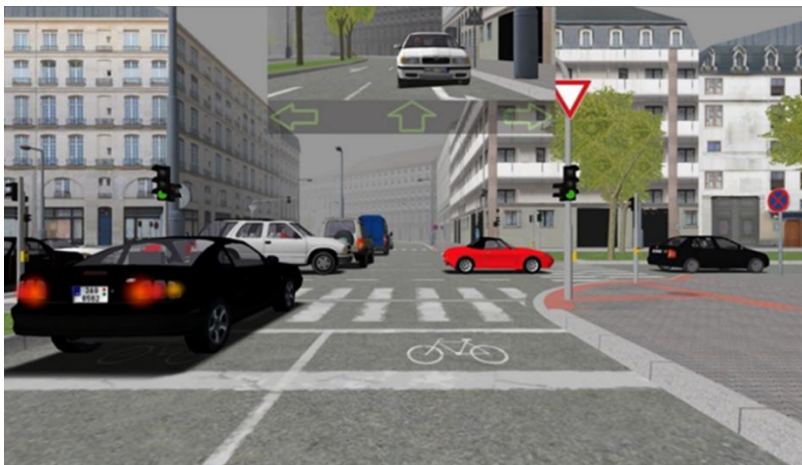
Obrázek 16: Vběhnutí srnky do vozovky a nepříznivé klimatické podmínky

4.2.2 Scénáře pro sledování projevů agresivního chování řidičů

Základní myšlenkou takovýchto scénářů bylo navození agresivního chování u řidiče. Jedna z předpřipravených situací byla tato:

- Řidič stojí s automobilem na křižovatce první v pořadí a na SSZ (semaforu) je červený signál „Stůj!“. Dle pravidel silničního provozu není oprávněn vjet do křižovatky.
- Ve chvíli, kdy se signál na SSZ změní na „Volno!“ a řidič by mohl vjet do křižovatky, mu toto není umožněno, protože vozidla, která ho křižují zleva doprava, zůstávají na křižovatce z důvodu vytvoření kolony.

- Tato situace je udržena po celou dobu trvání signálu „Volno!“ až se signál změní opět na „Stůj!“. V tu chvíli řidič podle pravidel silničního provozu opět není oprávněn k vjezdu do křižovatky a musí čekat na opětovný signál „Volno!“.
- Taková situace se opět opakuje (Obrázek 17).



Obrázek 17: Blokující kolona vozidel na křižovatce

ZÁVĚR

Výzkumné projekty, které spojuje problematika tzv. spolehlivosti interakce člověka se strojem, se zabývají podrobným zkoumáním chování operátorů umělých systémů, jejich případnými chybami či selháními, ale také optimalizací ovládaní těchto systémů. Ačkoli mají výsledky těchto projektů zcela nepochybně velmi široké využití, jsou objektem našeho zkoumání především operátoři dopravních systémů, a to zejména řidiči motorových vozidel. Výzkum chování řidičů za standardních i mezních situací je klíčový pro zvýšení bezpečnosti provozu, a to především proto, že řidič je stále tím nejméně spolehlivým a obtížně predikovatelným článkem dopravního systému.

Tyto výzkumy probíhají v převážné většině na pokročilých vozidlových simulátorech. Výhoda používání simulátorů oproti skutečným vozidlům spočívá v tom, že řidič, obklopen prostředím, které víceméně přesvědčivě navozuje iluzi reálného světa, může provádět v podstatě jakékoliv úkony a manévry v podmínkách naprosto bezpečných pro něj i jeho okolí. Vozidlové simulátory jsou sestaveny z reálných částí automobilového kokpitu, které jsou napojeny na simulační systémy běžící na několika vzájemně propojených počítačích.

Simulátory jsou vyvíjeny v laboratořích Dopravní fakulty ČVUT, což nám dává široké možnosti pro téměř libovolné modifikace simulátorů a měřících systémů podle požadavků aktuálně prováděných experimentů, a to znamená velkou výhodu oproti pracovištím, které využívají simulátory na komerční bázi. V současné době disponuje laboratoř pěti funkčními simulátory, které byly plně vyvinuty v rámci laboratoří FD ČVUT.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Bouchner, P., Novák, M., Vysoký, P.: Metody analýzy spolehlivosti interakce řidiče s vozem v silničních tunelech, Výzkumná zpráva č. LSS 215/04, Praha, 2004
- [2] Novák M., a kol., Problems of Reability in Interactions between Human Subjects and Artificial Systems, ICS AS ČR, ČVUT, Praha, 2004
- [3] Bouchner P.: Simulation Technologies for Research in Reliability of Operator – System Interaction, Habilitační práce, FD ČVUTv Praze, Praha, 2010
- [4] Bouchner, P.: Driving Simulators for HMI Research, disertační práce, FD ČVUT, Praha, 2006
- [5] Sýkora, O.: Analýza změn v chování lidského operátora-řidiče na základě analýzy trajektorie vozu, disertační práce, FD ČVUT, Praha, 2008
- [6] Bouchner, P., Novotný, S., Čechová, A.: Metodika výcviku řidičů pro marginální dopravní situace, Uplatněná certifikovaná metodika, 2013
- [7] Bouchner, P., Novotný, S., Čechová, A.: Metodika výcviku řidičů pro užívání moderních systémů ve vozidle, Uplatněná certifikovaná metodika, 2013
- [8] Novotný, S., Bouchner, P., Rozhdestvenskiy, D.: Pokročilý simulátor pro výcvik řidičů - podpora pro vyhodnocení řidičova aktuálního výkonu, Software splňující podmínky RIV, 2013
- [9] Novotný S.: Automatické modelování silniční sítě v třírozměrné virtuální scéně, diplomová práce, FD ČVUT, Praha 2005

CURRICULUM VITAE

Ing. Stanislav Novotný, Ph.D.

19. 6. 1976

Studium:

- 1999 – 2005 studium na Fakultě dopravní Českého vysokého učení technického, obor automatizace v dopravě a telekomunikacích
- 2005 obhajoba diplomové práce na téma „Automatické modelování silniční sítě v třírozměrné virtuální scéně“
- 2005 – 2009 postgraduální studium na FD ČVUT, obor Inženýrská informatika v dopravě a spojích
- 2009 obhajoba disertační práce na téma „Analytická vyhodnocování technických dat z vozidlového simulátoru při experimentech“

Zaměstnán:

Ústav dopravních prostředků, Fakulta dopravní, ČVUT v Praze, Konviktská 20, Praha 1 na pozici „odborný asistent“, zástupce vedoucího ústavu

Odborné aktivity:

- DSRG (Driving Simulation Reserch Group) vedoucí výzkumné skupiny, která se zabývá vývojem a stavbou vozidlových simulátorů zejména pro účely výzkumu chování řidičů
- LSS (Společná laboratoř spolehlivosti systémů FD ČVUT a AV ČR) - spolupráce na výzkumu chování řidiče, zavádění nástrojů virtuální reality do experimentů, návrhy experimentů a jejich analýz

Oblasti vědeckého zájmu:

- Problematika spolehlivosti interakce lidského operátora s umělým systémem
- Aplikace prostředků virtuální reality
- Problematika dopravních simulátorů, softwarová podpora pro dopravní simulátory

Granty:

Hlavní řešitel grantů:

- 2007 – Interní grant ČVUT „Rozšíření vizuálního pole vozidlového simulátoru o zpětnou projekci a měření vlivu toho řešení na kvalitu simulace jízdy“ v sekci grantů pro podporu práce doktorandů

- 2008 – Interní grant ČVUT „Prezentace pokročilé metodologie pro vyhodnocení aktuálního stavu řidiče dopravního prostředku ze souboru technických dat“, v sekci prezenčních grantů
- 2012 - Grant IRP (Institucionální rozvojový plán 2012) za ČVUT „Účast simulátoru na prezentačních akcích - propagace ČVUT“
- 2014 - Grant IRP (Institucionální rozvojový plán 2014) za ČVUT „Účast simulátoru na prezentačních akcích“

Odborná práce na grantech:

- TA ČR, TA01030574 - Výcvikové pracoviště pro řidiče kamionů, (2011-2013), člen řešitelského týmu, návrh a realizace SW vybavení systému simulátoru, tvorba vizualizačního SW a automatizovaná analýza dat z experimentů
- TA ČR, TA02031465 - Automatické sledování agresivních a nebezpečných řidičů motorových vozidel, (2012-2015), člen řešitelského týmu, návrh a realizace SW, pokročilá analýza dat
- TA ČR, TA02031414 - Vývoj pokročilého simulátoru pro účely základního i následného výcviku řidičů osobních automobilů (2012-2013), člen řešitelského týmu, návrh a realizace SW
- MV ČR, VG20122014085 - Zvýšení bezpečnosti vozidel při přepravě cestujících i nákladů na kritických bodech infrastruktury, (2012-2014), člen řešitelského týmu, návrh a realizace SW

Publikační činnost a citace:

- 1x mezinárodní monografie
- 2x monografie ČR
- 2x článek v impaktovaném časopise
- 1x článek v mezinárodním recenzovaném časopise
- 15x příspěvek na mezinárodní vědecké konferenci
- 4x příspěvek na české vědecké konferenci
- 3x uplatněná certifikovaná metodika
- 2x software splňující podmínky RIV
- 2x funkční vzorek
- 15x citace v uznávané mezinárodní databázi
- 5x citace ČR

Výběr publikací:

Více viz <http://www.vvvs.cvut.cz/>, H-index = 2

1. Bouchner, P. - Faber, J. - Hrubeš, P. - Matoušek, V. - Novák, M. - Novotný S. - Sýkora O. - et al.: Road accident reduction, ARACNE editrice S.r.l., Roma, 2010, 280 s., ISBN 978-88-548-3550-4
2. Bouchner, P. - Novotný, S. - Jiřina, M.: Identification of driver's drowsiness using driving information and EEG, Neural Network World 2010, roč. 20, č. 6, s. 773-791, ISSN 1210-0552
3. Bouchner, P. - Novotný, S. - Faber, J. - Tichý, T.: Driver's Attention Level Improvement with Use of Biofeedback Stimulation Incorporated into Driving Simulator, Neural Network World, 2009, roč. 19, č. 1, s. 109-118, ISSN 1210-0552
4. Bouchner, P. - Novotný S. - Sýkora O.: Objective Assessment of Drivers Performance Impaired by Drowsiness, Sborník 5th WSEAS International Conference on visualisation, imaging and simulation, WSEAS Press, Malta 2012, s. 259 - 263, ISBN 978-1-61804-119-7
5. Bouchner, P. - Novotný, S.: Elderly drivers vs. IVIS and ADAS - Results from a set of driving simulator studies, Advances in Transportation Studies, ARACNE editrice S.r.l., Roma, 2011, č. 24, s. 23-32, ISSN 1824-5463