



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Projekt CZ.1.07/2.3.00/09.0086

Podpora VaV a vzdělávání pro VaV v oblasti mechatroniky silničních vozidel

Modely chování řidiče

Doprovodný učební text

Ing. Tomáš Kroták

2010

Obsah

1	Dopravní nehody.....	3
1.1	Situačně orientované vyjádření vzniku dopravní nehody.....	4
1.2	Diferencovaný způsob pohledu na vznik nehody.....	5
2	Soustava řidič-vozidlo-okolí.....	7
2.1	Kritéria dopravně-bezpečnostního výzkumu.....	8
2.2	Metody dopravně-bezpečnostního výzkumu.....	9
3	Teoretický model řízení vozidla.....	11
4	Model chování podle Rasmussena.....	13
5	Struktura osobnostních rysů.....	14
6	Model zpracování informace.....	15
7	Faktory podílející se na vzniku nehody.....	17
7.1	Časté příčiny.....	17
7.2	Oblast vnímání.....	18
7.3	Oblast pozornosti.....	18
7.4	Oblast motoriky.....	20
7.5	Další oblasti chyb.....	20
8	Jízdní asistující systémy.....	22
8.1	Kontrola pozornosti řidiče.....	22
8.2	Rozdělení asistujících systémů podle úrovně činnosti a stupně podpory řidiče.....	23
8.3	Asistující systémy s vyšší podporou řidiče.....	24
8.4	Specifické účinky asistujících systémů.....	25
8.5	Nespecifické účinky asistujících systémů.....	25
9	Adaptace rizika.....	27
10	Doporučení pro návrh systému kontroly pozornosti.....	30
11	Řidič jako regulátor.....	31
11.1	Crossover model.....	31
11.2	Optimal Control Model.....	33
11.3	Hranice lidského operátora.....	35
11.4	Využití modelů.....	36
	Literatura.....	37

1 Dopravní nehody

Dopravní nehody se vyskytují od doby co začala vozidla jezdit po ulicích. První popis nehody pochází z roku 1895. [5] V USA byl v roce 1899 poprvé usmrčen člověk při dopravní nehodě. [6] Až začátkem 20. století se začaly systematicky vést statistiky dopravních nehod. Z této doby pochází také první pokusy o vysvětlení příčin dopravní nehody [7]. Už v té době ze statistik vyplývalo, že člověk způsobuje 90% všech nehod. Tato hodnota platí i v současné době. Jako nejčastější příčina nehod podle [7] v roce 1929 je uváděna vysoká rychlost. V [7] se přímo uvádí: „Boj s dopravními nehodami bude v budoucnu problémem výrazně psychologickým“. A tato věta platí stále. První pokusy o řešení problematiky dopravních nehod byly zaznamenány kolem roku 1912. [8] Šlo o použití vlastního testovacího zařízení k zjištění vhodného a nevhodného chování řidičů tramvaje. Předpokladem experimentu bylo, že je jízdní styl závislý na attributech osobnosti řidiče. Z tohoto předpokladu vycházela i jiná teorie, která uvádí, že pravděpodobnost způsobení nehody řidičem je závislá na počtu nehod způsobených jím v minulosti. [9] Od počátku oboru dopravní psychologie je snahou určit ty vlastnosti, které předurčují problémového řidiče. Odůvodnění této snahy uvádí [8]. Způsobené dopravní nehody se nerovnoměrně rozkládají v populaci, oproti velkému podílu řidičů bez nehod stojí malá skupina řidičů, kteří bourají častěji. Skupina častěji bourajících řidičů je považována jako odchýlení od normy (chování). Jsou jim přisuzovány určité dispozice, které jsou označovány jako náchylnost k nehodě. Vychází se z toho, že tato náchylnost je způsobena osobnostními faktory. V [7] je uveden jako příklad cholerik, který kvůli zvýšené motorické a senzorické vznětlivosti náchylný k, pro ostatní, překvapivé jízdě. Patří k typu silového řidiče, který již od počátku jede příliš rychle. Dalším důležitým typem je sangvinik. Lehce u něho může dojít k podcenění situace, což může, především v rychlém provozu, vést k nehodě. Pokud je sangvinik pod stálým tlakem je pozorný. Psychologie dále rozlišuje rozvázný temperament, jehož zástupci nejsou už tak častí jako předchozí dvě skupiny. Je to skupina spolehlivých bezpečných řidičů, kteří dodržují střední rychlosti. Tehdejší hypotézy o příčinách chování řidiče a s tím související náchylnosti k nehodě působí dnes trochu komicky. Teorie dopravních nehod v historických souvislostech je třeba uvažovat spolu s rozvojem psychologie a psychodiagnostiky. Významného rozvoje dosáhla dopravní psychologie v 50. letech 20. století, kdy například v Německu byla založena instituce pro medicínsko-psychologické vyšetřování řidičských schopností (Deutsche Untersuchungsstelle für die Überprüfung der Kraftfahrereignung). Vznikl systém pojištění vozidel, založen na registraci vozidel a využívající evidenci způsobených nehod. [10] Není přehnané tvrzení, že žádná z dopravně psychologických teorií nedosáhla společenského povědomí. Objevily se i teorie s tvrzením, že vyšší počet způsobených nehod jedním řidičem může být způsoben prostou náhodou, bez toho aniž by řidič musel nést nějaké osobnostní znaky náchylnosti k nehodám. Tím ale odpadá možnost, u osob s nadprůměrným počtem způsobených nehod, vztahovat náchylnost k nehodě k dané osobě. [11]

Rozhodující pro pochopení problému vzniku nehody je skutečnost výjimečné události a statistiky popsané Poissonovým rozložením. Poissonovo rozložení odráží okolnosti čistě podle pravděpodobnostních zákonů. Očekává se malá skupina řidičů s vysokým počtem nehod, když pro všechny členy zkoumaného souboru platí stejná pravděpodobnost způsobení nehody. Čím menší je průměrná četnost nehod, tím větší je koncentrace nehod u malé skupiny řidičů. Pouze když je Poissonovo rozdělení a empirické rozdělení značně rozdílné, může být použit interindividuální ukazatel, který se nazývá náchylnost k nehodě. Předpokladem je, že je shodné objektivní nebezpečí. Je třeba brát ohled na to, že někteří lidé jezdí autem velmi mnoho kilometrů ročně, zatímco někteří jen málo. Takže i pravděpodobnost způsobení nehody je tím ovlivněna. Jen při rozsáhlém šetření

nehod (vysokém počtu) se může lišit rozložení četnosti od Poissonova modelu. V těchto případech odpovídá rozdělení negativnímu Bi-nominálním rozdělení, které se může interpretovat jako více Poissonovo rozdělení s rozdílným parametrem λ . λ je jedním parametrem Poissonova rozdělení, který může představovat riziko. Je inherentní a pro každého účastníka silničního provozu stejný. Při Bi-nominálním rozdělení odpovídá parametr λ náchylnosti k nehodě u konkrétní skupiny účastníků silničního provozu (začátečníci, zkušení řidiči), ne však konkrétní osoby. Pro jednotlivé rizikové skupiny je prokazatelná určitá míra rizika. [12]

Matematiko statistické vyvrácení teorie nehod se nachází např. v [13]. Rozšířený názor, že odmítnutím psychologicky nápadných uchazečů o řidičský průkaz, je možné zvýšit bezpečnost na silničních komunikacích se nedá pokládat za zcela pravdivý. Je potřeba uplatnit jiné psychologické postupy k zmírnění rizika při výběru uchazečů o řidičský průkaz.

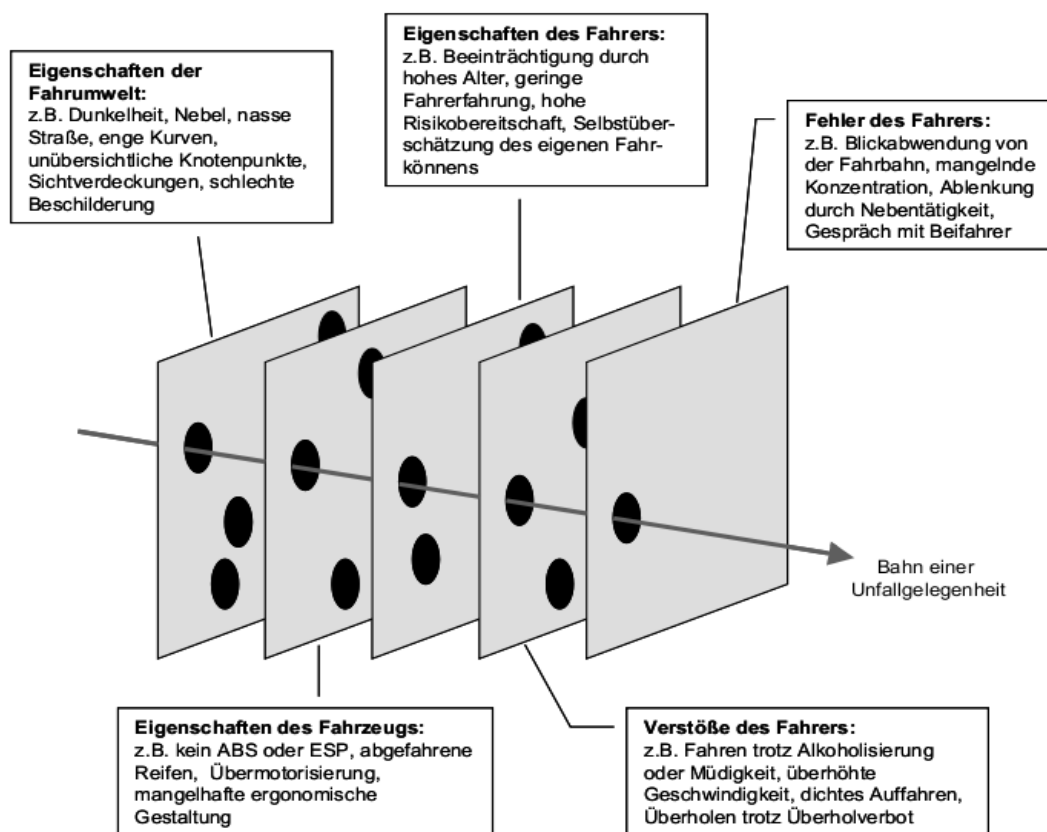
Dopravní psychologie z 60. let 20. století platí stále, i když při vysvětlení vzniku dopravní nehody dochází k pomalému příklonu ke každodenní psychologii.

1.1 Situačně orientované vyjádření vzniku dopravní nehody

Nejdůležitějším faktorem je lidská chyba a nedostatečné schopnosti jsou považovány za méně či více stabilní osobnostní vlastnosti. Převládá názor, že chyba je způsobena aktuálním obecně-psychologickým procesem.

Podle toho není úkolem dopravních psychologů vyloučit nevhodného uchazeče o řidičský průkaz, ale zaměřit pozornost více na momentální chování řidiče a na jeho obecně-psychologické předpoklady. Pro prevenci nehod to znamená, že důležitou roli představují okolní podmínky. Ty je třeba změnit, tak aby minimalizovaly vznik chyb, případně jejich důsledků. [14] Pojem „okolní podmínky“ je velmi široký, zahrnuje komunikaci, její vybavení, dopravní značení, vybavení vozu, design ukazatelů a ovládacích prvků stejně jako funkci asistujících systémů. To neznamena, že by řidič v tomto novém pojetí neměl žádnou měřitelnou roli. Pouze je zde možnost zvýšení subjektivních výkonnostních předpokladů tréninkem a kvalifikací. Dřívější teorie považovali řidiče za výkonnostně stabilního a prakticky bez schopnosti učení. Řidič reaguje na své okolí a dělá chyby, což mu také přiřazuje klíčovou roli při vzniku nehody. Rozhodující je, že jeho chyby jsou velmi podmíněné situací.

Reasonův model vzniku nehody znázorňuje situační podmíněnost a komplexní působení faktorů při vzniku nehody. [15] Ukazuje dráhu možnosti vzniku nehody, která prochází několika vrstvami, tak že nakonec vede k nehodě. Tento průchod vrstvami je možný, protože dojde k překrytí otvorů v jednotlivých vrstvách, které odpovídají rizikovým faktorům v okolí, vozidle a chování řidiče. Rozmístění otvorů v jednotlivých vrstvách je více nebo méně nepředvídatelné, tak jako vnitřní a vnější faktory. Jednotlivé otvory se neustále pohybují a mění svoji polohu a velikost a to na všech vrstvách tohoto systému. Z Obr. 1 je patrné, že pravděpodobnost překrytí otvorů na všech vrstvách je velmi nízká, za předpokladu výskytu pouze několika malých otvorů na jednotlivých vrstvách. Což odpovídá četnosti výskytu rizikových faktorů v okolí, vozidle a chování řidiče. Reasonův model ukazuje, že nehoda je zpravidla způsobena více příčinami a rizikovými faktory, které se musí sejít v jeden časový okamžik. Náhoda zde hraje rozhodující roli. Principiálně se na každé vrstvě vyskytují nějaké otvory a každý takový otvor zvyšuje riziko nehody. Přesná analýza dopravní nehody umožní tyto otvory identifikovat a vyvíjet vhodné strategie k redukci těchto rizikových faktorů.



Obr. 1 Reasonův model vzniku nehody [14]

1.2 Diferencovaný způsob pohledu na vznik nehody

První nasazení diferencovaného způsobu pohledu na vznik nehody, ve kterém nehraje nejdůležitější roli náchylnost k nehodě jako osobnostní dispozice, bylo v 60. letech 20. století. [16] Empirickým výzkumem byla stanovena souvislost mezi velkým počtem dopravních a pracovních nehod a lidským selháním. Rozlišovalo se, zda šlo chybu poraněné osoby nebo osoby cizí. Podíl postižených osob byl dále rozdělen, rozlišovalo se dále zda příčina byla psychologická nebo „nep psychologická“ (např. tělesná), přičemž „nep psychologické“ dosahovaly v porovnání s psychologickými jen nepatrného významu.

Psychologické faktory byly rozděleny do dvou kategorií, v čase konstantní a časově proměnné. Časově konstantní jsou míněny osobnostní znaky, schopnosti, dlouhodobě osobní stanoviska. Časově proměnné faktory se rozumí změny výkonnosti a nálady a jejich vnitřní a vnější okolnosti, únava, dosavadní zkušenosti, věk, doba řízení, teplota, atd.. Je zdůrazňováno, že časově konstantní a proměnné faktory se nadají přesně oddělit. Existují plynulé přechody mezi těmito dvěma skupinami. [8]. Časově proměnné faktory lze (opět) rozdělit do dvou skupin, a to osobnostní a situační. Typickými osobnostními časově proměnnými faktory jsou alkohol, drogy, léky, únava, zkušenosti, věk, atd.. Zatímco situační časově proměnnými faktory představují především mimo osobnostní faktory s nepřímým psychologickým vlivem. Počítají se mezi ně např. atmosférické

podmínky, teplota, doba jízdy nebo hustota provozu. Tyto faktory působí jen nepřímo na osobnostní faktory. Na počátku 60. let 20. století představoval tento pohled novou perspektivu na psychologický výzkum dopravních nehod. Rozdělení časově konstantních a časově proměnných faktorů na osobnostní a situační faktory představovalo významný krok od teorie dopravní nehody k a systematicky situačnímu úhlu pohledu na proces vzniku dopravní nehody. [8]

První významná vyšetřování vzniku dopravní nehody založeném na diferencovaném pohledu se uskutečnili v 60. letech. Rozlišovalo se v té době mezi hlavními a vedlejšími příčinami. [11],[17] Pro vyšetření dopravní nehody se využívalo interview s řidičem. Cílem bylo vypátrat přesnější příčiny nehody a faktory působící před nehodou klasifikovat. Je možné provádět tyto interview po určitém časovém období od nehody (někdy až rok [16]), nebo ihned po nehodě [18]. Později, na konci 70. let, se poprvé objevil interdisciplinární tým pro vyšetření dopravní nehody. Tým se skládal z psychologů, dopravního inženýra, specialisty na životní prostředí, konstruktéra silničních vozidel a specialisty na rekonstrukci dopravních nehod. Tento tým vyšetřil 420 nehod ve státě Indiana v USA. [19] Velmi pozitivní je nasazení interdisciplinárních týmů a také důraz na zahrnutí všech tří, pro vznik nehody, důležitých oblastí (řidič, vozidlo, okolí) do analýzy. Jiný podobný tým v 80. letech došel k závěru, že 25,4 procent nehod je způsoben přetížením řidiče v informační oblasti. Jejich analýza tohoto problému byla popsána v soustavě řidič-vozdlo-okolí. A k popisu lidských rozhodovacích procesů používají přirovnání lidského mozku k počítači a tak uvádějí zpracování informace v bitech za sekundu. Konstatovali, že v jedné čtvrtině případů nehod nedosahovaly senzorické orgány a centrální nervová soustava dostatečné kapacity pro zpracování přicházejících informací. [20]

Někteří autoři se omezovaly pouze na specifickou skupinu řidičů, například řidičů nákladních vozidel. U této skupiny řidičů působí i jiné faktory než u řidičů osobních vozidel, např. stres z časové tísně, únava z dlouhé cesty, nevhodné chování vozidla z důvodu přetížení.

Studie [21] se zabývala vyšetřením faktorů způsobujících dopravní nehody. Každý zkoumaný případ nehody byl rekonstruován interdisciplinárním týmem po stránce technické i psychologické. Tato studie používala zajímavé postupy. Pro analýzu bylo použito klasifikační schéma lidských chyb, které vychází z modelu informačního toku (model zpracování informace). Podle toho, kde došlo k chybě (rušení informace) bylo rozlišováno mezi mechanickým filtrem, filtrem přijímání informace, a kognitivním filtrem.

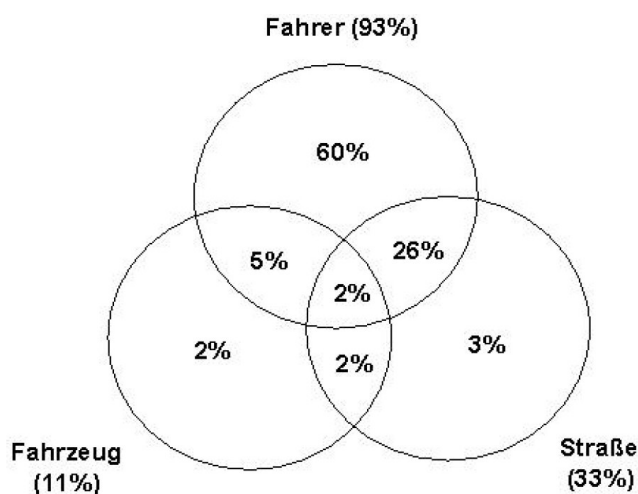
Jiné studie o příčinách dopravních nehod se omezovali pouze na určitou skupinu faktorů. Např. [22] se zabývala nehodami způsobenými nedostatečným pozorností nebo podněty ve vozidle. Těžiště je soustředěno na nehody způsobené chybami v oblasti vizuální pozornosti a vizuálního zatížení řidiče.

Autoři konstatovali, že řada nehod byla způsobena narušením vizuální pozornosti a zdroje tohoto narušení se vyskytovali uvnitř vozidla. Je nutno dodat, že tato studie vycházela z policejních statistik. Záznamy o nehodách byly často povrchní (obecné) a chyba v oblasti pozornosti mohla, a z pravidla tomu tak je, být pouze jedním z několika působících faktorů při vzniku nehody. Přesto je studie zajímavá tím, že jako první se detailně zabývala konkrétní skupinou faktorů a vyjmenovala seznam nejčastějších věcí ve vozidle, které přitahují pozornost řidiče. I když není uvedena jejich četnost na způsobených nehodách, je možné usoudit jejich relativní význam, zmíněny byly rádio, zrcátko, položené věci ve vozidle, stejně jako komunikace se spolucestujícími nebo zvířaty.

2 Soustava řidič-vozidlo-okolí

Dopravní psychologie přináší různé vysvětlení vzniku nehody. V centru pozornosti stojí ale vždy otázka, jakou roli při vzniku nehody hraje člověk. Stejně tak relevantní je otázka vhodnosti kritérií pro posouzení lidského chování v dopravě, tedy jak se nechá bezpečnost dopravy měřit. K tomu se váže volba vhodné metody měření chování v dopravě. Pro podporu použitého postupu v této práci bude v následujícím vysvětleno teoretické pozadí problematiky pojící se se vznikem nehody.

V dopravní psychologii a především výzkumu dopravní ergonomie je silniční doprava často znázorňována kybernetickým modelem systému. Jedním z nejrozšířenějších modelů znázorňujících silniční dopravu je Člověk(řidič, účastník silničního provozu)-Vozidlo(dopravní prostředek)-Okolí(komunikace a její okolí). Tyto tři prvky na sebe vzájemně působí a ovlivňují se. [23] Přitom se v dopravním výzkumu vychází z toho, že lidské chování přispívá nebo výhradně představuje příčinu v 90 až 95 procentech dopravních nehod. [24],[25] Před třiceti lety prozkoumal Treat [26] s kolektivem více jak 2000 dopravních nehod z pohledu faktorů jejich vzniku a řadil je do kategorií „Řidič“, „Vozidlo“ a „Okolí“. Podle výsledků této studie je za přibližně 60 procent nehod zcela odpovědný řidič, pokud se k tomu připočtou nehody kde mělo částečný vliv „Okolí“ a „Vozidlo“ je více jak 90 procent nehod způsobeno chováním řidiče. Viz. Obr



Obr. 2 Soustava Řidič-Vozidlo-Okolí, a důležitost jednotlivých prvků [26]

Z předchozí studie vyplývá, že faktor „Řidič“ má rozhodující vliv při vzniku nehody, avšak dopravní psychologie hrála při výzkumu dopravních nehod relativně malou roli. Ačkoliv se podíl odborníků z humanitních oborů při výzkumu dopravních nehod zvětšuje, je v porovnání s pracovníky z technických disciplín málo reprezentovaný.

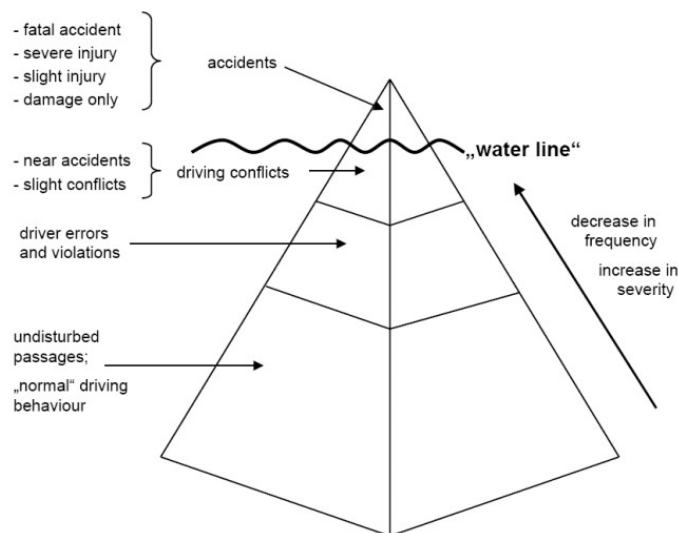
Dále bylo vyvíjeno v psychologickém výzkumu dopravních nehod množství teoretických formulací a modelů k vysvětlení chování řidiče a vzniku nehody. Zpravidla zaměřené na různé aspekty faktoru „Člověk“, například osobnostní znaky doprovázející nebezpečné chování, dále na procesy vnímání a přijímání informace, nebo na aspekty motivace. Z důvodu komplexity dopravy a vzniku nehod

není udivující, že doposud neexistuje obecně uznávaný teoretický model, který by znázorňoval rozdílné aspekty dopravy a chování v dopravě. Často jsou přijímány teoreticky srozumitelné závislosti, které se ovšem z důvodu komplexity a nedostatečné operativnosti nedají empiricky ověřit.

Vědecký výzkum dopravních nehod často používá aplikačně orientovaných postupů výzkumu, to znamená, že zkoumané otázky se orientují na praktický potřeby jednání. Kdyby bylo například stanoveno, že určitá skupina účastníků silničního provozu je nadměrně spojena se vznikem nehod, měly by být empirickým zkoumáním zjištěny důvody a příčiny pro tento fakt. S cílem vytvořit praktická opatření pro zvýšení bezpečnosti této skupiny účastníků dopravního provozu. Empirické zkoumání dopravních nehod je v tomto případě především prakticky orientované.

2.1 Kritéria dopravně-bezpečnostního výzkumu

V diskuzi o bezpečném nebo nebezpečném chování v dopravě a účincích dopravně-bezpečnostních opatření jsou dopravní komplikace považovány za objektivní kritérium pro hodnocení. Bezpečnost dopravy je často zaměňována s nízkým počtem nehod. Bohužel ne vždy je takové hodnocení možné nebo vhodné. Ze statistického pohledu jsou nehody zřídka se vyskytující události, jejichž vznik je ovlivněn systémovými a náhodnými faktory. [27] Z pohledu dopravně-bezpečnostního výzkumu jsou důležité systémové faktory, které jsou ovšem v praxi stěží rozlišitelné od náhodných faktorů. Příčiny, které stojí za nehodou, mohou být jen zřídka kdy vystiženy, protože v důsledku neznalosti průběhu nehody nemohou být uvažovány. Kritéria nehody při hodnocení dopravní bezpečnosti nedosahují do dostatečné hloubky. Nehoda je posledním článkem řetězu událostí a podmínek a představují pověstnou „špičku ledovce“. Vychází se z předpokladu, že chybné chování řidiče je výchozím předpokladem pro vznik nehody. Je třeba sledovat řidičovo chování v dřívějším časovém okamžiku. V literatuře [23] je popsáno chování řidiče jako kontinuum mezi normálním chováním a nehodou. Mezi těmito dvěma stavy leží stádia: chyby chování, dopravní konflikty a skoronehody. Ve vyjmenovaném sledu klesá četnost a tím pozorovatelnost, ale na druhou stranu stoupá jejich nahodilost. Tento model je označován jako „Ledovec“ („Eisbergmodell“). Pokud se z něho vychází, tak nehody představují pouze viditelnou část ledovce. Podoba pyramidy znázorňuje, že četnost směrem ke špičce klesá, ale současně stoupá závažnost.



Obr. 3 Znáznornění chování řidiče od normálního řízení po nehodu [23]

Stále více se proto zaměřuje pozornost dopravně-bezpečnostního výzkumu na „normální chování“ řidiče a sledování odchylek od tohoto stavu směrem k chybám chování, dopravním konfliktům, skoronehodám a až k nehodám. Zatímco toto odstupňování je obecně akceptováno jako kritéria bezpečnosti. [23]

Chyby v chování řidiče představují malé odchýlení od jeho normálního chování, které ještě nezpůsobí dopravní konflikt. Protože se jen trochu odchylují od normálního chování, je jejich jasné vymezení obtížné. Chyby řidiče se mohou projevovat na různých úrovních a mohou být obtížně sledovatelné. Dopravní konflikty se oproti skoronehodám a nehodám vyskytují častěji. Jsou pozorovatelné nebo zjistitelné z výpovědi řidiče. Jsou v literatuře definovány jako vzájemné kladení odporu mezi účastníky dopravy, při kterém je díky odpovídajícím protiopatřením ze strany jednoho nebo obou účastníků zabráněno nehodě. Skoronehody se podobají dopravním konfliktům, jen vykazují extrémní stupeň nebezpečí. Jsou snadno pozorovatelné.

Dopravně-bezpečnostní opatření by neměli být nasazovány na „špičku ledovce“, na nehody, ale na předcházející stádia chování a působit co možná nejdříve a preventivně k obecnému zlepšení dopravní bezpečnosti. Proto je vhodné vycházet z normálního chování řidiče, a stanovit podmínky které negativně působí na bezpečnost dopravy.

2.2 Metody dopravně-bezpečnostního výzkumu

Ke zjištění relevance určitých dopravně-bezpečnostních faktorů mohou být zvoleny různé metodické přístupy. Každá z metod má své specifické oblasti použití a platnosti a s tím spojené výhody a nevýhody. Samozřejmě mohou být různé metody, v závislosti na zkoumané problematice kombinovány.

Analýzy dopravních nehod

Analýzy dopravních nehod vycházejí z dat, které byli zaznamenány většinou za jiným účelem, příkladem mohou být úřední statistiky nehodovosti, nebo policejní záznam o nehodě. V prvním

případě jsou data z pravidla ve vhodné formě pro statistické analýzy, i když nedosahují vhodné detailnosti. Velkou výhodou je rozsah dat, například policejní statistiky nehod za mnoho let zpět.

Pozorování chování

Druhým způsobem je pozorování chování. To může být prováděno v reálné dopravě, na simulátoru nebo při různých experimentech. Výhodou této metody je, že se mohou systematicky měnit podmínky, především na simulátoru. Poznatky ze simulátoru nejsou zcela přenositelné do reálného provozu. Nevýhodou pozorování chování jsou především náklady s tím spojené. Pro pozorování reálné dopravy je třeba stanovit velmi jasně pozorované chování. Pozorovatelé musí být vyškoleni a musí být stanoven vhodný systém hodnocení. Kvůli zmíněným nárokům mohou být zpravidla pozorovány (analyzovány) jen úzce definované oblasti chování a specifické dopravní situace. Dále ovšem zůstávají skryty vnitřní psychické procesy a aspekty řidiče, protože pozornost je soustředěna na viditelné chování.

Výpověď účastníků dopravy

Dopravně-psychologický výzkum velmi často používá výpovědi účastníků provozu. Přičemž spektrum dotazovaných osob tak jako použitých forem a postupů dotazování je široké. Možná je to nejčastější používaná metoda dopravně-psychologického výzkumu, především pro výzkum psychických aspektů chování. Zde je také největší výhoda této metody, je vhodná pro široké spektrum dopravně relevantních stanovisek a způsobů chování. Nevýhodou ovšem je možné zkreslení výpovědi, určité tendence ve výpovědi nebo výpadky paměti. Tendence ve výpovědi se nechají do určité míry ovlivnit vhodnou formou otázek.

3 Teoretický model řízení vozidla

Řízení vozidla je komplexní činnost, při které probíhá současně mnoho procesů. Pro analýzu chyb a návrh asistujícího systému, který by mohl zabránit těmto chybám nebo je korigovat, je nutné různé aspekty řízení vozidla zkoumat odděleně.

Velmi rozšířený je třístupňový model řízení vozidla. [28]

Rozděluje úlohu řízení na tři úrovně.

- Navigačních úrovně
- Úroveň vedení vozidla
- Úroveň stabilizace vozidla

Nejvyšší úroveň, navigační, představuje stanovení trasy řidičem. On musí při stanovení trasy vzít v úvahu řadu aspektů. Předpokládaný provoz v době jízdy, účel jízdy, průjezdná místa, bezpečnost na plánované trase například v zimě. Během jízdy může řidič ještě zvažovat různé alternativy podle aktuálního stavu dopravy.

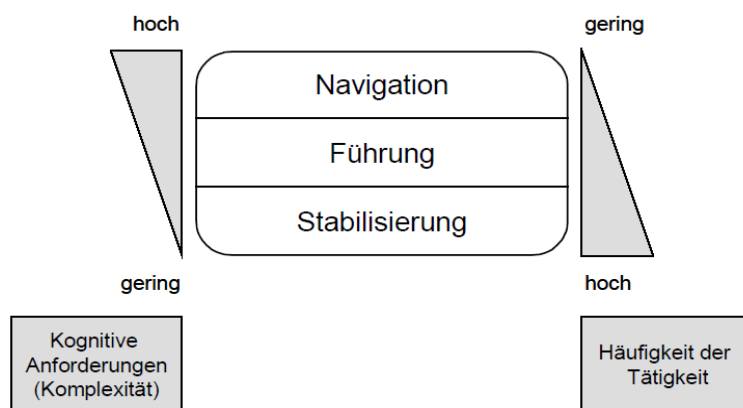
Úroveň vedení vozidla je charakteristická tím, že je stanovena trasa. Způsob jízdy pak musí být odpovídající okolní dopravě. Tato úroveň zahrnuje odbočování na křižovatce, předjíždění, změnu jízdního pruhu, reakci na dopravní značení.

Nejnižší úroveň představuje stabilizace vozidla. Řidič upravuje rychlost vozidla, odstup od vpředu jedoucího vozidla (podélná stabilizace), pozici v jízdním pruhu (příčná stabilizace), zrychluje, brzdí, pohybuje volantem, řadí.

Každá tato úroveň klade na řidiče jiné nároky. Navigační úroveň, tedy stanovení trasy, představuje velkou míru kognitivního nároku. Také činnosti na úrovni vedení vozidla se odehrávají vědomě. Zde jde o vnímání a interpretaci dopravní situace, respektování dopravních pravidel a odpovídající uspořádání činností. Stupeň vědomí a zatížení mentální kapacity není zpravidla tak velký jako při činnostech na úrovni navigační. Na úrovni stabilizační jsou oproti tomu prováděny činnosti zautomatizované, které nejsou vědomé a zatěžují mentální kapacitu jen nepatrně.

Procesy, které probíhají vědomě, vyžadují pozornost, probíhají pomalu a jsou náročné (relativně). Pro probíhající procesy je k dispozici jen omezená kapacita.[13] Zautomatizované procesy bez zapojení vědomí probíhají oproti tomu rychle bez námahy. Je možné, aby probíhalo více procesů paralelně.

Obr. 4 znázorňuje rozdílné kognitivní nároky pro činnosti na každé z úrovní řízení. Nejvíce náročné činnosti, zaměstnávající pozornost řidiče, jsou na navigační úrovni (např. nalezení cesty v cizím městě). Zatímco nejméně náročné jsou stabilizační činnosti (např. řazení).



Obr. 4 Činnosti při řízení vozidla, jejich četnost a kognitivní náročnost

Na druhu stranu jsou činnosti na stabilizační úrovni velmi časté. Neboť sledování naplánované cesty vyžaduje na řidiči pouze sledovat určité klíčové body trasy. Pokud se pohybuje po známé trase odpadá navigační úroveň zcela. Řazení rychlostních stupňů, udržování vozidla v jízdním pruhu, regulace plynového pedálu a brzdění je sice jen málo náročné, zato řidič musí tyto činnosti vykonávat permanentně a současně, což může být v součtu rovněž náročné.

To pro návrh asistujícího systému znamená, že je možné usnadnit řidiči činnosti na určité úrovni řízení pomocí rozdílných systémů. Navigační systém podporuje řidiče na navigační úrovni řízení při nalezení cíle v neznámém prostředí, což odlehčí jeho mentální zdroje a jeho koncentrace může být využita na sledování dopravy. Toho může být také dosaženo, odlehčením řidiče od činností na úrovni stabilizace vozidla (například automatickým řazením, adaptivním tempomatem).

4 Model chování podle Rasmussena

V hierarchickém členění stejně jako stupeň zapojení vědomí a komplexity jednání se podobá model chování podle Rasmussena modelu řízení vozidla. [29]

Model chování podle Rasmussena dělí chování na tři úrovně:

- chování založené na vědomí (knowledge-based behavioral): vědomě řízené, způsob chování založený na analytických procedurách
- chování založené na pravidlech (rule-based behavioral): použití osvojených pravidel, např. když-potom pravidel
- chování založené na dovednostech (skill-based behavioral): osvojený způsob chování, rutinní činnosti, které probíhají bez vědomné pozornosti nebo kontroly

V zásadě se lze říct, že činnosti na navigační úrovni probíhají spíše vědomě. Činnosti na úrovni vedení vozidla probíhají na úrovni chování založeném na pravidlech a činnosti na úrovni stabilizace vozidla se uskutečňují na úrovni chování založeném na dovednostech. To ovšem neplatí vždy, příkladem může být žák autoškoly. Tento začínající řidič nemá zpravidla ještě osvojené ovládání vozidla, a proto většina činností u něho probíhá vědomě. Jiným příkladem mohou být nepříznivé povětrnostní podmínky jako náledí nebo silný boční vítr.

	Vědomé	”Pravidlové”	”Dovednostní”
Navigační	Nalezení cíle v neznámém městě	Volba mezi známými cestami	Každodenní cesta do zaměstnání
Vedení	Řízení na sněhu	Předjetí, změna jízdního pruhu	Odbočení na známé křižovatce
Stabilizace	Žák autoškoly na první hodině	Řízení neznámého vozu	Průjezd zatáčkou, řazení

Obr. 5 Tabulka závislost stupňů chování podle Rasmussena a úrovně řízení vozidla

Při porovnání činností na jednotlivých úrovních je zřejmé, že čas pro zpracování dané činnosti (úkolu) je rozdílný. Pro plánování trasy na navigační úrovni je k dispozici čas v řádu minut, zatímco v situaci kritického brzdění jen zlomku sekundy.

5 Struktura osobnostních rysů

Struktura osobnostních rysů je jednou z determinant neadekvátního chování v silničním provozu. Koneckonců i takové jevy, které vystupují jako klíčové ukazatele bezprostředních příčin vzniku nehod (alkoholismus, nedodržení bezpečné vzdálenosti, předjíždění na nebezpečných místech, řízení ve stavu ospalosti či vysoké únavy, požití psychofarmak, atd.) se vážou na osobnostní strukturu toho, kdo je potenciálním a v daném případě aktuálním nositelem havarijních situací (kdo se napije alkoholu před jízdou, kdo se chová agresivně, kdo volí akci neúměrnou schopnostem, atd.). Výzkum lidských příčin nehod byl dříve zaměřen hlavně na zjištění bezprostředních příčin určitého případu. V poslední době se však považuje za důležitější zaměřit se na řetěz příčin a dlouhodobé účinky. Tento druh výzkumu vyžaduje nejen nové metody, ale také propracovanější teorii nehod a jejich vhodnou klasifikaci. Za vhodné jak pro teoretické, tak i pro praktické účely považují autoři [30] klasifikovat tyto lidské rozdíly do tří skupin: stálé individuální charakteristiky, vývojové faktory a přechodně variabilní faktory.

Stálé individuální charakteristiky

Stálými charakteristikami se rozumí vrozená nebo v dětství nabytá struktura a povaha chování, tělesný typ, intelektuální kapacita, senzorická a psychomotorická kapacita a struktura osobnosti. Tyto faktory zůstávají konstantní bez ohledu na věk. Jejich variabilita není významná. Každý jedinec má svou relativně stálou úroveň. Preventivní opatření u stálých faktorů se týkají výběru osob. Pro tento účel se v širokém měřítku používá psychologických a lékařských metod.

Vývojové faktory

Vývojové faktory jsou nejčastěji spojeny s věkem osoby. Věk má vliv na fyziologické a psychologické změny a jejich prostřednictvím i na pravděpodobnost nehody. Rozdílná četnost a charakteristika nehod u osob rozdílného věku je známa. Kromě těchto bezprostředně na věku závislých faktorů je zde mnoho proměnlivých a ovlivnitelných faktorů patřících k této skupině. Nejdůležitější jsou výchova, výcvik a zkušenosti. Dále pak vliv znalostí, pracovních návyků a postojů na nehodovost. Preventivní opatření u faktorů na čase závislých zahrnují stanovení věkových limitů (například pro řidičské oprávnění, pro různá zaměstnání, atd.), požadavky na minimální výcvik a zkušenosti a trvalou výchovu k bezpečnosti zaměřenou na zvýšení znalostí a zlepšení postojů.

Přechodně variabilní faktory

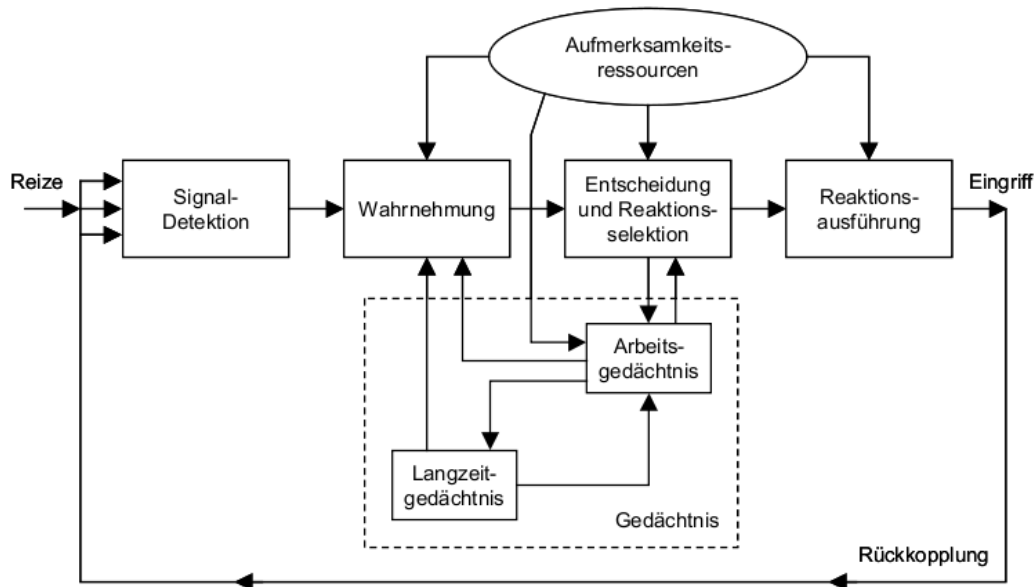
Přechodně variabilní faktory jsou nepravidelně a rychle se měnící charakteristiky jako krátkodobá nemoc a únava, účinek alkoholu a drog a dočasné stavy deprese a rozčilení. Tyto faktory mohou za určitých podmínek zvýšit pravděpodobnost vzniku nehody, i když daná osoba patří do kategorie bezpečných u obou předchozích skupin. Preventivní opatření, která jsou zajištěna pro stálé faktory, zde nejsou ve stejném rozsahu možná. Bezprostřední kontrola dočasně variabilních faktorů závisí na samotné osobě. Ale například omezení množství alkoholu při účasti na provozu je částečně preventivní. Kontrola těchto opatření není možná v plném rozsahu. Také studium těchto faktorů je obtížné pro jejich dočasnou a individuální povahu.

Vliv individuálních rozdílů na příčiny nehody v určitém čase je kombinovanou výslednicí všech podskupin. [30]

6 Model zpracování informace

Čtyřstupňový model zpracování informace podle Wickense

Patří v inženýrské psychologii k nejčastěji používaným a všeobecně akceptovaným modelům. Představuje obecnou architekturu kognitivních funkcí, na kterých je založeno veškeré jednání (i chybové).



Obr. 6 Model zpracování informace [31]

Základní myšlenkou tohoto modelu je, že přijetí informace prochází řadou mentálních operací, které se odehrávají mezi zpozorováním podnětu a provedením motorické činnosti. Jak je na obrázku znázorněno, podněty se krátkodobě hromadí ve smyslovém orgánu. Tyto podněty musí projít procesem rozpoznání, uspořádání jednotlivých znaků do významových jednotek a jejich identifikací (=vnímání). V dalším kroku padne rozhodnutí jak s touto informací zacházet, případně jak reagovat (=rozhodnutí a výběr reakce). Rozhodnutí poté ovlivní provedení úkonu (=provedení reakce). Poslední tři operace jsou ovlivněny pozorností. Paměťové procesy ovlivňují vnímání a rozhodování. Celá sekvence probíhá se zpětnou vazbou, která umožňuje sledovat a přizpůsobovat motorické úkony. Při všech těchto krocích mohou vzniknout chyby. Může se stát, že dojde k opožděné nebo žádné detekci signálu (rozpoznání). Pokud je řidič příliš unavený, bude pravděpodobně jeho motorická reakce na podnět zpomalena. Protože jsou zdroje pozornosti omezené, je možné že kvůli paralelním činnostem (např. komunikace se spolujezdcem, telefonování, atd.) bude ovlivněno rozhodování nebo provedení reakce. Při provádění motorických úkonů mohou také vzniknout chyby, např. nevhodným držením volantu v okamžiku potřeby rychlého a precizního manévru. Chyby mohou také vzniknout interakcí s pamětí, pokud řidič použije v kritické situaci chybné pravidlo chování (Chyba založená na pravidlech). Např. že je třeba se zvířeti na komunikaci za každou cenu vyhnout. Jinou možností je, že řidič nemá vhodné znalosti. Např. se domnívá že nesmí současně plně brzdit při zatáčení, aby nedostal smyk. Pokud je ale vozidlo vybaveno systémem

zabraňujícím blokování kol (ABS) při brzdění, pak je možné plně brzdit a provádět manévry. (Chyba založená na vědomostech).

Příklady ukazují tento model zpracování informace podle Wickense jako velmi vhodný k analýze lidského chování a příčin dopravních nehod. Tímto teoretickým konceptem je možné zaručit, že budou analyzovány skutečně psychické procesy způsobující nehodu a ne směs psychických procesů, chybného chování a průběh nehody. [31]

7 Faktory podílející se na vzniku nehody

Dopravní nehoda zpravidla nemá pouze jednu příčinu. Skoro vždy při vzniku nehody působí současně více faktorů. Oproti tomu ve všeobecném povědomí je rozšířeno, že nehoda je způsobena jedinou příčinou.

7.1 Časté příčiny

Při pohledu do statistik dopravní nehodovosti, je patrné, že nejčastějšími hlavními příčinami vzniku dopravních nehod jsou nepřizpůsobení rychlosti, nedodržení bezpečného odstupu a řízení pod vlivem alkoholu.

Alkohol

Ne vždy je alkohol hlavní příčinou nehody (do 0,5 promile alk. v krvi), ale výrazně k ní přispívá. Ve skutečnosti je podíl řidičů jezdících pod vlivem alkoholu vyšší než je zjištěno policií na místě nehody nebo při dopravních kontrolách. To, že více jak polovina řidičů pod vlivem alkoholu měla v krvi přes 1,1 promile alkoholu v krvi, ukazuje na fakt, že tito řidiči nejeli pod vlivem alkoholu poprvé. Ke zvládnutí řízení je třeba, aby byl řidič zvyklý na účinky alkoholu a ty musí poté při řízení kompenzovat. To představuje proces učení. Z toho se nechá vyvodit, že takovýto řidič v delším čase pravidelně jezdil pod vlivem alkoholu. Při tom se účastnil dopravního provozu a představoval pro ostatní účastníky výrazné riziko.

Alkohol ovlivňuje schopnost vidění, kognitivní schopnosti, vnímání rizika, motoriku, atd. [30]

Nepřizpůsobení rychlosti

Je to vůbec nejčastější příčina dopravní nehody. Otázkou je, do jaké míry byla zjišťována rychlost vozidla před nehodou. Výpovědi viníka a poškozeného, posouzení policie, data z tachografu, tak jako z rekonstrukce, nezávislých znalců, okolností na místě nehody, stavu vozovky, průběhu vozovky, stavu provozu. S ohledem na všechny aspekty je třeba stanovit do jaké míry byla rychlost nepřiměřená. A také vztah nepřiměřené rychlosti ke vzniku nehody. Posouzení celkové příčiny není možné, protože není možné udat vztah k doporučené nebo dovolené rychlosti. Existují faktory jako mlha, vlhkost, zakřivení komunikace, nepřehlednost, atd., které způsobí snížení bezpečné rychlosti hluboko pod zákonem dovolenou rychlost. Nehody způsobené aquaplaningem, sněhem, ledem vzniknou i přesto že řidič výrazně snížil rychlost, ale za panujících podmínek byla tato rychlost příliš vysoká.

Nedodržení bezpečného odstupu

Účastník dopravní nehody, který nedodržel bezpečný odstup od vpředu jedoucího vozidla, je zpravidla řidič přijíždějící ke vznikající koloně a vzhledem k příliš malé vzdálenosti už nestačí zabránit kolizi.

7.2 Oblast vnímání

Vliv světelných podmínek

Tma jako rizikový faktor hraje roli častěji na neosvětlených komunikacích a dálnicích. Osvětlení komunikace a jejich křížení výrazně zvyšuje rozpoznatelnost průběhu komunikace i účastníků dopravního provozu. Existuje spojitost mezi stíženou rozpoznatelností průběhu komunikace za tmy na neosvětlené komunikaci a nechtěné vyjetí z jízdního pruhu. Je třeba ale pečlivě rozlišovat mezi působícími faktory, to do jaké míry byl významný účinek tmy oproti jiným faktorům při vzniku nehody. Tato diference má rozhodující vliv při hodnocení účinku jízdních asistujících systémů jako Noční vidění nebo Adaptivní světlomety na předcházení nehodě.

Vliv oslnění

Většina účastníků dopravních nehod jsou dotazováni na oslnění, přímým slunečním svitem, světlomety protijedoucího vozidla, slunečním světlem v zpětném zrcátku, světlomety vzadu jedoucího vozidla, atd.. Nutno přiznat, že oslnění je jednou z častých výmluv řidičů, které je dalším šetřením poté vyloučeno pro směr vozidla, polohu slunce na obloze v danou dobu nebo oblačnost. Se zvyšujícím se věkem klesá rychlost reakce oka na změnu světelných podmínek. Není tedy překvapující, že náchylnější jsou řidiči nad 60 let.

Vliv zakrytí výhledu

U dopravní nehody (kromě dálnic) je často na místě prošetřeno a výpovědi ověřeno, do jaké míry působili překážky ve výhledu při vzniku nehody. Ukazuje se, že u výrazného množství nehod byl výhled viníka narušen předměty v okolí vozovky. Z metodických důvodů, stejně jako u vlivu tmy, není možné stanovit relativní riziko. Je pouze možné u dopravních nehod zjišťovat druh a četnost objektů zakrývajících výhled a následně navrhnout opatření.

Další vlivy na vnímání

Mezi další faktory ovlivňující vnímání řidiče patří vlivy počasí, znečištění nebo poškození skel vozidla a špatný zrak řidiče.

7.3 Oblast pozornosti

Vliv únavy

Únava řidiče způsobuje prodloužení reakční doby nebo dokonce mikrosprávek. Projevuje se např. leknutím se nepředvídaného ale neškodného podnětu, jako například přeběhnutí malého zvířete přes vozovku. Takto banální podnět může vést až k nehodě v důsledku přehnané reakce. Skutečný význam únavy je větší, nejhorší forma – mikrosprávek často končí opuštěním jízdního pruhu a čelním nárazem bez použití brzd. Únava se nejčastěji projevuje od 22 do 6 hodin. Skoro jedna čtvrtina všech nehod v tomto čase je způsobena únavou. [32]

Odvrácení pozornosti kvůli předmětům ve vozidle

Zdroje odvrácení pozornosti:

- ovládání rádia
- ovládání navigace
- pohled na tachometr

- pohled na ukazatel množství paliva
- pohled na hodiny
- atd.

Odvrácení pozornosti kvůli předmětům mimo vozidlo

Zdroje odvrácení pozornosti:

- navigační tabule
- objekty v okolí (čerpací stanice, staveniště, billboardy)
- osoby a zvířata
- dopravní nehody
- atd.

Odvrácení pozornosti kvůli navigačním úlohám

Zde je rozhodující, zda řidič zná daný úsek komunikace. Ukazuje se, že většina nehod (75% nehod) vzniká na známém úseku komunikace. [33] Druh nehod, které vznikají v důsledku neznalosti prostředí se liší. Řidič, který nezná prostředí, je výrazně zatížen náročnou navigační úlohou. To zvyšuje riziko způsobení dopravní nehody. Navigační systémy přispívají ke snížení zatížení řidiče a tím snižují riziko nehody.

Vliv kognitivního odvrácení

Významnou otázkou je, do jaké míry se řidič koncentruje na řízení. Často se řidiči věnují jiným činnostem paralelně s řízením. To snižuje kognitivní kapacitu řidiče a v okamžiku složitější situace jí může být nedostatek. Následkem pak může být skoronehoda nebo nehoda.

Vliv ostatních osob ve vozidle

Skoro dvě třetiny řidičů byly v okamžiku nehody ve vozidle sami. [33]

Vliv emocí řidiče

Z emocionálních stavů mohou být v dopravě nebezpečné stavy duševního napětí a strachu. Duševní napětí je stav neurčitěho znepokojení, neklidu, nejasného puzení učinit něco, aby tento stav zmizel. Strach je doprovázen výraznými tělesnými změnami. Podle těchto změn se rozlišuje strach pasivní a aktivní. Obě formy strachu se odvozují od instinktivních reakcí našich prapředků při útěku a obraně.

Pasivní forma strachu odpovídá ve své krajní možnosti vývojově velmi staré obranné reakci. U člověka se při velmi silném strachu někdy dostavuje až tzv. afektové strnutí. Postižený v daném okamžiku nemůže pohybově reagovat na situaci, „přimrzne“ k řízení. Při pasivní formě strachu se dosahuje menších hodnot rychlosti i zrychlení pohybu než beze strachu. Úkoly se provádějí také podstatně déle. Začínají se provádět váhavě. Pohyby jsou křečovité, na rozdíl od uvolněných, prováděných beze strachu.

Aktivní forma strachu se naopak projevuje zvýšením svalové činnosti. Může jít o projev instinktivní reakce chránit se úhybem nebo útokem. Tuto formu strachu lze také vyjádřit jako stav pohotovostní mobilizace organismu v situacích, jež neponechávají dosti času k přesnému odhadu stupně a povahy nebezpečí, kdy tedy nemůže být rozhodnuto, zda řidič „uhne“ či „zaútočí“. [30]

7.4 Oblast motoriky

Pohyb volantem

V kritické situaci řidič často použije neadekvátní pohyb volantu. Příčinou bývá, že vozidlo omylem vybočuje z jízdního pruhu (zpravidla doprava), řidič se lekne a v důsledku leknutí udělá silný protipohyb volantem, v úmyslu vrátit se zpět do jízdního pruhu. To ale způsobí, že nad vozidlem ztratí kontrolu. Chyba je v příliš velkém pohybu volantem. Tomuto druhu nehody předchází jiné chyby, které způsobí vybočení z jízdního pruhu, například nepřiměřená rychlost, alkohol, únava nebo odvrácení pozornosti.

Vliv pozice rukou na volantu

Někdy je možné vyřešit vzniklou kritickou situaci vhodným manévrem. Předpokladem ovšem je, že řidič drží volant oběma rukama ve vhodné pozici. Při důkladném prošetřování dopravních nehod je vhodné dotázat se řidiče na pozici jeho rukou před nehodou. Samotná špatná pozice rukou však není příčinou nehody. Chybu řidiče je třeba hledat v jiné oblasti (vnímání, pozornost). Na základě chyby vznikne kritická situace, špatnou pozicí rukou na volantu může být následně způsobena nesprávná motorická reakce.

Chyby při použití brzd

Někteří řidiči se dopouštějí chyb při použití brzd. Tyto chyby většinou nejsou hlavní příčinou nehody. Významnější chyby vznikají o něco dříve, v před-nárazové fázi (pre-crash phase), teprve poté přichází na řadu brzdění. I kdyby se řidič nedopustil chyby při brzdění, stejně by došlo ke kolizi, ale její následky by mohli být zmírněny. Ať už se jedná o sklouznutí nohy z pedálu v důsledku mokré podrážky nebo zbytků sněhu, nebo se jedná o nesprávné dávkování brzdné síly. Požívání brzd je silně zautomatizovaná činnost. Zajímavé by bylo vědět kolik řidičů v před-nárazové fázi využívá plný potenciál brzd. Výpověď řidiče nebo rekonstrukce není v tomto případě vypovídající.

7.5 Další oblasti chyb

Doba vlastnění řidičského oprávnění

Řidiči v prvních dvou letech od získání řidičského oprávnění způsobují výrazně více nehod než ostatní skupiny řidičů. Skupina řidičů vlastníci řidičský průkaz 2 až 6 let se přibližuje počtem způsobených nehod začátečníkům. Určitý vztah mezi počtem způsobených nehod a délkou řidičské praxe je patrný. Rozhodující je ovšem i věk řidiče. Většina řidičů si oprávnění skládá před dvacátým rokem života.

Vliv ročního nájezdu

Otázka kolik řidič najede kilometrů ročně, není až tak významná jak by se mohlo zdát. Ukazuje se, že není rozhodující roční kilometrový výkon, rozložení způsobení nehod je pro všechny skupiny řidičů podobné. [33]

Vliv absolvování kurzu bezpečné jízdy

Absolvování kurzu bezpečné jízdy, školy smyku, nebo podobného školení přispívá k zvládnutí krizových situací v provozu, to potvrzují i statistické údaje. Řidiči kteří takové školení v minulosti absolvovali vystupují znatelně méně jako viníci dopravních nehod. Absolvováním takového školení si řidiči vylepšují řidičské dovednosti a následně způsobuje méně nehod. To může být jedním vysvětlením. Jiným možným vysvětlením je, že tito řidiči už před školením řídili suverénně, ale přesto měli zájem si své dovednosti ještě zdokonalit. Třeba tím, že bezpečnost v silniční dopravě považují za důležité téma a absolvováním školení se pouze dále zdokonalují.

Odhad vlastních řidičských dovedností

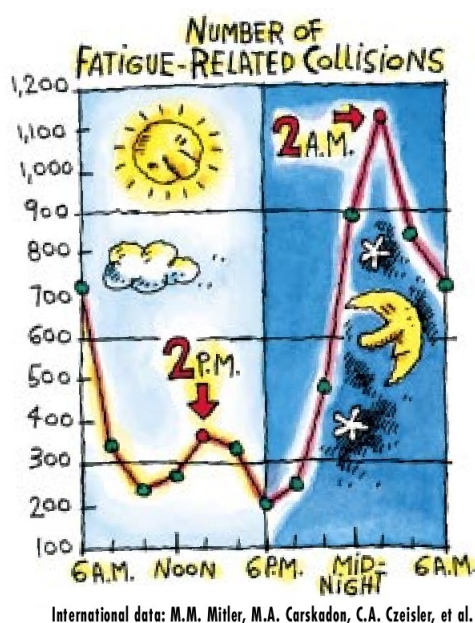
Odhad vlastních řidičských dovedností je subjektivní záležitostí, ale přinejmenším absolvování školení bezpečné jízdy nebo školy smyku přispěje jako objektivní kritérium pro posouzení vlastních schopností.

Vliv přivyknutí na vozidlo

Žádný automobil, z pohledu ovládnutí, není schodný s jiným. Pokud řidič přestoupí do jiného vozidla, musí počítat s tím, že ovládnutí nového vozu bude od něho vyžadovat vyšší míru kognitivního úsilí. Dodatečné mentální zdroje, které jsou nyní využity pro ovládnutí vozidla, chybí zákonitě na jiných úrovních řízení. To zvyšuje pravděpodobnost, že se řidič snáze dopustí chyby.

Vliv denní doby

Z následující grafiky je patrné, že počet nehod v nočních hodinách je i přes menší intenzitu dopravy výrazně vyšší než v denních hodinách.



Obr. 7 Počet dopravních nehod způsobených únavou [34]

8 Jízdní asistující systémy

Jízdní asistující systémy byly nasazeny s cílem redukovat počet dopravních nehod. Jejich paleta sahá v dnešní době od systémů navigačních, přes systémy napomáhající příčnému a podélnému vedení automobilu až po systémy, které zlepšují vidění řidiče nebo sledující jeho pozornost řidiče. Měly by přispívat ke zvýšení bezpečnosti, v případech kdy řidič chybí při příjmu nebo zpracování informace, chybně reaguje a provádí nesprávné úkony, nebo je příliš nebo naopak velmi málo zatížen.

8.1 *Kontrola pozornosti řidiče*

Mikrospánek řidiče je nejčastější příčinou nehod s těžkými následky. Podle studie provedené německým sdružením pojišťoven [32] je čtvrtina všech nehod na dálnicích s úmrtím způsobena mikrospánkem. Ohrožení jsou především řidiči, kteří jezdí dlouhé monotónní trasy. Pro snížení těchto čísel byly vyvinuty technické systémy, které by měly rozeznávat únavu řidiče a o jeho stavu ho následně informovat.

Jedním ze způsobů je pozorování řidiče kamerou instalovanou např. v palubní desce a vyhodnocování pomocí speciálního software jeho stav. Častá bývá způsob založený na pozorování očí řidiče, přesněji frekvence mrkání. Pro analýzu únavy je možné použít více psychologických měřítek, kromě frekvence mrkání také stupeň otevření očí, rychlost otevření víčka při mrkání. Z těchto dat je pak podle daného algoritmu stanovována míra únavy. Za druhou skupinu lze považovat data z vozidla, například časté odchýlení od předpokládané ideální dráhy vozidla, změnu frekvence a amplitudy korekcí natočení volantu.

Pokud systém dojde k závěru, že je řidič unaven, vyvstává otázka jak by měl být řidič varován. V porovnání s varováním před zřejmým a akutním nebezpečím nehody, je složitější varovat řidiče tak, aby bral varování vážně a své chování náležitým způsobem změnil, např. udělal přestávku v jízdě. Systém musí počítat s tím, že řidič takovéto varování nebude brát v potaz, protože se třeba on sám může cítit dostatečně schopný pokračovat dále v jízdě. Proto je třeba používat vhodnou strategii, jak řidiče informovat o jeho stavu. Tato strategie musí vykazovat určitý stupeň přesvědčování, tak aby přiměla řidiče ke změně chování. Diskuze o podobě konceptu varování je rozmanitá a stále neexistuje shoda v použitých opatřeních. Je používán vícestupňový optický ukazatel, ale také akustické varovné tóny a haptické signály. Při rozpoznání těžké únavy varování typu „Jste unaven!“, nebo „Využijte nejbližší příležitost a odpočínte si!“. Další možností je automaticky řidiče navést na nejbližší parkoviště, pomocí navigačního systému ve vozidle. Možností také je zaměstnat řidiče jinou dodatečnou činností, tak aby došlo k pozvednutí jeho pozornosti. Každopádně je třeba aby strategie varování byla adaptivní a intenzita varovných signálů odpovídala stupni únavy. [35], [36]

8.2 Rozdělení asistujících systémů podle úrovně činnosti a stupně podpory řidiče

Asistující systémy představují podporu řidiče a působí na odpovídající úrovni jeho činnosti.

Podle stupně podpory řidiče lze rozlišit čtyři stupně:

- Informačního
- Varování
- Korigační zákrok
- Převzetí řízení

Následují Obr. 8 znázorňuje asistující systémy zařazené podle úrovně činností řízení a stupně podpory řidiče.

Grad der Fahrerunterstützung	Navigationsebene	Führungsebene	Stabilisierungsebene
Information	Navigationssystem, Stau-Info	Night Vision, Adaptives Kurvenlicht	
Warnung		Verkehrszeichen-erkennung, Aufmerksamkeitskontrolle, Spurwechselassistent	Lane Departure Warning (z. B. Lenkradvibration)
Korrigierender Eingriff			Heading Control (Lenkeingriff), Telematik-Steuerung, ACC, Fußgängererkennung
Übernahme der Fahraufgabe		Automatisches Fahren	Automatische Notbremse

Obr. 8 Zařazení asistujících systémů podle stupně podpory řidiče

Obr. 8 představuje zjednodušený nástin, některé systémy by se měli vyskytovat ve více buňkách tabulky, protože jejich funkční rozsah je širší. Zde je brána v úvahu převážně jejich hlavní funkce. Někteří autoři se liší v názoru umístění systému nočního vidění nebo adaptivního temponatu, např. [37] řadí tyto systémy do úrovně vedení vozidla. Osobně se přikláním k zařazení těchto systémů spíše do stabilizační úrovně, protože vedení vozidla představuje úkony jako odbočení, nebo předjížděcí manévry, které tyto systémy nezvládají, pouze napomáhají stabilizaci v těchto situacích.

8.3 Asistující systémy s vyšší podporou řidiče

Systém sledování jízdního pruhu nebo adaptivní tempomat působí na stabilizační úrovni, usnadňují řidiči činnosti, které pro něho nejsou náročné a z velké části probíhají automaticky. Toto ulehčení řidiče není jednoznačné, protože systém jako sledování jízdního pruhu není aktivní stále. Tento systém vyžaduje určité podmínky (rychlost, rozpoznatelné značení jízdního pruhu, atd.). To znamená, že existuje celá řada situací ve kterých není systém k dispozici a nemůže plnit jeho úlohu. To představuje pro řidiče možný problém, on potřebuje vědět v jakém stavu se systém v daném konkrétním okamžiku nachází, aby počítal s jeho asistencí. Vytváří pro řidiče dodatečnou úlohu. [38] Plánované ulehčení činností řidiče na úrovni stabilizace vozidla, která probíhá nevědomě (bez nároků na kognitivní kapacitu), si vyžádá dodatečnou kontrolní úlohu. Tento dohled nad asistujícím systémem se, oproti stabilizaci vozidla v jízdním pruhu, uskutečňuje vědomě a vyžaduje část pozornosti řidiče.

Nehledě k tomu, že je třeba poskytnout řidiči ukazatele z kterých je v každém časovém okamžiku jasný stav systému, existuje také potřeba řidiče varovat, pokud systém přechází z aktivního stavu do stavu kdy nebude žádná podpora řidiče možná. Zde je nutný vhodný signál, který ovšem vyžaduje vědomé zpracování, a tedy i potenciální rozptýlení.

Na základě velké technické náročnosti realizace asistujícího systému, fungují často tyto systémy nejlépe v podmínkách, kde je řidič obvykle nepotřebuje. Například v prostředí silně standardizovaném při dobrých dohledových podmínkách, jako je jízda ve dne po dálnici. V této situaci se soustava řidič-vozidlo-okolí nachází ve snadno předpověditelném stavu a nechá se z technického hlediska velmi snadno dosáhnout automatizace nebo asistence, přesto tohle není žádoucí. Tady je řidič i bez asistujících systému často nevyužit (jeho kognitivní kapacita). Další usnadnění jeho činnosti pomocí asistujících systémů vede jen k dalšímu snížení jeho aktivity, ještě níž od jeho optimální, střední úrovně vybuzení. [39]

Velmi nízká aktivita může být kritická v okamžiku, kdy řidič musí řešit nějakou velmi komplexní situaci, v které náhle odpadá dosavadní (doposud působící) automatizace nebo asistence. Zde je třeba okamžitě přejít ze situace vyžadující velmi nízkou aktivitu do situace s extrémně vysokou úrovní aktivity. [40]

To do jaké míry přispěje jízdní asistující systém k bezpečnosti jízdy, záleží na mnoha faktorech. Je proto nutné posuzovat systém z pohledu různých aspektů. V zásadě se nechají rozlišovat specifické a nespecifické účinky. Specifické účinky jsou bezprostřední působení účinku systému (varování a zásahy), tak jako reakce řidiče na informace systému. Nespecifické účinky jsou nepřímé efekty, které vyplývají z přítomnosti asistujícího systému a ovlivňují způsob jízdy.

8.4 Specifické účinky asistujících systémů

Aspekt výkonnosti

Aspekt výkonnosti závisí přímo na funkcionalitě konkrétního asistujícího systému. U konkrétního systému musí být ověřeno, jak účinky systému přímo ovlivňují styl jízdy. Například jak reaguje řidič na varování v podobě vibrací volantu, nebo pokud zazní zvukový tón. Pokud řidič začne vibrovat volant, reaguje trhnutím volantem ve správném nebo opačném směru? Jak se změní jízda v jízdním pruhu, začne řidič udržovat větší odstup od krajnice? Bude třeba změnit okamžik varování v další kritické situaci? To jsou pouze některé otázky, které musí být před zavedení asistujícího systému zodpovězeny. K tomu slouží experimenty na simulátoru a reálné jízdní zkoušky. Odpovědi mohou vést až ke změně koncepce systému.

Kognitivně-energetický aspekt

Kognitivně-energetickým aspektem je u asistujících systémů uvažováno to, jak se mění stav řidiče z pohledu stupně aktivity, únavy a pozornosti. Systém, který řidiči napomáhá s monotónní jednoduchou regulační činností na úrovni stabilizace vozidla, ještě více snižuje stupeň aktivity řidiče (jak už bylo popsáno dříve). Tím stoupá riziko, že řidič nevěnuje dostatek pozornosti sledování provozu a hrozí riziko mikrosnání.

Kognitivně-energetický aspekt stejně jako jiné účinky jsou často uvažovány vývojovými pracovníky asistujícího systému pouze okrajově nebo vůbec. Oni se soustřeďují především na aspekt výkonnosti, který je považován za nejdůležitější a pro realizaci asistujícího systému již sám dostatečně komplikovaný. Důvodem může být to, že vývojoví pracovníci jsou odpovědní za jeden aspekt řízení vozidla, pro který daný asistující systém vyvíjí.

Sekundární, někdy nežádoucí, efekty na soustavu řidič-vozidlo-okolí nejsou detailně analyzovány. Například pokud řidič z důvodu únavy způsobí na dálnici nehodu, protože předtím nebyl podpořen asistencí systému jízdy v jízdním pruhu, většina techniků označí za příčinu lidskou chybu, a ne chybu asistujícího systému. A to samé platí pro následující aspekty účinků asistujících systémů.

Aspekt přizpůsobení chování

Velmi diskutovaným aspektem jízdních asistujících systémů je možnost přizpůsobení chování. V podstatě jde o otázku adaptace rizika, tzn. do jaké míry řidič uvažuje přínos asistujícího systému na zvýšení bezpečnosti, a následně přizpůsobí svůj jízdní styl (jede rychleji, s neúměrně malým odstupem od vpředu jedoucího vozidla, atd.). Protože aspekt adaptace rizika je velmi důležitý, detailně budou konkrétní podmínky a specifické nebezpečí vztahující se k asistujícím systémům popsány ve vlastní kapitole číslo 9.

8.5 Nespecifické účinky asistujících systémů

Aspekt kognitivní reprezentace

Aspekt kognitivní reprezentace zohledňuje povědomí řidiče o situaci (představa a očekávání asistujícím systémem podporovaného řidiče) jeho porozumění systému (jeho znalost technické funkce systému) a důvěra v asistující systém. Povědomí o situaci může být negativně ovlivněno pokud řidič považuje asistující systém za pomocníka a nemusí se plně koncentrovat na řízení, dostatečně nedrží volant nebo se zabývá jinou činností. Jeho porozumění systému může být do takové míry mylné, že se chová podle chybného mentálního modelu. Například se řidič může

domnívat, že pokud on sám rozpozná jízdní pruh tak asistující systém to dokáže také. Chyba v kognitivní reprezentaci leží v tom, že asistující systém rozpoznává jízdní pruhy zcela jiným způsobem než člověk. Nebezpečí těchto chybných teorií o funkci technických systémů, je především v tom, že řidič v kritické situaci počítá s podporou asistujícího systému, který ovšem na základě jeho funkčního principu vůbec fungovat nemůže.

Důvěra řidiče ve funkci asistujícího systému je nutná. Problematické je to ovšem, pokud řidič přeceňuje tuto důvěru a tím se neúmyslně vystavuje riziku. Ironií je, že toto nebezpečí je tím větší čím lépe a spolehlivěji systém funguje. Z pohledu teorie učení je zcela pochopitelné, že pokud řidič má pouze pozitivní zkušenosti s asistujícím systémem, tím se vyvíjí neustále silnější očekávání. Současně upravuje způsob chování tak, že předpokládá jisté provádění a spolehlivou funkcionalitu systému. Čím více očekává varování nebo zásah asistujícího systému, o to výrazněji je překvapen pokud se nedostaví. Toto překvapení řidiče může vést až k neadekvátní reakci na vzniklou situaci.

Aspekt kompenzace

Aspekt kompenzace se podobá aspektu přizpůsobení chování. V otázce adaptace rizika jde o to, do jaké míry řidič kompenzuje přínos bezpečnosti, způsobený asistujícím systémem, svým riskantním chováním. Přitom stojí chování v přímé souvislosti s funkcionalitou asistujícího systému. Například pokud má řidič díky nočnímu vidění delší dohledovou vzdálenost jede o to rychleji, protože potenciální překážky může dříve rozeznat. Aspekt kompenzace je však nespecifický. Pokud je řidič díky asistujícímu systému ulehčena změna jízdního pruhu nebo dodržování bezpečné vzdálenosti, využije tyto uvolněné mentální zdroje k jiné činnosti, například telefonování, ovládání rádia nebo jeho pohled častěji směřuje mimo vozovku, tak že více sleduje okolí, místo toho aby se koncentroval na dění v provozu nebo činnost řízení.

Aspekt nespecifických účinků

Je třeba vzít v úvahu změny jízdního stylu jako možné nežádoucí vedlejší účinky. Není vyloučeno, že jízda s asistujícími systémy působí také na takové situace, které s asistujícím systémem nemají nic co do činění. Je možné, že je řidič kvůli stálé podpoře sveden k pohodlnosti, nesamostatnosti, nepozornosti, nebo k pocitu přecenění vlastních sil. Například je možný scénář, kdy je řidič díky automatickému sledování jízdního pruhu, odstupu od vpředu jedoucího vozidla a dopravních značek pohodlně a bez stresu projíždí neznámé město a při tom přehlédne zcela banální vyústění komunikace zprava.

9 Adaptace rizika

Teorie motivace snaží se osvětlit chování řidiče vycházející z předpokladu, že pro chování řidiče jsou určující jeho osobní motivy a cíle. Významný směr výzkumu představují modely rizika. Ve studiích z této oblasti je riziko vnímáno jako centrální koncept. Společné pro tyto modely je, že vycházejí z možnosti adaptace rizikového chování. To znamená, že řidič přizpůsobuje jeho rizikové chování měnícím se podmínkám. Poté je potenciální zvýšení bezpečnosti, dosažené pomocí dopravě-bezpečnostního opatření, redukováno tím, že se následně řidič chová riskantně.

Opatření ke zvýšení bezpečnosti dopravy se nechají rozdělit v soustavě řidič-vozidlo-okolí do třech kategorií:

- opatření, které se snaží řidiči objasnit možná nebezpečí, zlepšovat řidičské dovednosti
- opatření na vozidle, např. jízdní asistující systémy
- opatření ke zlepšení komunikací

Při zkoumání účinnosti bezpečnostních opatření v dopravě se občas dojde k závěru, že zavedené opatření zůstali bez úspěchu. V takových případech se hned nabízí vysvětlení, že příčinou je adaptace rizika nebo kompenzace rizika řidiči. Tyto pojmy, které jsou ovlivněny řadou teorií, jsou v podvědomí všech kdo se zabývají silniční dopravou.

Teoretické pozadí pochází z modelu subjektivní a objektivní bezpečnosti. [41] Model vychází z možnosti adaptace chování, to znamená, že řidič přizpůsobuje svoje chování. Pokud je tedy použito určité opatření, které by mělo zvýšit bezpečnost v silničním provozu. Tato snaha může být zmařena tím, že řidič změní svoje chování a opět stoupne pravděpodobnost nehody (např. zvýšením rychlosti). Pro přesnější vysvětlení tohoto účinku a vliv různých proměnných se používají teoretické modely. To také platí pro předpověď účinnosti bezpečnostních opatření. Ty nejpesimističtější hypotézy uvádějí, že bezpečnost je závislá na akceptaci rizika řidičem. Zvýšení objektivní bezpečnosti působí do té míry, do jaké je řidičem vnímáno. Řidič se chová (přiměřeně) riskantně, tak aby podstupoval stále stejnou míru rizika. Tato míra rizika řidiče nijak nevyčerpává, působí jako určitý stimul.

Někteří autoři až provokativně uvádějí, že počet nehod v konkrétní zemi závisí výhradně na čísle (počtu nehod), které je obyvatelstvo ochotné tolerovat, ne na dopravně-bezpečnostních opatřeních v tomto systému, a už vůbec ne na době jejich trvání. [42]

Pro teorie adaptace rizika platí, že jsou ve své definici neurčité a obecné. Na základě jejich neostrosti je stěží možné, aby konkrétní chování předpovídali. Tím chybí možnost falzifikace jako nutný předpoklad vědeckosti těchto teorií. Tyto modely jsou často používány pouze pro ex-post vysvětlení proč nějaké bezpečnostní opatření nefunguje.

Empirická data jsou velmi zajímavá a mají velkou vypovídací schopnost, lepší než jednotlivé teoretické modely. Výsledky analýz empirických dat tvoří základ pro věcné posouzení jednotlivých asistujících systémů z pohledu pravděpodobnosti adaptace rizika.

Analýzy účinnosti dopravně-technických opatření uvádějí jejich pozitivní přínos. Zatímco opatření, které by měli ovlivňovat řidiče, jsou málokdy tak účinné. Nepůsobí přímo na nebezpečná kritéria. Často používané zdůvodnění, že technické zlepšení na vozidle, by mohla být řidičem zneužita k rychlejší jízdě, se nedá z dostupných empirických dat zcela potvrdit. Existují sice indicie o přizpůsobení chování, přesto je celkový efekt technických zlepšení ve výsledku spíše pozitivní. Výjimku tvoří prvky aktivní bezpečnosti v kombinaci se sportovním stylem vozu, především u vozidel vyšší třídy. To jsou často vozy, které jako první vstupují na trh s novými asistujícími systémy. Zde je přizpůsobení chování vícenásobně doloženo a efekt bezpečnosti je ve výsledku negativní. [43]

Při podrobnějším zkoumání výsledků je zřejmé, že pravděpodobnost nežádoucí adaptace chování není náhodná, ale závisí na setkání určitých podmínek.

Kriteria pro pravděpodobnost adaptace chování

Autoři odvozují z výsledků analýzy pět kritérií, které ovlivňují pravděpodobnost že určité bezpečnostní opatření povedou k adaptaci chování. [43]

- interakce s opatřením
- přímost zpětné vazby
- rozšíření pole působnosti
- zvýšení subjektivní bezpečnosti
- souvislost s tendencí přežít

Interakce s opatřením

Adaptace řidiče na, pro něho, nová opatření se odvíjí od toho, do jaké míry je o nich informován a vnímá jejich účinek. Pokud řidič vůbec netuší o systémech ve svém voze, nemůže u něho dojít ke kompenzaci chování. Předpokladem pro to by bylo, že se asistující systémy při běžné jízdě neprojevují. Existující studie uvádějí, že dotazovaný řidiči v mnoha případech opravdu neví, jaké systémy v autě mají. Z pohledu dopravní psychologie je tato neznalost hodnocena pozitivně, protože zabraňuje nevhodnému přizpůsobení chování.

Přímost zpětné vazby

Adaptace na bezpečnostní opatření je očekávaná především tam, kde si řidič může udělat konkrétní představu o účinku opatření. Jízdní asistující systém, který přímo působí na řidiče např. pomocí častých zásahů do řízení, je náchylnější k přizpůsobení chování, než opatření, jejichž účinek není přímo znatelný.

Rozšíření pole působnosti

Pokud se řidiči naskytne možnost volit nové podmínky v soustavě Řidič-Vozidlo-Okolí, např. extrémní situace, vysoké rychlosti, atd. Roste pravděpodobnost nebezpečné adaptace chování. Systémy jako noční vidění, adaptivní světlomety, kontrola pozornosti mohou vést k tomu, že řidič, který dříve jezdil v noci jen nerad, díky těmto systémům vyjede v noci častěji. Může raději volit cestu na dovolenou přes noc, i když dříve se tomu vyhýbal. Tím se vystavuje nebezpečí způsobeného např. horšími dohledovými poměry nebo únavou.

Zvýšení subjektivní bezpečnosti

Nebezpečné přizpůsobení chování je vážnější, pokud se zvýší subjektivní bezpečí řidiče. Řidič dochází k přesvědčení, že je lépe vybaven a tím připraven zvládnout kritické situace. Pocit bezpečí může vyplývat ze všech asistujících systémů. Tak aby bylo možné ohodnotit vliv vnímaného bezpečí na adaptaci chování, je nutné se řidiče na jeho pocity bezpečí zeptat.

Pikantní na subjektivním pocitu bezpečí je, že je cílem každého výrobce automobilů zvýšit

subjektivní bezpečí každého řidiče, protože to představuje důležité kritérium při koupi nového vozu. Výrobci toho zkouší dosáhnout klidným komfortním chováním vozu, s minimem hluku a to i při vysokých rychlostech. Dále samozřejmě cílenou reklamou, v které je zdůrazněn aspekt bezpečí. Právě pro asistující systémy je bezpečnost vedle zvýšení komfortu hlavním prodejním argumentem.

Opatření snažící se zvýšit pocit bezpečí u zákazníků jsou z pohledu dopravní psychologie kontraproduktivní a zvyšují pravděpodobnost nežádoucí adaptace chování. Ideálem by bylo co možná největší objektivní bezpečnost vozidla při současně nízkém subjektivním pocitu bezpečí řidiče. Takový automobil by ovšem (až na několik dopravních psychologů) žádný zákazník nekoupil. Cílem každého výrobce automobilů není snižovat počet dopravních nehod, ale prodej vlastních automobilů.

Podle motivace, jízdního stylu nebo momentálních prožitků využívá řidič jemu poskytnuté možnosti. Čím je výkonnost vozu a radost z jízdy silnější, tím větší je pravděpodobnost, že se řidič odchýlí od jeho původního předsevzetí jet bezpečně.

Při vývoji asistujících systémů za účelem zvýšení bezpečnosti se musí počítat s tím, že řidič své uvolněné mentální zdroje nevyužije k tomu, aby lépe sledoval dění na komunikaci, ale např. k tomu jet rychleji, nebo provádět pro zábavu takové manévry s vozidlem, které by si bez asistujícího systému nedovolil.

10 Doporučení pro návrh systému kontroly pozornosti

To, že řidič z důvodu únavy špatně odhadne svůj stav (bdělost, schopnost řídit) stojí za řadou vážných nehod. Mnoho řidičů podceňuje svoji únavu a tím sebe i ostatní vystavují nebezpečí. Technický systém, který je schopen na základě objektivních kritérií (stupeň otevření očních víček, délka mrknutí, frekvence mrkání, atd) diagnostikovat přicházející únavu může napomoci řidiči při posouzení svého stavu.

Pokud by všichni řidiči, kteří způsobili nehodu z důvodu únavy byli před nehodou velmi silně unaveni. Pak by byl vývoj systému diagnostikující řidičovu únavu bezúčelný. Protože to by znamenalo, že řidič usedl za volant přes vědomí pocitu únavy, jejich chování bylo tedy plánované a zcela vědomé. Museli brát v potaz možná rizika.

Vedle diagnostiky stavu řidiče má systém kontroly únavy (pozornosti) ještě jednu důležitou úlohu. Měl by řidiče podle stupně jeho únavy informovat, varovat a poté přesvědčit, aby řidič učinil opatření proti jeho únavě. Nejvhodnější je přerušit jízdu a aktivně si odpočinout. Tuto funkci může systém plnit při dvou předpokladech. Prvním je, že řidič musí systém brát vážně. To je ale možné pouze v případě, že je systém spolehlivý a projevuje se malým počtem planých varování. Jinak bude tento systém řidič jednoduše ignorovat. Druhým předpokladem je vhodná strategie varování. Tak, aby řidiče jedoucího pozdě v noci domů, dokázala přesvědčit udělat 15-ti minutovou pauzu. V každém případě to musí být více stupňové varování, při kterém je řidič s přibývajícím únavou informován a poté důrazně varován. [35] Koncept varování řidiče je rozhodující pro akceptování systému. Především pokud se řidič bude cítit systémem obtěžován hrozí, že ho jednoduše vypne. Na druhou stranu je třeba počítat, i přes vynikající koncept varování, s tím, že bude od určitého procenta řidičů tento systém ignorován.

Někteří řidiči nepřipouštějí, že byli před nehodou příliš unaveni, pouze „se krátce nedostatečně koncentrovali“

Pokud řidič nereaguje na varování a neudělá potřebnou pauzu, je pak alespoň vhodné že „vozidlo zná“ stav řidiče. Existuje možnost aktivovat (přepnout do pohotovosti) jiné asistující systémy, které pak reagují s odlišnou citlivostí např. na vybočení z jízdního pruhu. Do určité míry to může kompenzovat sníženou výkonnost řidiče. Upravená citlivost asistujících systémů se projeví v dřívějším varování řidiče, a jemu pak zbývá o něco více času na řešení dané situace.

Jinou pozornost si zasluhují řidiči, kteří způsobili nehodu z důvodu náhlého bezvědomí nebo záchvatu slabosti. Toto téma není tak často diskutováno v problematice kontroly pozornosti řidiče. Problémem v tomto případě bývá to, že řidič upadne do bezvědomí bez předchozích zjevných známek. Pokud by asistující systém byl schopen bezvědomí řidiče rozeznat, podle zavřených víček nebo skloněné hlavy, otázkou potom je, co si s touto informací počít. Pro varování řidiče je už v tomto případě pozdě. Řidič je neschopný řízení, ale jeho vozidlo pokračuje v jízdě, v závislosti na druhu komunikace to může být i vysokou rychlostí. Bylo by vhodné kdyby vozidlo pokračovalo v jízdním pruhu a pomalu bezpečně zpomalovalo. Ale to už naráží na často diskutované téma převzetí řízení asistujícím systémem. Při této funkcionalitě systému už je překročena asistence a jedná se o automatické řízení vozidla. Kompletní převzetí řízení asistujícím systémem je z právního hlediska problematické. Důvodů je více: Technika není dostatečně spolehlivá zbavit řidiče jeho odpovědnosti za vedení vozidla. Otázka právní odpovědnosti v případě nehody při automatickém řízení nejsou jasné. Nehledě nato, že většina řidičů stejně chce jednat autonomně a mít kontrolu nad vozidlem. Na druhou stranu existují výjimky, kdy při celkové ztrátě vědomí řidiče, by bylo vhodné krátkodobé převzetí řízení samotným vozidlem. V některých případech by to snížilo ohrožení ostatních účastníků silničního provozu.

11 Řidič jako regulátor

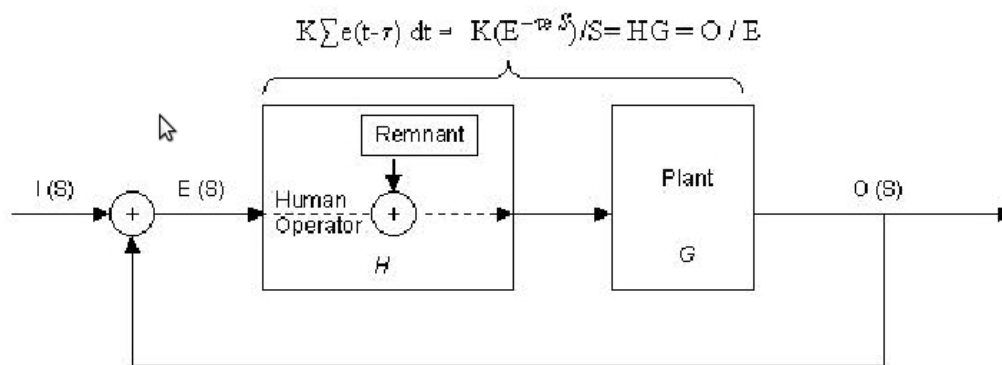
Aby se řidič bezpečně pohyboval v dopravě musí neustále kontrolovat rychlost, boční i podélný odstup a provádět manuální korektury jízdní dráhy a rychlosti pomocí volantů, pedálů akcelerace a brzdy. Chování řidiče odpovídá uzavřenému regulačnímu obvodu. Uzavřený regulační obvod je základ pro dynamické úlohy, je závislý na zpětné vazbě. Oproti tomu jsou motorické činnosti řidiče považovány za otevřený regulační obvod. Vychází se z toho, že některé pohyby provádí řidič automaticky. Jde o naučené činnosti, které nevyžadují zpětnou vazbu. [44]

Při řízení automobilu rozpoznává řidič chybu mezi skutečným a jím požadovaným stavem. Například pokud řidič dojede vozidlo a jeho odstup je nižší než by si přál. Řidič napraví tuto chybu, která je vlastně funkcí času. Tím, že vyvine určitou sílu (opět funkce času) na ovládací prvek. V tomto případě bude např. snížena síla na pedál akcelerace. Závislost mezi požadovanou silou a změnou ovládacího prvku je definována jako řídicí dynamika. Často malá vyvinutá síla na ovládací prvek vede k velké změně. Pokud byl řidič úspěšný se svou změnou, tak skutečná rychlost vozidla se přiblížila rychlosti požadované řidičem. Poté se systém nachází opět na počátku regulační smyčky. Tento proces probíhá neustále. Protože k jednání řidiče je nutná nejdříve odchylka mezi požadovaným a skutečným stavem, nemusí řidič reagovat do té doby než se nějaká objeví. Tyto odchylky mají zpravidla dva zdroje. Prvním je změna ve sledovaném signálu, která vyžaduje korekturu, například zatáčka nebo přiblížení k jinému vozidlu (command input). Druhou skupinou jsou vlivy, které působí přímo na systém (disturbance inputs). Například boční vítr, který vyžaduje korekturu volantem nebo stoupání komunikace, které vyžaduje korekturu pedálem akcelerace pro udržení rychlosti.

11.1 Crossover model

Crossover model od Mc Ruela a Jexe (1967) se zaměřuje na odchylku mezi vnímanou (zpozorovanou) chybou (E) a výstupem (O). Dřívější modely se zabývaly vztahem mezi chybou a změnou polohy ovládacích prvků. Výhodou je, že Crossover model umožňuje brát v úvahu vzájemné působení operátora a dynamiky systému. Dynamika systému je součástí lidského regulátoru.

Dvě primární charakteristiky dobrého řízení jsou malá odchylka a stabilita. Pro dosažení těchto kritérií reagují řidiči tak, že jejich chování lze vystihnout přenosovou funkcí bez zpětné vazby, která popisuje závislost vědomé odchylky k výstupu systému. Tedy jako systém s určitým zesílením a časovým zpožděním na straně vstupu. Způsob jakým Crossover model popisuje vzájemné působení lidského operátora a systému je na Obr. 9.



Obr. 9 Crossover model [45]

Crossover model je popsán dvěma parametry: zesílení a časové zpoždění. Zesílení je v tomto případě vztah mezi výstupem systému a vnímanou odchylkou. Výstup je vyjádřen jako rychlost a ne jako amplituda. Přenosová funkce odpovídá systému prvního řádu nebo integrátoru, který vytváří ze vstupní hodnoty polohy výstup v podobě rychlosti. Řidič přizpůsobuje vlastní zesílení změnám zesílení technického systému, tak aby celkové zesílení, vztah mezi výstupem a chybou (O/E), byl na stejné úrovni. [45] Časové zpoždění představuje reakční dobu lidského operátora. Příliš velké časové zpoždění je nevhodné. Řidič nemá možnost časovou prodlevu více zkrátit, pokud není možné situaci předvídat. Oproti tomu zesílení je nevhodné, pokud je příliš malé nebo příliš velké.

Třetí element modelu tvoří jeho charakteristika, jde o systém prvního řádu. Pro Crossover model je důležité porozumět tomu, proč se řidič chová tak, že spolu s vozidlem reaguje jako jeden systém prvního řádu. Existují pro to dva způsoby vysvětlení, intuitivní a formální.

Na intuitivní úrovni je možné, že reakce prvního řádu je kompromisem mezi systémem nižšího a vyššího stupně. Systémy nultého řádu jsou příliš přísné a korigují objevené odchylky ihned.

Pokud jsou odchylky náhlé skoky, může být odpověď systému velmi nekomfortní. Větší měkkost korektur nabízí systémy vyšších řádů. Ale systémy druhého řádu mohou být příliš zpomalené a tím nestabilní. Proto představují systémy prvního řádu dobrý kompromis.

Na formální úrovni je důvodem pro upřednostnění systému prvního řádu to, že jsou dosažena dvě požadovaná kritéria pro dobré řízení, stabilita a malá odchylka. Ze znázornění Crossover modelu je patrné, že malá odchylka je systémem podporována, zesílení celkové přenosové funkce (vstup vztažený k výstupu) je přibližně jedna. V tomto případě by byl vstup identický v amplitudě s výstupem. Ale ke kompletaci celkového zesílení přenosové funkce uzavřeného systému, musí mít funkce otevřené smyčky, která popisuje chování od zpozorované odchylky k výstupu, nekonečný nebo velmi velké zesílení. Malé odchylky by měli být korigovány s velkým zásahem v opačném směru.

Řízení blízké uzavřené smyčky s malou odchylkou může být dosaženo vyšším zesílením v otevřeném obvodu. Ovšem toto vyšší zesílení může způsobit nestabilitu, pokud je posunutí fází korigovaných frekvencí větší jak 180 stupňů. Tento problém se vyskytuje, pokud je lidský operátor částí regulačního obvodu a zpoždění je založeno na reakční době lidského faktoru nebo vzniká v technickém systému. Závěrem je, že při vysoké frekvenci řízení musí být zesílení menší než jedna, především při fázovém posunu větším než 180 stupňů. Lidský operátor, flexibilní element otevřené smyčky funkce (HG), zaručuje že jsou udržována tyto dva parametry. On reaguje tak, že se otevřená smyčka (HG) chová jako systém prvního řádu, s nezbytným zpožděním. Proto platí

rovnice pro Crossover model $[o(t)=K f e (t-te)dt]$. Funkce působí při velkém zesílení a malé frekvenci i malém zesílení a vysoké frekvenci, takže zaručuje kritéria stability a malé odchylky. Člověk je schopen regulovat zesílení, tak aby udržel Crossover frekvenci pod instabilní fází.

Aby bylo dosaženo systému prvního řádu s otevřenou smyčkou, $O/E=HG$, musí se lidský operátor přizpůsobit měnící se dynamice systému. Tato adaptace může být dosažena dvěma způsoby. Jednak může lidský operátor měnit jeho zesílení, tak aby kompenzoval změny celkového regulačního obvodu. Nebo může měnit podobu přenosové funkce operátora (H), která představuje reakce na odchylky v systému prvního řádu, pokud technický systém je nultého řádu. Lidský operátor se vždy chová tak, že jeho jednáním v kombinaci s technickým systémem vzniká jako výsledek obou přenosových funkcí vždy systém prvního řádu. Pokud je systém druhého řádu, chová se řidič jako derivátor, tak aby výsledek obou přenosových funkcí byl systém prvního řádu.

V sérii validačních studií potvrdil Mc Ruer s kolektivem, že chování operátora (řidiče) se podobá předpovědi z Crossover modelu. Pokud provádí řízení vozidla s náhodným vstupem, více jak 90 procent variancí (rozptylu) trénovaného operátora mohou být vysvětleny tímto dvou-parametrovým modelem. [45], [46], [47]

Matematické vyjádření Crossover modelu nemůže ale předpovídat (popisovat) celkové lidské chování, které je možné pozorovat. Zbývající variance (rozptyl), který není možné popsat lineárním vztahem Crossover modelu, jsou označovány jako „zbytek“ (Rest, Remnant). Některé z těchto zbývajících variancí vycházejí z impulsů při obsluze systému druhého řádu. Tyto impulsy charakterizují krátkodobé silné přemodulování následované krátkým silným podmodulováním. Variance mohou být také založeny na časové nestálosti funkčních parametrů nebo vznikají náhodným šumem v lidském chování.

Crossover model se ukázal jako velmi vhodný k popisu lidského chování v dynamickém systému. Umožnil inženýrům, kteří se zabývali stabilitou uzavřené smyčky při létání, kombinovat přenosovou funkci letadla společně s pilotem. Kromě toho měl pozitivní přínos při zjišťování mentálního zátěže pilotů. [48] Časové zpoždění, zesílení a měření zbývajících variancí (Rest, Remnant) v Crossover modelu mají význam pro pochopení změn, které se objevují v důsledku působení faktorů jako stress, paralelní činnosti, únava, dovedností. [49]

11.2 Optimal Control Model

Přes úspěch, který sklidil Crossover model v popisu chování operátora není tento model bez omezení. Podoba modelu a jeho parametry jsou založeny na vztahu vstup-výstup chování operátora. Neodvívá se od promyšlené mechanizmy procesu a nevyužívá odstupňování činností lidského operátora. Oproti modelům reakčního času, odhalení signálu nebo modelům paralelních činností nezohledňuje Crossover model různé strategie provedení. Ačkoliv je řidič považován za flexibilního tak, že se přizpůsobí stroji a modeluje svoje zesílení, jsou tato nastavení určeny charakteristikami systému. Nevztahují se na styl chování operátora nebo na soubor instrukcí. Oproti tomu Optimal Control model obsahuje explicitní mechanizmy k uvažování tohoto druhu strategické regulace.

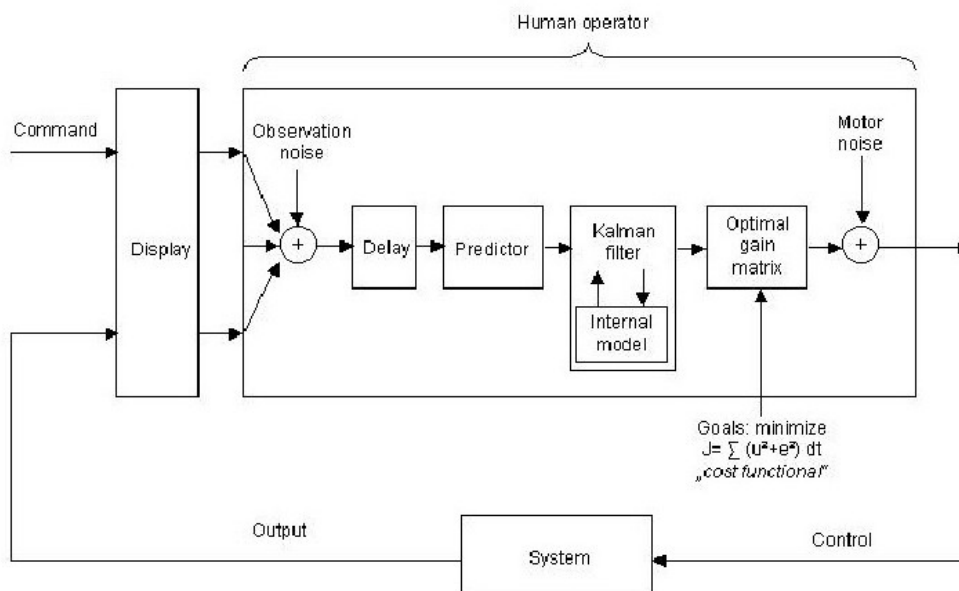
Základní komponenty Optimal Control modelu jsou znázorněny na Obr. 10 Lidský operátor vnímá množství znázorněných veličin a musí provádět řízení, tak aby hodnota J byla minimální. J představuje kvadratickou funkci náročnosti a nachází se uprostřed znázorněného modelu. Tato hodnota, kritická komponenta Optimal Control modelu, je často vyjádřena následujícím matematickým výrazem.

$$J = f(Au^2 + Be^2)dt$$

Obsažené veličiny, které mají být minimální, jsou kvadratická rychlost řízení a kvadratická chyba. Konstanty A a B závisí na důležitosti, kterou operátor těmto veličinám připisuje. Kvadratická rychlost řízení se ukazuje jako dobrý nástroj pro měření náročnosti řízení. Důležitost, resp. Konstanty A a B, se mění v závislosti na situaci a operátorovi. K minimalizaci chyby může sloužit velmi rychlá a častá řídicí aktivita, která ale může být nekomfortní a kromě toho nevhodná. Tak, aby byl pohyb komfortní a hospodárný, může být užitečné připustit velkou chybu. Operátor volí střední cestu mezi nízkou chybou a klidným řízením, při kterém se odpovídajícím způsobem mění hodnoty u^2 a e^2 .

To, že se řidič pokouší minimalizovat funkci náročnosti, představuje jeden aspekt charakteristiky Optimal Control modelu. Aby mohl řidič tuto hodnotu minimalizovat, má k dispozici zesílení, které nabývá odpovídajících hodnot. Toto zesílení je v Obr. 10 znázorněno maticí optimálního zesílení, která představuje soubor prováděcích pravidel. [50]

Optimální řízení není ale perfektní řízení. Lidský operátor je limitován především ve dvou oblastech a to zpožděním a rušením. Celkové zpoždění při reakci operátora je shrnuto na levé straně znázornění modelu. Zdroje rušení mohou být externí vlivy nebo ostatní vlivy operátora. Na Obr. 10 jsou znázorněny jako šum ve vnímání (observation noise) a šum v reakci (motor noise).



Obr. 10 Optimal Control Model [50]

Pro získání co možná nejpreciznější (krátkodobé) předpovědi stavu systému, která je důležitá pro optimální řízení, musí operátor provádět dvě další operace. Odhad skutečného stavu systému a předpověď budoucího stavu. Předpověď je důležitá pro kompenzaci časového zpoždění. Bere se v úvahu, že budoucí stav se odvozuje od předešlého. Pro odhad skutečného stavu systému se využívá Kalmanův filtr. Kalmanův filtr představuje optimalizační techniku, která kombinuje odhad systémového šumu (šumu v systému), ostatní vlivy operátora a interní model systému pro co nejpřesnější odhad stavu systému. Použití Kalmanova filtru ukazuje možnost znázornění jednání lidského operátora, která se pokouší jednat tak, aby odhad stavu systému byl založen na zvážení šumu a rušivých vlivech ze strany operátora. Odhad stavu systému bude použit jako vstup pro řídicí zesílení, které je voleno z funkce náročnosti (J). Tímto procesem je generována motorická reakce, která je rušena motorickým šumem.

Stejně jako Crossover model tak i Optimal kontrol model je úspěšně hodnocen, pro popis lidského operátora při řízení. [48] Přínosem je dosažení vzájemné závislosti mezi šumem při pozorování a dělení pozornosti na úlohy řízení. Tento vztah umožnil popis rozsahu odchýlení vnímaného signálu, v podobě kvantitativních výrazů, a rozšíření přesnosti řízení, pokud je pozornost odvrácena na jiné aspekty. [51], [52] Výpočetní náročnost a počet parametrů Optimal Control modelu, které je nutné znát, jsou v porovnání s Crossover modelem vyšší. Oproti tomu umožňuje tento model změnu ve strategii operátora a flexibilitu, kterou Crossover model prokázat nemůže.

11.3 Hranice lidského operátora

Je třeba poukázat na hranice a nedostatečnosti lidského operátora při řízení komplexního systému. Velký problém představuje šíře informací, které jsou přijímány z okolí. Pro řízení vozidla je nutný nepřetržitý příjem informací. Především pro umožnění reakce na nepředvídané změny. V čase variabilní vstupní a výstupní signály mohou být kvantifikovány v rámci informační teorie. Pro sérii diskretních úloh a kontinuální řízení existuje stejná hranice příjmu informací. Hranice příjmu informací při řízení je mezi 4 a 10 bity za sekundu, v závislosti na podmínkách. [53] Jeden bit představuje nejmenší množství informace a pochází z oblasti výpočetní techniky, kde nabývá dvou hodnot 1 a 0. Pro vnímání dynamické dopravní scény a její popis je bit částečně problematický. Obsah informace semaforu může být popsán na úrovni bitu, ale přiblížení k vpředu jedoucímu vozidlu již není možné takto dichotomicky popsat.

Vedle množství informací přijímaných v určitém čase, je důležité také takt v jakém jsou informace odebírány. Při sérii úloh je dán limit reakční doby frekvencí rozhodnutí a ne komplexitou úloh. [54] Tento limit, který určuje kolik informací může být přijato v daném čase, představuje šíři informací. Běžně leží mezi 0,5 a 1 Hz. [55] Tato hodnota koresponduje s odhadem maximální frekvence provádění korektur při řízení, který uvádí 2 korektury za sekundu. [56] Pokud ale jsou nutné 2 korektury za jeden cyklus, podobá se tato hranice šíři informací s jedním cyklem za sekundu. Tato hranice se vztahuje k dekódování řídicích signálů a ne k motorickým úkonům. Motoricky není problém sledovat předvídatelný signál s frekvencí 2 až 3 Hz. [57] Hranice 2 korektur za sekundu se podobá minimálnímu rozhodovacímu času. [58]

Další problém představuje časové zpoždění, které se projevuje dvěma způsoby. Člověk reaguje vždy s určitým časovým zpožděním, což je reakční doba na vstupní straně systému. Dynamika systému je zpožděním také postižena, protože změna pedálu akcelerace se projeví s určitým časovým posunem jako změna rychlosti.

Při kontinuálním řízení bude chyba, která se jako odchylka od požadovaného stavu také kontinuálně mění, operátorem s určitým časovým zpožděním zpozorována. Přitom odchylka v okamžiku, kdy byla řidičem zpozorována, se díky probíhajícímu procesu již změnila. Reakční doba pro úlohy řízení, podobné ovládání plynového pedálu, je mezi 150 a 300 milisekundami. [45] Při řízení je význam časového zpoždění relativní, protože setrvačnost vozidla v rámci tohoto krátkého časového úseku nezpůsobí nijak výraznou změnu stavu, takže se skutečný stav výrazně neliší od řidičem zpozorovaného stavu.

Problematické je ovšem časové zpoždění v dynamice systému. Zpoždění způsobuje, že se výstup liší od vstupu. Rozdíl je tím větší, čím větší je časový úsek zpoždění. Časové zpoždění vede při periodickém nebo náhodném vstupu k nestabilitě a k oscilačnímu chování, které se později objeví na vstupu do systému. Zpoždění v dynamice systému vyžaduje, aby řidič předpovídal účinek jeho řídicí manipulace. Lidé mají problém odhadovat průběh exponenciální změny, vhodnější pro operátora je průběh lineární. Exponenciální průběh je často podceňován a je zde tendence k předjímání lineárního trendu. [59]

K tomu aby řidič mohl předpovídat účinek svých řídicích zásahů, musí mít vytvořen mentální model systémové dynamiky. Podle něho řidič odhaduje, jak se bude systém v nejbližším okamžiku chovat. Tento model může být vázán na rozdílný rozsah mentálních zdrojů, podle komplexity systémové dynamiky a míry osvojení systému řidičem.

Velký problém při řízení představuje nestabilita. Vzniká pokud je operátor při korekci chyby přetřesený nebo podregulovaný a tím dojde ke vzniku periodického kmitání okolo požadované hodnoty. Čím větší je časové zpoždění systémové dynamiky, tím snadněji vznikne nestabilita. Řidič musí uvažovat účinek svých zásahů na budoucí vývoj, což je vždy spojeno s odhadem chyby. Bez časového zpoždění by mohl řidič okamžitě rozpoznat své zásahy a jemně regulovat. K časovému zpoždění se připojují ještě nelineární vlastnosti systémové dynamiky. Potom je mentální model, který si řidič vytváří pro odhadování účinků jeho zásahů, ještě komplexnější a přesnost odhadu budoucího stavu horší. To má za následek častější výskyt nestability.

Další faktor vedoucí k nestabilitě může být zesílení systémové dynamiky. Zesílení popisuje vztah mezi změnou řídicích elementů a výstupem systému. Při vysokém zesílení vede malé změna k velkému efektu. Při nízkém zesílení je potřeba velké změny pro dosažení alespoň malého efektu na výstupu systému. Při podélném vedení vozidla vykazuje pedál akcelerační velkého zesílení. Protože malá změna pozice pedálu způsobí zpravidla výraznou změnu rychlosti. Tyto velké zesílení působí ale negativně na stabilitu regulačního obvodu, kdy je vyžadována jemná motorika pro zabránění instability.

11.4 Využití modelů

Modely popisují chování lidského operátora, jak sleduje a reaguje na externí, v čase se měnící, signál. Hlavní pozornost je směřována k reakci na měnící se vstupní signál. Reakční doba a velikost reakce (zesílení) jsou považovány za odpověď lidského operátora.

Využití modelů řízení je především soustředěno na chování řidiče, které se přizpůsobuje měnícímu se vstupnímu signálu a ostatním působícím faktorům. Pokud by se podařilo redukovat změnu vstupního signálu, bylo by možné zaměřit se na to, co je v Crossover modelu označováno jako šum. V Optimal Control modelu je toto označováno jako pozorovací šum (observation noise) a motorický šum (motor noise). U představených modelů je právě tato část místo, kde působí neobjasněné variance. Jak bylo zmíněno v popisu modelů, je tato část charakterizována jako nesystematická. Snahou výzkumu v současné době je ukázat, že tento šum není zcela nesystematický a je způsobený řadou konkrétních faktorů.

Literatura

- [1] Talácko, J. Mechatronika. CP Books 2006. ISBN 80-251-1299-3.
- [2] Gevatter, H.J. Handbuch der Mess- und Automatisierungstechnik im Automobil: Fahrzeugelektronik, Fahrzeugmechatronik. Springer Berlin 2006. ISBN 3-540-21205-1.
- [3] Příbýl, P., Svítek, M. Inteligentní dopravní systémy. BEN Praha 2002, ISBN 80-7300-029-6.
- [4] Plíhal, J., Ovčáčík, J., Pípa, M., Vozidlové systémy pro zvýšení bezpečnosti, <http://www.cdv.cz/text/oblasti/telemat/vozidlove-systemy.htm>.
- [5] Marshall, R. L. Unfallgeschehen und Verkehrssicherheitsarbeit in der Vereinigten Staaten von Amerika. Zeitschrift für Verkehrssicherheit, 34, 1988.
- [6] Nader, R. Unsafe at any speed. New York: Grosman, 1965.
- [7] Ach, N. Psychologie und technik bei Bekämpfung von Auto-Unfällen. Industrielle Psychotechnik, 6, 1929.
- [8] Beierle, B. Psychologische und technische Analyse von Lkw-Verkehrsunfällen. Wiesbaden, Deutscher Universitäts-Verlag, 1995.
- [9] Marbe, K., Über Unfallversicherung und Psychotechnik. Praktische psychologie, 4, 1923.
- [10] Echternhof, W., Verkehrspsychologie: Entwicklung, Themen, Resultate. Köln, TÜV Rheinland, 1991.
- [11] Undeutsch, U. Persönlichkeit und Vorkommenshäufigkeit der „Unfälle“ unter den Kraftfahrern. Psychologische Impulse für die Verkehrssicherheit Beiträge von Udo Undeutsch. Köln TÜV Rheinland, 1977.
- [12] Zimmer, A. Dahmen-Zimmer, K., Situationsbezogene Sicherheitskenngrößen im Stassenverkehr. Berichte der Bundesanstalt für Strassenwesen, Heft 78, Bergisch Gladbach, 1997.
- [13] Drösler, J., Zur Methodik der Verkehrspsychologie. Huber, Bern, 1965.
- [14] Hacker, W., Allgemeine Arbeitspsychologie, Bern, Huber, 1998.
- [15] Reason, J., Menschliche Versagen: Psychologische Risikofaktoren und moderne Technologien. Heidelberg, Spektrum, 1994.
- [16] Mittenecker, E., Methoden und Ergebnisse der psychologischen Unfallforschung, Wien, Deuticke, 1962.
- [17] Böhm, H., Schneider, W., Verkehrsteilnehmergruppen und Verkehrserziehungsmittel. Forschungsgemeinschaft „Der Mensch im Verkehr“, Köln, 1965.
- [18] Kemp, R. N., Nelson, G. C., A preliminary report on an on-the-spot-survey accident, Crowthorne, TRRL 1972.
- [19] Shinar, D., McDonald, S., The interaction between driver mental and physical condition and errors causing traffic accident. Journal of Safety research, 1, 1978.
- [20] Otte, D., Kühnel, A. Erhebung am Unfallort, Bundesanstalt für Strassenwesen, Unfall- und Verkehrssicherheitsforschung Strassenverkehr, Heft 37, Köln, 1982.
- [21] Salusjärvi, M., Road accident investigation teams. Developing the on-the-spot, in-depth-case study methodology, Technical research Centre of Finland, Espoo, 1989.
- [22] Wierwille, W. W., Tijerina, L., Eine Analyse von Unfallberichten als ein Mittel zur Bestimmung von Problemen, die durch die Verteilung der visuelle Aufmerksamkeit und der visuellen Belastung innerhalb des Fahrzeug Verursacht wird, Zeitschrift für Verkehrssicherheit, 41, 1995.
- [23] Klebersberg, D., Verkehrspsychologie, Springer, Berlin, 1982.

- [24] Lajunen, T., Parker, D., Summala, H., The Manchester Driver Behavioral Questionnaire: a cross cultural study. *Accident Analysis and Prevention*, 2004.
- [25] Rumar, K., The rule of perceptual and cognitive filters in observed behavioral. *Human behavioral and Traffic Safety*, New York, Plenum press, 1985.
- [26] Treat J., A Study of Pre-crash Factors Involved in Traffic Accidents, *HSRI Research Review*, Volume 10, number 6, 1977.
- [27] Wahlberg, Kudla, Slaone, *Motor Vehicle Collisions*, 2003.
- [28] Erke, H., Vorgaben an die Verkehrsplanung. Anforderungen an der Menschen aus Sicht der ökologischen Psychologie. Enke, Stuttgart, 1993.
- [29] Rasmussen, J. Skills, rules and knowledge; signals, signs, and sysmbols and the other distruction in human performance model. *IEEE Transaction on Systems, Man and Cybernetics*. 1983.
- [30] Štikar, J., Hoskovec, J., Šmolíková, J., *Psychologická prevence nehod. (Teorie a praxe)*, Praha, 2006.
- [31] Wickens, Ch. D., *Engineering psychology and human performance*. Second Edition. New York, Harper Collins, 1992.
- [32] GDV, Müdigkeit eine der wichtigsten Unfallursachen – technische Warnsysteme noch wenig ausgereift, www.gdv.de/presSEServis/14917.htm, 2000.
- [33] Gründl, Markus. Fehler und Fehlerverhalten als Ursache von Verkehrsunfällen und Konsequenzen für das Unfallvermeidungspotenzial und die Gestaltung von Fahrerassistenzsystemen, Regensburg, 2005.
- [34] www.aaafoundation.org/pdf/wakeup.pdf
- [35] Marberger, C., Wenzel, G., System for offective assessment of driver vigilance and warning according to traffic risk estimation, *Driver Warning Concept*, www.awakeeu.org/pdf/awake_d5_1.pdf, 2002.
- [36] Färber, B., Färber B., Auswirkungen neuer Informationstechnologien auf das Fahrerverhalten. *Berichte der Bundesanstalt für Starssenwesen*, Heft M 149, Bergische Gladbach, 2003.
- [37] Haller, R., Fahrer-Assistenz versus Fahrer-Bevormundung: Wie erreicht man, dass der Fahrer Herr der Situation bleib. *Kraftfahrzeugführung*, Springer, 2001.
- [38] Sheridan, T. B., *Telerobotics, automation and human supervisory control*. Cambridge Mass, 1992.
- [39] Yerkes, R. M., Dodson J. D., The relation of strength of stimulus to rapidity of habit information. *Journal of Comparative and Neurological Psychology*, 18, 1908.
- [40] Zimmer, A., Wie intelligent darf/muss ein Auto sein? Anmerkung aus ingenierspsychologischer Sicht, *Kraftfahrzeugführung*, Berlin, Springer 2001.
- [41] Klebelsberg, D., Das Model der subjektiven and objektiven sicherheit. *Schweizerische Zeitschrift für Psychologie*, 4, 1977.
- [42] Wilde, G. J. S., The theory of risk homeostasis: Implications for safety and health. *Risk Analysis*, 4, 1982.
- [43] Pfafferott, I., Huguenin, D., Adaptation nach Einführung von Sichrheitsmassnahmen – Ergebnisse und Schlussfolgerungen aus einer OECD-Studie. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 73, 1991.
- [44] Adams, J. A., A closed loop theory of motor learning. *Journal of motor behavioral*, 3, 1971.
- [45] Mc Ruel, D. T., Jex, H. R., A review of quasi-linear pilot models. *IEEE Transaction an human factor in electronics*, 1967.
- [46] Mc Ruer, D. T., Human dynamics in man-machine systém. *Automatica*, 16, 1980.
- [47] Mc Ruer, D. T., Krendel, E. S. The human operator as a sevo system element, *Journal of the Franklin Institut*, 1959.
- [48] Hess, R. A., Prediction of pilot opinion using optimal pilot model, *Human factors*, 19, 1977.

- [49] Fracker, M. L., Wickens, C. D., Ressourcen, confusion and compatibility in dual task axis tracking: Displays, control and dynamics. *Journal of experimental psychology: Human perception and performance*, 15, 1989.
- [50] Baron, S., Kleinman, D. L., Levinson, W. H., An Optimal Control Model of Human Response – Part II: Prediction of Human Performance in a Complex Task, *Automatica*, 6, 1970.
- [51] Baron, S., Pilot control. *Human factors in aviation*, New York, 1988.
- [52] Levison, W. H., The optimal control model for manually controlled system. Application of human performance model to system design, New York, 1989.
- [53] Baty, D. L., Human transinformation rates during ont-to-four axis tracking. *Proceeding of the 7th annual conference on manual control (NASA SP-281)*, Washington, 1971.
- [54] Pashler, H. E., *The psychology of attention*. Cambridge, 1998.
- [55] Elkind, J. I., Sprague, L. T., Transmission of information in simple manual control system. *IRE Transaction on human factors in electronics*, HFE 2, 1961.
- [56] Fitts, P. M., Posner, M. A., *Human performance*, Pacific Palisades, 1967.
- [57] Pew, R. W., *Human perceptual motor performance*. Human information processing, Hillsdale, 1974.
- [58] Debecker, J., Desmendt, R., Maximum capacity for sequential one-bit auditory decision. *Journal of experimental psychology*, 83, 1970.
- [59] Wickens, C. D., *Engineering psychology and human performance* 2nd ed. New Jersey, 1992.