

# Modelovanie softvéru autonómnych aut\*

Peter Bartoš

Slovenská technická univerzita v Bratislave

Fakulta informatiky a informačných technológií

[xbartosp2@stuba.sk](mailto:xbartosp2@stuba.sk)

2. november 2021

## Abstrakt

Prvý príchod aut sa datuje už daleko do minulosti a všeobecný fakt je, že nám umožnil zdolávať pomerne dlhé vzdialenosť za oveľa kratší čas. Táto zvýšená rýchlosť nám skrátila čas na spracovávanie informácií a tým zväčšila šancu ohroziť a poškodiť naše okolie počas riadenia tohto vozidla. Tiež vieme, že človek nedokáže konkurovať počítaču pri rýchlosti spracúvania informácií. Tak prečo nie autonómne autá? Funkcie auta by boli ovládané počítačom alebo umelou inteligenciou, ktoré by rozhodovali kedy pridať plyn alebo brzdiť, kedy sa preradiť do iného pruhu alebo kedy zastaviť na prechode pre chodcov. Prototypy týchto aut už v dnešnej dobe existujú a tento článok analyzuje ich modelovanie v oblasti softvérového inžinierstva.

## 1 Úvod

Podľa štúdii National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) [4] sa do hlavných dôvodov autonehôd zahŕňajú poruchy vozidiel, pochybenie vodiča, environmentálne faktory a neznáme príčiny. Vodiči zapríčinia okolo 94% autonehôd. Ďalej sa to delí do kategórie vozidiel, ktoré zapríčinujú 2% nehôd. Nasledujú environmentálne faktory a zahŕňajú tiež 2% škôd. Na poslednom mieste sú faktory neznámych príčin, ktoré sa pohybujú okolo 2%. Z týchto informácií je možné vydelenie, že 94% takýchto nešťastí zmizne vďaka odbremeneniu vodičov od riadenia vozidla a zavedenia autonómnych aut do každodenného života ľudí. Treba sa teda pozrieť hlbšie a zanalyzovať ako fungujú a operujú autonómne autá. Článok rozpracuje úroveň automatizácie autonómneho auta[2], systémy autonómie[3], ich fungovanie[3.1], ich funkcie[3.2], ako operuje autonómne auto[4] a zhnutie týchto informácií na záver[5].

## 2 Úrovne automatizácie jazdy

Existuje 6 úrovni delenia automatizovanej jazdy. [7] Tieto úrovne sa delia do dvoch skupín, kde prevažne človek monitoruje prostredie jazdy a kde prevažne

---

\*Semestrálny projekt v predmete Metódy inžinierskej práce, ak. rok 2021/22, vedenie: Vladimír Mlynarovič

systém monitoruje prostredie jazdy. Každá úroveň taktiež popisuje rolu vodiča a rolu systému, ktorá sa týka ovládania riadiacich funkcií auta. Prvá úroveň je úplna manuálna kontrola vodiča, kde človek vykonáva všetky riadiace úkony, ako zabáčanie, brzdenie, prídávanie a pod. Druhá úroveň obsahuje jeden automatizovaný systém a tým je tempomat. Tretia úroveň zahrnuje čiastočnú automatizáciu. Systém ADAS[3.1] sa stará o túto čiastočnú automatizáciu a vie vykonávať lokalizáciu, zabáčanie, rozpoznávanie značiek, brzdenie, detekciu slepého bodu a veľa ďalších. Človek stále monitoruje všetky úkony a vie prevziať kontrolu ľubovoľne. Teraz sa dostávame k bodu, kde prevažne systém monitoruje prostredie jazdy. Štvrtá úroveň pozostáva z podmienečnej automatizácie. Auto má schopnosť detektovať prostredie a vie robiť väčšinu jazdných úkonov, napr. predbehnúť pomaly pohybujúce vozidlo, ale ľudské schvaľovanie jazdných úkonov auta a prípadne zakročenie je nutné. Piata úroveň je vysoká automatizácia. Systém ovláda všetky operácie jazdy pod určitými podmienkami, napr. systém má povolené prevziať kontrolu nad vozidlom iba v mestských častiach, kde sa neprekračuje rýchlosť 50km/h. Geofencing<sup>1</sup> je nevyhnutný a ľudské zasiahnutie je stále možnosťou. Šiesta úroveň prezentuje úplnu automatizáciu, kde auto ovláda všetky úkony pod hocijakými podmienkami a ľudská pozornosť nie je vôbec vyžadovaná a ľudská interakcia nie je možná.

Úrovne automatizovanej jazdy					
Nulová automatizácia	Assistencia vodiča	Čiastočná automatizácia	Prípadná automatizácia	Vysoká automatizácia	Úplna automatizácia
Úplna manuálna kontrola vodiča	Vozidlo má jediný automatizovaný systém - tempomat	Čiastočná automatizácia pomocou systému ADAS	Schopnosť detektie prostredia, informované rozhodnutia, nevyhnutná kontrola vodiča a jeho zasiahnutie	Schopnosť samoriadenia len v určitých podmienkach obmedzované legislatívou, človek má stále možnosť ovládať auto	Nepotrebuje kontrolu a človek nemá možnosť zasiahnuť
<b>Človek monitoruje jazdné prostredie</b>			<b>Systém monitoruje jazdné prostredie</b>		

Obr. 1: Tabuľka úrovní delenia automatizovanej jazdy [7] [2]

### 3 Advanced Driver Assistance Systems

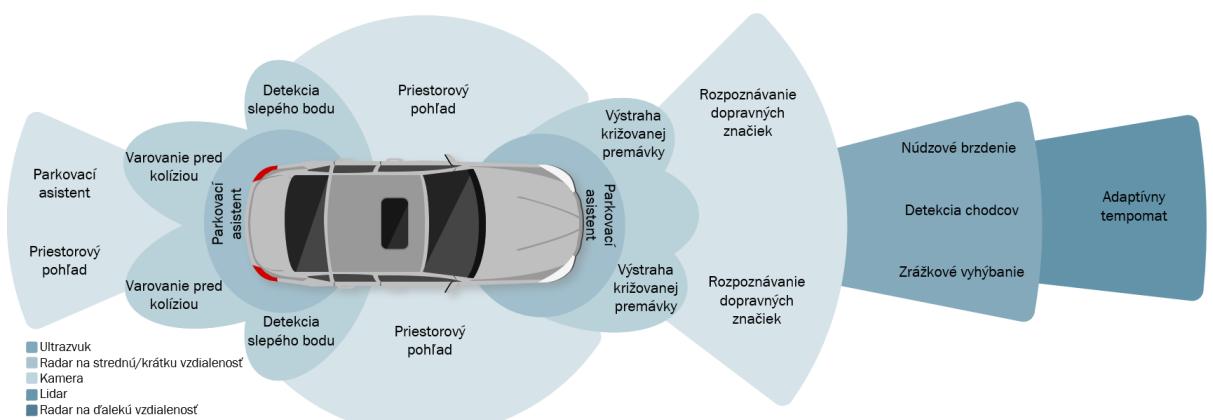
Podľa uvedenej štatistiky[1] vieme, že skoro všetky autonehody sú zapríčinené ľudskou chybou. Vďaka ADAS-u (Advanced Driver Assistance Systems) vieme tieto škody redukovať. ADAS obsahuje základné bezpečnostné aplikácie, ku ktorým patrí detekcia a vyhýbanie chodcov, varovanie a oprava vybočenia z jazdného pruhu, rozpoznávanie dopravných značiek, núdzové brzdenie a detekcia slepého bodu. ADAS toto všetko zvládá vďaka jeho najnovším štandardom rozhrania. Používa viacero algoritmov založených na videní, ktoré v realnom čase

<sup>1</sup> Použitie technológie GPS alebo RFID na vytvorenie virtuálnej geografickej hranice, ktorá umožňuje softvéru spustiť reakciu, keď zariadenie vstúpi alebo opustí konkrétnu oblasť.

podporujú subsystémy multimédii, spoločného spracovania videnia a syntézy senzorov. [6]

### 3.1 Fungovanie systému ADAS

ADAS [5] vykonáva svoje funkcie pomocou autonómnych aplikačných riešení. Autonómne aplikačné riešenia sú rozčlenené do rôznych čipov, ktoré sa volajú SoC<sup>2</sup>. Tieto čipy zlučujú senzory s akčnými členmi pomocou rozhraní a vysoko výkonných ECU<sup>3</sup>. Samoriadiace autá používajú niekoľko takýchto aplikácií a technológií na získanie 360-stupňového videnia, ktoré sa sústredujú aj na blízke a aj na ďaleké okolie. ADAS systémy sa stále aktívne zdokonaľujú s pomocou tzv. vnoreného videnia. Implementácia kamier do vozidla tiež zahŕňa funkciu umelej inteligencie, ktorá pomocou senzorovej fúzie<sup>4</sup> rozpoznáva a spracúva objekty. Táto umelá inteligencia a senzorová fúzia pracujú podobne ako ľudský mozog pri spracúvaní informácií. Kombinujú sa veľké množstvá údajov vďaka softvéru na rozpoznávanie obrazu, ultrazvukových senzorov, lidaru a radaru.[3.3] Umelá inteligencia vie analyzovať video v reálnom čase, rozpoznať všetky objekty, a vymerať požadovanú reakciu na okolie. Táto technológia vie reagovať rýchlejšie, ako by dokázal ľudský vodič.



Obr. 2: ADAS - senzorové vnímanie autonómneho vozidla [1]

### 3.2 Funkcie ADAS systému

**Adaptívny tempomat** je najmä užitočný na diaľnici. Tento systém sleduje svoju rýchlosť a rýchlosť ostatných vozidiel na diaľnici na neobmedzenú dobu, kde človeku to robí problém po pári minútach. Aplikácia dokáže zrýchliť, spomaľiť a vie aj zastaviť vozidlo v závislosti od akcií iných objektov v bezprostrednej blízkosti. [5]

<sup>2</sup>Integrovaný obvod, ktorý spája všetky alebo väčšinu komponentov počítača alebo iného elektrického systému.

<sup>3</sup>Vstavaný systém v automobilovej elektronike, ktorý spravuje jeden alebo viac elektrických systémov alebo subsystémov.

<sup>4</sup>Proces kombinovania senzorických údajov, aby výsledná informácia mala menšiu neistotu.

**Diaľkové a pixelové svetlo bez oslnenia** využíva senzory na prispôsobenie sa tme a okoliu vozidla bez rušenia protiidúcich vozidiel. Táto nová aplikácia svetlometov zisťuje, že či sa vyskytujú oproti autu svetlá iných vozidiel a presmeruje svetlá vozidla preč. Vďaka tomuto úkonu zabráni dočasnému oslepeniu ostatných účastníkov cestnej premávky. [5]

**Adaptívne ovládanie svetiel** svetlometry vozidla prispôsobuje vonkajším svetelným podmienkam. Mení smer, rotáciu a silu svetiel v závislosti od prostredia vozidla a tmy. [5]

**Autonómne parkovanie** je nová technológia, ktorá funguje prostredníctvom sieťovania senzorov vozidla, sieťovej komunikácie 5G, s clouдовými službami, ktoré spravujú autonómne vozidlá na parkoviskách. Senzory vozidiel poskytujú vozidlu informácie o tom, kde sa nachádza, kam musí ísť a ako sa tam bezpečne dostaať. Všetky tieto informácie sú metodicky vyhodnocované a používané pri akcelerácii jazdy, brzdení a riadení až do bezpečného zaparkovania vozidla. [5]

**Navigačný systém** poskytujú hlasové pokyny a "heads up"<sup>5</sup> displej, ktoré pomáhajú vodičom sledovať trasu a zároveň sa sústrediť na cestu. Tieto navigačné systémy dokážu zobraziť presné dopravné údaje a v prípade potreby naplánovať novú trasu, aby sa šofér vyhol dopravnej zápche. [5]

**Systémy nočného videnia** umožňujú vodičom vidieť veci, ktoré by inak bolo ľahké až nemožné vidieť v noci. Existujú dve kategórie implementácie nočného videnia. Aktívne systémy nočného videnia premietajú infračervené svetlo a pasívne systémy sa spoliehajú na teplo, ktoré vyžarujú autá, zvieratá a iné predmety. [5]

**Monitorovanie slepého bodu** sa využíva na poskytovanie dôležitých informácií vodičom, ktoré je inak ľahké až nemožné získať. Toto monitorovanie prebieha vďaka radaru, ktorý tento bod monitoruje a ako varovný signál pre vodiča sa spustí alarm. [5]

**Automatické núdzové brzdenie** využíva senzory ako Lidar na zistenie, či vodič práve ide naraziť do iného vozidla alebo iných predmetov na ceste. Táto aplikácia meria vzdialenosť premávky v okolí a upozorňuje vodiča na akékoľvek nebezpečenstvo. Systémy núdzového brzdenia preventívne uľahajú bezpečnostné pásy, znížujú rýchlosť a adaptívne riadia, aby sa predišlo kolízii. [5]

**Detekcia ospalosti vodiča** varuje vodiča pred ospalosťou alebo inými rušivými vplyvmi na ceste. Senzory analyzujú pohyb hlavy vodiča, pohyb očí a srdcovú frekvenciu na zistenie náznakov ospalosti. V niektorých prípadoch auto vykoná úkon úplného zastavenia vozidla. [5]

**Systém monitorovania vodičov** pracuje tak, že kamerové senzory dokážu analyzovať, či vodičove oči upriamujú pozornosť na cestu alebo nie. Systémy vedia upozorniť vodiča zvukmi, volantovými vybráciami alebo blikajúcimi svetlami. [5]

### 3.3 Senzory systému

**RADAR** používa zhluk zvuku na meranie vzdialenosť. Toto robí meraním času, za ktorý sa zvuková vlna vráti späť do senzora. Je menej náročný na dátu ako väčšina senzorov a funguje veľmi dobre v hustej hmle, daždi alebo snehu. Je veľmi účinný pri meraní relatívnych rýchlosťí. [3]

**LIDAR** podobný ako radar, ale na meranie vzdialenosť používa lasery s dosa-

<sup>5</sup>Heads up displej zobrazuje informácie a dátu na čelné sklo auta.

hom až 200 metrov. Vytvára presnú 3D mapu okolia vozidla a funguje dobre pri slabom osvetlení. [3]

**Video kamery** zaznamenávajú viacero statických záberov na zachytenie dvoj-rozmerného filmu. Poskytuje farby, kontrast a optické rozpoznávanie znakov. [3]

**Ultrazvukové snímače rozsahu** používajú vysokofrekvenčné zvukové vlny na meranie vzdialenosť medzi objektmi. Sú veľmi presné na krátke vzdialenosť a fungujú dobre v hustej hmle, daždi a za všetkých svetelných podmienok. [3]

**Zotrvačná meracia jednotka (IMU)** je kombinácia akcelerometrov a gyroskopov, ktoré určujú lineárny a uhlový pohyb vozidla. Poskytuje spätnú väzbu o skutočnom pohybe vozidla a funguje za každých podmienok. [3]

**Globálny navigačný satelitný systém (GNSS)** využíva sateliity na poskytovanie autonómneho geopriestorového určovania polohy. GPS je iba podmnožinou GNSS. Má celosvetové pokrytie a má prevádzku za každého počasia. Poskytuje polohu medzi vozidlami, ktoré sa navzájom nevidia a tiež keď nie sú viditeľné žiadne dopravné značky alebo čiary. [3]

Samozrejme tieto senzory majú aj svoje nevýhody, ale vďaka senzorovej fúzii sa tieto nevýhody strácajú, kde ich podržia iné senzory.

## 4 Ako operuje autonómne auto

## 5 Záver

### Literatúra

- [1] ARCCA. Adas and vehicle autonomy. <https://arcca.com/capabilities/engineering/accident-reconstruction/technology/adas-vehicle-autonomy/>.
- [2] T. English. How do self-driving cars work? <https://interestingengineering.com/how-do-self-driving-cars-work>.
- [3] P. J. Leiss. The functional components of autonomous vehicles - expert article. <https://www.robsonforensic.com/articles/autonomous-vehicles-sensors-expert>.
- [4] S. Singh. Critical reasons for crashes investigated in the national motor vehicle crash causation survey. Technical report, Mathematical Analysis Division of the National Center for Statistics and Analysis, NHTSA, March 2018.
- [5] Synopsys. What is advanced driver assistance systems? <https://www.synopsys.com/automotive/what-is-adas.html>.
- [6] Synopsys. What is an autonomous car? <https://www.synopsys.com/automotive/what-is-autonomous-car.html>.
- [7] T. Yigitcanlar, A. Faisal, M. Kamruzzaman, and G. Currie. Understanding autonomous vehicles. Technical report, Journal of Transport and Land Use, January 2019.