

Moduláris buszvezető monitoring rendszer tervezése

Design of a modular bus driver monitoring system

Nagy Viktor^a, Kovács Gábor^b

^aSzéchenyi István Egyetem, Járműipari Kutatóközpont, Anyagtudományi és Technológiai Tanszék
nviktor@sze.hu

^b Széchenyi István Egyetem, Bűnügyi Tudományok Tanszék
gkovacs@sze.hu

Absztrakt: A közúti közösségi közlekedésben a járművezető kognitív terhelési foka magas, illetve a monotonitás kapcsán a figyelemcsökkenés jelensége ismert. A biztonságos buszközlekedés feltételei lehetnek a fedélzeti vezetéstámogató rendszerek szélesebb körű elterjedése, illetve a járművezetői képességek, és viselkedési minták ismerete. A járművezető megfigyelése, és a járműadatok gyűjtése, illetve ezek szinkronizálása és a járművezetői viselkedési modellek validálása moduláris, a közösségi közlekedésre adaptált vizsgálati rendszer tervezését igényli.

Kulcsszavak: járművezető monitoring, kognitív terhelés, közösségi közlekedés, közlekedés biztonság, vezetéstámogató rendszer.

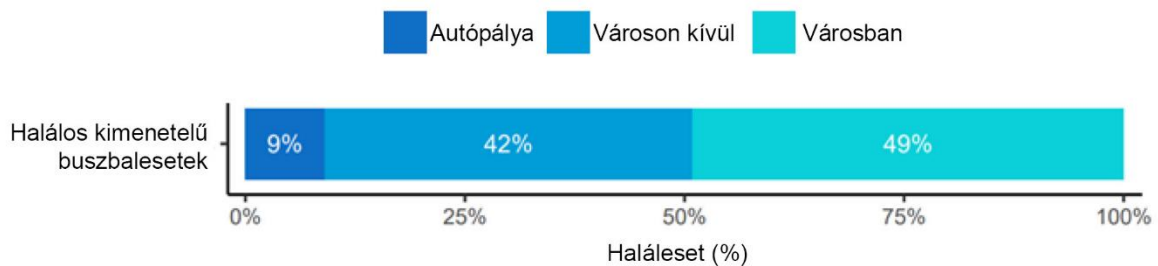
Abstract: In public road transport, the cognitive load of the driver is high and monotony is known to lead to a loss of attention. The conditions for safe bus and coach driving may include the wider use of on-board driver assistance systems and knowledge of driver skills and behaviour patterns. Driver monitoring and the collection and synchronisation of vehicle data and the validation of driver behaviour models requires the design of a modular test system adapted to public transport.

Keywords: driver monitoring, cognitive load, public transport, road safety, driver assistance system

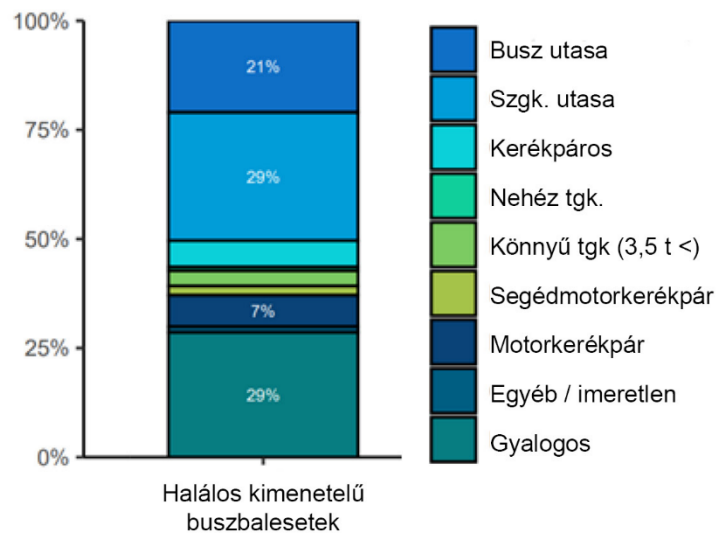
Bevezetés

A közúti közösségi közlekedés jelentős elterjedtsége nagyon magas baleseti kockázatot jelent az utasok szempontjából. A növekvő forgalomsűrűség, valamint közlekedésben résztvevő járművek száma egyaránt növelik a kockázati tényezők számát és hatását. A buszokkal

összefüggésbe hozható balesetek halálos áldozatainak száma 1 millió lakosra vetítve az Európai Unió országaiban átlagosan 1,3 fő, Magyarországon ez a szám 3,3, a 2017-2019 évi adatokat tekintve [1]. A halálos kimenetelű baleseteket részletesen vizsgálva kiderül, hogy a legtöbb baleset városi környezetben, valamint országúton (lakott területen kívül) történik, míg az autópálya nagyobb biztonságot jelent (1. ábra). A 2. ábra részletezi a baleset további résztvevőit, melyből kiderül, hogy legtöbbször a gyalogosok, autósok, valamint a busz utasai kerültek halálos kimenetelű balesetbe. Egyébként a baleseti sérülések statisztikai adataiból (2010-2019) az derül ki, hogy a súlyos sérülések buszbalesetek 2%-ában fordul elő [1].



1. ábra: Halálos kimenetelű buszbalesetek eloszlása úttípus szerint [1]



2. ábra: Halálos kimenetelű buszbalesetek eloszlása résztvevő szerint [1]

A historikus adatok elemzése során számos tényezőt jelöltek meg, melyek befolyásolják a balesetek bekövetkezését, illetve növelik annak valószínűségét. Fő okokként a személyszállító szolgáltatást üzemeltető vállalatok gondatlanságát, a járművezető hanyagságát (gondatlanságát), valamint az időjárás és útviszonyokat jelölték meg. A járművezető hibája több tényezőre vezethető vissza, illetve a jármű irányításával kapcsolatban műszaki jellemzők is

okozhatnak balesetet [2]. Az 3. ábrán a Európában jellemző, statisztikai adatok alapján meghatározott okokat mutatjuk be, így jól látható, hogy azok a hibás (helyzet)felismerés és a figyelmetlenség kategóriájába sorolhatók.

Okok közötti összefüggés		Előfordulás
Hibás (helyzet)felismerés	Információs hiba (vezető/környezet vagy vezető/jármű)	22,1%
Elmulasztott megfigyelés	Állandó látási akadály	11,8%
Elmulasztott megfigyelés	Zavartság	6,7%
Berendezés meghibásodása	Nem kiszámítható hiba	5,1%
Elmulasztott megfigyelés	Hibás diagnózis	4,1%
Elmulasztott megfigyelés	A kilátás állandó akadályozása	3,6%
Elmulasztott megfigyelés	Nem megfelelő terv	3,1%
Berendezés meghibásodása	Karbantartási hiba – jármű állapota	3,1%
Figyelmeztetés elmulasztása	Figyelmetlenség	2,6%
Elmulasztott megfigyelés	A kilátás ideiglenes akadályozása	2,6%
Egyéb		35,4%

3. ábra: Jellemző baleseti okok buszok és nehéz tehergépjárművek esetén [3]

Megállapítható tehát, hogy a járművezető érintettsége megkérdőjelezhetetlen a buszbalesetek bekövetkezése szempontjából. Ezek alapján a kutatás céljából kitűzött speciális monitoring rendszer tervezése, megvalósítása, mérési adatok elemzése valós közlekedésbiztonsági előnnyel járhat a jövőben. A buszvezető monitoring rendszer moduláris kialakítása a mérési célok, a rendszerelem összetettsége és azok költsége miatt indokolt. A következőkben a vizsgálandó területeket tekintjük át, majd a vizsgálatra adaptálható mérőrendszer(elemeket) tekintjük át.

Vizsgálati célok

Járművezető figyelemelterelése

A szakirodalomban a járművezetői figyelemelterelést (angolul „distraktion” vagy magyarul „disztrakció”) a következőképpen definiálják: „A járművezető figyelemelterelése a figyelem eltérése a biztonságos vezetés szempontjából kritikus tevékenységekről egy versengő (másik) tevékenység irányába” [4]. A sofőr figyelmessége (figyelmetlensége) megkülönböztethető a vezető által elterelt figyelem, a járművezető által korlátozott figyelem, a rossz prioritású járművezetői figyelem, a járművezető elhanyagolt figyelme és a járművezető felületes figyelme. A járművezető figyelemelterelése a vezetői elterelt figyelem szinonimája, amely

magában foglalja a vezetéssel kapcsolatos és a nem vezetéssel kapcsolatos figyelmet vagy figyelmetlenséget. [5]. Az egyesült államokbeli National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) négyféle zavaró tényezőt különböztet meg: vizuális, auditív, biomechanikus (manuális vagy fizikai) és kognitív. A részletes meghatározás a következő:

- Vizuális figyelemelterelés (Visual Distraction): a vezető látóterét olyan tárgyak zavarják, amelyek megakadályozzák az út és környezetének észlelését; a vizuális „tudatosság” elvesztése, amely akadályozza a vezetőt abban, hogy felismerje az úton és környezetében lévő veszélyeket, a vezető nem az útra összpontosítja a figyelmét, hanem egy másik vizuális célpontra (pl. fedélzeti navigációs rendszer) [6].
- Auditív figyelemelterelés (Auditory Distraction): a vezető átmenetileg vagy folyamatosan a hangokra vagy a hangjelzésekre összpontosítja figyelmét, nem pedig az útra és környezetére. Az auditív elterelés forrása lehet a rádió vagy mobiltelefon-hívás. Utóbbi (meglepő módon) nem jelent jelentősen kockázatot [7], de mégis zavaró hatású a magasabb kognitív igény miatt [8].
- Manuális (biomechanikus vagy fizikai) figyelemelterelés (Manual Distraction): ha a járművezető egyik vagy mindkét kezét eltávolítják a kormánykerékről ahelyett, hogy a vezetésre (kormányzásra vagy sebességváltásra) összpontosítana [9].
- Kognitív figyelemelterelés (Cognitive Distraction): a kognitív figyelemelvonás olyan gondolati/tudati tevékenységeket jelent, amelyek korlátozzák a vezetési feladatokra történő összpontosítást. „Néz”, de „nem lát” probléma, amikor a járművezetők nem tudnak biztonságosan vezetni [9]. Gyakran külső tényezők (pl. mobiltelefon-használat, utassal való beszélgetés) okozzák, vagy erős kognitív terhelés (pl. járművön belüli eszközök kezelése), rossz fizikai állapot vagy fáradtság.

A vizsgálati rendszer célja az egyes disztrakciók felismerése, mennyiségi jellemzőinek meghatározása (amennyiben lehetséges), így az összehasonlító vizsgálatok (több járművezető, különböző környezeti hatások) elvégzésére alkalmassá tétele. A kritikus figyelemelterelési fókuszpont a kognitív terhelés, mely nehezen mérhető, ugyanakkor a hatása erős lehet.

Kognitív terhelés

A kognitív terhelés elmélete az evolúciós pszichológia koncepcióján alapul, amely két részre osztja a kognitív készségeket. Az elsődleges tudás gyakran olyan általános kognitív készségekből áll, amelyek fontosak az emberi túléléshez, míg a másodlagos tudás általában

területspecifikus és tanulást igényel. Másodlagos tudás esetén – pl. járművezetés – először egy korlátozott kapacitású és időtartamú munkamemória dolgozza fel az információt, majd véglegesen eltárolja a hosszú távú memóriában, amelyből korlátlan mennyiségű információ kerülhet vissza a munkamemóriába a környezetnek megfelelő cselekvések irányítására [10].

A kognitív terhelés bizonyos típusú hibás döntéseket idézhet elő, mivel a terhelt járművezetők nem képesek elég rugalmasan alkalmazkodni az új vagy szokatlan vezetési helyzetekhez. A kognitív terhelés szelektíven rontja a vezetési teljesítményt, de az automatizált feladatokat nem érinti. A kognitív terhelésnek azonban más hatásai is vannak, amelyek kulcsszerepet játszanak a súlyos balesetek kialakulásában.

Az elmúlt években a témában végzett kutatások eredményei alapján bebizonyosodott, hogy szemmozgás figyelés során mérhető fixáció egyes jellemzői, a normál mérettől jelentősen eltérő pupillaátmérő változás, a szakkádok és mikroszakkádok mennyisége, valamint a pislogás gyakorisága és időtartama szorosan összefügg a kognitív terheléssel [11].

Fixáció

A tekintet folyamatos fókuszálását egyetlen helyre fixációnak nevezzük. A fixálás során a folyamatos, kis sebességű szemmozgások miatt a fixációt a tekintet helyzetének x-y koordinátáinak átlaga alapján határozzuk meg. A tekintetpontnak minimális ideig egy adott területen belül kell maradnia ahhoz, hogy fixációnak nevezzük [12]. Szimulációs vezetési tesztek során kimutatták, hogy az átlagos fixációs időtartam negatívan korrelál a kognitív terheléssel, míg a fixációk száma a kognitív terheléshez hasonló mértékben növekszik. A fixációk átlagos időtartama a vizuális feldolgozás során közúti forgalmi környezetben 90 és 300 ms között van [13,14].

Pupillometria

A pupilla mérete önkéntelen tevékenységet tükröz, amely gyakran kognitív terheléshez kapcsolódik. A pupillometria egy non-invazív eljárás, amely a pupilla méretének és mozgásának változásait vizsgálja azzal a céllal, hogy információt szerezzen az agyi aktivitásról. Számos tanulmány megerősítette, hogy a pupilla mérete pozitív korrelációt mutat a kognitív terhelés szintjével. Bebizonyosodott, hogy a pupilla reagál többek között a fényre, a fájdalomra, az érzésekre és a kognitív terhelésre. A kognitív pupillometriai kísérletek általában több körülményből származó ingereket használnak. Egy tanulmányban az átlagos pupillaátmérő egyértelmű visszajelzést adott a vezetés közbeni magasabb terhelésről. A fedélzeti információs

rendszeren (In-Vehicle Information System – IVIS) végrehajtott különböző nehézségű feladatok elvégzése után megfigyelték, hogy az átlagos pupillaméret jelentősen megnőtt [15, 16].

Szakkádok

A szakkádok, vagy szakkadikus szemmozgás mindkét szem ugrásszerű, egyidejű gyors (tandem) mozgása, amely a tekintet egyik tárgyról a másikra történő rögzítése során következik be, a két rögzítési pont közötti mozgással azonos irányú. Eddigi ismereteink alapján a szakkadikus szemmozgások során nem rögzít vizuális információt az agyunk. A szakkadikus mozgások általában 2-3 másodpercenként jelentkeznek, hossza átlagosan 25 ms, amplitúdójuk $0,3^\circ$. Ez az amplitúdó a feladattól függően változhat. A kognitív terhelésnél nem elhanyagolható a mikroszakkádok vizsgálata sem, amely a kognitív terheléssel is összefüggést mutatott. A mikroszakkádok azok az egészen apró pillantásváltások, amikor nem a tekintet egyik pontból a másikba váltása a cél, hanem a tekintet egy meghatározott pozícióban tartása, azaz a fixáció. A mentális feladat végrehajtása során csökkent a mikroszakadások száma. Ezzel szemben egy vezetési helyzetben végzett teszt során kimutatták, hogy miközben a sofőr másodlagos feladatot végzett, a szakkádok gyakorisága jelentősen megnőtt [16, 17].

Pislogás

A pislogás a szemhéjak gyors és félig akaratlan mozgása. A pislogás átlagos időtartama 0,1 és 0,4 másodperc. A pislogás gyakoriságát pislogás/másodpercben mérik. Ez az érték a változó környezeti feltételekkel vagy fizikai aktivitással könnyen befolyásolható. Ennek ellenére a pislogások időtartama hatékonyan mérheti a kognitív terhelést. A vizuális terhelés hatására a gyakori rövid pislogás a jellemző, míg egy nehéz feladat végrehajtása során a pislogás gyakorisága folyamatos lassulási tendenciát mutatott. Egy járművezetői kísérletben a szemmozgás-követő kamera a vezetés közben végzett másodlagos feladat végrehajtásával párhuzamosan a pislogási gyakoriság növekedését mutatta [12, 18].

Vezetés és vezetés közbeni feladatok

A járművezetési tevékenység összetettsége többet jelent a pedálok és a kormánykerék működtetésénél. A vezetéssel kapcsolatban három feladattípus határozható meg az alábbiak szerint [24-26]:

1. Elsődleges vezetési feladat: Az autó manőverezése, veszélyérzékelés (pl. sebességszabályozás, a többi közlekedőtől való távolság ellenőrzése) – hierarchikusan feladatok (navigációs feladat, vezetési feladat, stabilizációs feladat)
2. Másodlagos vezetési feladat: A biztonságot növelő funkciók (pl. irányjelző, ablaktörlők)
3. Nem a vezetéssel összefüggő feladat (Non-Driving Related Task - NDRT): A szórakozással, kényelemmel és információs rendszerrel kapcsolatos összes funkció.

A vizsgálat során az egyes feladatokat azonosítani kell és vezetési jellemzőket, vezetői profilokat kell meghatározni. Ehhez a megfelelő mérőrendszere elemeket, akár kamera alapú vagy járműadat alapú megfelelő adatszűréssel kell kezelni, majd adatelemzés során detektálni.

Mérőrendszer felépítése

A mérőrendszer részben a jármű integrált, előre telepített szenzorait, részben pedig a jármű fedélzetre vagy a járművezetőre utólagosan szerelt szenzorokat alkalmaz. Járművezető monitorozása a következő eszközökkel történik:

- Pupil Labs Core szemmozgás-figyelő rendszer
- Nagylátószögű kamerák
 - Előrenézeti (műszerfal, szélvédő)
 - Járművezetővel szemben
- 360 fokos kamera
- Fedélzeti dóm kamera
- Intel Realsense mélység érzékelő kamera (járművezetővel szemben)
- Tachográf (menetíró)
- Telemetria adatok (járműadatok)

A szenzorok információ gyűjtési paramétereit a 4. ábra foglalja össze. A szenzorok a telemetria és tachográf adatgyűjtőt kivéve kép (videófelvétel) alapú rendszerek. Az egyes szenzorok adatminősége különböző, viszont az adat típusa alapvetően azonos. Így tehát az egyes kamerák irányítottan a járművezető viselkedését monitorozzák. A passzív eszközök esetén a felvétel elkészítését követően, csak post-processing során lehet adatot kinyerni. Az aktív eszközök akár real-time adatelemzést is tudnak végezni (szemmozgás-figyelő, mélységkamera, telemetria). A telemetria adatok a következők: Időpont, Km óráállás, Sebesség, Fordulatszám, Fogyasztás,

FuelEco, Hűtőfolyadék °C, Külső hőmérséklet °C, Gázpedál, Fékállapota, Kuplung állapota, Longitude, Latitude, Irány.

Eszköz	Név (röv)	Detektálás	Feldolgozás	Adat	Alkalmazás	Korlátozások/előnyök
Szemmozgás-figyelő kamera rendszer (2xIR+POV)	EYE	Figyelem fókuszpontja, reakcióidő, viselkedés	Saját szoftver, segédsoftver, képelemzés (MI)	Kép (mozgó), nézőpont meghatározás relatív koordináta rendszerben	5-20 tesztalany	Kísérleti eszköz, csak engedéllyel utasok nélkül, kalibráció igény / pontosság
Fedélzeti dómkamera (sofőr)	DOM	Viselkedés	Képelemzés (MI)	Kép (mozgó), mozgás detektálás	100< tesztalany	Minőség korlátozott, GDPR miatt kivágott, takart képelemek VAGY nem használható / integrált eszköz
Telepített kamera 1 - sofőrrel szemben	CA1	Viselkedés, figyelem	Képelemzés (MI)	Kép (mozgó), MI szemmozgás, mimika, mozgás detektálás	20-100 tesztalany	Kísérleti eszköz / könnyű telepítés, magas minőség, utólagos, egyedi képelemzés
Telepített kamera 2 - sofőr mögött	CA2	Viselkedés, IVIS kezelés	Képelemzés (MI)	Kép (mozgó), mozgás detektálás	20-100 tesztalany	Kísérleti eszköz / könnyű telepítés, magas minőség, utólagos, egyedi képelemzés
Telepített kamera 360 fokos	360	Viselkedés, IVIS kezelés, figyelem, környezet	Képelemzés (MI)	Kép (mozgó), MI szemmozgás, mimika, mozgás detektálás	20-100 tesztalany	Kísérleti eszköz / könnyű telepítés, magas minőség, utólagos, egyedi képelemzés
Mélységkamera - sofőrrel szemben	DEP	Viselkedés, figyelem, pontos mozgás	Saját szoftver, segédsoftver, képelemzés (MI)	Kép (mozgó), MI szemmozgás, mimika, mozgás és skeleton detektálás	20-50 tesztalany	Kísérleti eszköz, nagy felbontás / magas minőség, mélység adatok, utólagos, real-time egyedi képelemzés
Telemetria	TEM	Jármű adatok	Adatszűrés	Egyedi és MI adatszűrés	100< tesztalany	Adatpontosság, mintavétel / utólagos, real-time feldolgozás
Tachográf	TAG	Jármű adatok	Adatszűrés	Egyedi és MI adatszűrés	100< tesztalany	Adatpontosság, mintavétel / utólagos feldolgozás

4. ábra: MÉRŐRENDSZER szenzor szerinti paraméterei

A mérőrendszer modularitását az egyes szenzorok önálló vagy kombinált alkalmazásával tudjuk megvalósítani. Az adott vizsgálat szempontrendszer alapján kell kiválasztani a költség és eredmény szempontjából leghatékonyabb rendszer felépítést, illetve szenzort. A vizsgálati rendszer tesztelése során az adatminőség és adatfelvétel hatékonysága felmérésre került.

Eredmények

A kísérleti üzem során az egyes rendszerelemek tesztelése, adatminőség ellenőrzése megtörtént. A több szenzorra épülő szinkronizált adatfelvétel előkészítése megtörtént, a hardver és szoftverelemek illesztése folyamatban van. A pilot vizsgálatok eredményei alapján tovább pontosítható a mérőrendszer specifikálása.

Vizsgálat

A teszt vizsgálatok, azaz a pilot mérések során három buszvezető azonos útvonalon haladt végig, miközben minden szenzor alkalmazásra került. Így a vizsgálati fókuszpontok kijelölésre kerültek, ezzel pontosítva a vizsgálati rendszer alkalmazás szempontjából előnyös elemeit, azok paramétereit.

A következő vizsgálati fókuszpontokat jelöltük ki:

- A városi/elővárosi buszközlekedés során a járművezető kognitív terhelése magas:
 - buszmegálló megközelítése, öbölbe manőverezés, megállás
 - utasfelvétel (biztonságos ajtónyitás és -zárás, jegykezelés, kommunikáció az utassal)
 - buszmegálló elhagyása, forgalomba történő visszatérés
 - permanens kommunikáció az utasokkal, diszpécser központtal, telefonhasználat
 - ciklikusság (tendencia) hatása
- Az elővárosi/távolsági buszközlekedésben figyelem csökkenés - elalvás veszélye:
 - egyenletes sebességű menet, csökkenő aktivitásigény, monotonia
 - alvási apnoé szindróma és más alvászavarral járó betegségek negatív hatása

Vizsgálati területekként megjelöltük a következő kutatási szakasz feladataként a következőket – szinkronban a figyelemelterelési területekkel:

- AOI (Area Of Interest) zónák – zóna helye, idő
- Kéz foglaltság – egy-, kétkezes kormányfogás, idő
- IVIS (In Vehicle Information System) használat/figyelem (fixáció) – zónák, idő
- Környezeti hatások, figyelemelterelés – zajok, kommunikáció
- Fáradtság felismerés, álmoság-érzékelés – fiziológiai mutatók (szem, száj, fej mozgás/állapot)
- Stressz/izgalmi állapot érzékelése

- Vezetői attitűd/viselkedés minták felvétele – eltérések detektálása

A monitoring rendszer különböző teszt feltételek mellett alkalmazható, így:

- Zárt pálya
- Forgalomban – utasok nélkül
- Forgalomban utasokkal

Mérőrendszer

A mérőrendszer moduláris felépítése az 5. ábra szerinti kiépítésben valósítható meg, mely megfelelően képes támogatni a járművezető különböző szintű megfigyelését. Így az utólagos kiértékeléshez alkalmazhatóak az egyes megjelölt szenzorok önállóan, az adott rendszer igénynek megfelelő minimális hardverrel támogatva. Az adatfelvételt követően az adatszűrés, és kiértékelés nagy számítású PC-vel történhet. A több szenzor szinkronizált üzemeltetését olyan céleszközök segítik, mint az Nvidia Jetson Nano mikro-számítógép, illetve az ROS2 szoftver-rendszer, mely több szenzor szinkronizált működtetését és az adatgyűjtés, elemzés magas fokát biztosítja.

Rendszer	Szenzorok	Kiegészítő hardver	Szoftver
Önálló szenzor	DOM, CA1, CA2, 360, EYE, DEP, TEM	PC, Nvidia Jetson Nano, Pandant fedélzeti és jeltovábbító rendszer, Android Phone, fedélzeti rögzítő stb.	Pupil Player, Realsense Viewer, Blickshift Analysis
M1	EYE, DEP	PC/Android Phone, Nvidia Jetson Nano	ROS2, Pupil Player, Realsense Viewer, Foxglove Studio
M2	EYE, DOM	PC/Android Phone, fedélzeti rögzítő	Pupil Mobile Companion, Pupil Player, Blickshift Analysis
M3	DEP, TEM	Nvidia Jetson Nano, Pandant fedélzeti és jeltovábbító rendszer	Blickshift Analysis, Labview

5. ábra: A moduláris felépítésű mérőrendszer kiépítési lehetőségei

Az összetett megoldások nagyobb pontosságú, és több rétegű adatgyűjtésre alkalmasak a következők szerint:

- M1: A szemmozgás figyelés tekintet, a pupillometria és fixációs adatai mellett, ami a vizuális, és kognitív disztrakció detektálására alkalmas kiegészíthetjük a mélység kamera fej- és végtagmozgás, valamint arckifejezés monitorozási funkcióival. Mindezek az egészségi állapotra változására utaló információkat szolgáltathatnak. A

„szkeleton” (végtagok és ízületek/csuklópontok) generálása nagy pontossággal képes a manuális disztrakció mérésére.

- M2: A beépített, fedélzeti dóm-kamera előnye a sofőr és a teljes vezetőfülke rögzítése (az utastér adatvédelmi szempontok szerinti „kitakarása” mellett), ugyanakkor minősége rosszabb, mint az utólagosan telepített rendszereké. Kiegészítve viszont a szemmozgás figyeléssel, jó hatásfokkal detektálható a vezetői viselkedés, hibák, és egészségügyi problémák.
- M3: A járművezetővel szembe néző mélységkamera rendszer adatait a járműadatokkal szinkronizálva a közlekedési viszonyok, a jármű paraméterei (sebesség, gyorsulás, lassulás) real-time járművezetői viselkedés detektálással együtt rögzíthetők, és/vagy továbbíthatók a távfelügyeleti rendszernek.
- M1+M2+M3: A kutatási fázisban a teljes rendszerrel képesek lehetünk a megfelelő adatszűrési eljárások kidolgozására, és az egyes rendszerelemek validálására, így a későbbiekben a költséges szenzorok elhagyhatók. A cél lehet a telemetria adatok – esetleg fedélzeti kamera képből nyert adatok – alapján real-time monitoring rendszer kialakítása, mely a közlekedés- és utasbiztonságot jelentősen növelheti.

Összefoglalás

A moduláris buszvezető monitoring rendszer több beépített és utólagosan telepített szenzor segítségével az adatfelvételi igényekhez igazodó gazdaságos megoldást jelent a járművezető megfigyelésére. A szenzor rendszer kialakítása egy személygépjárművekhez tervezett rendszer elemeiből és tapasztalataiból indult ki [27]. A monitorozás során olyan adatokhoz juthatunk, mely alkalmas a járművezetői profilok felvételére, veszélyes közlekedési helyzetek detektálására, valamint az emberi tényező – hibák, fáradtság, terhelés stb. – felismerésére és szűrésére, melyet a későbbiekben adaptált algoritmusok automatizálhatnak.

Jövőbeli célként a telemetria adatok (Pandant felügyeleti rendszerből kinyerve), fedélzeti megfigyelés szinkronizálását tűztük ki, amely kritikus vagy veszélyes közlekedési helyzetek real-time felismerésére lehet alkalmas, a validálási folyamatot követően. Továbbá a járművezetői profilok felvétele, minősítési rendszer a gazdaságos üzemeltetés és a biztonságos munkakörnyezet megteremtésében segíthet.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás a Kooperatív Doktori Program (KDP) keretén belül az Kulturális és Innovációs Minisztérium, valamint a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alap támogatásával valósul meg.

Irodalomjegyzék

- [1] European Commission (2021) Facts and Figures Buses / coaches / heavy goods vehicles. European Road Safety Observatory. Brussels, European Commission, Directorate General for Transport.
- [2] Evgenikos, P.; Yannis, G.; Folla, K.; Bauer, R.; MacHata, K.; Brandstaetter, C. Characteristics and Causes of Heavy Goods Vehicles and Buses Accidents in Europe. *Transp. Res. Procedia* 2016, 14, 2158–2167, doi:10.1016/j.trpro.2016.05.231.
- [3] SafetyNet Accident Causation Database 2005 to 2008/EC. Date of query: 2010
- [4] J.D. Lee, K.L. Young and M.A. Regan. Defining driver distraction. M.A. Regan, J.D. Lee, K.L. Young (Eds.), *Driver distraction: Theory, effects, and mitigation*, CRC Press, Boca Raton, FL (2008), pp. 31-40
- [5] Regan, M. A., Hallett, C., & Gordon, C. P. (2011). Driver distraction and driver inattention: Definition, relationship and taxonomy. *Accident Analysis and Prevention*, 43(5), 1771–1781. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2011.04.008>
- [6] ITO, H., ATSUMI, B., UNO, H., & AKAMATSU, M. (2001). Visual Distraction While Driving. *IATSS Research*, 25(2), 20–28. [https://doi.org/10.1016/s0386-1112\(14\)60067-4](https://doi.org/10.1016/s0386-1112(14)60067-4)
- [7] Victor, T. (2014). Analysis of Naturalistic Driving Study Data: Safer Glances, Driver Inattention, and Crash Risk. *Analysis of Naturalistic Driving Study Data: Safer Glances, Driver Inattention, and Crash Risk*. <https://doi.org/10.17226/22297>
- [8] Uno, H., & Hiramatsu, K. (2000). Effects of auditory distractions on driving behavior during lane change course negotiation: estimation of spare mental capacity as a index of attention distraction. *JSAE Review*, 21(2), 219–224. [https://doi.org/10.1016/S0389-4304\(99\)00093-4](https://doi.org/10.1016/S0389-4304(99)00093-4)
- [9] The Royal Society for the Prevention of Accidents (ROSPA). (2017). Road Safety Factsheet Driver Distraction Factsheet. July. www.rosipa.com
- [10] Sweller, J. (2020). Cognitive load theory and educational technology. *Educational Technology Research and Development*, 68(1), 1–16. <https://doi.org/10.1007/s11423-019-09701-3>
- [11] Biondi, F. N., Saberi, B., Graf, F., Cort, J., Pillai, P., & Balasingam, B. (2023). Distracted worker: Using pupil size and blink rate to detect cognitive load during manufacturing tasks. *Applied Ergonomics*, 106(August 2022), 103867. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2022.103867>

- [12] Skaramagkas V, Giannakakis G, Ktistakis E, Manousos D, Karatzanis I, Tachos N, Tripoliti EE, Marias K, Fotiadis DI, Tsiknakis M. Review of eye tracking metrics involved in emotional and cognitive processes. *IEEE Rev Biomed Eng.* 2021 Mar 17;PP. doi: 10.1109/RBME.2021.3066072. Epub ahead of print. PMID: 33729950.
- [13] Blignaut, P., & Beelders, T. (2009). The effect of fixational eye movements on fixation identification with a dispersion-based fixation detection algorithm. *Journal of Eye Movement Research*, 2(5). <https://doi.org/10.16910/jemr.2.5.4>
- [14] Shi, Y., Xu, Y., Ferraioli, A., Piga, B., Mussone, L., & Caruso, G. (2020). A method of processing eye-tracking data to study driver's visual perception in simulated driving scenarios. *European Transport Conference 2020*. <https://aetransport.org/past-etc-papers/search-all-etc-conference-papers?abstractId=6844&state=b>
- [15] Reilly J, A, K., & B, Z. (2021). A Primer on Design and Data Analysis for Cognitive Pupillometry. *Modern Pupillometry*, September, 9–25. <https://doi.org/10.31234/osf.io/j6sdt>
- [16] Biswas, P., & Prabhakar, G. (2018). Detecting drivers' cognitive load from saccadic intrusion. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 54, 63–78. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2018.01.017>
- [17] D. Vetturi, M. Tiboni, G. Maternini, and M. Bonera, “Use of eye tracking device to evaluate the driver's behaviour and the infrastructures quality in relation to road safety,” *Transportation Research Procedia*, vol. 45, no. 2019, pp. 587–595, 2020, doi: 10.1016/j.trpro.2020.03.053.
- [18] Horak, K., & Janakova, I. (2016). *Driver Vigilance*. June 2010, 1–6. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2181.0807>
- [19] 31. MacInnes, J. (2018). *Wearable Eye-tracking for Research : comparisons across devices*. BioRxiv.
- [20] 32. M. Kassner, W. Patera, and A. Bulling, “Pupil: An open source platform for pervasive eye tracking and mobile gaze-based interaction,” *UbiComp 2014 - Adjunct Proceedings of the 2014 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing*, pp. 1151–1160, 2014, doi: 10.1145/2638728.2641695.
- [21] 33. Brooke, J. (2020). SUS: A “Quick and Dirty” Usability Scale. *Usability Evaluation In Industry*, July, 207–212. <https://doi.org/10.1201/9781498710411-35>
- [22] 34. Sandra G.Hart, Lowell E. Staveland *Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research*. [https://doi.org/10.1016/S0166-4115\(08\)62386-9](https://doi.org/10.1016/S0166-4115(08)62386-9)
- [23] 35. Purucker, C., Naujoks, F., Prill, A., & Neukum, A. (2017). Evaluating distraction of in-vehicle information systems while driving by predicting total eyes-off-road times with keystroke level modeling. *Applied Ergonomics*, 58, 543–554. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2016.04.012>
- [24] Wierwille, W.W. *Demands on Driver Resources Associated with Introducing Advanced Technology into the Vehicle*. *Transp. Res. Part C* 1993, 1, 133–142, doi:10.1016/0968-090X(93)90010-D.

- [25] Kern, D.; Schmidt, A. Design Space for Driver-Based Automotive User Interfaces. Proc. 1st Int. Conf. Automot. User Interfaces Interact. Veh. Appl. AutomotiveUI 2009 2009, 3–10, doi:10.1145/1620509.1620511.
- [26] Pflöging, B.; Schmidt, A. (Non-) Driving-Related Activities in the Car : Defining Driver Activities for Manual and Automated Driving. Chi '15 2015, 5–8.
- [27] Viktor Nagy, Gábor Kovács: Testing Human-Machine Interfaces with a Low-Cost Modular System. 12th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom 2021): Proceedings (2021) 1,098 p. pp. 669-670., 2 p.