

„XVI. IFFK 2022”
Budapest, 2022. szeptember 21-23.

Szemmozgás vizsgálat lehetőségei az elalvósos balesetek megelőzésében

MAGYARORSZÁGI BALESETKUTATÓ ÉS BALESETELEMZŐ EGYESÜLET

Dr. Kőfalvi Gyula

Börzsönyi József

Nemzeti Együttműködési Alap Mobilitás és alkalmazkodás kollégiuma által támogatott NEAO-KP-1-2022/4-001275 projekt keretében

2022



Nemzeti
Együttműködési
Alap



MINISZTERELNÖKSÉG



BETHLEN GÁBOR
Alapkezelő Zrt.

Tartalom

Absztrakt:	3
1. Bevezetés - A gépkocsivezető , mint „ human,, operátor	4
2. Baleseti statisztikák, baleseti okok.....	5
3. Gépkocsivezetői fáradás,- elalvás	8
4. A gépkocsivezetői szempillantás folyamata	13
4.1. A szemmozgás elemzésének közlekedésbiztonsági aspektusok szempontjából meghatározó definíciók.....	17
4.2. Központi és perifériális érzékelés	19
4.3 A vizuális információk észlelése:.....	19
4.3.1. Pillantásváltás	20
4.3.2. Kognitív túlterhelés.....	20
5. Szemmozgás vizsgáló berendezések.....	22
6. A járművezetők szemmozgásának vizsgálata	25
7. A járművezetők szemmozgásának – észlelési stratégiájának – egyéni különbségeire vonatkozó néhány nemzetközi kutatás és a saját mérések eredményei	28
8. Az elvégzett mérések illetve a szakirodalmi kutatások alapján a berendezés hasznosítási területei és továbbfejlesztési lehetőségei	33
Irodalomjegyzék.....	34

ABSZTRAKT:

Az emberiség egész eddigi életét végigkísérte a mobilitási igény. A közlekedés - az emberek és az áruk szállítása - szoros kapcsolatban van a társadalmak gazdasági teljesítményével. Előbbiek ezidő szerint globális átlagban 3000 km/fő/év megtett távolság és 1500 + km/fő szállítási teljesítményre tehetőek. A legnagyobb szállítási teljesítmények a közúti közlekedésben történnek. Nyugat – Európában a személyszállítási teljesítmény több, mint 90 %-a az árutovábbításnak több, mint 70 %-a közúton történik. Az elmúlt évtizedekben Magyarországon is hasonló nagyságrend alakult ki.

A földi közlekedésre vonatkoztatva azt lehet mondani, hogy a közlekedés a benne rejlő mozgási energia következtében jelentős mértékű potenciális veszélyt jelent .

A Nemzetközi Közúti Fuvarozók Uniója(IRU) mértékadó balesetkutatási adatai szerint (n = 4675) a személyi sérüléssel és nagy anyagi kárral járó haszongépjármű balesetek több mint 50 %-a pályaelhagyásos vagy borulásos baleset volt. Az esetek többségében ezek ún. egyjárműves balesetek, amely során a jármű a gépkocsivezető figyelemkiesése, fáradtsága, bizonyos esetben elalvása miatt lehalad az útról, majd az útpadkán való haladás után, többnyire az árokba vagy az út menti területre borul.

A gyűjtőszóval járművezetői vigilancia (éberség) csökkenéssel már évtizedek óta foglalkoznak a balesetkutatási szakemberek és az emberei összetevők kutatása révén különböző eljárásokat, berendezéseket fejlesztettek ki ezen balesettípus megelőzése érdekében.

Ebben a tanulmányunkban áttekintjük az elfáradás- vigilancia főbb módjait és bemutatjuk a korszerű szempillantás vizsgálat eszközeinek felhasználási lehetőségeit a járművezetői fáradás-elalvás detektálása területén.

1. BEVEZETÉS - A GÉPKOCSIVEZETŐ , MINT „ HUMAN„ OPERÁTOR

A gépjárművet vezető ember, mint szabályzó elem biztosítja annak szükséges pályáíven történő haladását, figyelembe véve a különböző befolyásoló körülményeket. A járműnek a kívánt irányba kell haladnia megfelelő sebességgel, fokozatban a lehető legkisebb üzemanyag fogyasztással és káros anyag emisszióval a közlekedő partnerek lehetőség szerinti legkisebb zavarásával. Ennek biztosítására az információk sokasága áll rendelkezésre. Optikailag az út és a közlekedő

partnerek nyújtanak segítséget. A gépkocsivezető a ráható összes információ alapján dönti el, hogy mit fog cselekedni: kormányoz, gázt ad, fékez a tengelykapcsolót működteti, sebességet vált, irányjelzőt működtet, stb. A legtöbb információt azonban nem tudatosan dolgozza fel.

A gépkocsivezető haladási folyamata után többnyire nem tudja, hogy bizonyos helyzetben hogyan cselekedett. Amennyiben valamilyen rendkívüli esemény történik, akkor jelenítődik meg az eredmény a tudatában és esetleg tárolódik. (lásd: mikroprocesszor) Ilyen esemény például a baleset, útelterelés vagy más történések, amelyeket tudatosan kell eldönteni. Az információfeldolgozás időigényes folyamat annak ellenére, hogy nem tudatosan és nagyon gyorsan történik. Mivel előbbi minden szabályozó számára hátrányt jelent, ezért az emberek bizonyos előretartással (előrelátásnak is nevezhető) kell tevékenykednie. Mivel ez bizonyos munkaráfördítást igényel, megkísérli az ember az információkat úgy tekinteni, hogy azokból valamilyen előnye származzon. Így például értékeli a járművének nemcsak a pillanatnyi távolságát az út szélétől, hanem megfigyeli egy távolabbi pont – amelyen a jármű hossz tengelye várhatóan áthalad – távolságát az út szélétől.

Amennyiben a gépkocsivezető – jármű – út – környezet rendszer jól működik, többnyire nem keletkezik közlekedési konfliktus helyzet. A kis mértékű külső zavaró hatásokat a gépkocsivezető általában korrigálni tudja. Azokban az esetekben, amikor a külső behatások meghaladják a gépkocsivezető teljesítőképességének határát konfliktushelyzet lép fel. Tipikus példája ennek a közúti fuvarozás, ahol a gépkocsivezető elfáradása, figyelmetlensége, illetve extrém esetekben elalvása is bekövetkezhet. (I. vizgálat)

A járművek növekvő haladási sebességével az emberi képességek természetesen nem tudtak lépést tartani és a korábban idézett kritikus-konfliktus helyzetekben többnyire mindig az alacsony emberi teljesítőképesség volt az egyik meghatározó balesetokozó tényező.

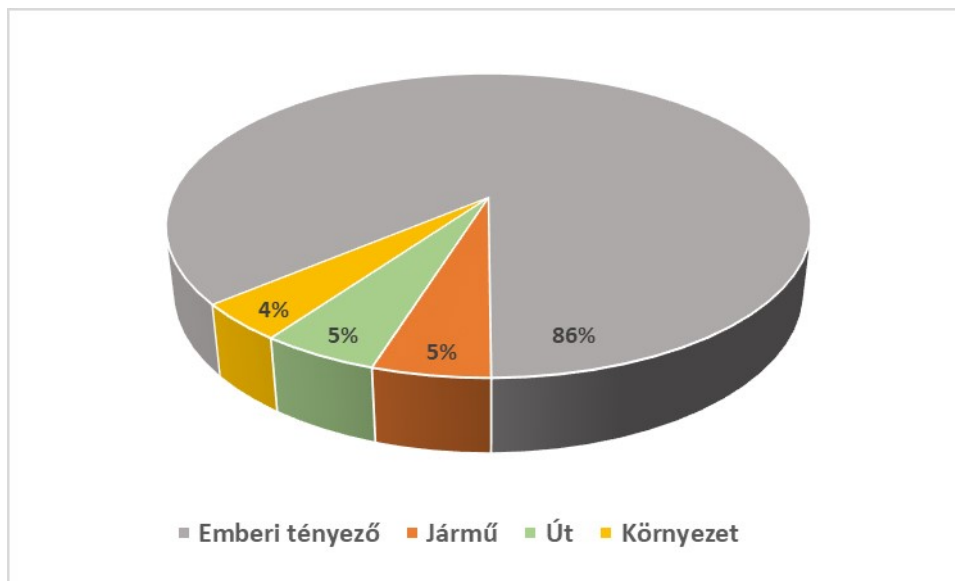
Jelenleg is érvényesnek lehet tartani azt az általános meghatározást, hogy a :

„ XXI. század közúti közlekedésében döntően a XX. század gépjárműveit a több száz év óta nem változott képességű emberek vezetik,„

A következőkben áttekintjük a tehergépjárművet vezető ember és a közlekedési környezet egymásra hatását, különös tekintettel a bekövetkezett közlekedési balesetek kialakulásában kifejtett szerepük szerint.

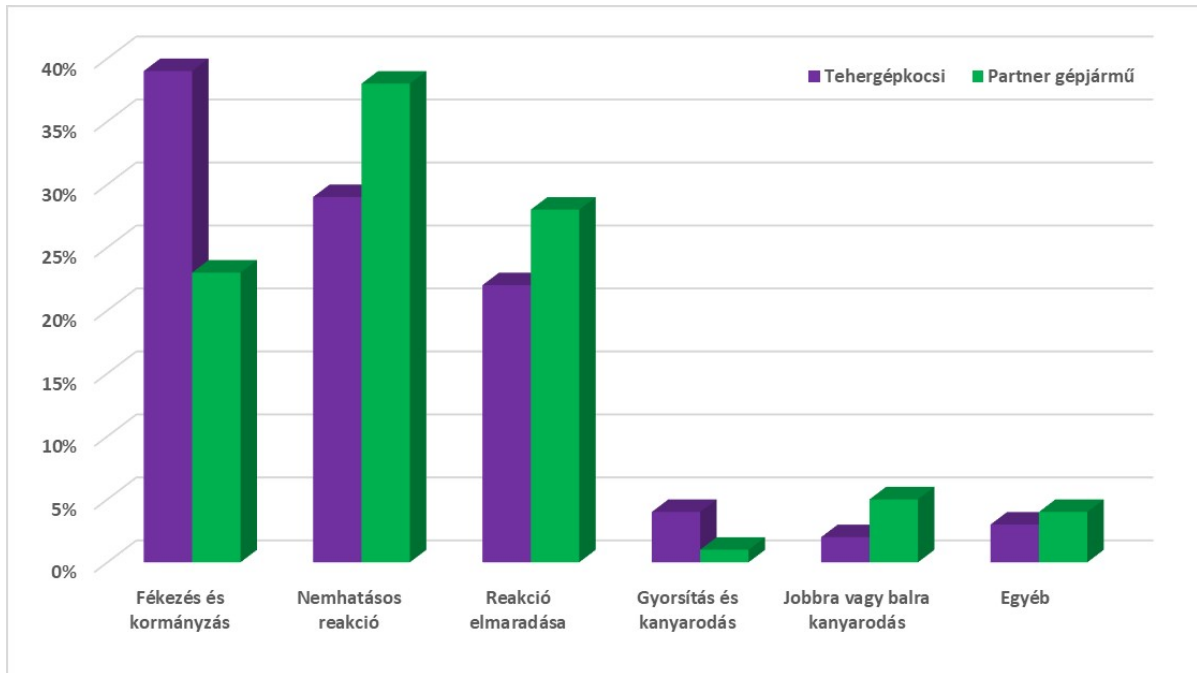
2. BALESETI STATISZTIKÁK, BALESETI OKOK

Az ETAC (European Truck Accident Causation 2007) haszongépjármű balesetekre vonatkozó EU-IRU kutatás adatai szerint az összegzett ember-jármű- út-környezet felosztás elsődleges baleseti okainak aránya nem meglepő, hiszen a különböző más elemzések is döntően az emberi tényezőre (ca. 86 %) vezetik vissza a balesetek bekövetkezésének döntő részét.



1. ábra: A meghatározó balesetokozó tényezők aránya

A mai korszerű jármű és irányítástechnika mellett is a hibás emberi döntések eredményezik a közlekedési balesetek döntő részét. A következő ábra diagramjában a kereszteződésben történt balesetek előtti járművezetői reakciókat mutatjuk be a tehergépkocsi ill. a partner gépjármű vezetője részéről:



2. ábra: A gépkocsivezetői reakciók útkereszteződésben történt balesetek esetében (ETAC 2007)

Az IRU mértékadó balesetkutatási adatai szerint (n = 4675) a személyi sérüléssel és nagy anyagi kárral járó haszongépjármű balesetek több mint 50 %-a pályaelhagyásos vagy borulásos baleset volt.

Az esetek többségében ezek un. egyjárműves balesetek, amely során a jármű a gépkocsivezető figyelemkiesése, fáradtsága, bizonyos esetben elalvása miatt lehalad az útról, majd az útpadkán való haladás után, többnyire az árokba vagy az út menti területre borul. Ismeretesek olyan esetek is , amikor az útpadkán haladó jármű függőleges lengéseire a gépkocsivezető felriad és váratlan kormányzási manőverrel visszahozza a járműszerelvényt az útra, viszont a szilárd burkolatu úton a nagy bekormányzási szög hatására a járműegyüttes mozgása instabillá irányíthatatlanná válik és az út szilárd burkolatú részén borul fel és az oldalán csúszik.

Természetesen egy nagyobb forgalmú úton, autópályán, vagy főközlekedési úton nagy valószínűséggel vannak szembejövő, vagy utána jövő járművek is, amelyek rászaladnak az utat keresztben elzáró kamionra.

A következő ábrákon egy tipikus elalvásos, fáradtság jelenséget mutató baleset típus lehaladási nyomai láthatóak. (3-4.ábra)

A pályaelhagyás autópályán történt, amelyben a viszonylag hosszú, hegyesszögű lehaladás során a járműegyüttes az út menti kis hajlásszögű rézsűre haladva az oldalára borult. Ezt a balesettípust un. egyjárműves balesetnek nevezzük miután más jármű résztvevője nem volt és ez az a baleset forma, amelyet a közvélemény és gyakran még a vizsgáló hatóságok is a gépkocsivezető elalvásaként jellemeznek.



3. ábra: Tipikus elfáradásra- másodperc elalvásra utaló pályaelhagyási nyomok és következményeik

Az európai nemzetközi közúti fuvarozásban bekövetkezett mintegy 2200 baleset elemzéséből egyértelművé vált, hogy a legnagyobb gyakorisággal a vezetési idő (napi) kezdetétől számított első három órán belül történik a balesetek meghatározó (~40 %) része.

Ezekből kiemelhető, hogy a járat kezdetekori un. kifelé-menet során majdnem kétszeres gyakoriságbeli különbséget lehet megállapítani a visszafuvarhoz képest.

3. GÉPKOCSIVEZETŐI FÁRADÁS,- ELALVÁS

Az előbb idézett elemzés szerint a következő megállapítások tehetők:

A gépkocsivezetők fáradási szintje nem nő egyenes arányban a napi vezetési teljesítménnyel, az elfáradást inkább a következők befolyásolják:

- nem elegendő alvás
- melléktevékenységek (vámkezelés, várakozás, adminisztráció, rakodás, stb.)
- az egyes országok eltérő közlekedési viszonyaihoz való alkalmazkodás (különösen a kelet-nyugati irányú szállításoknál)
- eltérés a napi biológiai ritmustól
- a gépkocsivezető személyiség jellemzői (extravertált - intravertált)

Az extrém gépkocsivezetői elfáradás alapvető jellemzője, hogy a vizuális észlelésben karakterisztikus változás lép fel. Erről a jelenségről tanúskodik egy 100 távolsági gépkocsivezetőt érintő interjú is¹³, amelyben a 30 év alatti gépkocsivezetők 50 %-a, a 31-45 év közöttiek 39 %-a, és a 46 év felettek 29 %-a észlelt ilyen elfáradási tüneteket.

A fáradást egy teljesen szokványos napi munka során bekövetkező teljesítő képesség jelentős csökkenésével lehetne definiálni.

A túlfáradás, pedig egy hosszabb ideig tartó és pihenőidővel nem kielégítően kompenzálható teljesítmény csökkenést és igénybevételt jelent.

A következő ábrában a jellegzetes ún. alagút effektus képe látható, amelyben a gépkocsi -vezetőket általánosan fenyegető jelenségnek az ún. másodperc elalvásnak a megjelenési formája látható. Olyan érzet alakulhat ki a gépkocsivezetőben, mintha egy folyamatos csökkenő átmérőjű csőben haladna a jármű. Ezek az ún. másodperc elalvások nagyon gyakran a teljes elalvás előtti utolsó figyelmeztetést jelentik.



4. ábra: Az „alagút„ effektus szemléltetése

A gépkocsivezetői elfáradás előszimptómái a következők:

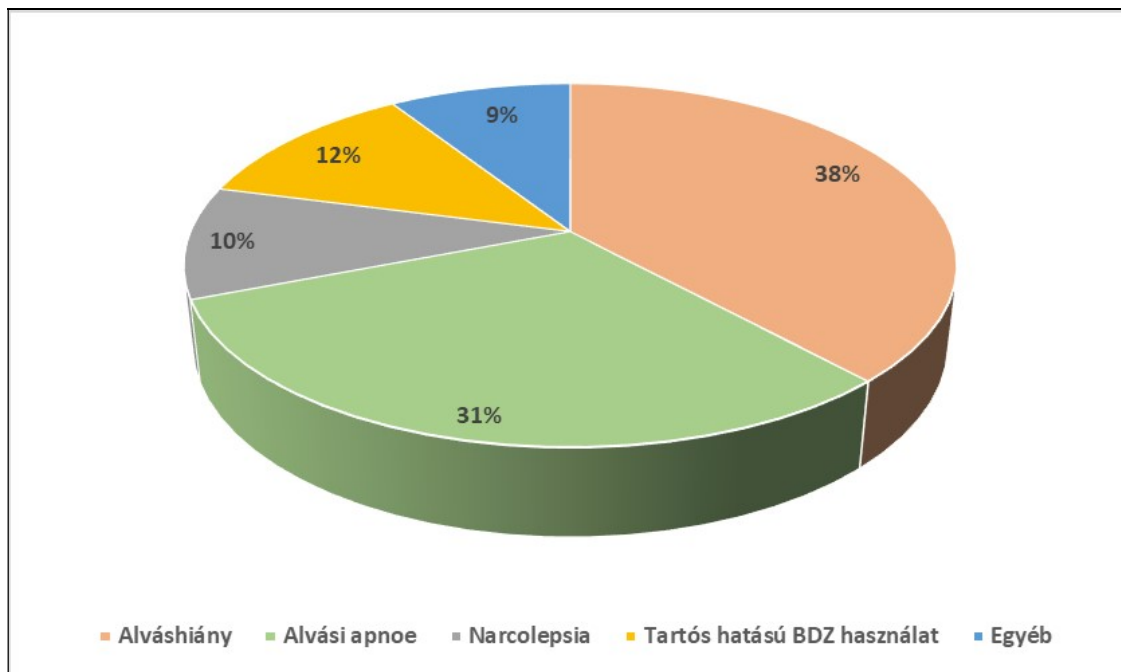
- megnehezül a szempilla mozgása,
- a szemben izgató, égető érzés jelentkezik,
- kettős látás,
- a száj hámrétege kiszárad,
- szomjúság érzet alakul ki,
- melegedési érzés,
- csuklás.

A fáradás későbbi szimptómái:

- a nyak izomzatának a tónusa megváltozik,
- felriadási viselkedés alakul ki,
- izzadás,
- heves szívverés.
- alvás utáni vágy.

Ezt az egész komplexust az elfáradás helyett célszerű a témakör szakmai jellemzőjével a vigilanciával jellemezni.

Egy 110 fős gépkocsivezetői csoport (28-55 év közötti) vizsgálata során balesetokozó tényezőként 38 %-ban az alváshiányt, 31 %-ban alvászavarokat, 10 %-ban súlyos aluszékonyságot, 13 %-ban pedig a gyógyszerszedést jelölték meg. (5. ábra)

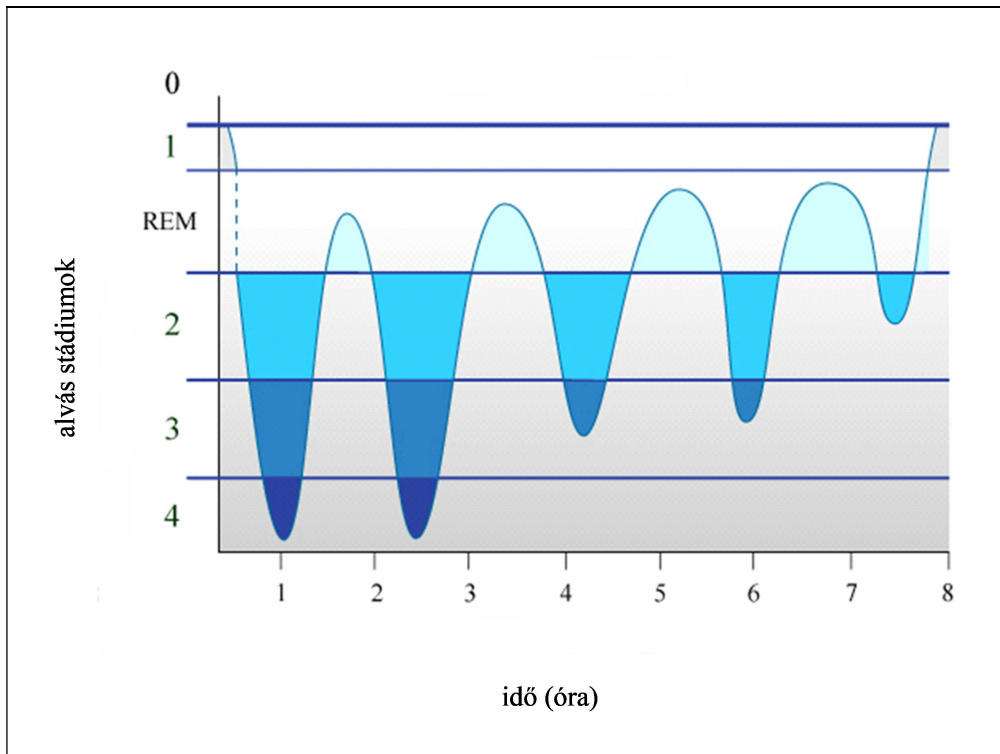


5. ábra: Gépkocsivezetői alvászavarok megoszlása (Arbus, 1994)

Előbbi vizsgálat alapján meghatározó szereppel bír az alváshiány és az alvászavarok kérdése.

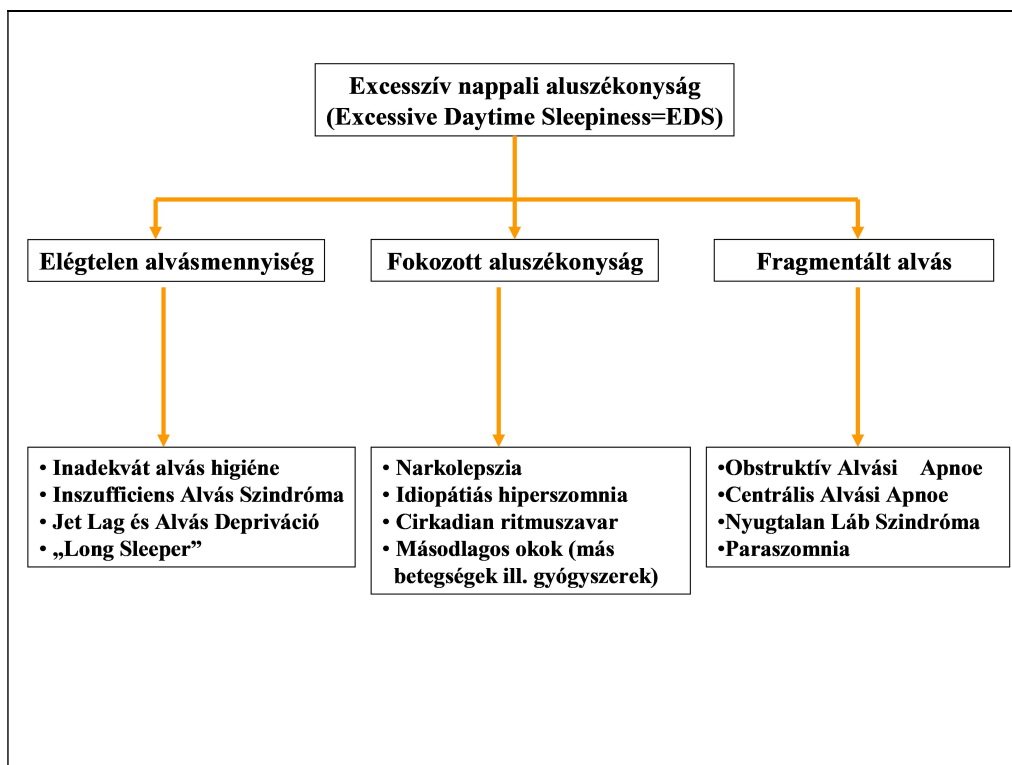
A mai ismeretek szerint az alvás definíciója a következő:

A magatartás alapján történő meghatározás szerint, az alvás olyan reverzibilis magatartási állapot, melyben kikapcsolódik a percepció és a környezetre való válaszkészség. Komplex fiziológiai és magatartási folyamatban nyilvánul meg. A magatartásra általában jellemző, bár nem feltétlenül szükséges a fekvő testhelyzet (például gyermekek bármely testhelyzetben képesek elaludni), a nyugalom (erre is van számos kivétel), és a becsukott szem. Az embernél a fiziológiai viszonyok alapján két alapvető állapot különíthető el, a non rapid eye movement (NREM) és a rapid eye movement (REM).



6. ábra: A humán alvás ciklusai (REM ill. további három fázis)

Az alvás különböző fázisait (REM, Non rem, mélyalvás szakaszai) az alváskutatók már a 80-as évektől kezdődően nagy intenzitással és megfelelő laboratóriumi vizsgálatokkal támogatva elemzik, amelyet a következő ábra blokk diagramjában lehet összefoglalóan ismertetni:



7. ábra: Az excesszív mértékű aluszékonyság okai

Általános példaként lehet felhozni a légzésproblematikára (OSAS), majd a légzési zavarokból származtatható mozgás problémákra többnyire az un. nyugtalan láb szindrómában jelentkező jelenséget.

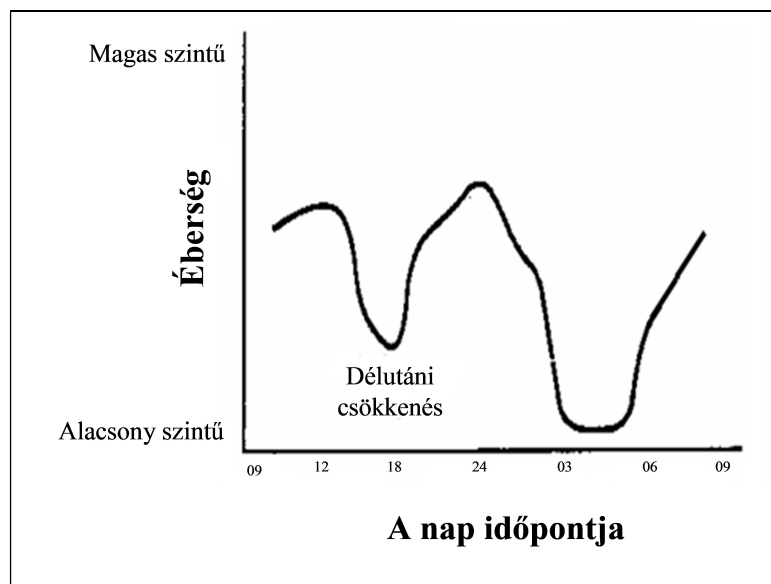
Az ilyen szimptomákkal rendelkező alvó embernél megfigyelhető, hogy például a lábfejét, vagy előrehaladottabb esetben az egész lábát periodikusan mozgatja. Ezen utóbbi már súlyos alvászavarra utal.

A súlyosabb formájú alvás problematikát tekintve- amely kísérletben 30-67 év körüli férfiakat vizsgáltak- mintegy 245 főről volt szó, akkor a baleseti gyakoriság ezen csoportra vonatkozóan 41 %, a veszélyes baleseti szituációk aránya 24 % volt.(ezen utóbbiak közül min. 31 %-nál egy baleset bekövetkezett.)

Ebben az alvás és horkolás problematikában nem szenvedő kontroll csoport 367 főből állt, és a táblázatban látható adatok összehasonlítása során szignifikánsan jelentősen kisebb részesedési arányok, tehát a 41 %-hoz viszonyítva 6 %, a 24 %-hez viszonyítva 3 %, a 31 %-hoz pedig 6 %-os kontroll érték tartozott.

A baleseti veszélyeztettség és az alvászavarok között nagyon erős összefüggés van.

A részletes balesetkutatás szerint , amelyben 1500, súlyos következménnyel járó elalvásos balesettel kapcsolatban megvizsgálták, hogy a rendelkezésre álló adatok és az alvászavarok nemzetközi osztályozásának kritériumai szerint, milyen alvásbetegségben szenvedett az elkövető gépkocsivezető. Fel-tűnt, hogy az elalvásos balesetek túlnyomó része 13 és 17 óra, valamint éjszaka 1 és 3 óra között, az ember cirkadián alvásritmusának, két, alvást elősegítő szakaszában következett be. Ezek az időszakok nem estek egybe a műszakok végére eső fáradásos időszakokkal. Az éberség mérésekor alkalmazott szubjektív teszt azt mutatta, hogy legéberebbek késő reggel, vagy késő délután vagyunk.



8. ábra: Az éberség cirkadián folyamata

A nagymértékű fáradtság, például ébren töltött éjszaka, a gépkocsivezetők perifériális reflex képességeire olyan hatással vannak, mint a 0,8 ezrelékes véralkoholszint esetében.

Ugyanilyen összefüggést lehetett megállapítani a figyelem csökkenésre és a reakció idő növekedésére vonatkozóan is.

Visszatérve a gépkocsivezetői elalvási, fáradási jelenségekre, felvetődik a kérdés, hogyan lehetne ezt mérni, és hogyan lehetne beavatkozni.

Az egyik közismert mód a **szem aktivitásnak a mérése**, amelyet a 90-es években az Ausztráliai Nemzeti Egyetemen vizsgáltak sikeresen, a másik közismert módszer a gyógyászati gyakorlatban az elektroencefalográffal az agy elektromos hullámainak mérése.

Az ausztráliai megoldásnál azon eldöntendő kérdés merül fel, hogy mekkora pupilla fedettség ill. szempillamozgás jelenti azt a határértéket, amelyet a vigilancia szempontjából kritikusnak lehet tartani. Az USA-ból származó kutatások szerinti határérték a 80 %-os pupilla fedettségi állapot 1 percre vonatkoztatva.

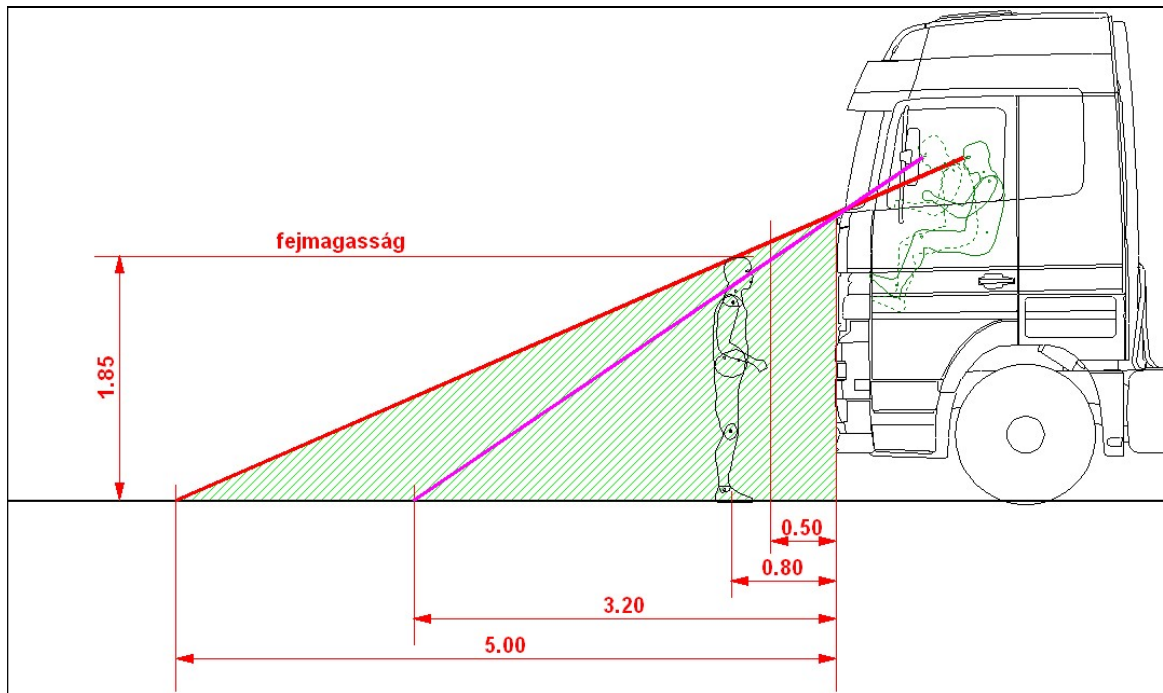
Ezzel el is érkeztünk a tanulmány szempillantás váltásra vonatkozó átcsatolásához.

4. A GÉPKOCSIVEZETŐI SZEMPILLANTÁS FOLYAMATA

Meghatározó becslések szerint évente 400 ún. *védtelem közlekedő* (gyalogos, kerékpáros és motorke-rékpáros) veszíti életét Európa útjain döntő mértékben azért, mivel a tehergépkocsi vezetők látási holt-terébe kerülve nem, vagy csak korlátozottan észlelhetők.

A tehergépkocsi vezetők látóterének tartománya elsősorban a vezetőfülke és a jármű felépítmény konstrukciós kialakításából adódóan erősen korlátozott. A legveszélyesebb baleseti szituációhoz tartozik a kanyarodó tehergépkocsi és a kerékpáros vagy gyalogos között kialakuló közlekedési konfliktushelyzet, hiszen ezekben az esetekben egy nagyméretű és nagytömegű közlekedő partner találkozik a legkisebb és gyakorlatilag legvédtelenebb partnerrel.

A járműből való megfelelő kilátás és érzékelés közlekedésbiztonsági szempontból rendkívül lényeges, hiszen a járművezető információszerzési folyamata 80 - 90%-os arányban vizuálisan történik .

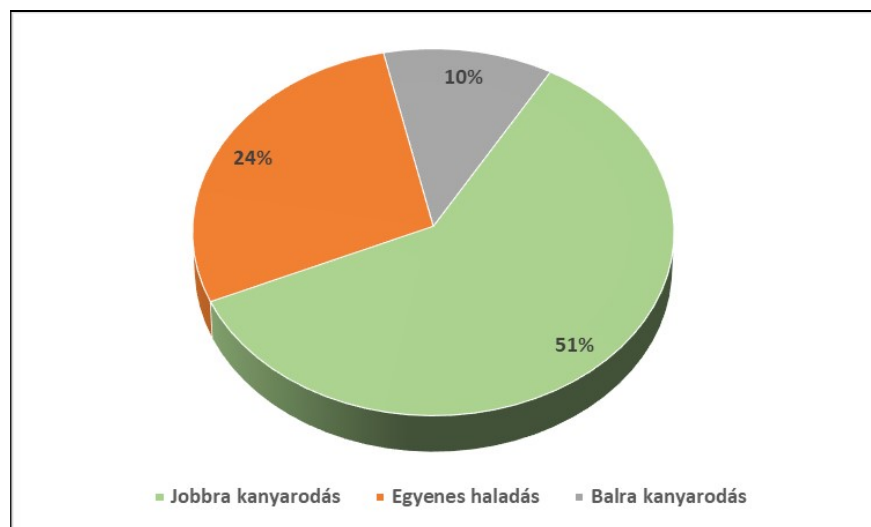


9. ábra: A tehergépkocsi előtti holttér

A normál és előrehajolt gépkocsivezetői testhelyzet esetében jól érzékelhető a jelentkező holttér különbség

A tehergépkocsi előtti térben tartózkodó 1,85 m magasságú gyalogos fejtető síkját, átlagos magasságú és normál vezetői ülés helyzetű járművezető már 0,8 m-el a jármű front síkján belül nem észleli. Előrehajolt (extrémnek minősíthető) testhelyzetben ezen távolság mintegy 0,5 m-re csökken. Teljesen nyilvánvalóan a bemutatottnál kisebb magasságú gyalogos esetében ezen holttér nagyobb sávú lesz.

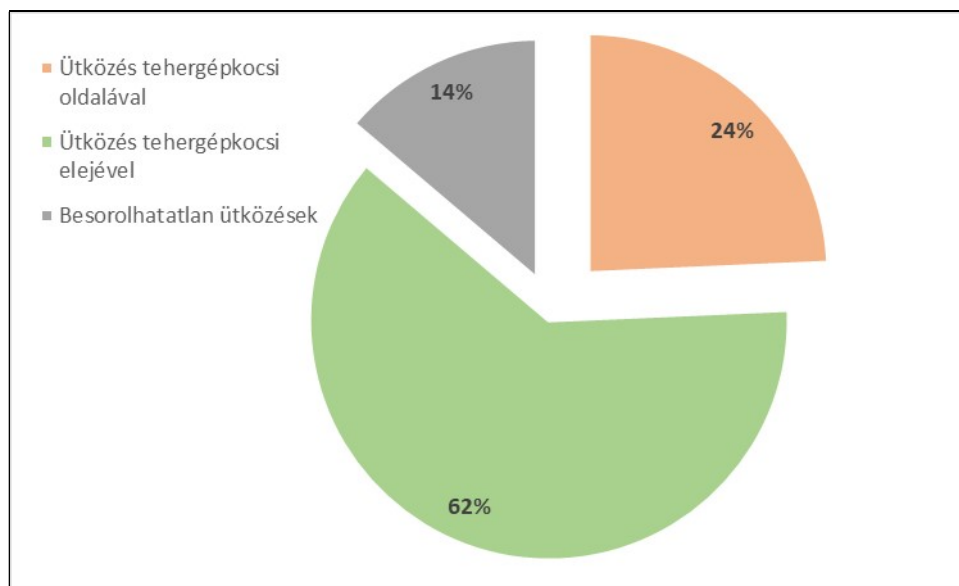
A már idézett ETAC kutatás szerint a látási holttérre visszavezethető balesetek kétharmada halálos kimenetelű volt.



10. ábra: A tehergépkocsik haladási iránya a baleset előtt

Az esetek 75%-ában a tehergépkocsi balra vagy jobbra kanyarodott, miközben ütközött valamilyen védtelen közlekedővel döntően a látási holtter és érzékelési hiányosságok következtében. A kutatás eredményei azt mutatták, hogy a tehergépkocsi jobbra kanyarodása a legkritikusabb, hiszen a balesetek döntő része (51 %-a) ebben a baleseti szituációban következett be. A balkormányos tehergépkocsi vezetőfülkéje körüli terület a baloldali mellső részen a leginkább belátható. Ezt látszik igazolni, hogy a balra kanyarodás során következett be a legkevesebb baleset.

A védtelen közlekedési partnerek részvételével történt balesetekben az ütközések 24,3%-a a tehergépkocsi oldalával történt, 61,9%-a pedig a tehergépkocsi elejével következett be .



11. ábra: A védtelen baleseti partnerek felütközési helye a tehergépkocsin

A közúti forgalom komplexitása megfelelő szervezéssel csökkenthető, azonban a járművezető képzés során sokkal nagyobb hangsúlyt kell fektetni az információfelvételi stratégiák iskolázására.

A korábbiakban ismertetett emberi hibák nagy része a veszély érzékelésének területére esik. Mint már említésre került az orientációra és a mozgásra vonatkozó információk mintegy 80 % vizuális jellegű. A vizuális információlánc kezdetén a fényenergia a nem neurális ingerelést végzi. Az ebből adódó és fellépő vizuális érzékelési folyamat az emberi agy egyik legkomplexebb folyamata.

A közúti gépjármű vezetése során kettő veszélyérzékelési és intézkedési folyamat játszik meghatározó szerepet.

Az egyik a nem tudatos vizuális reflex, amely például csak az okulomotorikus vezérlést tudja végezni, hanem a védekezési reflexet(ket) is kivált. Másrészt a vizuális inger által a látóidegen kialakuló tudatos feldolgozás.

4.1. A SZEMMOZGÁS ELEMZÉSÉNEK KÖZLEKEDÉSBIZTONSÁGI ASPEKTUSOK SZEMPONTJÁBÓL MEGHATÁROZÓ DEFINÍCIÓK

Accomodatio: a szemnek az a képessége, hogy úgy változtathatja, igazíthatja fénytörését, hogy a különböző távolságban levő tárgyaknak tiszta képe vetődjék az ideg hártájára. Különböző távolságokban elhelyezkedő tárgyakra, pontokra való fókuszálás, melynek segítségével éles képet látunk. Accomodatio során a pupilla tágassága változik. Közelre fókuszálás esetén szűkül, míg távora nézéskor tágul.

Akkomodációs idő – az akkomodációhoz szükséges időtartam.

Mélység-élesség: Idegrendszeri feladat, a szem az éles képért felelős, de a mélységet idegrendszeri működés segítségével érzékeljük.

Feltűnési pont – pont, illetve hely, ahol az objektum feltűnik.

Feloldó képesség – két különböző pont különállóként észlelési képesség.

Látótér – a mozgó szemmel, fix fejtartás esetében fixálható pontok összessége: kb. 60^0 balra és jobbra, kb. 40^0 felfelé és lefelé.

Pillantásugrás (saccade) – ruckszerű szemmozgás a központi látótartományon.

Pillantásváltás – a pillantásugrás és a korrekúra saccade közötti idő.

Látási vonal – a menet egy objektum pontjával összekötő egyenes.

Látási szög – egy objektum határpontján átmenő két egyenes közötti szög.

Kihasznált látótér – a látótér szituáció függő részlete, figyelembe veszi a látást befolyásoló objektumokat, mint pl: szemüveg, sisak, szgk. A-oszlop stb.

Elhárítási út (idő) – a veszély érzékelésétől az ütközési helyig megtett út (eltelt idő).

Feltűnési tényező – az észlelésre, illetve érzékelésre vonatkozó mérték.

Figyelmi idő – az emberi aktivitás, érdeklődés és kívánság felkeltése a cselekvésre.

Döntési idő – az észleléstől a döntési szándékig eltelt idő.

Veszélyérzékelés – egy információ tartalomról észlelni, hogy veszélyt jelent.

Veszélyérzékelés helye – a veszélyérzékelés pillanatnyi helyzete.

Reakció – az információ érzékelését követő viselkedési változás.

Spontán reakció – reagálás tudatos döntési folyamat nélkül.

Választott reakció – reagálás az alternatív lehetőségek értékelése után.

Reakció kezdet – információk, amelyekre potenciálisan reagálni lehet.

Reakciókövetelés – információk, amelyekre reagálni kell.

Az érzékelés alatt, az érzékszervekben található receptorok segítségével történő ingerek felvételét, és annak ingerületté, azaz elektromos impulzussá alakítását értjük.

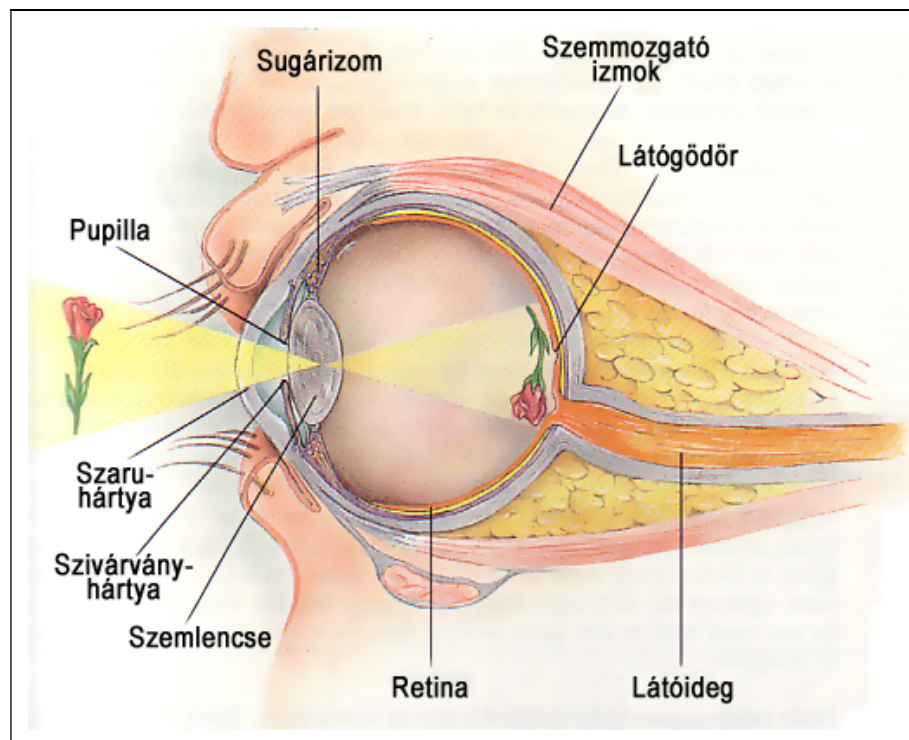
Az észlelés azonban magasabb idegrendszeri folyamatokat feltételez, ugyanis e megismerési folyamat alatt az ingerület tudatosítását és annak integrálását értjük.

Tehát érzékeljük a különböző ingereket (pl. fény, hang stb.) és ezeket elektromos impulzus formájában az érző idegpályák a megfelelő agyi központokba szállítják, ahol

tudatosulnak, például amikor egy fényingert pislákoló gyertyaként észleljük. Az emberek nemcsak gondolkodásukat, személyiségüket, viselkedésüket tekintve különböznek egymástól, hanem abban is hogyan érzékelik a körülöttük lévő világot.

A szem a vezetés szempontjából a gépjárművezető legfontosabb érzékszerve, ugyanakkor a gépjárművezető adott időmennyiség alatt csak korlátozott számú információt képes befogadni.

A növekvő információárammal arányosan megnő a szelekció szükségessége, így a releváns információk elhanyagolásának veszélye is. Tipikus ilyen helyzet pl., amikor több közlekedési résztvevő keresztezi egymás útját. A látás adekvát ingere a fény, mely elektromágneses hullám. Az emberi szem csak a 400 és 700 nanométer hullámhosszúságú fénysugarak közötti tartományt képes érzékelni. A fényingereket a retinán lévő fotoreceptorok, a pálcikák és csapok segítségével érzékeljük. A pálcikák a fény és árnylátásért felelősek, míg a csapok a színeket érzékelik.



12. ábra: A szem felépítése

4.2. KÖZPONTI ÉS PERIFÉRIÁLIS ÉRZÉKELÉS

Az un. éleslátás helye a foveola centralis. A retinába bejövő fény ide vetül, de a képet az agy "adja", azonban egyik sem jön létre a másik nélkül. Ez lényegében a látómező centrális része.

Az objektumok látása max. 2°-os szögtartományban történik, egy fiatalember perifériális látótartománya vízszintes irányban 180°-ig terjed. Csak a központi tartományban lehetséges az éles képlátás, amely a tudatos feldolgozás révén a felismeréshez, és a célirányos reakció végrehajtását eredményezheti. A gépjármű vezetésekor meghatározók a térbeli saját mozgás centrális vektorai. A megfigyelési tartományban jelentkező külső mozgásoknak saját vektor pályái vannak. Amennyiben ezek a vektorok a saját mozgás irányát keresztezik úgy egyrészt – irány és helyzet szerint – növekedő ingerpont – sebesség és védekezési reflexek alakulnak ki.

Továbbiakban a perifériális ingerek nem tudatos, az észlelt objektum irányába ható pillantásugrásban (Sakkad) manifesztálódnak.

A pillantásváltás un. latens idejét az észlelendő objektum vektor feltűnése határozza meg.

Újabb vizsgálatok (Velichnovsky) arra mutatnak, hogy a rövid zavaró hatások latens idejének függését a látás egészére, amely extrém esetekben szintén figyelmetlenséghez vezethet. Ilyen zavaró hatás például a szemhéj mozgása, a pislogás, de ilyen például a sakkadhatás is, amelyek alatt az észlelés nem lehetséges.

Lehetséges az észlelés a perifériális látási tartományban is, ehhez azonban ahhoz az szükséges, hogy az objektum reakcióképesnek minősüljön, amely a látási tengelybe kell, hogy kerüljön. A lehetséges előre hátható konfliktus pont pontos sebességbecsléséhez a zavaró objektum további un. Követő szakkádok megfigyelésére, illetve több kis szórástartományú fixációnak kell megelőznie. (Schraiff)

A perifériás látás lényegében az éleslátáson kívüli területet jelenti.

4.3 A VIZUÁLIS INFORMÁCIÓK ÉSZLELÉSE:

A gépkocsivezetők a vizuális információkat a következő fázisokon át észlelik:

1. Periferiális érzékelés,
2. Pillantásváltás és a szükséges akkomodáció,
3. Fovealis észlelés és felismerés,
4. Döntés és reakció

Mivel az előbbieket szerint az egészséges emberi szem egy kúpszerű teret fog át, (vízszintesen 180 ° , függőlegesen 145 °), azonban a fovealis érzékelés tartománya ennél jóval kisebb. (max. 2-3 °) A

szemnek mozognia kell ahhoz, hogy egy újonnan felbukkant tárgy pl. megjelenjen a foveán. A pillantásváltás elemzéséhez pontos adatokra van szükség a szemek pozíciójáról. Amennyiben elfogadjuk, hogy léteznek elismert összefüggések a pillantásváltás és az információfelvétel közben zajló kognitív folyamatok között, úgy lehetséges a megfigyelt személy információ feldolgozási képességéről, és információnyerési módszeréről adatokat gyűjteni, és következtetéseket levonni.

4.3.1. PILLANTÁSVÁLTÁS

A közúti közlekedésben történő biztonságos részvétel alapvető követelménye a folyamatos és adekvát vizuális információ felvétel. Prof. Pflieger szerinti legfontosabb tényezők a veszélykogníció és a határoss reakciók szempontjából:

- látás
- érzékelés
- észlelés

A pillantásváltás vizsgálattal foglalkozó korai tanulmányok szerint is a valós közlekedési körülmények közötti vizsgálatok szolgáltatnak megfelelően validálható és megbízható megállapításokat a gépkocsivezetői pillantásváltás folyamatáról.

Möhler disszertációjában egy olyan korrelációs összefüggést dolgozott ki a tényleges haladási folyamat látótartománya és pillantásváltás között, amelyben kombinálta a szakkád és pillantásváltási időtartamok elemzésével.

4.3.2. KOGNITÍV TÚLTERHELÉS

Országúti haladás során a fixációs frekvencia $1\text{ s}^{-1} - 4\text{ s}^{-1}$ növekvő sebességnél folyamatosan csökken a fixációval lefedett központi látótartomány.

Növekvő információ sűrűségnél (pl: behaladás lakott területre) jelentősen nő a fixáció frekvenciája, növekszik a szakkád sebesség nagysága, a szakkád tartomány kiszélesedik.

Különösen összetett és váratlanul fellépő helyzetekben a fixáció frekvencia 8 s^{-1} értéket is elérheti. A komplexitás megmaradása esetében az esetek többségében a fixáció frekvencia ismét ca. 1 s^{-1} -re csökken.

Előbbi un. érzékelési deficit szituációnként és vizsgált személytől függően több másodpercig is tartott.

A gyalogos érzékelést vizsgáló menetkísérletek során megfigyelhető volt, hogy a vizsgált gépkocsivezető a gyalogos fixálását egyáltalán nem, vagy olyan késői időpontban kezdte el, amely már a keresztező gyalogos hatásos kikerülését, ezáltal a baleset bekövetkezését már nem tette lehetővé. A gyakor-

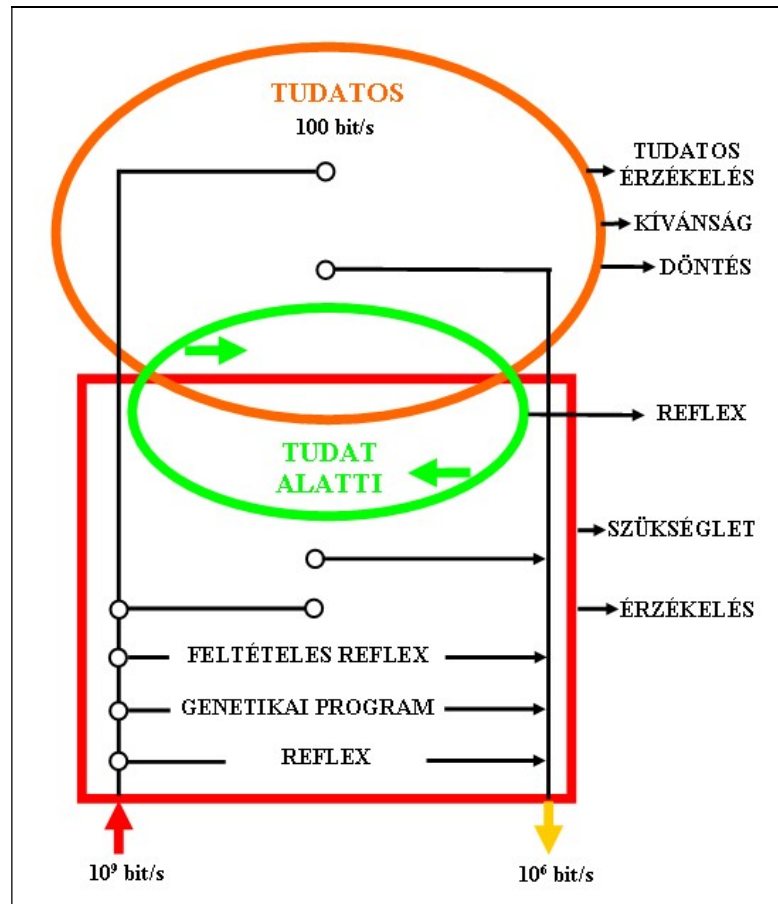
lott járművezető nagyobb látótartományt fixált, míg a kezdő vezető zömében centrális haladási tartományba tekint. Möhler szerint az egy objektumra irányuló fixáció időtartama és ezáltal a figyelemfokozás az információ sűrűséggel, illetve annak komplexitásával mutat erős korrelációt.

Maga a vezetési tevékenység a meghatározó szerzők modellje szerint 5 fázisra bontható fel:

- 1. információ felvétel (érzékelés)
- 2. azonosítás
- 3. értelmezés
- 4. döntés
- 5. cselekvés.

Az érzékelő szervein keresztül (túlnyomó részben optikai) információkra a gépkocsivezető különböző szinteken reagál. A reflexek és a genetikai kódolás néhány század másodperc, a begyakorolt reflexek időtartama 10 ms nagyságrendű időtartamot igényel. Néhányuk a tudat alatti érzékelés kategóriájába esik. A tudat alatti érzékelések többé kevésbé tudatos ellenőrzés alatt állnak (pl.: csuklás) A bemenő információk nagyon csekély része éri el a tudatos érzékelés szintjét.

A gépkocsivezetőre ható bemenő információk nagysága ismeretes , mintegy 1 milliárd bit/s bemenő nagyságként. A reflexek (pislogás, bőrreakció stb.) időtartama 100 ms, , a feltételes reflexek 10 ms nagyságrendű.



13. ábra: A gépkocsivezető(ember) információ feldolgozási folyamata

5. SZEMMOZGÁS VIZSGÁLÓ BERENDEZÉSEK

Az ún. szemmozgás vizsgáló készülékek lehetővé teszik, hogy a vizsgált személy tekintési pontjának a látómezőben való mozgását is rögzítsük. A tekintési pont mozgása megmutatja, hogy mi az amire az illető személy ránézett, de az információ azonosítás és feldolgozás folyamatáról csak annyiban tájékoztat, amennyiben a széles látómezőben a tekintési pont valamire irányulása nem véletlenszerű, hanem irányított folyamat, amelynek feladata az adott tárgy vagy térrészlet pontosabb azonosítása.

A folyamat nyomon követése során nem könnyű a felvett információ és a motoros reakció közötti kapcsolat megállapítása sem, mivel ez a kapcsolat nem közvetlen. Járművezetés közben az ember nem reagál olyan közvetlenül egy-egy ingerre, mint pl: kísérleti helyzetben, hanem tárolja az információt, hogy a helyes cselekvésre vonatkozó döntésnél felhasználhassa.

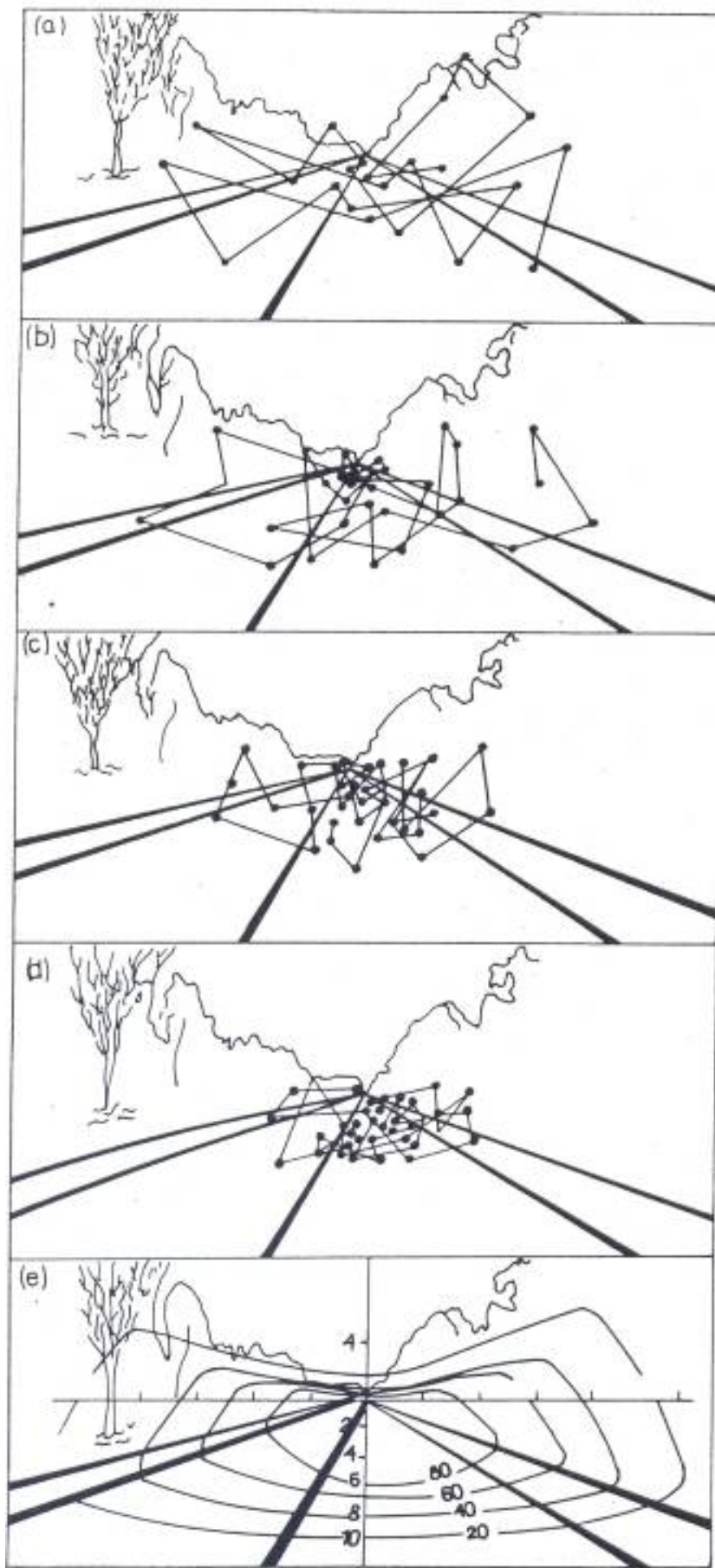
Az ember információ felvételi kapacitása nagyobb, mint az információ feldolgozási, és még ennél is kisebb a mozgásválaszok mennyiségének lehetősége. A megfigyelő – veszélyes helyzetekben, ritkán

jelentkező, feltétlen választ igénylő információktól eltekintve – nem tudja, hogy melyik részinger vált ki mozgásreakciót és mikor, így nehezen állapíthatja meg egy-egy inger és mozgásválasz kapcsolatát.

Mindezen nehézségek ellenére alapvető fontosságú a járművezetők és általában a közlekedők észlelésének és az erre épülő döntési – cselekvési folyamatának megismerése, mivel a balesetek csaknem mindig a közlekedési helyzet hibás észleléséből, megítéléséből és nem megfelelő előrelátásából erednek, függetlenül attól, hogy az illető személy hibás-e a balesetben vagy nem.

A gépkocsivezetői szemmozgás vizsgálata tehát nem új a szakemberek körében, az elmúlt évtizedekben nagyszámú tudományos vizsgálatot és végeztek külföldön és Magyarországon is. (l. Hungarocamion- KÖTUKI a 70-80-as években)

A témakör egyik legismertebb nemzetközi kutatója Lobanov már a 70-es években publikálta a következő ábrában látható megállapítását, amely szerint a szemfixáció és a jármű haladási sebessége között olyan összefüggés mutatkozott, hogy a sebesség növekedésével jelentősen lecsökkent a fixációs tartomány, amely egyben azt is jelenti, hogy nagyobb sebességű haladáskor a járművezető tudatosan feldolgozott érzékelési információ lecsökkennek. (l. még a későbbiekben a közölt elemzések redményeit)



14. ábra: A fixáció tartománya a sebesség függvényében (Lobanov)

Az előző ábra az a-b-c-d nézeteiben , 20-40-60-80 km/h haladási sebességeknél mutatja a járművezető fixációs pontjainak alakulását. Az e. nézetben un. izokm görbék előbbieket együttes ábrázolását lehet látni.

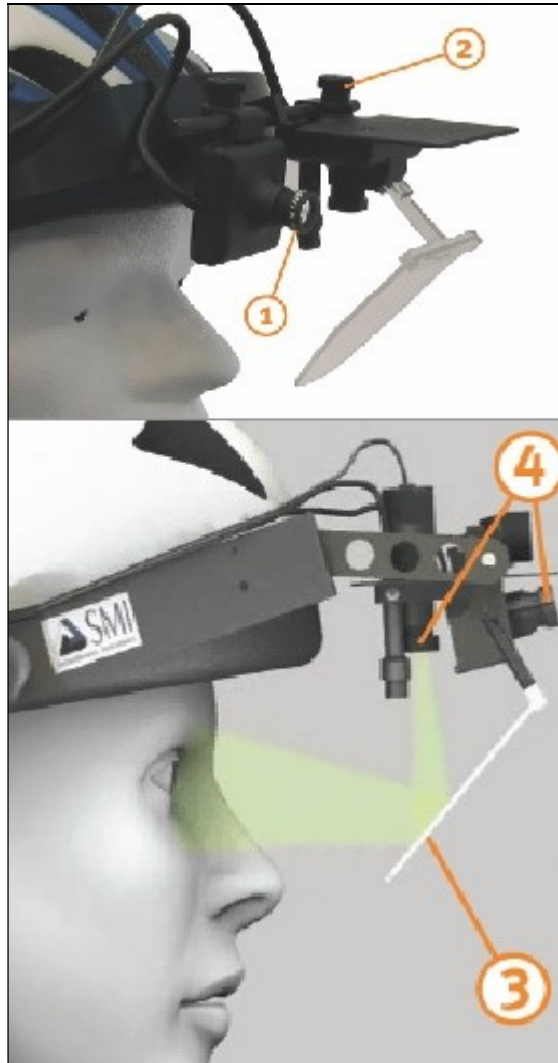
6. A JÁRMŰVEZETŐK SZEMMOZGÁSÁNAK VIZSGÁLATA

A járművezetők szemmozgásának – észlelési stratégiájának – vizsgálatát az általunk alkalmazott szemmozgás vizsgáló készülékkel végeztük el. Ezen műszerek működési elvük szerint két nagy csoportba oszthatóak: egyik részük a szemmozgató izmok működését regisztrálva méri a tekintési pont változását, a másik részük a szemről visszavert fénysugár segítségével jelzi a tekintés irányának elmozdulását.

A műszer legfontosabb része a fejre szerelhető egységben egy tükör és lencseszerkezet, amely a szemgolyóra irányított és onnan visszaverődő fénysugarat bevetíti abba a képbe, amelyet szintén a gépkocsivezető fején(a sisakban) elhelyezett video optikával készül arról a vizuális mezőről, amely felé a személy a fejét illetve tekintetét fordítja.



15. ábra: A gépkocsivezető fejére szerelt kamera egység

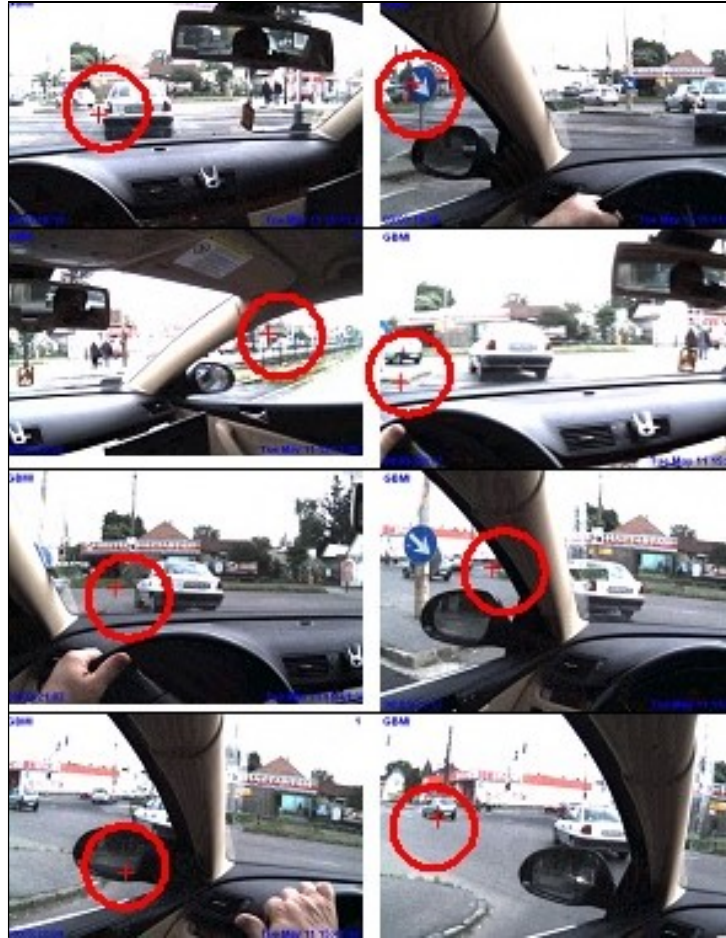


16. ábra: A szemmozgást rögzítő kamera tükör szerkezete

A berendezés két CCD kamerája a képinformációkat digitálisan rögzíti. A fixációs pontot látótartomány video képén szálkereszt jelzi. A fixációs pont mozgása tehát, azt mutatja, hogy a látómező mely részére irányul a járművezető tekintete.

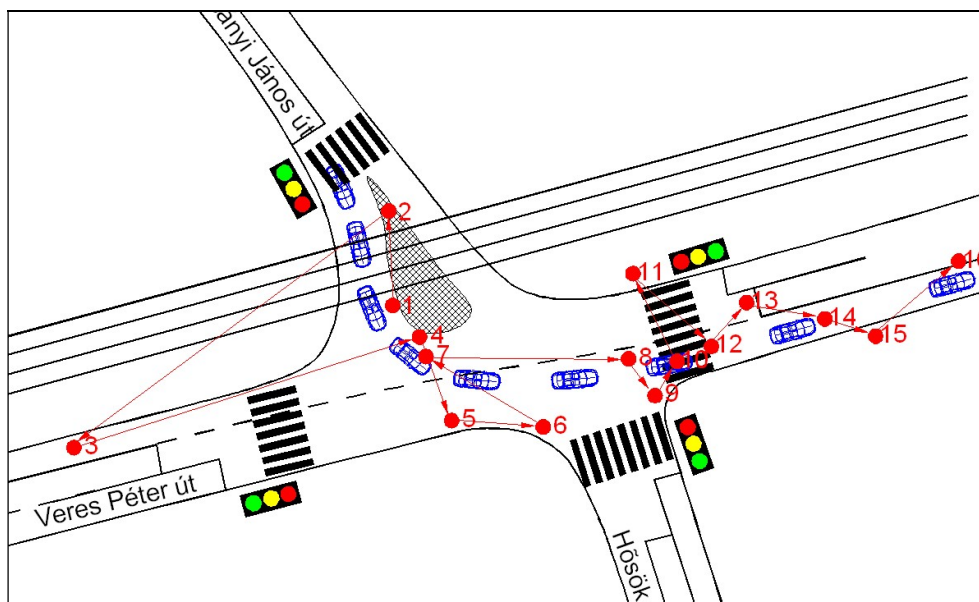
A szem az érzékelés során végigtapogatja a látómezőt, miközben mozgása nem folyamatos, hanem fixációk és hirtelen mozgások váltják egymást. (un. saccadicus mozgás) A fixációk időtartama a szakirodalmi adataok és saját elemzésenk szerint is 20- 60 ms körül van az ugrásoké 0,07 sec-ig terjedhet. Fáradt állapotban figyelmetlenség esetén a fixációk ideje 2 – 3 sec-ig megnyúlik.

A 17. ábrában egy valós közlekedési haladás közbeni fixációs pont- szálkereszttel jelölve- helyzetének a video felvételen való rögzítését szemléltetjük.



17. ábra: A kereszteződésben történő folyamatos balra kanyarodás fázisai ($d t=0,5$ s, $v \approx 15$ km/h)

A rögzített adatok speciális számítógépes kiértékelésével - alapvetően a fixáció időbeni folyamata , a szakkádok , pislogás, pupilla állapot – a járművezetés kívánt szakaszán az idő/távolság függvényében dokumentálható, ábrázolható és kiértékelhető.



18. ábra: A haladás közben a szempillantásváltás fázisai($dt=0,5$ s)

A berendezéssel és a tudományos igényű kiértékelést lehetővé tevő alkalmazási technológia kidolgozása során méréseket végeztünk személy- és tehergépkocsi vezetők részvételével. Ezek során nemcsak a közlekedésbiztonsági célú elemzések-módszerek fejlesztését végeztük el gyakorlat-specifikusan, hanem meghatároztuk a jövőbeni hatékony alkalmazhatóság lehetséges módozatait és irányát is.

7. A JÁRMŰVEZETŐK SZEMMOZGÁSÁNAK – ÉSZLELÉSI STRATÉGIÁJÁNAK – EGYÉNI KÜLÖNBΣÉGEIRE VONATKOZÓ NÉHÁNY NEMZETKÖZI KUTATÁS ÉS A SAJÁT MÉRÉSEK EREDMÉNYEI

Egy adott vezetési helyzetben a járművezető észlelési tevékenységét három fő tényező határozza meg:

- a helyzet, amelyet észlelni kell,
- a járművezető vezetési gyakorlata,
- azaz gyakorlata a vezetés-specifikus észlelésben,
- a járművezető más személyi jellemzői.

A legalapvetőbb a környezet szerepe, mivel az észlelés során a szemek a környezet vezetés szempontjából lényeges pontjait kell letapogatnia. Shinar, McDowell és Rockwell azt találta, hogy ha az úton és környezetében az információ sűrűség megnő, nő az egyes pontok nézésének, azaz a fixációnak az időtartama és evvel csökken az időegység alatt végzett fixációk száma. Ezen folyamat azt jelenti, hogy megnő a fontos információk észre nem vételének lehetősége. Nagy ingerterhelés mel-

lett a fixációk számának csökkenését a látómező beszűkülése kíséri, ez pedig csökkenti a szemmozgás programozását és rontja a szem keresőmozgásának hatásfokát.

Járművet vezetve a tekintési pont jóval a jármű előtt lévő útszakaszra irányul. Blaauw szerint olyan úton, ahol szembejövő forgalom van, a tekintési pont az út tengelyétől kissé balra tolódik, míg Rockwell olyan vezetési helyzetben, amikor a jelzőtáblákat is figyelemmel kellett kísérni, azt találta, hogy inkább jobb oldalra helyeződik a tekintési pont. Több szerző adatai alátámasztották, hogy a tekintési pont távolsága szoros összefüggésben van a haladási sebességgel: nagyobb sebesség esetén a vezető távolabbra tekint. Ha egy járművezető számára ismeretlen úton halad, szeme viszonylag sok mozgást végez, miközben az út irányát a jelzéseket érzékeli. Ismerős úton haladva mindezek figyelemmel kísérését a perifériás rendszer végzi, a tekintési pont inkább a környezet mozgó elemeit követi.

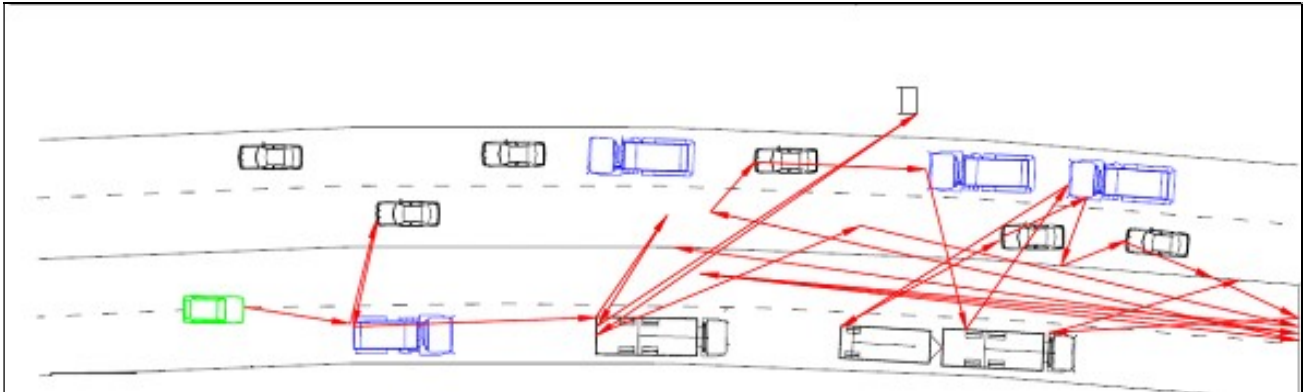
Egy-egy útszakasz megismeréséhez hasonló folyamatot jelent a járművezetés tanulása során a szükséges „látási és észlelési magatartás” megtanulása is. Kezdő járművezetők vezetés közben nagyon sok szemmozgást végeznek, és széles látómezőben mozog a tekintetük. A vezetéstanulás során kell megtanulniuk, hogy a perifériás látás lehetőségét is eredményesen használják, ne közvetlenül a jármű előtti útszakaszt, hanem az út távolabbi részét kövessék szemükkel. Meg kell tanulniuk, hogy a környezet mely elemeit tartsák szemmel, és hogy az előttük lévő térrészen kívül az oldalsó és mögöttes területről is állandóan tudomásuk legyen a visszapillantó tükrök segítségével.

A szemmozgásnak a környezet ingerterhelésétől való nagyfokú függése a kezdő vezetőkre jellemző. Amikor a járműkezelés automatizálódik és kialakul a rutinos információ feldolgozás, a környezeti ingerterhelés kevésbé rontja a teljesítményt. Alkohol és fáradtság hatására a gyakorlati járművezetők szemmozgása is a kezdőkéhez hasonlóvá válik.

Az idősebb járművezetők kevésbé tudnak szemmozgásukkal a környezet jellemzőihez alkalmazkodni, és a környezet megváltozását az alkalmazkodás többnyire csak bizonyos késéssel követi. Soliday azt találta, hogy a fiatalabbak inkább a környezet mozdulatlan elemeit, az idősebbek a mozgó tárgyakat kísérik figyelemmel. Az idősebbeknél erősebb volt a defenzív szempont, a fiatalok nem annyira a veszély elhárításával, inkább saját útvonaluk tervezésével voltak elfoglalva.

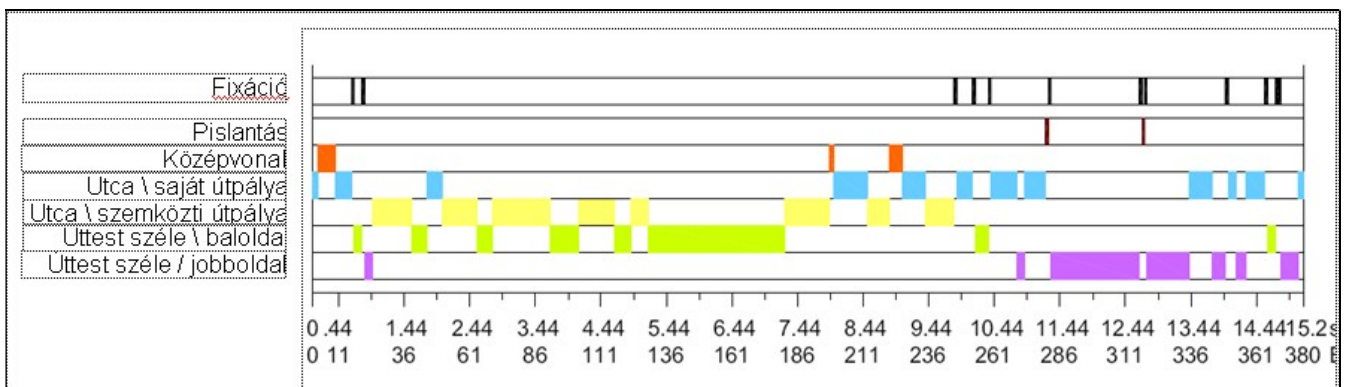
Cohen kutatásai azt mutatják, hogy azok a járművezetők, akiknek rövidebb az átlagos fixációs idejük, általában gyorsabban vezettek azonos útvonalon, így minden kísérleti személy nagyjából ugyanannyi fixációval tette meg az útszakaszt. A járművezetők tehát szemmozgási viselkedésükkel a környezet jellemzőihez, saját képességeikhez és pillanatnyi szándékaikhoz alkalmazkodnak. A környezetben rendelkezésükre álló információból aktívan keresik azt, amelynek az ő számunkra jelentősége van, és figyelmen kívül hagyják a többit. A fixált pontok megmutatják, hogy a vezető a rendelkezésre álló vizuális ingerekből mit tart fontosnak.

A szemmozgás vizsgáló berendezéssel végzett néhány jellemző mérési –kiértékelési eredmény szemléltetése:



19. ábra: Tehergépkocsi előzése közbeni fixációk alakulása

A fixációk, pislogás és egyéb jellemzőket egy balra ívelő útkanyarulatban történő haladás során a következő ábra szemlélteti:



20. ábra: Mérési adatok balra ívelő útkanyarulatban

A szemmozgáskövető és -vizsgáló rendszer specifikációja:

- Mobil , fejre szerelhető kétkamerás képfelvételi egység, vezeték nélküli képtovábbító kapcsolattal (video felbontás (720x576,MPEG-4,))
- Adatfogadó/feldolgozó számítógép (Laptop)
- Alapszoftver
- Adatfeldolgozó szoftver
- Interfész tömeg 80 g

- Kiértékelő szoftver kompatibilitás
- Operációs rendszer Windows XP



21. ábra: A szemmozgás vizsgálatára használt berendezés

A rendszer funkciói

- Az érzékelés paraméterei: az ún. látási tengely révén a pupilla középponton keresztül a pillantási irány érzékelése
- $dt = 300 \text{ ms}$
- $\alpha = 0,5 - 1^\circ$ (szögtartomány)
- mérési frekvencia 50 Hz(fejlesztési lehetőség 200 Hz)
- video rögzítés:
- a gépkocsivezető által belátható és követni kívánt útszakasz vonalvezetéséről és objektumairól
- video érzékelés a szemről
- a rögzített felvétel alapján szemfixáció analízis:
- a fixációk számának meghatározása
- a fixációs idők meghatározása
- az egymást követő pillantás váltások meghatározása az idő függvényében

- pillantásirány – fixációk sorozatának grafikus megjelenítése (az egyes pillantási objektumokról a másokra történő átváltást nyíl jelzi, amelynek vonalvastagsága arányos a fixációs idő nagyságával)
- a jármű belső terére illetve a visszapillantó tükrökre vetett pillantások rögzítése és szétválasztása
- a különböző forgalmi szituációk – különböző vizsgálati személyekkel- során nyert pillantás irány- fixációs idő- fixált objektumok jelleg (mozgó-álló) – a pre-post fázisok alatt a pillantásváltási stratégiák tendenciáinak elemezhetősége
- lehetőség kialakítása az adatrögzítő berendezésben, hogy a fékpedál működtetés (esetleg csatlakozó gyorsulás- lassulás- sebességmérő műszer) jeleinek szinkronizált rögzítése megoldható legyen
- a szinkronizált pillantásváltás és fékpedál működtetés révén a teszt személyek valós körülmények közötti reakcióidő vizsgálatának biztosítása és kiértékelése

8. AZ ELVÉGZETT MÉRÉSEK ILLETVE A SZAKIRODALMI KUTATÁSOK ALAPJÁN A BERENDEZÉS HASZNOSÍTÁSI TERÜLETEI ÉS TOVÁBBFEJLESZTÉSI LEHETŐSÉGEI

- személy- és tehergépkocsi vezetők szemmozgás stratégiájának vizsgálata valós közlekedési körülmények között.
- a gépkocsivezetők –különböző forgalmi szituációkra vonatkozó- optimális szemmozgási stratégiájának meghatározása, vizsgálati és tréning módszerek kidolgozása, különös tekintettel a járműflották gépkocsivezetőire, valamint a veszélyes áruk szállítását végző tehergépkocsi vezetőkre
- éjszakai vezetésre történő alkalmazás kiegészítő infravörös kamera alkalmazásával
- az ún. fiziorecorder alkalmazásával az előbbieken bemutatott jellemzőkön kívül a releváns fiziológia paraméterek folyamatos rögzítése, többek között galvanikus bőrreflex, elektromiogram, légzésszám, légzés amplitúdó, légzés frekvencia, vérnyomás nagysága-ingadozása, pulzus, motilitás(mozgásaktivitás)
- előbbi berendezés kiegészítő alkalmazásával lehetővé válik bizonyos –veszélyesnek ítélt- gépkocsivezető tevékenység közel teljeskörű fiziológiai és szemmozgás elemzése
- a projekt keretében végzett méréseink során kidolgozott kísérleti pályáíven (kanyarok sorozata, különböző közlekedési –forgalmi jelzésekkel és reprodukálható veszély szituációkkal pl.: felbukkanó gyalogos vagy babakocsi stb.) a járművezetők szemmozgásának rögzítésével és feldolgozásával a gépkocsivezetők személyre szóló minősítése (v.ö. pályalkalmasság)
- A forgalmi szituáció rögzítése és kiértékelése. Ennek érdekében a gépkocsira további kamerák rögzítése, melyek feladata a forgalmi helyzet video rögzítése. A rögzített forgalmi helyzet alapján a következő funkciók megvalósítása:
- A képen az objektumok (más járművek, közlekedési táblák, gyalogosok, stb.) detektálása és csoportokba sorolása.
- az azonosított objektumoknak a gépkocsitól való távolságának meghatározása
- az azonosított mozgó objektumok haladási irányának és sebességének meghatározása
- potenciálisan mozgó objektumok (pl. álló gyalogos) érzékelése
- a különböző információ tartalmat (ún. reakció felszólítás) hordozó közlekedési szituációk megkülönböztetése (pl. járművek színe ill. gyalogosok ruházatának színe , közlekedési jelző rendszerek kialakítása stb.)
- a szemhéj lefedettség időtartamának hatása a gépkocsivezető vigilancia szintjének előrejelzésére

IRODALOMJEGYZÉK

1. *Velichkovsky, B.M.; Dornhöfer, S.M.; Helmert, J.; Joos, M.* Change detection and occlusion modes in road-traffic scenarios. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, Volume 5, Number 2, June 2002, pp. 99-109 (11) London
2. *Schroiff, H.W.* Experimentelle Untersuchungen zur Reliabilität und Validität von Blickbewegungsdaten. Dissertation an der RWTH Aachen, 1983
3. *Pfleger, E.* Ganzheitliche Sicherheitsanalysen – Neue Methoden und Auswerteverfahren der Blickforschung für die Road Safety Inspection. Vortrag beim 4. EVU Verkehrssicherheitsseminar, Wien 2005
4. *Kühn, M.; Rose, A.; Seifert, K.* Untersuchung der Fußgänger-Fahrzeug-Unfalls hinsichtlich des Fahrerhaltens. MMI-Interaktiv, Nr. 6, ISSN 1439-7854. Berlin 2003
5. *Möhler, W.* Untersuchung der visuellen Wahrnehmung des Straßenraumes und dessen Einfluss auf das Fahrverhalten. Dissertation an der RWTH Aachen, 1988
6. *Velichkovsky, B.M.; Rothert, A.; Kopf, M.; Dornhöfer, S.M.; Joos, M.* Towards an Express-Diagnostics for Level of Processing and Hazard Perception. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour. Volume 5, Number 2, June 2002, pp. 145-156 (12) London 2002
7. *Schroiff, H.-W.* Zum Stellenwert von Blickbewegungsdaten bei der Mikroanalyse kognitiver Prozesse. Zeitschrift der Psychologie, 195/1987, pp. 189-208
8. *Burckhardt, M.; Burg, H.; Gnadler, R.; Naumann, E.; Schiemann, G.* Die Brems-Reaktionsdauer von Pkw-Fahrern Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik 18 (1980), pp. 224 (issue 7/8) bzw.: Empfehlungen zur Reaktionsdauer 20. Deutscher Verkehrsgerichtstag, Goslar (1982)
9. *Mittler M. M., Carskadon M. A., Czeisler C. A.*: Catastrophes, sleep and policy. Sleep, 11, 100-109, 1989
10. *Zöller, H.; Hugemann, W.* Zur Problematik der Bremsreaktionszeit im Straßenverkehr. 37. Kongress für Verkehrspsychologie des Berufsverbandes Deutscher Psychologinnen und Psychologen. Braunschweig (1998)
11. *Spitzer, M.* Vorlesungsreihe zum Thema Gehirnforschung Bildungskanal des Bayerischen Rundfunks. www.br-online.de/alpha/geistundgehirn (2004-2007)
12. *Klebensberg, D. – Kallina, H.*: Verhaltensanalyse des Kraftfahrers. 1963. Verkehrspsychologie II. Kuratorium für Verkehrssicherheit
13. *Cohen, A.S.*: Inter-individual Variability of the Drivers' Eye Movement Behaviour. Swiss Federal Inst. Of Technology, Zürich 1980.
14. *Blaauw, G.J.*: Drivers Scanning Behaviour on Some Curved and Straight Road Sections. First Congress on Vision and Traffic Safety
15. *Brickenkamp R, Karl, GA*: Geräte zur Messung von Aufmerksamkeit, Konzentration und Vigilanz. In: Brickenkamp, R: Handbuch operativer Verfahren in der Psychologie, Hogrefe, Göttingen, pp 195-211, 1986/30: 850-851, 1968
17. *Posner M.*: Attention in Cognitive Neuroscience: An Overview. In: Gazzaniga MS: The Cognitive Neurosciences. A Bradford Book, Cambridge, pp 615-625, 1995
18. *Rapp G.*: Aufmerksamkeit und Konzentration: Erklärungsmodelle-Störungen-Handlungsmöglichkeiten, Klinkhardt, Bad Heilbrunn / Obb, 1982
19. *Rollet B.*: Die integrativen Leistungen des Gehirns und Konzentration: Theoretische Grundlagen und Interventionsprogramme. In: Klauer KJ: Kognitives Training, Hogrefe, Göttingen, pp 257-272, 1993

20. *Kőfalvi, Gy., Szakács, Z.*: Haszongépjármű vezetők elalvásos balesetei
KTE-Nemzetközi Workshop Budapest 2004

21. *Kőfalvi, Gy.*: Haszongépjármű pályaelhagyásos és elalvásos balesetek, Alvászavarok Országos Konferencia, Szeged 2006

22. European Truck Accident Causation, EU-IRU , Brussel-Genf 2007

23. *Szakács, Z.*: Alvászavarok és alvásmegvonás járművezető figyelmi teljesítményére , XXXV.gépjármű Szakértői Szeminárium és Járműakadémia, Tata, 2010