

A szemmozgás idői eloszlásának összefüggése a kanyar tulajdonságaival és a tapasztalattal

Megellai Gábor

SZTE BTK Pszichológia Intézet

Email: megellai@yahoo.com

Absztrakt

Az autóvezetés vizuális kontrollján végzett évtizedeken át zajlott kutatások ellenére a szemmozgás és a vezetés összefüggése nem világos. Az eddigi kutatások egyszerű kanyarokra vagy egyenes útszakaszokra koncentráltak, s nem vették figyelembe az egyes személy tanulási folyamatait. Jelen vizsgálat az autóvezetők szemmozgását összetett kanyarkombinációban vizsgálta a szemmozgás idői eloszlását a tapasztalat függvényében. Az eredmények, miszerint a kanyar nagyobb felülete, a külső ív lesz egyre dominánsabb a kanyar bevétele alatt, arra mutatnak hogy a vizuális kontroll a kanyar bevétele közben is az optikai áramlás egyes formáira épül.

Kulcsszavak: mozgásészlelés, vizuális figyelem, optikai áramlás, autóvezetés

A látás az ember a legfontosabb és a leginkább komplex szenzoros modalitása. Nem véletlen, hogy számtalan elmélet és kutatás koncentrálna a látás tudományos megértésére. Ezeknek az erőfeszítéseknek ellenére a látás és a cselekvés kapcsolata továbbra is rejtély a kutatók számára. Az autóvezetés vizuális kontrollja egyike a problémás területeknek. A vizuális figyelem iránya egyértelműen összefügg a tekintet pozíciójával, de a tekintet tárgyai, vagyis a környezet elemeinek szerepe többértelmű. A szemmozgás vizsgálata megmutathatja a vizuális figyelem szabályszerűségeit autóvezetés közben és így azonosíthatja a környezet leginformatívabb területeit. A téri-vizuális feldolgozás viszont nem egy passzív folyamat, ami csak belső szabályok által meghatározott, hanem a környezet és a cselekvő kölcsönhatásából emelkedik ki. Az autóvezetők vizuális mezőjében a környezet egy gyorsan és szabályszerűen változó felületként jelenik meg. Az egocentrikus mozgás érzékelése sokkal komplexebb statikus képek sorozatánál (Gibson, 1966, 1979). Statikus képeket nézni és kivonni információkat azokból egyirányú folyamat. Viszont autóvezetés közben a vezető reakciói hatnak a környezetre, ami

azt jelenti, hogy a vizuális mező nemcsak az egocentrikus mozgást, hanem a vezető reakcióinak a következményeit is tartalmazza. Továbbá az autóvezetőnek észlelnie kell az út mintázatának fontos darabjait, és előre kell látnia, hogy mely cselekvésekre lesz szükség néhány másodpercen belül (Gibson, Crooks, 1938). Az autóvezetés jelenlegi téri-vizuális elméletei jelenleg két, egymással szembenálló teóriára épülnek. Egyikük a retinális képekre épülő elmélet, míg a másik az optikai áramlást részesíti előnyben. A retinális kép a klasszikus szimbólumfeldolgozó elméletre épül. A környezet itt egy zajos médium, a cselekvő entitások különböző érzékekkel és az észlelő absztrakt belső szimbólumokkal (emlékekkel, evolúciós programokkal) rendelkeznek, amelyek reprezentálják a külső világot, s meghatározzák a cselekvési lehetőséget. Vagyis a szimbolikus reprezentációk modellje határozza meg a „külső” környezetben megjelenő helyes, a túléléshez szükséges mozgásokat. Elviekben egy ilyen mechanizmus mindig keresi a megfelelő jelzőmozzanatokot a zajos környezetben, amelyek aktiválni fogják a környezethez illeszkedő viselkedést. Az időzítés problémája nem igazából létezik egy zárt rendszerben, mivel az egyszerű visszacsatolásra (feed-back) elvre épülő modellek statikus reprezentációk sorozatából nyerik ki a mozgáshoz szükséges absztrakt adatsort. De az egyszerű visszacsatolás túl egyszerű a tényleges környezet összetettségéhez képest (Donges, 1978), s így csak reagálni tud, de nem képes helyzeteket előrelátni (pl.: képtelen előre jelezni jövőbeni helyzeteket, mint az útnak a tulajdonságai [kanyar görbülete] és olyan természetes helyzeteket, mint az útlezárások vagy parkoló járművek, stb.). Az időzítés problémáinak ellenére számtalan fontos lépésnek kell megelőznie a kormányzást autóvezetés közben. Például, a kanyarodást sokkal hamarabb el kell kezdeni, mielőtt a jármű elérné és belépne a kanyarba. Autóvezetők szemmozgásának a vizsgálata azt sugallja, hogy a közeledő kanyar esetén, már a kanyarodás megkezdése előtt a kanyar bejárata lesz a vezetők figyelmének célpontja (Shinar, McDowell, Rockwell, 1977). Donges (1978) szerint az autóvezetők kétfajta információt használnak, név szerint az előre jelző és a statikus információt. Az előre csatolt rendszer egyszerűen irányítássá fordítja a kanyar tulajdonságait egy másodperces késéssel (Donges, 1978). Más szemmozgás kutatók követték ezt az elméletet, amikor a kanyar jelzőmozzanatait keresték a környezetben. Elméletileg egy egyszerű szemmozgás elemzés képes meghatározni azokat a jelzőmozzanatokot, amelyek a kanyarodás mechanizmusát indítják. Ennek megfelelően a későbbi kutatások nemcsak a kanyarodást magát, hanem a kanyar előtti reakciókat is vizsgálták. Land (1994,

1998) rámutatott az érintőpont (1. ábra) fontosságára, mint az irányító rendszer alapvető információjára. Ez közvetlen információ a vezető szemmozgása és a vezetés kivitelezése között. A vezetők a kanyarba érkezés előtt már 1-2 másodperccel a kanyarra helyezhető érintő mentén néznek a kanyar görbületére, ami mivel relatív az autó helyzetére és irányára, jó előrejelzője lehet az irányításnak (Land, Lee, 1994).

Az optikai áramlás Gibson (1966, 1979) korai kutatásaiból ered, ami szerint a tradicionális, retinális képre épülő elméletek nem tudják megoldani az észlelés problémáit. A környezet nem egy zajos, semleges közeg, hanem jelentéssel teli, érzékek alapján felfogható felület. A megfigyelőnek nincs szüksége jelzőmozzanatokra, mivel a folyamatosan változó vizuális mező minden szükséges információt tartalmaz az egyes feladatok végrehajtásához. Az optikai áramlás alapja a retinális áramlás. Az akaratlagos mozgás szisztematikusan változó vizuális környezetet teremt, mivel a környezet képe deformálódik az észlelő retináján. Remek példa erre, amikor megközelítünk egy tárgyat. A tárgy képének a növekedése a retinán a mozgásunk függvényében rengeteg információt tartalmaz a mozgásunk nagyságáról és irányáról. Fontos összetevője az optikai áramlás jelenségének a kiterjedés fókusza, vagyis körkörös kiterjedés egy pontból, ami megfelel a mozgás irányának. Az autóvezetők képesek megbecsülni a fékezés vagy a kanyarodás időzítését az optikai áramlásból és az akadály vagy kanyar aktuális távolságából.

Kim és Turvey (1996) vizsgálata alapján az autóvezetők a mozgás irányába nézve mintát vesznek az optikai áramlásból, ami segítségével nyilvánvalóvá válik az aktuális sebesség és az irány. Más vizsgálatok szerint az autóvezetők a horizont és az út találkozási hajlamosak koncentrálni és a szemmozgás pozíciói a magasabb sebesség függvényében egyre inkább erre a pontra kezdenek konvergálni. Rogers (2005) vizsgálatai célzottan a szemmozgás, sebesség és tapasztalat összefüggéseire koncentráltak egyenes úton haladás és fékezés közben. Eredményei alapján arra a következtetésre jutott, hogy az autóvezetés vizuális kontrollja alapvetően az optikai áramlás tulajdonságaira épül. Mivel az optikai áramlás szélső részein a sebesség hatására a környezet egyre homályosabbá válik, a jelenség „kiemeli” a látómező középső részét. Vagyis az optikai expanzió fókusza segíti az autóvezetőket, hogy irányban tartsák az autót, és figyelmüket az esetlegesen előttük lévő akadályra irányítja. Az autóvezetés valódi problémája viszont a kanyarodás.

A kanyar belső része, vagyis az érintőpont a retinális képre épülő elméleteknél kitüntetett szerepet kapott. Land (1994) a kanyar belső ívének és az autó pozíciójának összefüggésével magyarázta az autóvezetés belső modelljét, ami szerint az út legfontosabb része a belső ív.

Viszont az optikai áramlásra épülő modelleknek a kanyarodás során torzuló áramlás jelenségével kell szembenézni (Wilkie, Wann, 2003). Ilyenkor az expanzió fókusza nem a látómező közepén foglal helyet, s az áramlás a görbe vonalú mozgásnak megfelelően fog torzulni. Így az áramlás már az irányváltoztatás mértékéről is információt szolgáltat. Rogers és Kádár (1998, 1999) vizsgálata rámutatott arra, hogy a kanyar bevezető és kivezető szakaszában a tekintet más pontokra fókuszál a vezető tapasztalatának függvényében. Míg a bevezető szakaszon a belső ív továbbra is nagy szerepet játszik, a kivezető részen a tapasztaltabb sofőrök tekintete a külső ívre vált. További vizsgálatok szerint a sebességet és a pontosságot az optikai áramlás két alapvető tulajdonságával, az áramlás mértékével és az optikai expanzió fókuszával magyarázták (Rogers, Kádár, Costall, 2004). A belső és a külső ív jelentőségének a kettőssége a kanyarodásban fellépő kettős funkcionalitásnak (arra nézni, amerre menni akarunk és figyelni az elkerülendő felületeket) tulajdonítható (Rogers és Kádár, 1998). A kanyar belső ívének az érintőpont lesz a figyelem tárgya, a külső íven pedig a kanyar külső határa (Kádár, Rogers, Costall, 2004). Az eddigi vizsgálatok csak egyenes utat vagy egy egyszerű kanyart használtak a szemmozgás vizsgálata érdekében. Viszont kanyarok sorozata esetleg új információkat adhat az autóvezetés vizuális kontrolljához.

A jelen vizsgálat célja, hogy többszöri iránymódosítás során fellépő szemmozgás temporális mintázatát leírja a vizsgálatban használt pálya egyes részein. Az elsődleges cél, hogy a teljesítmény függvényében el lehessen különíteni a pálya területeit, vagyis összehasonlítani, hogy meddig tartózkodott a kísérleti személy tekintete egyes szakaszokon, s ezzel összefüggésben mekkora teljesítményt mutatott. Továbbá meghatározni a tanulás és a szemmozgás idői eloszlásának összefüggését. Az eddigi kutatások nem adtak egyértelmű választ, s eddig még nem vizsgálták a szemmozgást a jelen körülmények között.

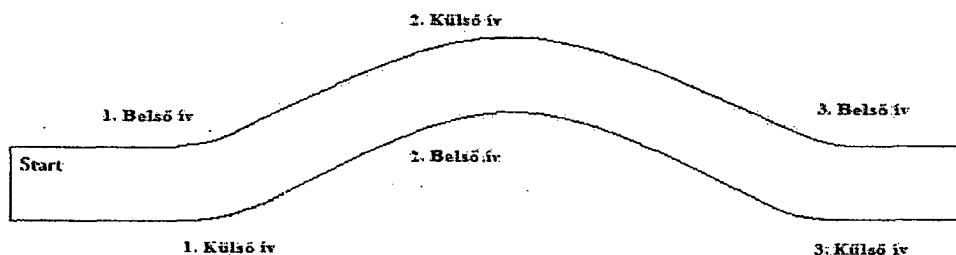
Módszerek

Résztvevők

6 kísérleti személy adatai használtuk a jelen kutatásban (19-27 év, 4 férfi, 2 nő). Nem volt olyan kísérleti személy, aki súlyos látásproblémától szenvedett volna és 4 személy rendelkezett jogosítvánnyal. A kísérleti személyek a kísérlet előtt megfelelő tájékoztatásban részesültek.

Eszközök

A pályán hat szakaszt különítettem el (1. ábra). A független változó a kísérleti személyek szemmozgásának egyes pályaszakaszon mért ideje (mennyi ideig néz egy szakaszt), míg az egyes próbák hossza, vagyis maga a teljesítmény a függő változó.



1. ábra: A kísérlet által vizsgált területek elhelyezkedése

A kísérlet a University of Portsmouth pszichológia tanszékének észlelés laboratóriumában zajlott. A felszereléshez tartozott a pálya, távirányítható játékautó és a szemmozgás elemző rendszer részei, mint a televízió, két kamera a szemmozgás rögzítéséhez (egy magát a szemet követte, egy pedig a fej helyzetét) és egy számítógép.

Kísérleti eljárás

Tekintet irányát a szemmozgás követő rendszer két kamera képének egymásra fedéséből hozta létre. Az egyik kamera a bal szem mozgását követte, a másik kamera pedig a kísérleti személy tekintetének megfelelő képet rögzítette. Ezek a számítógép által lettek egyesítve, vagyis mindegy egyes képkockánként hozzá lett rendelve a szem aktuális pozíciója. Ez a kép lett továbbküldve a videó felvevőbe, s VHS kazettára rögzítettük. Ezt az adatot később digitalizáltam, majd képkockánként elemeztem.

A kísérleti személy meghatározott távolságra ült a képernyőtől (60cm). Az autón lévő kamerát és a képernyőtől lévő távolságot úgy állítottuk be, hogy a kép érzete megfelelő legyen ahhoz, mintha a vizsgált személy az autóban ülne. A fejre erősíthető szemmozgás elemzőt minden egyes kísérleti személynél egyenként állítottuk be és kalibráltuk. Az utat nem lehet látni közvetlenül, csak a képernyőn keresztül.

Maga a kísérlet harminc próbát foglalt magába. A feladat szerint a kísérleti személyeknek át kellett hajtani a pályán olyan gyorsan, ahogy csak tudnak anélkül, hogy nekiütköznenek a pálya szélének. Ha ez mégis megtörtént, akkor az a próba sikertelenként lett elkönyvelve. A próbák végén az autót visszahelyeztem a kiindulópontonra.

Az autóvezetők szemmozgásának analízise manuálisan történt a szemmozgás követő rendszer által szolgáltatott és a videóra vett próbák által. A szoftver egy fehér négyzetet rajzol minden egyes képkockára, így a felvétel megfelel a szem aktuális pozíciójának az adott időben és látószögben.

Minden kísérleti személynél kihagytam az első hat, és kilenc próbával később még hat próbát. Ez az elején jelentkező gyakorlatlanságból fakadó félrevezető próbák elhagyása, s a tanulás vizsgálatához szükséges két szakaszra osztás miatt volt szükséges. A próba az indulásától a pálya végpontjának eléréséig volt mérve. Csak az a hat kísérleti személy lett kiválasztva az analízisre, akinek elegendő számú sikeres próbája volt és az adatok nem károsodtak az esetleges rossz kalibráció miatt. Minden egyes vizsgálatra kiválasztott próba idői eloszlása (vagyis szemmozgás egyes területeken) képkockánként lett elemezve. A tekintet aktuális pozíciója tisztán látható a pályán és az idő könnyen mérhető volt képkockák mennyiségének számolásával.

Eredmények

Az eredmények azt mutatják, hogy nincs mindenkire egységesen érvényes mintázat, a kísérleti személyek kisebb hasonlóságokon kívül mind egyedi mintázatot mutattak. (1. táblázat) A hasonlóságok abban jelennek meg, hogy a kísérleti személyek a három kanyar közül leginkább a középsőre fordítottak figyelmet, a harmadik kisebb, az első semmilyen jelentőséget nem kapott. A pálya kanyargós jellege és szűk keresztmetszete ellenére itt is az út felülete volt az a terület, ahol a tekintet jórészt tartózkodott. A leggyorsabbak a pálya minden elemét használták eltérő mértékben, a lassabbak viszont egy adott pályarészletre koncentráltak.

Az egyes területre eső szemmozgás ideje gyakorlatilag egy intervallum, amire hatással van a próba ideje, vagyis ha a teljesítmény javult, ami a próba idejének csökkenéséhez vezetett, akkor az egyes területekre eső szemmozgás ideje is kevesebb lett. Viszont az arányok változása megmutatja azt, hogy melyik terület az, amire a tekintet irányul, s a fejlődés során mely területekre helyeződik a hangsúly. Ahogy a statisztikai próbák is mutatták, a hangsúly a pálya középső területére irányul. Az első és második kanyaron kis mértékben időzik a tekintet. A tanulás során a hangsúly inkább a pályát szegélyező területekre helyeződik át, de inkább a külső ívekre, amelyek aránya a második fázisban sokkal nagyobb lett. A belső ívek változása nagyon kismértékű, s a pálya utolsó harmadában csökken is. Az útra eső figyelem aránya is csökken. (2. táblázat)

Belső 1	Külső 1	Belső 2	Külső 2	Belső 3	Külső 3	Út	Átlagos idő
4%	0	15.5%	3%	1.4%	11.8%	38%	6,37 sec
0	17.2%	14.2%	13.3%	3%	10.2%	42.4%	5,23 sec
13.30%	0	31.8%	0.9%	5.6%	3.1%	45.4%	5,02 sec
0	7.8%	7.3%	10.8%	0.7%	4.6%	68.5%	4,97 sec
0.50%	1.3%	10.3%	28.1%	0.6%	8%	51.4%	4,74 sec
1.30%	3.5%	9.3%	27.4%	5.3%	0	51.2%	4,1 sec

1. táblázat: A kísérleti személyek (teljesítmény alapján rangsorolva) szemmozgásának idői eloszlása a pálya egyes területein, százalékos arányban a próba összidejéhez képest.

	Belső1	Külső1	Belső2	Külső2	Belső3	Külső3	Út	Belső ív	Külső ív
1.szakasz	3.1	4.2	13.9	18.0	3.7	5.4	50.4	20.9	28.6
2.szakasz	3.2	6.0	15.9	19.9	2.0	7.3	46.9	21.1	33.2
változás	+4%	+42%	+14%	+10%	-45%	+35%	-7%	+1%	+16%

2. táblázat: A szemmozgás idő eloszlásának változása a kísérleti személyek tanulása miatt; Az összesített adatok (minden külső és belső ív értékei egyben) mutatják azt a tipikus tanulást, hogy a hangsúly a külső ívekre tevődik.

Megvitatás

Az elsődleges eredménye a jelen kutatásnak, hogy az autóvezetők szemmozgásnak idői eloszlása az út három tulajdonságán alapul a kanyar bevétele során: ez a kanyar külső íve, belső íve s az út felülete az autó előtt. Minden kísérleti



személy használta ezeket a felületeket. Az út egyes elemeinek hangsúlya nem az út képének elsődleges szerkezetéből adódott. A kísérleti személyek gyorsulása az úton lévő szemmozgás arányának csökkenését mutatta, míg a külső ív egyre nagyobb szerepet játszott a kanyarodás során. A belső ív használata nem tűnt el, de csak ott jelentett lényeges információt az autóvezető számára, ahol a kanyar egyértelműen mint akadály jelentkezett.

A kísérlet eredménye megmutatta, hogy a belső ív információértéke a kanyarodás alatt jelentős, de szerepét át kell gondolni. Land (1994) érvelése szerint a kanyarodáshoz szükséges információk könnyedén kiolvashatóak az autó és a belső ívre helyezhető egyenes segítségével. Ha elfogadnánk ezt az elméletet, akkor minden kanyarban hasonló mintázatnak kellett volna létrejönni, vagy a statisztikai elemzésnek ki kellett volna emelnie a belső ívre eső szemmozgás arányát. A jelen vizsgálat alatt viszont minden kanyar egyedi mintázattal rendelkezett és volt olyan kísérleti személy, aki egyes szakaszain a pályának egyáltalán nem nézett a belső ívre. Másrészt, a belső ívre irányuló figyelem mértéke csökken, amikor a vezetők tapasztaltabbá válnak, ami inkonzisztens a Land és Lee (1994) modelljével és más, retinális képre épülő elméletekkel (Donges, 1978). De az adatok illeszkednek az optikai áramlásra épülő modellekkel, ahol a tapasztalt vezetők tekintete a külső ívre irányul a kanyar kivezető szakaszán.

A tanulás jelensége egy lehetséges feloldása lehet annak a vitának, ami a belső és a külső ív körül alakult ki. A tapasztalt sofőrök a sebesség és a kanyar „levágása” miatt közelebb kerülnek a külső ívhez, ami így betölti a látóteret. A külső ív felületének változása így megfelel az optikai áramlásnak, mivel dilatációja és szisztematikus elmozdulásának mértéke megfelel a mozgásnak. Ez a jelenség ismét rámutat a kanyar kettős jelenségére (Rogers és Kádár, 1998). A kanyar akadály, amit el kell kerülni, s ez akkor is igaz, ha ez a felület a látótér perifériájában jelenik meg. De a kanyar íve meghatározza az irányt, felületet biztosít az irányváltáskor módosult optikai áramlásnak. A tapasztalt vezetők egyszerűen inkább a globális áramlásra támaszkodnak, míg a kezdők a lokálisra, mivel a lokális áramlás segíti őket az akadályok elkerülésére, de ez a sebesség csökkenésével jár (Kaiser, Mowafy 1993).

Hivatkozások

- Donges, E. (1978). Two-level Model of Steering Behavior. *Human Factors*, 20, 691-707.
Gibson, J. J. (1966). *The senses considered as perceptual systems*. Boston: Houghton Mifflin.

- Gibson, J. J. (1979). *The ecological Approach to visual Perception*. Hillsdale, N. J: Lawrence Erlbaum.
- Gibson, J. J. & Crooks, L. E. (1938). A theoretical field-analysis of automobile-driving. *American Journal Of Psychology*, *51*, 453-471.
- Kadar, E. E., Rogers, S. D., Costall, A. (2004). Seeing into the future by going with the flow: The role of gaze and optic flow in steering, *Perception*, *33*
- Kaiser, K. M., Mowafy, L.(1994). Optical Specification of Time-to-Passage: Observers' Sensitivity of Global Tau. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *19*, 1028-1040.
- Kim, N. G., Turvey, M.T., & Growney, R. (1996). Wayfinding and the sampling of Optical Flow by Eye Movements. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *22*(5), 1314-1319.
- Land, M. F., (1998). The visual control of steering. In L. Harris, & M. Jenkin (Eds.), *Vision and action* (pp. 163-180). Cambridge: Cambridge University Press.
- Land, M. F., & Lee, D. N. (1994). Where we look when we steer. *Nature*, *369*, 742-744.
- Rogers, S. D., & Kadar, E. E. (1999). The role of experience in high speed curve negotiation. In M. Grealy & J. Thompson (Eds.), *Studies in perception and action V*. (pp. 113-116). London: LEA.
- Rogers, S., Kadar, E. E. & Costall, A. (2005). *Gaze patterns in visual control of straight-road driving and breaking as a function of speed and expertise*. *Ecological Psychology*, *17*, 19-38.
- Shinar, E.D., McDowell E. D., Rockwell T.H. (1997). Eye movements in curve negotiation, *Human Factors*, *19*, 63-71.
- Wilkie, R. M. & Wann, J. P. (2003). *Eye-movements aid the control of locomotion*. *Journal of Vision*, *3*(11), 677-684.