

**Az objektumok tulajdonságainak és elrendezéseinek szerepe
a felhasználói felületek tervezésében**

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS

Készítette: Kosztyánné Mátrai Rita

Témavezető: Sikné Dr. Lányi Cecília

Pannon Egyetem

Informatikai Tudományok Doktori Iskola

2010

**AZ OBJEKTUMOK TULAJDONSÁGAINAK ÉS ELRENDEZÉSEINEK SZEREPE
A FELHASZNÁLÓI FELÜLETEK TERVEZÉSÉBEN**

Értekezés doktori (PhD) fokozat elnyerése érdekében

*a Pannon Egyetem Informatikai Tudományok
Doktori Iskolájához tartozóan*.

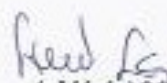
Írta:

Dr. Kosztyánné Mátrai Rita

**Készült a Pannon Egyetem iskolája/
programja/alprogramja keretében

Témavezető: Sikné Dr. Lányi Cecília

Elfogadásra javaslom igen / nem


(aláírás)**

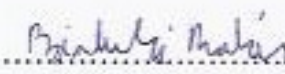
A jelölt a doktori szigorlaton 100 % -ot ért el.

Az értekezést bírálóként elfogadásra javaslom:

Bíráló neve: Dr. Szabó Gábor igen /nem

.....
(aláírás)

Bíráló neve: Dr. Binkóczi Balázs igen /nem

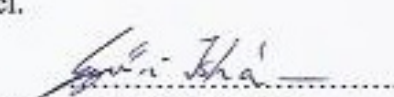

(aláírás)

***Bíráló neve: igen /nem

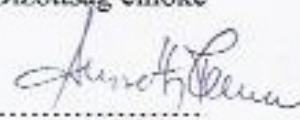
.....
(aláírás)

A jelölt az értekezés nyilvános vitáján 100 % -ot ért el.

Veszprém/Keszthely, 2011. 06. 03.


a Bíráló Bizottság elnöke

A doktori (PhD) oklevél minősítése Summa cum laude


Az EDT elnöke

Megjegyzés: a * közötti részt az egyéni felkészülők, a ** közötti részt a képzésben résztvevők használják, *** esetleges

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretném megköszönni mindazok segítségét, akik munkám elkészítéséhez jelentős mértékben hozzájárultak.

Szeretnék köszönetet mondani először is *szüleimnek*, akik a sok-sok tanulással töltött évek alatt mindvégig nyugodt körülményeket biztosítottak szakmai fejlődésemhez, s mindenben, amiben csak tudtak, támogattak.

Szeretnék köszönetet mondani *témavezetőmnek, Sikné dr. Lányi Ceciliának*, aki e témára ráirányította a figyelmemet, és akinek révén rangos nemzetközi konferenciákra eljuthattam, projektekből részt vehettem, és kiváló szakemberekkel kerülhettem kapcsolatba.

Köszönetet mondok *laborvezetőnknek, Schanda János professzor úrnak*, akihez úgyszintén bármikor fordulhattam, s hasznos irodalmakkal, szakmai tanácsokkal látott el.

Köszönöm *Ábrahám György professzor úrnak és Dr. Bánhelyi Baláznak* a házi védésen tett építő jellegű javaslatait, melyek sokat jelentettek számomra dolgozatom tökéletesítésében. Külön köszönöm a konzultációs lehetőségeket is.

Köszönet illeti mindazon lelkes, munkájukat nagy odaadással végző (gyógy)pedagógusokat is, akik az empirikus kutatásaimhoz hozzájárultak, s útmutatásaimat maradéktalanul betartva tanítványaikkal teszteléseket végeztek. Név szerint:

Buday Endre (Teleki Blanka Általános Iskola és Gimnázium, Székesfehérvár)

Hudra Nikoletta (Szilágyi Erzsébet Keresztény Általános Iskola, Veszprém)

Papp Józsefné (Dózsa György Általános Iskola, Veszprém)

Tálas Lászlóné (Dózsa György Általános Iskola, Veszprém)

Vági Lilla (Kozmutza Flóra Általános Iskola és Képességfejlesztő Speciális Szakiskola, Veszprém)

A disszertációmban felhasznált szoftverek fele eredeti, saját fejlesztésem, a másik rész kivitelezésében gyakorlati munka keretében hallgatóim vettek részt témavezetésemmel, melyekért köszönetet mondok nekik. Név szerint:

Tarjányi István (navigáció vizsgálata 3D térben, 2006)

Gógh Előd (navigáció vizsgálata kötött elrendezések esetén, 2007)

Mesterházi Sándor (navigáció vizsgálata honlapokon, 2007)

Arany Tamás (szövegértés vizsgálata, 2009)

Külön köszönettel tartozom *férjemnek, Dr. Kosztyán Zsolt Tibornak*, akivel nap mint nap megoszthattam gondolataimat, ötleteimet, s észrevételeivel mindig átlendített a legnehezebb pillanatokban is. Köszönöm a segítségét, amit több száz egyetemi hallgató kísérletekbe történő bevonásában nyújtott, s azt a sok-sok programozással töltött órát, amelyeknek eredményeképpen a több százezer sornyi .txt-fájlokban tárolt kísérleti adat rendezett excel táblázatokba került át. Köszönöm az adatok statisztikai kiértékelésében nyújtott segítségét, s legfőképpen pedig az évek során nyújtott lelki támogatását.

TARTALMI ÖSSZEFOGLALÓ

A disszertációban egy új módszer kerül bemutatásra, mellyel a felhasználói felületek átláthatóságát lehet jellemezni. Ehhez több száz kísérleti személynek információ-keresési feladatokat kellett megoldania a vizsgálatokhoz készült programok felhasználói felületén. Az eredményekből következtethetünk arra, hogy milyen beállításokat célszerű alkalmazni, hogy a kívánt információhoz hamarabb hozzájussunk. Az empirikus vizsgálatokban több, mint száz egyetemista, 60 középiskolás és mintegy 45 középsúlyos értelmileg sérült felhasználó vett részt.

A kidolgozott egzakt statisztikai és gráfelméleti módszer segítségével egy úgynevezett navigációs térkép készíthető el, mely tartalmazza, hogy a kísérleti személyek milyen sorrendben, milyen útvonalon közlekedve találták meg a keresendő objektumokat. A szerző összehasonlította a navigációs útvonalakat az átlagos és értelmileg sérült felhasználói csoportok között, valamint megvizsgálta, hogy ezek a legvalószínűbb útvonalak mennyire jellemzőek, mennyire szignifikánsak az egyes felhasználói csoportokban. Olyan statisztikai mutatók is alkalmazásra, illetve kidolgozásra kerültek, melyekkel nem csak azt lehet vizsgálni, hogy van-e jellemző navigációs (bejárési) útvonal a felhasználói csoportokat tekintve, hanem amellyel számszerűen kifejezhető az is, hogy a kísérleti személyek navigációs útvonalai mennyire térnek el egymástól, illetve mennyire hasonlítanak egymáshoz.

A módszer segítségével a kattintási sorrendek ismeretében a navigációs gráf, navigációs struktúra, navigációs és preferencia-térkép meghatározható, általuk a felhasználók navigációs stratégiája jellemezhető. A navigációs stratégia alapján a felhasználói felület átláthatósága jellemezhető.

Az információknak nemcsak a megtalálása, hanem az értelmezése is fontos. A disszertáció utolsó kísérlete a szövegértést befolyásoló paramétereket vizsgálja.

ABSTRACT

In the dissertation a new method is introduced with which perspicuity of user interfaces can be characterized. With the method navigation graph, navigation structure, navigation and preference map can be determined if we know clicking orders, and users' navigation strategy can be determined. Based on the navigation strategy, the perspicuity of user interfaces can be concluded.

More than 100 university students, 60 secondary pupils and 45 children with mild intellectual disabilities participated in the experiments. Information seeking tasks had to be solved on the user interfaces of programs made for these investigations.

Interpretation of founded information is also important. The last experiment examined which parameters can influence text comprehension.

ZUSAMMENFASSUNG

In der Dissertation wird eine neue Methode vorgestellt, mit Hilfe dessen die Transparenz von Benutzeroberflächen charakterisiert werden kann. Mit dieser Methode ist es möglich, Navigationsgraphen, Navigationsstrukturen, Navigations- und Präferenzkarten zu ermitteln und Navigationsstrategien zu charakterisieren. Anhand der Navigationsstrategie lässt es sich auf die Transparenz der Benutzeroberflächen schließen.

An den empirischen Studien haben über 100 Studenten, 60 Mittelschüler und 45 mittelschwer geistig behinderte Kinder teilgenommen. Die Testpersonen hatten über die Benutzeroberfläche der für die Untersuchungen erstellten Programme Aufgaben zur Informationssuche zu lösen.

Bei Informationen ist es nicht nur wichtig, sie zu finden, sondern sie auch zu interpretieren. Im letzten Versuch der Dissertation wurden Parameter untersucht, die das Textverständnis beeinflussen.

TARTALOM

1 Szakirodalmi áttekintés	1
1.1 A látott információk érzékelése és észlelése.....	1
1.1.1 A szem optikája s az ebből fakadó tervezési elvek	1
1.1.2 A színlátás.....	2
1.1.2.1 A CIELAB színingertér	3
1.1.3 Szemmozgások szerepe	4
1.1.4 Kontrasztok érzékelése	4
1.1.5 Jelek útja az agyba.....	5
1.1.6 Az olvasás folyamata.....	6
1.2 Valóban azt látjuk, ami a retinára vetül?	6
1.3 Vizuális keresés	7
1.3.1 Vizuális keresési feladat	8
1.3.2 Vizuális keresések elméletei.....	8
1.3.2.1 Sajátságintegrációs elmélet (Feature integration theory, FIT)	8
1.3.2.2 Irányított keresés (Guided Search, GS)	9
1.3.2.3 Késői kiválasztásos modell (late-selection model).....	9
1.3.3 A modellek áttekintése	10
1.4 A vizuális figyelem metaforái.....	10
1.5 Hogyan pásztázzuk a képernyőt?.....	11
1.6 Vizuális keresést befolyásoló tényezők	13
1.6.1 Vizuális hierarchia.....	13
1.6.2 Keresett és nemkeresett objektumok tulajdonságai.....	14
1.6.3 Vizuális feltűnőség	14
1.6.4 Előzetes tapasztalatok szerepe.....	15
1.6.5 Betűtípus.....	16
1.6.6 Sorhosszúság	16
1.6.7 Ismeretlen szavak	17
1.7 Navigáció vizsgálata	17
1.7.1 Mi a navigáció?	17
1.7.2 Navigáció vs. vizuális keresés	17
1.8 Hozzáférhető weboldalak tervezése.....	18
1.8.1 Hozzáférhetőség vs. használhatóság.....	19

1.9	Értelmileg sérült személyek mint speciális szükségletű felhasználók	21
2	Kutatási területem körvonalazása	23
3	A kísérletek leírása	25
3.1	Mértani formák keresése	25
3.2	Figurák keresése képekben	26
3.3	Különböző formák keresése	27
3.4	Navigáció és reagálási idő vizsgálata szöveges keresési feladatoknál	28
3.4.1	A tesztprogram bemutatása	28
3.4.1.1	Szófejtő	28
3.4.1.2	Navigáció vizsgálata kötött elrendezések esetén	30
3.5	Keresés honlapokon	31
3.6	Navigációs feladatok összefoglalása	33
3.7	Szövegértés vizsgálata különböző elrendezésű feladatok esetén	34
3.8	Résztvevők	35
4	Az adatok kiértékelése	36
4.1	Kattintási sorrendekre ható befolyásoló tényezők vizsgálata	36
4.1.1	Asszociációs vizsgálatok alkalmazása a navigációs struktúra feltérképezésére	36
4.1.1.1	A kontingencia-elemzésnél alkalmazható statisztikai módszerek:	36
4.1.2	Kontingencia-mutatók értékének vizsgálata	37
4.2	Szignifikáns sorrendek vizsgálata	39
4.2.1	Hasonló, egyező szekvenciák vizsgálata	40
4.2.1.1	Hasonlóságtól a koncentrációig	41
4.3	Bejárt navigációs útvonalak	43
4.4	Kattintási sorrendektől a preferenciaskáláig	44
4.5	Navigációs útvonalak, navigációs stratégiák	45
4.6	Navigáció és reagálási idő vizsgálata szöveges keresési feladatokban	48
4.6.1	A Szófejtő feladat kiértékelése	48
4.6.1.1	Alkalmazott statisztikai módszerek, munkahipotézisek	48
4.6.2	Navigáció vizsgálata kötött elrendezések esetén	50
4.7	Szövegértés vizsgálata	52

5	Eredmények	54
5.1	A megtalálható objektumok számának hatása a kattintási szekvenciák előrejelezhetőségére és szignifikanciájára.....	54
5.1.1	A kontingencia-elemzés eredménye	54
5.1.1.1	Kontingencia-mutatók értékének vizsgálata.....	54
5.1.2	Szignifikáns sorrendek vizsgálata	57
5.1.3	Bejárt navigációs útvonalak.....	59
5.2	Navigációs útvonalak, navigációs stratégiák	60
5.3	Navigációs útvonalak összehasonlító elemzése	62
5.3.1	Elrendezések, objektumméretetek befolyásoló szerepe a navigációs struktúrára, illetve a megoldási időre	62
5.3.2	Reagálási idők változása az objektum nagyságának, elforgatásának, alakjának függvényében.....	67
5.4	Három dimenziós objektumok keresése	69
5.5	Figurák keresése.....	71
5.6	Különböző formák keresése.....	74
5.7	Navigáció és reagálási idő vizsgálata szöveges keresési feladatokban	78
5.7.1	A Szófejtő feladat eredményei	78
5.7.2	Kísérleti eredmények összefoglalása.....	78
5.7.3	A kötött elrendezésű navigációs kísérlet eredményei.....	80
5.7.3.1	A kiemelés hatása a reagálási időre	80
5.7.4	Kísérleti eredmények összefoglalása.....	82
5.8	Navigációs struktúrák vizsgálata honlapokon	83
5.8.1	Honlapon történő keresés oszlopos elrendezés esetén	84
5.8.2	Többféle keresendő szó, illetve szavakhoz kapcsolódó fogalmak keresése	88
5.9	Szövegértés vizsgálata különböző elrendezésű feladatok esetén.....	91
6	Tézisek, ajánlások.....	93
7	Összefoglalás	96
8	Irodalomjegyzék.....	97
9	Mellékletek.....	i

9.1	Szemelvények a vizuális figyelem vizsgálatával kapcsolatos kísérletekből....	i
9.1.1	Egy érdekes kísérlet a nemfigyeléses vakság jelenségéről.....	i
9.1.2	Treisman paradigmái	ii
9.1.3	Kísérletek a figyelt területre eső információk feldolgozásának vizsgálatához	iii
9.2	Definíciók, állítások, bizonyítások	vi
9.3	Statisztikai kiértékelések.....	xiv
9.3.1	Kontingencia-mutatók meghatározása	xiv
9.3.2	Szignifikáns útvonalak meghatározása.....	xvii
9.3.3	Nominális skáláktól az arányskáláig	xviii
9.3.4	Magasabb szintű statisztikai módszerek alkalmazása, avagy a regresszió-analízistől a klaszterelemzésekig.....	xxvi
9.3.5	Statisztikai módszerek használata	xxxv
9.4	Néhány kísérlet részletes elemzése	xxxvi
9.4.1	Mértani formák keresése	xxxvi
9.4.1.1	A regresszió- és varianciaelemzés eredménye	xlii
9.4.2	A 2D és 3D objektumok keresési eredményeinek összehasonlítása	xlvi
9.5	A „Szófejtő” feladat eredményeinek részletes vizsgálata	xlvi
9.5.1	A klaszterezés eredménye	xlvi
9.5.2	A regresszióanalízis eredményei vizuális keresési feladatoknál:	li
9.5.3	A keresendő objektum pozíciójának hatása annak megtalálási idejére .	lii
9.5.4	A varianciaanalízis eredményei a vizuális keresési feladatoknál	lii
9.5.5	A regresszióanalízis eredményei navigációs feladatoknál	liv
9.5.6	A keresendő objektumok pozícióinak hatása a kattintási sorrendre.....	liv
9.5.7	A varianciaanalízis eredményei a navigációs kísérletben	lv
9.5.8	Az útelemzés eredménye a navigációs kísérletben.....	lvi
9.6	A kötött elrendezésű navigációs kísérlet eredményeinek részletes elemzése	lx
9.6.1	A regresszióanalízis eredményei a kötött elrendezésű navigációs kísérletben	lx
9.6.2	Kattintási sorrendek és navigációs útvonalak a kötött elrendezésű navigációs kísérletben	lxi
9.6.3	Lényeges különbségek megtalálása.....	lxiii
9.7	Honlapokon belüli keresések esetén meghatározott navigációs térképek	lxv
9.8	A szövegértéses kísérlet eredményeinek részletes elemzése	lxx

9.9	Két további navigációs kísérletem	lxxviii
9.9.1	Honnét indulunk?	lxxviii
9.9.2	Vizuális kereséstől a navigációig	lxxix

1 Szakirodalmi áttekintés

1.1 A látott információk érzékelése és észlelése

A látás érzékelő szerve a szem, melynek „hátdalán”, a retinán fényérzékeny receptorok találhatók. A retinára érkező kép alakul az agyban észleletté.

1.1.1 A szem optikája s az ebből fakadó tervezési elvek

Hogyan érzékeli látószervünk az információkat? Szemünkben a fény belépő ablaka a cornea borítja, amelyen át bejutva a fény az ún. elülső csarnokba érkezik, majd a pupillán át a szemlencsén keresztül vezet az útja, míg végül – az üvegtesten áthaladva – eljut a retináig, miközben – közegről közegre haladva – megtörik. A szemünk, mint egy jól működő optikai rendszer, folyamatosan törekszik arra, hogy „jól lássunk”. A látásélesség a retina középső területén lévő sárgafoltban a legnagyobb. A szemlencse görbületét az ún. sugárizmok állítják be úgy, hogy a retinára érkező kép minél élesebb legyen. Mivel a törésmutató hullámhosszfüggő, ezért a különböző hullámhosszúságú fények különböző mértékben megtörve jutnak a retinára. Ebből az is következik, hogy nem minden előtér- háttérszín kombinációt tudunk élesen látni. Ha kék háttérre írunk vörös betűkkel, a következő probléma lép fel: szemünk megpróbál egyidejűleg fókuszálni a rövid hullámhosszúságú kék és a hosszú hullámhosszúságú vörös színre. A kék szín élesen látásához sokkal jobban be kell görbíteni a szemlencsét, mint a vörös színre történő fókuszáláskor, a sugárizmok így hol jobban, hol kevésbé görbítik be a szemlencsét, ami nagyon hamar az izmok elfáradásához vezet.

A pupilla átmérője 2 mm és 8 mm között változik a fénysűrűség függvényében, melyet a szivárványhártya szabályoz. Nagy fénysűrűség hatására a pupillánk összeszűkül, a kisebb pupillaméret pedig a szem törőfelületének tökéletlen külső részeit kizárja, így jobb lesz a látásélesség, a mélységélesség és a kontraszt érzékelése is. Sötétben jobban kitágul a pupillánk annak érdekében, hogy a szemünkbe több fény jusson. A nagyobb átmérő következtében a szem felbontóképessége viszont csökken (Bruce, Green, Georgeson, 1996). Az információk észlelése és feldolgozása szempontjából tehát előnyösebb, ha világos szobában, teremben dolgozunk a számítógépen, nem pedig sötét szobában ülve. A kísérleti körülmények megteremtése során erre odafigyeltem, s arra is, hogy ne legyen túl világos, ne léphessen fel tükröződés, káprázás.

1.1.2 A színlátás

A retinán 130 millió pálcika és 7 millió csap helyezkedik el. A pálcikák kisebb fénysűrűség esetén lépnek működésbe, míg a csapok a nappali, színes látásért felelősek (Hunt, 1991). A csapok és pálcikák eloszlása a retinán nem egyenletes. A retina középső részén, a látógödörben (foveában) – mely a sárgafolt mögött helyezkedik el – elsősorban csapokat találunk, míg a foveától távolodva a csapok száma nagy mértékben csökken, s egyre több pálcika jelenik meg. A fovea középső területén, a foveolában szinte csak vörös és zöld érzékeny csapok vannak; ez a terület kék színvak.

Háromféle csap található a szemünkben, melyek színeképi érzékenysége eltér egymástól. Az egyik a hosszú, a másik a közepes, a harmadik a rövid hullámhosszúságú fényekre érzékeny leginkább, melyeket rendre – szemléletesen – vörös, zöld és kék csapoknak is neveznek; vagy – az angol „long”, „medium” és „short” szavak rövidítése alapján – L, M és S csapoknak. A háromféle fényérzékeny receptor létezését Thomas Young (1773-1829) vetette fel először, elméletét pedig Hermann von Helmholtz (1821-1894) módosította. E két kutatóról elnevezett Young-Helmholtz-féle színlátáselmélet szerint a színlátás a vörös, zöld és kék alapszínek kombinációjának eredményeképpen jön létre (Kaiser, Boynton, 1996).

Nem azonos mennyiségben vannak jelen a különböző csapok a szemünkben. A kékre érzékeny csapokból van a legkevesebb; ehhez képest kb. 20-szor annyi található a zöld, s kb. 40-szer annyi a vörös csapokból.

Miért nem látunk bizonyos színekombinációkat, pl. vöröses zöldet, vagy kékes sárgát? Ewald Hering e gondolatok alapján egy másik színlátáselméletet dolgozott ki, mely négy alapszínt különböztet meg: a vöröset, a zöldet, a kéket és a sárgát, s az elmélet szerint a színészlelést két ellentétes rendszer tevékenysége irányítja: egy vörös-zöld és egy kék-sárga mechanizmus (Kaiser, Boynton, 1996).

Mindkét elmélet bizonyítást nyert a XX. századi kutatások során. A Young-Helmholtz-féle elmélet a retina szintjén írja le a színlátást, míg a Hering-féle színlátáselmélet a retináról kilépő idegimpulzusok vizsgálatánál igazolódott be. A csapok jelei ugyanis nem külön-külön továbbítódnak az agy felé, hanem különféle mechanizmusok során összegződnek, amelyeket a bipoláris, horizontális, amakrin és ganglion sejtek hálózata végez el. A ganglion sejtek axonvégei lépnek ki a vakfolton át s juttatják el további feldolgozásra a csapok összegzett jeleit három különböző csatornán az ikertest felé. A három csatorna közül az egyik a világosság-információt viszi tovább (akromatikus csatorna), melyben a hosszú és közepes

hullámhosszú csapok jeleik összegződnek, míg a másik két csatorna felelős a színi információk továbbításáért (kromatikus csatornák). Az egyik színi csatorna a vörös és zöld csapok jeleinek különbségét viszi tovább („vörös-zöld mechanizmus”), míg a másik a vörös és zöld csatorna jeleinek összegzéséből és a kék csatorna jeléből képez különbséget („kék-sárga mechanizmus”). Ezért nem látunk vöröses zöldet, és kékes sárgát sem.

1.1.2.1 A CIELAB színingertér

A színeket sokan sokféleképpen próbálták rendszerbe foglalni, s az egyes színekhez objektív értékeket rendelni. A XX. században színinger-mérő műszerek is megjelentek, amelyek a mért színingerek alapján objektív számértékeket adnak. A CIE (Nemzetközi Világítástechnikai Bizottság) 1976-ban elfogadta – többek között – a CIELAB színingertert, amelyet egyre szélesebb körben alkalmaznak (legújabb kiadás: CIE 15.3, 2004). Alapgondolata a Hering-féle színlátáselméletből fakad. A színeket gyakorlatilag egy 3D-s koordináta-rendszerben ábrázolja, melyben az a^* tengelyen a vörös-zöld, a b^* tengelyen a kék-sárga komponens található, az L^* tengely pedig a világosság-értéket mutatja (1. ábra). Az a^* pozitív értéke vörös, negatív értéke zöld színre utal, míg a b^* pozitív értéke sárga, negatív értéke kék színárnyalatot jelent.

A CIELAB színingertér észlelet szerint első közelítésben egyenközű, ami azt jelenti, hogy a tér bármely részéről választok ki két, átlagos emberi észlelő által egymástól éppen megkülönböztethető színt, azok egymástól mért távolsága közel egyenlő. Két szín közötti színinger-különbség értéke a következőképpen számítható:

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (1)$$

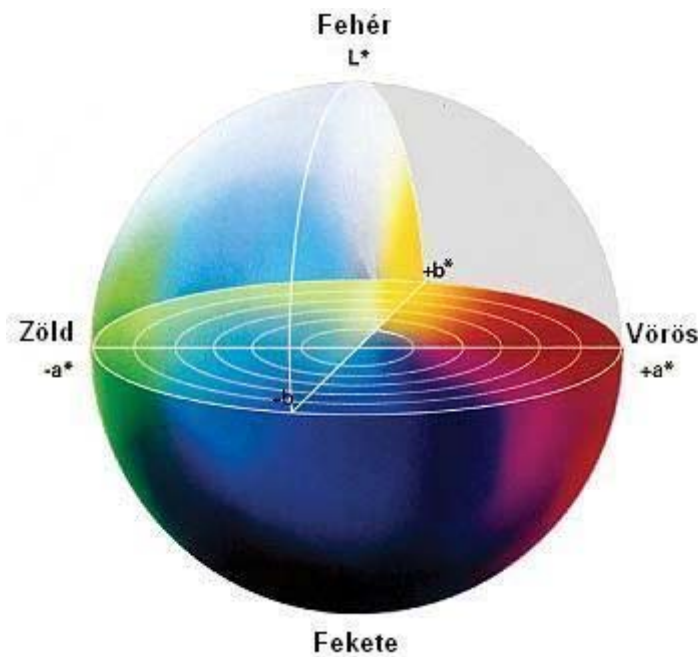
A 3.4 fejezetben leírt kísérletnél az előtér- és háttérszínek értékeit, illetve a színinger-különbségi értékeket CIELAB színingertérben adtam meg. A színkülönbségi értékek mellett az előtér- és háttérszínek L^* értékeiből Michelson-kontrasztot is számítottam, ami a világosság-különbségről ad információt. A Michelson-kontraszt értéke 0 és 1 között lehet, számítása pedig a következő:

$$C = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{L_{\max} + L_{\min}} \quad (2)$$

(Szokásos az $\frac{L_{\max} - L_{\min}}{\frac{L_{\max} + L_{\min}}{2}}$ képlet használata is, én az előbbi változatot használom.)

Mivel a 3.4 fejezetben leírt kísérletben mind az előtér, mind a háttér homogén volt, a (2) képletet azzal a módosítással használtam fel, hogy az L_{\max} érték helyett az előtér, L_{\min} érték

helyett a háttér fénysűrűség-értékével számoltam. A kapott érték előjele így azt jelzi, hogy az előtér az sötétebb (negatív előjel) vagy világosabb-e (pozitív előjel) a háttér fénysűrűségéhez képest.



1. ábra: A CIELAB színingertér (Williams, 2002).

1.1.3 Szemmozgások szerepe

Ha a szemet fixálnánk, és a látómező képpontjai a retinának mindig ugyanazon pontjaira képződnének le, akkor a csapokban végbemenő fotokémiai változások következtében a kép rövid idő alatt kifakulna, eltűnne, látásunk megszűnne. Éppen ezért szemünk állandó mozgásban van, folyamatosan apró rángásokat végez. Az apró rángó mozgásokon túl még többféle szemmozgás is segíti a látást. A tremor mozgás az éles kontrasztok helyét változtatja folyamatosan a retinán, a drift (vagy sikló) szemmozgás a mozgásban lévő tárgyakra való folyamatos fixálást biztosítja, míg a szakkád (vagy szökellő) szemmozgás a fixációt viszi át egyik helyről a másikra (Hercegfő, Izsó, 2008; Yarbus, 1967). Ez utóbbinak különösen fontos szerepe van a képernyő pásztázásánál, szövegek olvasásánál.

1.1.4 Kontrasztok érzékelése

A ganglionsejtek koncentrikus receptív mezőkkel rendelkeznek, amelyeknek a központi területe az izgalmi zóna, mely fény hatására fokozott mértékben továbbítja az idegimpulzusokat (ezt „on” mechanizmusnak is nevezik), míg az ezt körülvevő sáv a gátló zóna, amely fékezi az impulzusok továbbítását (ezt „off” mechanizmusnak is nevezik). A

receptív mezők átlapolódóak is lehetnek. (Hartline, 1938; Kuffler, 1953; Barlow, 1953; Ratliff, 1974)

A színi információt 1,2 millió ganglionsejt fogadja, amelyek 90%-a az L és M csapok jeleit dolgozza fel. Egy L-M típusú receptív mező magja L csapokból, a környező sáv pedig M csapokból áll. Ha egy hosszú hullámhosszúságú fény csak a receptív mező közepét érinti, akkor nagy tüzelési gyakoriságú jelet bocsát ki a sejt, míg ha az egész receptív mezőt érinti, akkor a jel – annak következtében, hogy az izgalmi zóna hatása mindig erősebb, mint a gátló zónáé – alig lesz nagyobb a nyugalmi állapotban kibocsátott jelnél. Hasonló mechanizmus játszódik le az M-L típusú receptív mezők esetén, ha közepes hullámhosszúságú inger éri (DeValois, Abramov, Jacobs, 1966; Hercegfő, Izsó, 2008). Az L+M központ-környezet antagonisztikus mechanizmus segíti a retina szintjén a kontrasztok kiemelését, határvonalak detektálását, mely fontos szerepet játszik abban, hogy a köznapi életben a tárgyakat, a képernyőn pedig a grafikus és a szöveges elemeket egyaránt felismerjük.

1.1.5 Jelek útja az agyba

A ganglionsejtek axonjain lépnek ki a szemből a vakfolton át az információk, s mennek tovább az ikertest felé. Az ikertest a thalamus vizuális területe. Mindkét szemből megy mindkét ikertestbe információ. Az élek, vonalak, formák, tónusok, foltok észlelése ezen a szinten történik. A jelek előtte a chiasma opticum elnevezésű kereszteződésben találkoznak, majd pedig a kereszteződésből kilépve ismét szétválnak (Valberg, 2005).

Az ikertest laminált szerkezetű, 6 rétegből áll. Az alsó két rétege az ún. magnocelluláris réteg, ahol nagyobb méretű sejteket találunk, az információfeldolgozás pedig gyorsabb, kevésbé részletes. A mozgások érzékelése itt történik. A 3-6. réteg a parvocelluláris réteg, ahol kisebb sejteket találunk, az információfeldolgozás pedig lassabb, részletesebb (Carlson, 2007). A színek észlelése ezen rétegekben zajlik.

Az azonos oldali szemből a 2., 3. és 5. réteg fogadja az információkat, az ellentétes oldali szemből jövőket pedig az 1., 4. és 6. réteg. Mindkét szemből megy tehát mind a magnocelluláris, mind a parvocelluláris rétegbe információ, amely szükséges ahhoz, hogy a két szemben leképződött két különböző képet egy egységes képpé alakítsa a látó cortex, ahová az ikertest küldi a jeleket tovább. A látó cortexben alakul ki az észlelt kép. A látó cortex azonban nemcsak fogadja az ikertestből az információkat, hanem maga is küld információt az ikertest felé. Itt tehát egy visszacsatolás történik: az alapján, amit látunk, érkezik egy visszacsatolás, egy visszajelzés. Enélkül nem tudnánk tekintetünket irányítani.

1.1.6 Az olvasás folyamata

A szem az olvasás során nem gördül végig egyenletesen, zökkenőmentesen a szövegen, hanem kisebb-nagyobb ugrások sorozatát végzi – állapította meg először Javal már 1878-ban a párizsi egyetemen, melyet a későbbi szemmozgás-követéses vizsgálatok is megerősítettek (Findlay, Gilchrist, 2003). Olvasás közben a szemünk apró szemmozgásokkal, ún. saccadokkal végigmegy az egyes sorokon, és az egyes saccadok között fixációs szünetet tart. Az egyes sorokon belül néha előfordulnak az írás irányával ellentétes irányban történő saccadok is. Olvasás során a szemünk nem „akad meg” minden egyes karakteren; minden egyes fixáláskor egyszerre több karaktert is nézünk ugyanabban az időpillanatban. Egy angol szöveget folyékonyan olvasni tudó ember átlagosan 7-9 karaktert ugrik egy saccad alatt, közben 200-250 ms ideig fixál. Az egyes saccadok átlagosan 30 ms-ig tartanak. Ha eltekintünk a visszafele irányban történő saccadoktól, akkor egy perc alatt körülbelül 250 szót tud elolvasni egy jól olvasó ember. (Rayner & Pollatsek, 1989).

Az olvasáshoz nem elegendő a foveális látás. A perifériára kerülő információk szignifikánsan közreműködnek az olvasás folyamatában. Az olvasás együtt jár az észlelési és kognitív folyamatok kölcsönhatásával. Számos kutatás kimutatta, hogy az olvasásban szerepet játszó információk a vizuális területen belül egy fovea körüli korlátos tartományra esnek.

A kulcskérdés az, hogy milyen vizuális információk lépnek be a folyamatba. Ehhez először figyelembe kell venni, hogy a távolság függvényében mennyire látjuk élesen a szöveget, továbbá az adott helyre történő fixálás rövid időtartamát.

Hosszabb szavak esetében az adott szóra több fixálás is történik. (Liversedge and Findlay, 2000) Ugyancsak több saccadot igényelnek a 9pt-nél kisebb betűkkel írt szövegek; ez esetben megnő a fixálás ideje, a visszafele irányban történő saccadok száma, valamint a felismerés is nehezebbé válik. A sorok hossza is befolyásoló tényező az olvasásnál; rövidebb soroknál nagyobb fixációs időt figyeltek meg, valamint a saccadok hossza is rövidebb volt; míg hosszabb soroknál a visszafele ugrások nehezebbé váltak, valamint a következő sor elejének megtalálása is. (Paterson and Tinker, 1940; summarised in Tinker, 1965)

1.2 Valóban azt látjuk, ami a retinára vetül?

Amikor kinyitjuk a szemünket, a minket körülvevő világról, környezetünkben lévő tárgyokról egy leképezés képződik a retinán, ahonnét csapok és pálcikák milliói kezdik el továbbítani a vizuális információkat az amakrin és ganglion sejteken át az ikertesten keresztül a látókéreg felé. Ennek a vizuális információnak azonban csak töredéke kerül feldolgozásra.

Legrészletesebben az éleslátás tartományában, azaz a retina középső területére, a foveára eső információk dolgozódnak fel. Vajon mindent észreveszünk, ami erre a területre érkezik?

Neisser 1979-ben publikált kísérletében (Neisser, 1979) két videojelenetet másoltak össze, melyekben 3-3 személy kosárlabdát dobott egymásnak. A két jelenet résztvevői eltérő színű trikót viseltek. A kísérleti személyeknek figyelniük kellett az egyik „csapatot”, és akkor kellett megnyomniuk egy gombot, amikor a labdát egy másik „csapattagnak” passzolják át. A videojelenetben körülbelül fél perc elteltével egy nő sétált át kinyitott sárga esernyővel. 28 résztvevő közül mindössze 6 vette észre ezt a változást. A kontrollcsoport tagjai viszont – akiknek nem kellett odafigyelniük az egyik jelenetre –, mind észlelték a változást. Az észlelés tehát jelentős mértékben befolyásolható azáltal, hogy mivel van elfoglalva a megfigyelő.

Figyelmünk tehát nem feltétlenül kötődik ahhoz a területhez, amelyre éppen nézünk. Az ún. *nemfigyeléssel* *vakság* jelenségének vizsgálatáról egy érdekes kísérletsorozatot olvashatunk a melléklet 9.1 fejezetében.

1.3 Vizuális keresés

Számítógépes munkánk során gyakran kell objektumokat, ikonokat, szöveges információkat keresnünk a képernyőn. Ez a folyamat vizuális kereséssel indul, mely két részre tagolható: a szemünk segítségével először a teljes képernyőt mint vizuális információt felfogjuk, az alapvető vizuális jellemzőkről (pl. szín, forma stb.) egyidejűleg egy belső leképezés, „térkép” készül, majd ezt követően a második szakaszban ennek a vizuális információnak csak egy részét dolgozzuk fel, egy kisebb területen, részletesen. A második szakaszban történik az objektumok felismerése, szövegek elolvasása (Scott, 1993; Treisman and Gelade, 1980; Wolfe, 1994).

A vizuális keresésekkel foglalkozó kutatások több szálon futnak. Az egyik a vizuális keresést eszköznak tekinti, amellyel a korai vizuális folyamatokat lehet vizsgálni, különösen azon stimulusok jellemző tulajdonságait, amelyek párhuzamosan jelennek meg a látómező nagy részén. Egy más vizsgálati megközelítés a vizuális keresés alatt működő figyelmi funkciókat próbálja megérteni. A következő alfejezetekben először maga a vizuális keresési feladat kerül ismertetésre, majd áttekintjük e folyamat leírásával foglalkozó legfontosabb modelleket. A modellek 15-20 évvel ezelőtt születtek, melyeket feltalálók későbbi publikációikban pontosítottak, tovább vizsgáltak, alapjaiban azonban nem változtak, s ma is helytállóak.

1.3.1 Vizuális keresési feladat

Egy tipikus laboratóriumi vizuális keresési vizsgálatban több különálló, egymástól független elemet jelenítenek meg. A kísérleti személyeknek egy előre meghatározott céltárgyat kell keresni a többi, zavaró elem között. A vizuális keresési feladatokat két csoportra osztják aszerint, hogy a keresendő objektum jelen van-e a feladatban vagy sem. Jellemzően a reakcióidőt mérik mindkét esetben. Az eredményeket úgynevezett *keresőfüggvényekkel* ábrázolják, ahol a független változó a megjelenített elemek száma, a függő változó pedig a válaszadás ideje. A keresőfüggvényeknek két fő típusát azonosították. A függvény lehet *egyenletes* – ebben az esetben a válaszadási idő a megjelenített objektumok számától független –, és lehet *növekvő* a megjelenített objektumok számától függően. Az előbbi esetben *párhuzamos*, míg az utóbbi esetben *soros keresésről* beszélünk.

1.3.2 Vizuális keresések elméletei

Az ember vizuális keresésbeli viselkedésével számos kutató foglalkozott. A kutatók a vizuális keresések folyamatát két szakaszra bontják: egy figyelem előtti szakaszra, melyben az alapvető vizuális jellemzőket észleljük, és egy korlátozott kapacitású szakaszra, amelyben már megtörténhet az objektumok azonosítása. A vizuális keresés e két szakaszra bontásának gondolata Neisser-től származik, aki az 1967-ben kiadott „Cognitive Psychology” című könyvében tesz erről elsőként említést.

A kutatások eredményeképp három elmélet is született a vizuális keresés működésének leírására. Mindhárom elmélet a különböző keresési feladatok esetén tapasztalt reakcióidők vizsgálatán alapul, azonban a perifériális figyelemmel kapcsolatos feltételezésekből illetve a vizuális keresés neuropszichológiájából más befolyásoló tényezőket hangsúlyoznak. A három elméletet az alábbi alfejezetekben röviden áttekintem.

1.3.2.1 Sajátságintegrációs elmélet (Feature integration theory, FIT)

A sajátságintegrációs elmélet Anne Treisman és Garry Gelade nevéhez fűződik. Feltételezésük szerint az alapvető vizuális jellemzőket (pl. szín, forma) észleljük először, majd ezt követően azonosítjuk az egyes objektumokat külön-külön egy későbbi szakaszban, méghozzá az ún. téri figyelem fókuszában (Treisman és Gelade, 1980). Az egyes ingersajátságok objektumokká való összekapcsolását *figurális szerveződésnek* nevezzük, *összekapcsolási problémának* pedig azt, hogy az ingersajátságok összekapcsolását az agy miként valósítja meg.

A feltételezést, mely szerint az ingereket – még a figyelmi szakasz előtt – funkcionálisan független (de fizikailag nem szükségszerűen elkülöníthető) észlelési alrendszerek elemeznek, élettani bizonyítékok támasztják alá (Shephard, 1964; Garner, 1974; De Valois és De Valois, 1975). Az egymástól függetlenül elemezhető tulajdonságokat Treisman és Gelade *dimenzió*nak nevezte el, *sajátság*nak pedig a dimenziók egyes értékeit. Dimenzió lehet például a szín, az irány, a sajátság pedig a vörös vagy a függőleges. Az észlelési alrendszerekben „térképek” keletkeznek az egyes sajátságokról: külön a színekről, külön az irányokról stb., és keletkezik egy térkép a téri elhelyezkedésről is, amelyen az összes sajátság helye megjelenik. Itt történik meg az objektumok különböző sajátságainak összekapcsolása, ezen a térképen lehet azonosítani azokat a sajátságokat, ahová a figyelmünk fókuszál. A téri elhelyezkedés térképét – az észlelési folyamatban betöltött szerepe miatt – Treisman „vezértérképnek” („master map”) nevezte el.

Az elméletből fakadó előrejelzések teszteléséhez Treisman paradigmákat dolgozott ki, melyekről részletesen a melléklet 9.1.2 fejezetében olvashatunk.

A figyelmi szakaszban történik meg az egyes vizuális jellemzők összekapcsolása, illetve azok helyének megállapítása. Anne Treisman és Garry Gelade az 1980-ban publikált cikkükben a világon elsőként írtak a figyelem e fontosságáról az egyes jellemzők összekapcsolásánál. Megfigyeléseik igazolták, hogy míg az egy jellemző szerinti keresés esetében konstans keresőfüggvényeket kaptak, addig a több jellemző szerinti keresés soros keresőfüggvényekhez vezetett. A jelenség okának a figyelem szükségességét tulajdonították.

1.3.2.2 Irányított keresés (Guided Search, GS)

A Jeremy Wolfe nevéhez fűződő irányított keresési modell kifejlesztése Treisman elméletének módosításával indult, és sok tekintetben egyezik a sajátságintegrációs elmélettel: a vizuális észlelésnek szintén két szintjét különbözteti meg, melyben az első, figyelem előtti szinten külön térképek keletkeznek az agyban az alapvető vizuális jellemzőkről, majd a következő szinten történik meg a figyelem segítségével az egyes jellemzők összekapcsolása (Wolfe, 1994). Wolfe azonban kísérleteiben rámutatott arra, hogy egyszerűbb szín-forma jellemzők szerinti keresés történhet párhuzamosan abban az esetben, ha a jellemzők közötti különbség meglehetősen nagy.

1.3.2.3 Késői kiválasztásos modell (late-selection model)

Duncan és Humphreys (Duncan, Humphreys, 1989 és 1992) merőben más elméletet dolgozott ki a vizuális keresés működéséről. Elméletük szerint a keresés első szakaszában –

az ingerek egyidejű feldolgozása során – egy többdimenziós téri struktúrájú reprezentáció alakul ki az agyban, majd egy soros mechanizmus során történik meg a vizuális mező tudatos feldolgozása.

Duncan és Humphreys kimutatták, hogy a keresés hatékonyságát két, egymással kölcsönhatásban lévő tényező befolyásolja. Az első a keresendő és a zavaró objektumok hasonlósága: minél inkább elüt a keresendő objektum a többitől, annál hatékonyabb a keresés. A második tényező a zavaró objektumok hasonlósága: minél inkább heterogének, annál kevésbé lesz hatékony a keresés.

1.3.3 A modellek áttekintése

A vizuális keresések elméletei a korai vizuális folyamatok feltérképezésén túl a figyelmi funkciók szerepére adnak egyfajta elképzelést. Az elméletek felállítását számos vizuális keresési feladat megoldási időinek elemzése előzte meg, melyekben egyetlen megadott célobjektumot kellett keresni a többi, ún. zavaró objektum között.

Nem vizsgálták azonban azt a kérdést, hogy több keresendő objektum esetén milyen keresőfüggvényeket kaphatunk.

1.4 A vizuális figyelem metaforái

Nehéz elképzelni, hogy hogyan is működik a vizuális figyelem; miféle agyi folyamatok játszódnak le akkor, amikor döntést hozunk, hogy éppen hová figyeljünk, és melyik helyre összpontosítsunk néhány tizedmásodperc múltán. Azt is nehéz megfogalmazni, hogy valójában mi is a figyelem.

„Mindenki tudja, mi a figyelem. Ez az egyidejűleg jelen lévő dolgok vagy gondolatmenetek „birtokba vétele” az elménk által, tiszta és élénk formában. Lényege a tudat összpontosítása, koncentrálása. Magában foglalja bizonyos dolgoktól való elszakadást annak érdekében, hogy más dolgokkal foglalkozzunk hatékonyan, és ez egy olyan állapotot biztosít, amely ellentétes attól a zavart, kelekótya állapottól, amit franciául *distractio*nek, németül *Zerstreutheit*nek hívnak” – írja a világhírű amerikai pszichológus és filozófus, William James *A pszichológia alapjai* című művében, melyen 12 éven át dolgozott (James, 1890).

A vizuális figyelem jellemzésére több elképzelés is született, melyeket metaforáknak hívunk, mivel teljes pontossággal egyik sem írja le a téri figyelem működését, azonban jól szemléltetik azt. William James óta a vizuális figyelmet általában ahhoz hasonlítják, mint amikor egy sötét színpad egy kisebb részét megvilágítjuk reflektorfénnyel: ahová éppen

figyelünk (amelyik részét „megvilágítjuk” a látómezőnek), ott az észlelés pontosabb vagy gyorsabb. Ez a figyelem *reflektorfény-metaforája*.

A reflektorfény-metaphora alapján elképzelhetjük, ahogyan a figyelem „fénycsóvája” pásztázza a látómezőt, így annak mindig csak egy kis részét dolgozzuk fel alaposabban.

A figyelt terület nagysága, azaz a figyelmi fókusz területe nem állandó, az adott feladattól függően lehet kisebb vagy nagyobb (LaBerge, 1983). A téri figyelmet éppen ezért hasonlítják egy *változtatható látószögű lencsére* is¹.

A figyelt területen belüli információfeldolgozás hatékonysága nem egyenletes. LaBerge és Brown (1989) kísérletei eredményeképpen arra a következtetésre jutottak, hogy a figyelt terület olyan sávokra osztható, hogy annak középpontjában a leghatékonyabb a feldolgozás, a középpontjától távolodva pedig fokozatosan csökken. A kutatók a téri figyelmet egy *változtatható sávszélességű szűrőhöz* hasonlították.

Mind a reflektorfény, mind a változtatható látószögű lencse, mind pedig a változtatható sávszélességű szűrő metaforája azt jelképezi, hogy a látómezőnek egy adott, a figyelem által meghatározott piciny, összefüggő területét dolgozzuk fel részletesen. Kramer és Hahn (1995) kísérletéből viszont az derül ki, hogy a téri figyelem megosztható: képesek vagyunk egyszerre két, egymással nem összefüggő területre is figyelni. A figyelt terület tehát nem feltétlenül egybefüggő. A téri figyelemnek ezt a tulajdonságát *diszkontinuitásnak* nevezzük.

1.5 Hogyan pásztázzuk a képernyőt?

Számos kutatás a felhasználók szemmozgását követve vizsgálja a pásztázás útvonalát különböző elrendezésű honlapokon, melynek során a felhasználók által preferált helyeket is feltérképezik. Ezen vizsgálatok eredményeként egy szoftver kirajzolja a pásztázás útvonalát, melyben jelzi az egyes fixálások helyét és azok időtartamát, azonban arra nem ad egyértelmű választ, hogy a fixálások helyén lévő objektumok valóban tudatosultak-e az észlelés során. Képesek vagyunk arra, hogy a látómező egy adott pontjára fixáljunk, ugyanakkor egy másik területre figyeljünk. A figyelt terület és a fixált pont körüli terület nem feltétlenül azonos. Erre elsőként Helmholtz figyelte fel. A böngészés során szemmel bejárt útvonalak azonban jól vizsgálhatók és elemezhetők ezzel a módszerrel.

¹ A kísérletsorozatokról a melléklet 9.1.3 fejezetében olvashatunk.

Jacob Nielsen egy 2006-ban publikált kísérletében három különböző elrendezésű oldalt vizsgált 232 kísérleti személy részvételével. Egy bemutatkozó jellegű oldalon, ahol egy bal oldali menüsor mellett található a képernyő nagy részét kitöltő törzsszöveg, vízszintesen tükrözött L alakzattal jellemezte a pásztázás útvonalát, ahol a felhasználók a menüpontokon mennek végig, valamint a törzsszöveg első bekezdésén; a törzsszöveg további részeit kevésbé olvasták el. Egy termékbemutató oldalon F alakzattal jellemezte a pásztázást, ahol a bal oldali menüpontokon, a terméket bemutató képen és törzsszövegen pedig az olvasási iránynak megfelelően balról jobbra és felülről lefelé haladva „szkennelték” az információkat, az alsó területekre itt is kevésbé koncentráltak. Egy internetes kereső találati oldalán pedig E alakzat rajzolódott ki a felhasználók szemmozgását követve. Az oldalak struktúrája természetesen befolyásolta a szemmozgás útvonalát, az azonban elmondható, hogy minden esetben a bal felső területről indult a pásztázás.

Owens és Shrestha (2008) 2 és 3 hasábos elrendezésű honlapokon vizsgálta a szövegblokkok bejárési sorrendjét. 2 hasábos elrendezés esetén a felhasználók a bal felső sarokból indultak, és egy fordított S alakzatot leíró útvonalat követve szkennelték az oldalt. 3 hasábos elrendezés esetén a felhasználók a felül közepén lévő szövegblokkra koncentráltak először, utána pedig szintén egy fordított S alakzat rajzolódott ki a bal felső saroktól kezdődően.

A C3 alapítvány és az OmnicomMediaGroup (C3 alapítvány, OmnicomMediaGroup, 2007) egyik közös kutatási projektjében azt vizsgálta, hogy egy internetes oldalon hova célszerű a reklámokat (bannereket) elhelyezni ahhoz, hogy minél többen nézzék meg, és minél jobban emlékezzenek vissza annak tartalmára. Lényeges különbséget találtak az oldalak különböző részein elhelyezett bannerek figyelemfelkeltő hatékonyságában. A böngészők nagyobb arányban nézik ugyanazokat a kreatívokat, amikor az oldal tetején vagy jobb oldalán elhelyezett bannerekben jelennek meg, mint amikor a bal oldalon vagy az oldal alján található bannerben. Ez első ránézésre ellentmond az eddigi tapasztalatoknak, mely szerint a keresés a bal oldalról indul. A vizsgált oldalon a bal oldali rész felső harmadában menüpontok voltak, középső harmadában helyezkedett el a kreatív, s az alatt szintén menüpontok voltak. Úgy tűnik, hogy pásztázás során elindultak a bal felső területről (ahol menüpontok voltak), onnét áttértek a weboldal középső területére, onnan pedig a felső illetve a jobb oldali területekre terelődött a figyelmük. S bár a bal alsó területen elhelyezett menüpontokra is történtek fixálások, mégis, a bal oldalt közepén elhelyezett kreatívról kevesebb fixálást figyeltek meg. A

vizsgálat eredményéből arra lehet következtetni, hogy ebben az elrendezésben az a terület elkerülte a felhasználók figyelmét, függetlenül annak tartalmától.

1.6 Vizuális keresést befolyásoló tényezők

1.6.1 Vizuális hierarchia

Korántsem mindegy, hogy az információkat „ömlesztve” terítjük-e szét a képernyőn (pl. hosszú, egybefüggő szöveg) vagy pedig kisebb részekre bontva, a logikailag és/vagy funkcionálisan nem összetartozó elemeket vizuálisan is elkülönülő egységekbe (pl. szövegblokkok több hasámban) rendezve. A vizuális hierarchia a vizuális elemek egyfajta elrendezését jelenti, amelyben az összetartozó egységeket fizikailag együtt csoportosítjuk (Hornof, 2001). Az elhelyezés fizikai struktúrája a nézőt odavezeti ahhoz az információhoz, amire szüksége van.

Azáltal, hogy a hasonló elemeket együvé csoportosítjuk, segítjük a felhasználót abban, hogy a képernyőn megjelenített összetettebb információkat is könnyebben feldolgozza azáltal, hogy a feldolgozandó egységek számát kezelhető mennyiségűre csökkentjük. A magasabb szintű struktúrák irányítják a felhasználót és olyan tervet hoznak létre a felhasználó agyában, amely segíti a figyelem átirányítását a képernyőn megjelenő érdekes részekre az alaposabb megértés érdekében. (Mullet, Sano, 1995).

Az elemek logikai csoportokba történő újraszervezését a téri közelség határozza meg, ezáltal biztosítja, hogy a fontosabb elemek vizuálisan is kiemelkedő helyen jelenjenek meg, és ezeket a különböző elemeket egységesíteni és fontossági sorrendbe kell állítani. (Williams, Tollet, 1998).

A vizuális hierarchia az észlelésben csoportokat hoz létre, és megkönnyíti a vizuális navigációt (Norman, 1991; Treisman, 1982). A tartalom és a vizuális hierarchia struktúrája, valamint az egyes csoportok tartalma még ennél is átláthatóbbá és használhatóbbá tehető, hogyha az egyes csoportokhoz címkéket rendelünk, amelyek tömören és velősen jellemzik az egyes csoportok tartalmát. A címkével (pl. címsorokkal) tagolt vizuális hierarchia esetében a néző elsőként a címkék között keres, s ha megtalálta a keresési céljának megfelelő csoportot, akkor ezek után keres tovább csak annak a csoportnak a belsejében. Így a keresési idő jelentősen rövidül.

Néhány vizuális elrendezésre vonatkozó ajánlás nem javasolja túl sok információ elhelyezését a képernyőre. Galitz az 1996-ban publikált cikkében azt javasolja, hogy az

információk megjelenítésére ne használjunk több területet, mint a képernyő 30%-a, a maradék 70%-át pedig hagyjuk üresen. A képernyő kitöltöttségi sűrűségének függvényében a keresés ideje megnő (Thacker, 1986; Treisman, 1982). Ugyanakkor a gyakorlatban nem mindig célravezető betartani Galitz ajánlását, például bizonyos speciális munkaszoftvereknél. Egy kórházi információs rendszerben a felhasználók elégedettségét és hatékonyságát egyaránt növelte az, hogyha mindent egyszerre láttak a képernyőn (Staggers, 1993). Egy szimulált erőmű irányító rendszer esetében is hasonló eredmény mutatkozott: sokkal gyorsabban és pontosabban tudták a hibákat diagnosztizálni, amikor a berendezésre vonatkozó információ egy képernyőn összesűrítve jelentek meg (Burns, 2000). Mindkét esetben azáltal, hogy egy képernyőre összesűrítették az információkat, nem volt szükség több képernyő között navigálni; így annak ellenére, hogy az információk meglehetősen sűrűn helyezkedtek el, azok jól-struktúráltsága mégis megkönnyítette a vizuális keresést.

1.6.2 Keresett és nemkeresett objektumok tulajdonságai

Vizuális keresési feladatoknál az objektumok irányának, színének, mozgásának, méretének, formájának, elhelyezkedésének valamint a háttérnek és az objektumok sűrűségének (téri frekvenciának) mind-mind lehet segítő, illetve zavaró hatása. Az objektumok irányának keresésre vonatkozó hatását mutatta ki egy egyszerű kísérlet eredménye, mely szerint ferde vonalat keresni függőleges vonalak között egyszerűbb, mint fordítva, mert a függőleges vonal egy prototípus az ember számára, a ferde pedig egy eltérés ettől a prototípustól. Az objektumok méretével kapcsolatban azt találták, hogy nagy objektumokat keresni kis méretűek között egyszerűbb, mint fordítva, viszont ha nagy, közepes és kicsi objektumokat helyezünk el, akkor mind a nagy, mind a kis objektumok megkeresése könnyűnek bizonyult (Treisman, Gormican, 1988; Wolfe, Bose, 1991). Chen (1982; 1990) topologikus alapot sejtet formajellemzők keresésében. Ugyancsak különböző formák keresésével foglalkozott még Cheal és Lyon (1989; 1992). A téri frekvencia is alaptulajdonságnak tekinthető vizuális keresési feladatokban (Sagi, 1988). Közepes téri frekvenciákat nehéz kis illetve nagy téri frekvenciák között megtalálni (Wolfe, Bose, 1991).

1.6.3 Vizuális feltűnőség

Azt, hogy a bejövő vizuális információnak mely kis részét dolgozzuk fel, a vizuális figyelem irányítja (Treisman, Gelade, 1980; Wolfe, 1994). Az egyik tényező, amelyik a kiválasztást befolyásolja, az úgynevezett vizuális feltűnőség. A vizuális feltűnőség az objektum vizuális tulajdonságainak (pl. szín, alak, méret) kombinációjaként definiálható,

amely felhívja és ezáltal odairányítja a figyelmet arra az adott objektumra. Ha a keresendő objektum olyan vizuális tulajdonságokkal rendelkezik, amelyekkel jelentős mértékben elüt a többi objektumtól, akkor a kísérleti személy szinte azonnal észreveszi; a keresési idő nagyon kicsi lesz. Nygren (1996) kutatásai során arra a következtetésre jutott, hogy vizuálisan feltűnő objektumok keresése esetén a keresés sebessége csaknem 83%-kal gyorsabb azokhoz a hasonló elrendezésű kísérletekben tapasztalt reakcióidőkhöz képest, ahol az objektumok olyan tulajdonsággal rendelkeztek, hogy nem tér el „kirívóan” a keresendő objektum a nemkeresettektől.

A keresés hatékonyságának növelésére egy egyszerű módszer a kiemelés. Kickmeier-Rust és Albert (2003; 2005) kísérletei kimutatták, hogy ha a kiemelt részek optimális sűrűségben vannak jelen, akkor a keresés hatékonysága és a felhasználói elégedettség szignifikánsan növekszik. A kiemelés optimális sűrűségét 15-30% közé teszik.

1.6.4 Előzetes tapasztalatok szerepe

A vizuális keresés folyamatát azonban az előzetes tapasztalatok is jelentősen befolyásolják. Annak ellenére, hogy szemünkben lévő csapok 64%-a különösen érzékeny a vörös tartományra (Murch, 1984), és mindössze 2% érzékeny elsősorban a kék tartományra, nem feltétlenül a vörös színű linkeket találjuk meg előbb. Pearson és van Schaik (2003) a linkek színének (vörös, kék) és pozíciójának (vízszintesen felül/alul, függőlegesen bal oldalt / jobb oldalt) függvényében vizsgálták a keresés idejét. Kísérletükben 32 kérdésre kellett a tesztalanyoknak válaszolnia úgy, hogy a választ egy honlapon kellett megkeresniük. A menü, amelyben a megfelelő linkekre kattintva megtalálhatták a választ, hol felül, hol alul, hol bal oldalt, hol jobb oldalt helyezkedett el, a linkek színe pedig vagy vörös, vagy kék volt. A háttérszín fehérnek választották. A reagálási idők, valamint a válaszok helyességének kiértékelése alapján a navigációs menü elhelyezését a bal oldalon tartják legcélszerűbbnek, amennyiben a linkek színe kék, vörös linkek használata esetén pedig csak annyit fogalmaztak meg, hogy a navigációs menüt nem tanácsos felülre helyezni. Kék linkek esetében a bal oldal azért lehetett a legcélszerűbb választás (a megszokáson kívül), mert a felhasználók információkeresése általában balról indul. Vörös linkek esetén – a bal oldalon kívül – az alsó, illetve a jobb oldali terület egyaránt jó választásnak bizonyult. Ennek oka feltehetően a vörös szín kiemelő hatásában van. A linkek színét mindenesetre érdemesnek tartották kék színűnek választani, de nem azért, mert ez a szín lenne a legjobb választás – a linkek színének egy szerencsésebb megválasztására további kutatások folynak. A Weben látható „kék szöveg” a felhasználóknál összekapcsolódik a link fogalmával (Nielsen, 1999). Nielsen állítása szerint

sokkal több időt spórolhatunk meg a felhasználó számára, ha látja, mit kell tennie, mintha olyan színnel írnánk a szót, amelyik gyorsabban olvasható.

1.6.5 Betűtípus

Sokfajta betűtípussal az a probléma, hogy kinyomtatásra tervezték őket, és a képernyőn így nehezebben olvashatók (Ling and van Schaik, 2006). Ling és van Schaik (2006) két igen gyakran használt betűtípus, a Times New Roman illetve Arial betűtípus hatását vizsgálták mind vizuális keresés, mind pedig információkeresés szempontjából. Szöveges honlapokon végzett vizsgálataik kimutatták, hogy e két betűtípus között sem vizuális keresés esetén, sem pedig információkeresés esetén nincs szignifikáns különbség a keresés sebességére illetve pontosságára vonatkozóan.

Bernard és társai (2003) 12- és 14-pontos talpas (serif) és talpatlan (sans serif) betűtípusok olvashatóságát hasonlították össze. Olyan szövegeket készítettek, melyekben néhány szót kicseréltek egy másikra, amely rímelt az eredeti szóval, de nem illett bele a szövegbe. A résztvevőknek ezeket a helyettesítő szavakat kellett megtalálniuk, amelyhez a szöveget figyelmesen végig kellett olvasniuk. A kísérlet után a résztvevőket arról is megkérdezték, hogy mely betűtípust és betűméretet preferálják. Érdekes módon a felhasználóknak nem a könnyebben olvasható betűk nyerték meg inkább a tetszésüket. A 14-pontos betűkkel írt szöveget gyorsabban tudták olvasni, a résztvevők mégis a 12-pontos betűket preferálták. A talpas betűtípussal írt szövegek szintén könnyebben olvashatóbbnak bizonyultak, mégis a talpatlan betűtípust preferálták a felhasználók. Weboldaltervezőknek így komoly problémákat okozhat az, hogy hogyan tervezzenek: olyan betűtípust alkalmazzanak, ami tetszetős, viszont lassabban találják meg az információkat rajta? Vagy kockáztassanak meg egy olyan betűtípust, amelyik a potenciális felhasználókat mindjárt a kezdetek kezdetén elidegeníti az oldaltól? (Schmidt et.al., 2003)

1.6.6 Sorhosszúság

Ling és van Schaik (2006) – a betűtípusok vizuális keresésre és információkeresésre gyakorolt hatásán túl – a sorok hosszúságának hatását is megvizsgálta mindkét típusú feladat esetében. A hosszabb sorok gyorsabban áttekinthetőbbnek bizonyultak vizuális keresési feladatok esetében, gyorsabban „szkennelhetők” voltak, ugyanakkor információkeresési feladatnál a rövidebb sorok használata segítette a keresés pontosságát. Ez alátámasztja Paterson és Tinker (1940) tapasztalatait, akik az olvasás alatti szemmozgásokat figyelve a rövidebb soroknál hosszabb fixációs időtartamot figyeltek meg.

1.6.7 Ismeretlen szavak

Mindig nehezebb dolgunk van a számunkra ismeretlen szavak elolvasásával. Ennek az az oka, hogy olvasás során a szemünkkel nem „folytonosan”, betűről betűre haladunk, hanem 7-9 karakterenként ugrik a szemünk, és közben a memóriánkban lévő, ún. mentális szótár is segít minket az olvasott szó felismerésében. A mentális szótár életünk során alakul ki bennünk az általunk hallott, használt szavakból. Ha viszont nem ismerjük az adott szót (nincs benne a szótárunkban), vagy ritkán használjuk, akkor a szó felismerése nem tud „automatikusan” megtörténni; szemünkkel többször oda-vissza kell pásztáznunk a szót, ami jelentősen megnöveli annak elolvasási idejét.

1.7 Navigáció vizsgálata

1.7.1 Mi a navigáció?

A navigációról az adott szituációtól függően más és más juthat eszünkbe. Mást jelent autóban ülve, esetleg GPS-készülék segítségével navigálni, mint a pilótának navigálni a levegőben a műszerfalakon látott információknak függvényében. Mást jelent navigálni weboldalak között böngészve, linkekről linkekre haladva, és ismét más jelent csak egy adott oldalon belül navigálni az információk között, vagy akár egy 2D-s vagy 3D-s multimédia program felületén.

A navigáció minden esetben összekapcsolódik a vizuális keresés folyamatával. Autóban ülve az utat figyeljük a fel-fel bukkanó táblákkal. A pilóta a műszerfalak jelzései alapján hoz döntést a szükséges lépésekről. Weboldalak közötti böngészéskor először a megfelelő linket kell megtalálni, majd arra rákattintva nemegyszer új oldalra jutunk, ahol szintén tovább keresünk, s esetleg ismét egy következő oldalra lépünk egy újabb link segítségével. Egy oldalon belül is szükséges lehet több információt is megkeresni.

1.7.2 Navigáció vs. vizuális keresés

Egy multimédia programban vagy egy honlapon gyakran több objektumot is kell keresni, és a keresett objektumokra rá is kell kattintani. Navigációnak neveztem azt a folyamatot, amelyben a felhasználónak több objektumot is meg kell találnia, és a megtaláltakra rá is kell kattintania. Vizsgálataimat az oldalon *belüli* navigációra terjesztettem ki; azaz a keresendő objektumok egy képernyőoldalon helyezkedtek el, az egyes kattintások után is ugyanazon az oldalon maradt a felhasználó. Az oldalakat nem kellett görgetni.

Vajon tekinthető-e az oldalon belüli navigáció vizuális keresések sorozatának? Hiszen egymás után keressük az objektumokat! Ha az oldalon belüli navigáció vizuális keresések sorozata lenne, akkor a következő történne: az elején, amikor meglátjuk a képernyőt, egy belső leképezés, „térkép” készülne róla, amelyen megtaláljuk az egyik objektumot, ezek után odamegyünk az egérrel és rákattintunk. A következő lépésben szintén elkészülne egy térkép az agyunkban, amelyen megintcsak keresünk egy (másik) objektumot. Azonban nem ez történik. A belső leképezés egyszer készül el az agyunkban, amelyen egymás után észleljük a keresendő objektumokat, nemegyszer a másodperc törtrésze alatt akár többet is. Vajon milyen korreláció fedezhető fel az objektumok észlelésének sorrendje és a rákattintás sorrendje között? Ha közel egyidőben több keresendő objektumot is észreveszünk, milyen tényezők befolyásolják döntésünket abban, hogy milyen sorrendben kattintunk rájuk? Ha egy hírportálon vagy egy honlap reklámfelületén egyszerre több minket érdeklő információt fedezünk fel, vajon melyikre fogunk először kattintani? A honlap tervezésével, az információk térbeli elhelyezésével tudjuk-e befolyásolni a felhasználók döntését? Milyen paraméterek (előtér/háttérszínek, betűtípusok, betűméretek stb.) befolyásolhatják még a böngészőket, és milyen mértékben?

Honlapok tervezéséhez több ajánláscsoport is készült, melyek elsősorban azok akadálymentesítésére összpontosítottak. Az ajánlások figyelembevétele mellett is még nagyon sok szabadsága van a tervezőnek a fenti paraméterek beállítására vonatkozóan.

1.8 Hozzáférhető weboldalak tervezése

A honlaptervezésre vonatkozó irányelveket a Webes tartalmak hozzáférési irányelvei, a WCAG 1.0 és WCAG 2.0 (Web Content Accessibility Guidelines) határozzák meg, melyek a World Wide Web Consortium (W3C) Web Hozzáférhetőségét Érintő Kezdeményezésének (WAI) részeként jöttek létre (Chrisholm és tsai, 1999; Caldwell és tsai, 2008). A dokumentumok célja kifejezni azt, hogy hogyan lehet a webes tartalmat hozzáférhetővé tenni hátrányos helyzetű embertársaink számára, és meghatározni a hozzáférés kívánatos szintjeit.

A WCAG 1.0 a Webes tartalmak hozzáférési irányelveinek az első kiadása, amely a webes szerkesztés felől közelíti meg az akadálymentes honlap készítésének mikéntjét. Újabb kiadását, a WCAG 2.0 dokumentumot, amely a WCAG 1.0-ra épül, 2008 decemberében fogadták el (Caldwell, Cooper, Reid, Vanderheiden, 2008). Ebben a dokumentumban az ajánlásokat a felhasználók kívánalmai szerint fogalmazzák meg; a speciális szükségletű

embertársaink akadálymentes weboldalakkal szembeni elvárásai tükröződnek benne. Az ajánlásokat négy alapelv köré csoportosították:

- **érzékelhetőség;**
melyben többek között kitérnek a nem szöveg típusú tartalmak szöveges megfelelőinek biztosítására; az előtérben lévő szövegek, képi információk könnyű megkülönböztetésére a háttértől; az előtérben elhangzó beszéd és hangok könnyű megkülönböztetésére a háttérhangoktól;
- **működőképesség;**
melyben hangsúlyozzák minden funkciónak a billentyűzettel való elérhetőségét is; az olvasást vagy interakciót érintő időhatárok szabályozhatóságát; az epileptikus rohamot előidézhető tartalmak kerülését; a tartalmon belüli tájékozódás és mozgás megkönnyítését; valamint a hibák elkerülhetőségét és könnyű javíthatóságát;
- **érthetőség;**
mely a tartalom jelentésének meghatározhatóságára (pl. mi a természetes nyelve), illetve a tartalom következetes elrendezésére utal;
- **robosztusság;**
mely a jelenlegi és jövőbeni technológiákkal való együttműködést szorgalmazza.

Azért tartották célravezetőbbnek a felhasználók igényei szerint megközelíteni az ajánlásokat, mert így a jövő technológiáit is lehet erre építeni; hiszen az így megfogalmazott tervezési elveket a legkülönbözőbb helyzetekben és technológiáknál is alkalmazni lehet, még olyanoknál is, melyek ma még nem is léteznek.

Minden egyes irányelvhez úgynevezett sikerfeltételeket fogalmaztak meg. A sikerfeltételek lényegében olyan feltételek, amelyeket ha biztosítunk a weboldal tervezésekor, elkészítésekor, akkor az adott irányelv betartása sikeresnek mondható. Míg az irányelvek általánosságban megfogalmazott elvek, a sikerfeltételek konkrétumokat tartalmaznak, melyekből átfogó képet kapunk arról, hogy az adott irányelv mi mindent takar, annak betartásához mi mindenre kell odafigyelni.

1.8.1 Hozzáférhetőség vs. használhatóság

Egy weboldal azonban attól még nem válik mindenki számára használhatóvá, hogy biztosítjuk a tartalmának elérhetőségét. A WCAG 2.0 2.1-es irányelv például előírja, hogy minden funkciót lehessen billentyűzeten (vagy billentyűzeti interfészen) keresztül

működtetni. Széles körben látogatott német honlapokon (on-line újságok, web áruházak, kormányzati portálok) végeztek felméréseket azzal kapcsolatban, hogy hány interakció (billentyű-leütés vagy egérgomb-megnyomás) volt szükséges ahhoz, hogy egy előre meghatározott oldalra jusson el az illető (Schrepp és Jani, 2005; Schrepp, 2006). Az eredmény elszomorító: míg az egérrel navigálók számára átlagosan 2-3 kattintás elegendő volt ahhoz, hogy eljussanak a kívánt oldalra, addig a billentyűzettel navigálók számára nem ritkán több, mint 100 billentyűleütés után vált elérhetővé a keresett információ. A billentyűleütések száma az egyik vizsgált online újságnál a 250-et is meghaladta. A keresés idejében is szignifikáns eltérés mutatkozott; a billentyűzettel történő navigáció átlagosan legalább négyszer annyi, de egyes feladatoknál több mint tízszer annyi időt vett igénybe. Ugyanakkor minden vizsgált weboldal megfelelt az ajánlásoknak.

A valamilyen sérültséggel rendelkező felhasználók közül a vakok és gyengénlátók boldogulnak a legkevésbé a világhálón. Petrie és társai (2004) kutatásai rámutatnak arra, hogy a vakoknak mindössze 53%-ának sikerül elvégeznie webes feladatát. A gyengénlátóknál ez az arány 73%, diszlexiásoknál 83%, mozgássérülteknél valamint hallássérülteknél 85%. A kutatók 585 problémát gyűjtöttek össze, melyeknek 55%-a kapcsolódott a WCAG ellenőrző pontjaihoz, 45%-a pedig valamennyi, WCAG ajánlásoknak megfelelő weboldalon jelentkezhet. Leuthold és társai (Leuthold és tsai, 2008) vakok és gyengénlátók számára fogalmaztak meg 9 ajánlást a vakok számára jól használható szöveges felületek megtervezésére.

A WCAG 2.0 2.4-es ajánlása így szól: „Könnyítsük meg a felhasználók tartalom belüli tájékozódási és mozgási képességét”. Az irányelv sikerfeltételeiben nem térnek ki az egyes képi vagy szöveges elemek paramétereire, azok elrendezésének kérdéseire, ugyanakkor – ahogy majd a későbbi fejezetekben látni fogjuk – egy nem megfelelő elrendezés a keresett információk megtalálásának idejét jelentősen növelheti, illetve az is előfordulhat, hogy a keresett információt nem találja meg az illető az oldalon.

Vajon milyen hatások könnyíthetik meg a felhasználók oldalon belüli tájékozódását? Segíthetik-e bizonyos előtér-/háttérszín kombinációk a keresést? Milyen kiemeléseket célszerű alkalmazni? Mire kell ügyelni olyan weboldalak, szoftverek készítésénél, amelyeket értelmileg sérült emberek is használnak?

1.9 Értelmileg sérült személyek mint speciális szükségletű felhasználók

Az értelmileg sérült embereknek – akik a teljes népesség kb. 3%-át alkotják – az átlagosnál alacsonyabb az intellektuális fejlettségük, tanulási és szociális beilleszkedési nehézségeik vannak. Az értelmileg sérült embereknél látással illetve izomkoordinációval kapcsolatos zavarok is felléphetnek, amelyek többek között a számítógéphasználatukat is megnehezíti.

Az értelmi sérültségnek 4 fokozatát különböztetik meg: enyhe (IQ 52 és 68 között), közepes (IQ 36 és 51 között), súlyos (IQ 20 és 35 között) és nagyon súlyos (IQ 19 alatt). Közülük általában az enyhén és a közepesen sérültek tudják elsajátítani a számítógép használatát. Az enyhén sérültek ki tudnak alakítani szociális és kommunikációs jártasságot, izomkoordinációjuk csak kis mértékben károsodott. A közepsúlyos sérültek is általában meg tudnak tanulni beszélni és kommunikálni, izomkoordinációjuk is kielégítő.

Az információk, különösen az írott szövegek megértése nagyon nehéz számukra. Problémát okozhat egy vagy több mentális tevékenység, az érzékekkel felfogható információ értelmezése, az egyes információdarabkák közötti logikai kapcsolatok felismerése. A szövegek olvasásának és értelmezésének nehézsége egyes vélemények szerint kiegészítő képekkel, hangokkal enyhíthető, mások szerint – főként együttes használatkor – csak fokozzák a zavart. A legtöbb vélemény azonban inkább a képi információt támogatja a bonyolult szöveges utasítások helyett.

Sajnos nincsenek konkrét előírások, hogyan tehetjük a kognitívan hátrányos felhasználók számára elérhetőbbé a világhálót. Néhány tervezési elv betartásával azonban mindenképpen a segítségükre lehetünk: a szöveges információkat könnyen feldolgozható szeletekre bontjuk, ezeket pedig lényegretörő címsorokkal látjuk el, s a lehető legvilágosabban fogalmazunk. A lényegretörő címsorok az információk megtalálását az átlagos felhasználók esetében is nagymértékben segíti.

Az értelmileg sérült embereket gyakran elhanyagolják és kevés lehetőséget nyújtanak számukra a társadalomban való részvételhez, különösen az információs társadalomban való részvételhez. Az ALDICT² projekt (Freyhoff, 2001) elsődleges célkitűzésének tekintette egy e-mail program fejlesztését számukra, amellyel grafikus jelek segítségével tudnak a világhálón kommunikálni. A projekt eredményeként megalkotott szoftverrel az értelmileg sérült emberek más országokban élő, más nyelvet beszélő embertársaikkal is tudnak

² Access of Persons with Learning Disabilities to Information and Communication Technologies

kommunikálni (Pereira, Saragoça, Loura, Espadinha, 2003). A szoftvert Portugáliában, Belgiumban, Franciaországban és Nagy-Britanniában tesztelték, országonként 30, 15 év feletti résztvevővel, akik tudták használni az egeret és a billentyűzetet, képesek voltak a kurzort felismerni, tanultak már grafikus jeleket használni. A kísérleti személyek 50%-a középsúlyos, 25%-a enyhe és 25%-a súlyosan sérült volt.

A kísérleti személyek szívesen használták a szoftvert, s többnyire jól el tudták sajátítani a használatát. A felhasználói felület egyszerűsége is hozzájárulhatott a szoftver sikeréhez: a grafikus jeleket – amelyek jól kivehető, könnyen értelmezhető, kontrasztos ábrák voltak – a képernyő alsó feléből lehetett kiválasztani, a mentés, küldés, nyomtatás funkciókat pedig a jobb oldali sávból. Az e-mail „szövegét” pedig a képernyő bal felső területén lehetett olvasni. A kontrasztos ábrák és ez a fajta elrendezés egyaránt hozzájárulhatott a szoftver sikeréhez, melyben a tartalom (az e-mail szövege) a Nielsen-féle F betű felső vonalában helyezkedik el, a szimbólumok az alsó térfélen, a legkevésbé használt ikonok pedig a jobb oldali sávban, amely más weboldalakon és szoftverek felületén is a kevésbé fontos felületelemek helye.

2 Kutatási területem körvonalazása

Az 1. fejezetben ismertettem a látás folyamatát, a figyelmi funkciók szerepét a vizuális keresésben, valamint számos kísérletet bemutattem, amelyekkel a keresési időre ható befolyásoló tényezőket vizsgálták. Ezekben a vizsgálatokban a kísérleti személyeknek egy objektumot kellett megkeresni annak előre megadott tulajdonságai alapján. Ahhoz, hogy a felhasználók keresési stratégiáját vizsgálni lehessen, olyan keresési feladatokra volt szükség, melyekben nem csak egy, hanem több objektumot is kellett keresni weboldalakon illetve szoftverek felhasználói felületén. A keresési feladatokban nagyrészt tulajdonságaiban (pl. méret, forma, szín stb.) megegyező objektumokat kellett keresni azért, hogy a felhasználónak csak az azonos tulajdonságokkal rendelkező objektumokra kelljen koncentrálnia, miközben a keresést végzi a felületen. Két további feladatban kellett 3 különböző objektum összes előfordulását fellelni, ahol a több – eltérő tulajdonságokkal rendelkező – objektumok keresésének zavaró hatását vizsgáltam.

Vajon az egyes tényezők hogyan hatnak a keresés idejére; *milyen mértékben* segítik vagy éppen gátolják a felhasználókat az információk megtalálásában? Vajon lehet-e számszerűsíteni ezen tényezők segítő/zavaró hatását?

Vizsgálataimban először mértani formákat, illetve figurákat helyeztem el a képernyőre, mivel ezeknél a feladatoknál még nem kellett szöveget értelmezni; a kísérleteimet ezek után olyan feladatokkal folytattam, ahol már a monitoron megjelenített szövegben is kellett keresni, s így több kognitív funkció játszott szerepet a navigáció során. Az alábbiakban ismertetett feltevéseket a kutatási modellek felállításához használtam (4. fejezet, 8-14. ábra). A tesztelések során nyert adatok alapján a kutatási modellben felállított hatások számszerű kiértékelésére törekedtem.

Multimédia programokon belüli navigációra megfogalmazott feltevések:

1. Feltételeztem, hogy az objektumok elhelyezésének, méretének, alakjának befolyásoló hatása van a keresés idejére és navigációjára.
2. Feltételeztem, hogy az objektumok tulajdonságai (méret, forma, elforgatás) másképp hatnak a reagálási időre valamint a keresési útvonalra átlagos és értelmileg sérült felhasználók esetén.
3. Feltételeztem, hogy háromdimenziós térbeli feladatnál (ami a kétdimenziós feladat analógiájára készült) nagyobb a reagálási idő, valamint az objektumok vizuális tulajdonságai eltérő módon hatnak a reagálási időre és a keresési útvonalra.

4. Feltételeztem, hogy az olyan navigációs feladatok, amelyek jobban igénybe veszik a rövid távú memóriát, az értelmileg sérültek esetében nehezebben oldhatók meg.

Szöveges oldalakon belüli keresésre, navigációra megfogalmazott feltevések:

5. Feltételeztem, hogy értelmetlen/nehezen értelmezhető szövegkörnyezetben a keresés hosszabb időt igényel, mivel a nemkeresett szavak felismerése nehezebbé válik, s így szemünk nem siklik át olyan gyorsan a nemkeresett szövegen. Az ismert, általunk gyakran használt szavakat rövidebb idő alatt felismerjük, mivel azok a mentális szótárunkban benne vannak.
6. Feltételeztem, hogy a hosszabb szavak keresése több időt igényel, mivel több fixációt is igényelhet az elolvasásuk.
7. Feltételeztem, hogy minél sötétebb a háttér, annál nagyobb lesz a keresés ideje, mivel a hatékony kereséshez az éleslátás is szükséges, ami a fénysűrűség (bizonyos határig tartó) növelésével segíthető.
8. Feltételeztem, hogy minél kisebb területen kell a felhasználónak az információt végigpásztáznia, annál rövidebb lesz a keresés ideje, hiszen ebben az esetben a szemmozgás útvonala is rövidebb.

Kísérleteimben ezen vizsgált tényezők információ-keresésre gyakorolt hatásának számszerű kimutatására törekedtem.

3 A kísérletek leírása

Kísérleteimben oldalon belüli keresést, oldalon belüli navigációt vizsgáltam. Arra voltam kíváncsi, hogy amikor ránézünk a képernyőre, amelyen legyen akár egy honlap, vagy egy szoftver felülete, mennyire látjuk át a képernyőt, mennyire könnyen igazodunk el rajta. Mivel vizsgálataim többségébe értelmileg sérült személyeket is bevontam, törekednem kellett az elvégzendő feladatok egyszerűségére is.

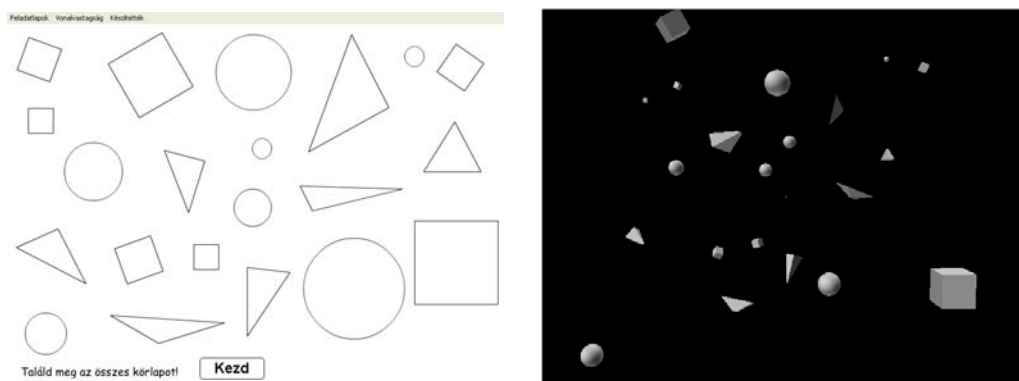
A keresés hatékonyságát számos tényező befolyásolja, melyeket mérni korántsem egyszerű feladat. Egy szoftver vagy egy honlap felületén végzett keresési feladatnál már nagyon sok tényező együttes hatása jelentkezik s hat a kattintási időre. Az egyes faktorok hatásának vizsgálata külön-külön és együttvéve napjainkban is folyó kutatás. A nemzetközi irodalmakat olvasva azt a gyakorlatot látom, hogy a kísérletek összeállításánál szándékosan leegyszerűsített feladatokon keresztül vizsgálják egy-egy tényező hatását, esetleg két-három tényező együttes hatását, amelyek eredményeként a felhasználói felületek tervezésére vonnak le következtetéseket. Jómagam is ezt az utat követtem.

Sok játékos készségfejlesztő szoftvert készítettem el, melyeknek alapgondolatát kisiskolások számára íródott matematika tankönyvekből merítettem. A szókereső feladatok első részéhez a diplomamunkám során készített DysLearning nevű, multimédiás készségfejlesztő szoftver „Szófejtő” feladatát írtam át (Mátrai, 2004), a második részéhez már újabb szoftver készült. A keresési feladatok után szövegértési feladatokon is vizsgáltam a különböző beállítások szövegértést segítő, illetve zavaró hatását.

3.1 Mértani formák keresése

A „Mértani formák” feladatsorokban mértani formákat (köröket, háromszögeket, négyzeteket) helyeztem el a képernyőn, ezek közül kellett valamelyik fajta alakzatból az összeset megtalálni (Mátrai, 2006; Mátrai, Kosztyán, Sik-Lányi, 2008a). Készültek könnyebb, kevesebb alakzatok tartalmazó feladatsorok, melyekben a formák szabályosak és egyforma magasságúak voltak. Itt 4 keresendő objektum volt. A bonyolultabb feladatsorokban mindegyik forma 7-szer fordult elő, más-más méretben, a négyzeteket el is forgattam, a háromszögeket pedig „megnyújtottam”. 4 feladatlap készült, melyekben az alakzatok 4 különböző elrendezésben jelentek meg. A feladatlapok egymás tükörképei, illetve elforgatottjai voltak, még hozzá úgy, hogy csak a pozíciókat forgattam, illetve tükröztem, magukat az alakzatokat nem. Hasonló jellegű feladatok készültek 3D-s objektumokkal is, ahol

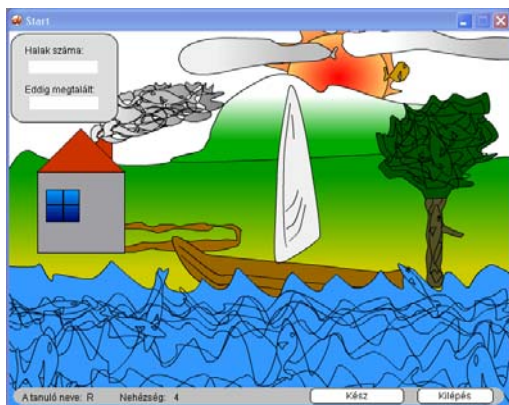
valamelyik fajta testnek kellett az összes előfordulását fellelni (gömb, kocka, gúla, tórusz, hasáb). Itt nem csak a pozíciókat, hanem magukat az objektumokat is forgattam, illetve tükröztem (2. ábra). Az objektumok megtalálásának sorrendjét és idejét mértem (Sik-Lányi, Mátrai, Tarjányi, 2006).



2. ábra: 2D-s feladatlap, melyhez hasonló 3D-s objektumokkal is elkészült.

3.2 Figurák keresése képekben

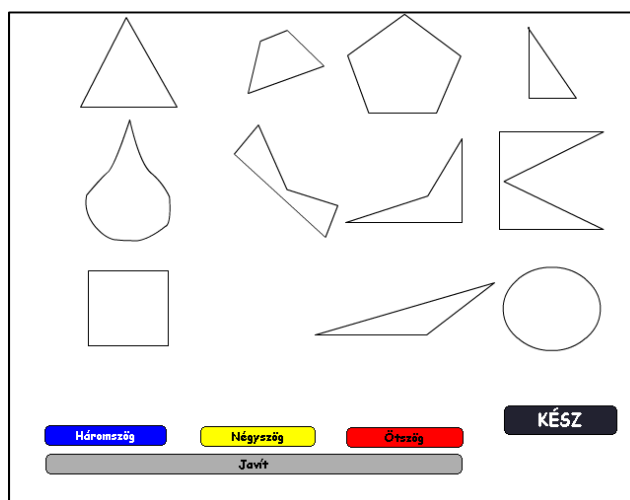
Érdekesebbé tehetjük a keresési feladatot, ha a keresendő alakzatok egy képben bújnak meg. Ha a háttér fogalmilag társítható a keresendő objektumokhoz, az vajon segíti-e a keresést? Vajon a háttérkép mennyiben változtatja meg a keresés útvonalát, idejét? Vajon segíti, vagy inkább zavarja őket a háttér? Két feladatlap is készült e kérdés vizsgálatára (3. ábra). Az egyikben a kísérleti személyeknek 9 madarat kellett fellelniük egy erdőben, a másikban 15 halat, amelyek nemcsak tóban, hanem fában, felhőben illetve nap mögött is megbújtak. A keresendő objektumokat tehát olyan környezetben is elhelyeztem, amire a felhasználó előre nem számíthatott. Kíváncsi voltam, hogy a felhasználók mennyire „logikusan” gondolkodva keresnek. Ott keresik-e az objektumokat, amelyek alapján a korábbi ismereteik szerint legnagyobb valószínűség szerint találni „vélik”, vagy pedig a háttér nem befolyásolja a keresésüket. Ha az értelmileg sérülteknél is azt tapasztalom, hogy őket is nagyban segíti a háttér, akkor ezt az eredményt a honlap, vagy programtervezésben is fel lehetne használni, hiszen ebben az esetben megfelelő tervezéssel a navigációt is segíthetjük, valamint a reagálási idő is csökkenthető (Mátrai, Sik-Lányi, Kosztyán, Schanda, 2005; Mátrai, 2006).



3. ábra: Keresgélés képben. A bal oldali feladatlapon halakat, a jobb oldali feladatlapon madarakat kell keresni.

3.3 Különböző formák keresése

Ebben a feladatban többféle formát, három-, négy- és ötszögeket kellett kiszínezniük a kísérleti személyeknek; mindegyik fajta alakzatot másmilyen színűre (4. ábra). Nemcsak egyszerű keresési feladatot kellett tehát megoldani, hanem az alakzatokat fel kellett ismerniük, „értelmezni” kellett és a többitől meg is kellett különböztetni. Mivel a valós feladatok esetén is sokszor nem elég valamilyen információt megkeresni, hanem azokat „értelmezni” is kell, így azt vártam, hogy fontos tanulságokat lehet levonni a reagálási időket, illetve a navigációs struktúrákat megvizsgálva, majd ezeket a megállapításokat szöveges keresési feladatoknál is fel lehet használni. Ebben a feladatban is négy elrendezést vizsgáltam. Megvizsgáltam, hogy a különböző elrendezéseknél mért reagálási idők, navigációs struktúrák, keresési stratégiák között van-e különbség, illetve, hogy a reagálási időknél kapunk-e valamilyen szignifikáns különbséget az egyes felhasználói csoportokat tekintve (Mátrai, 2006).



4. ábra: Különböző formák keresése.

3.4 Navigáció és reagálási idő vizsgálata szöveges keresési feladatoknál

Az előző fejezetekben bemutatott feladatoknál olyan objektumokat kellett keresni, melyek vagy egyszerű alakzatok (pl. kör, négyzet, háromszög), testek (gömb, kocka, piramis) vagy összetettebb figurák (pl. hal, madár stb.) voltak. Kérdésként merülhet fel, hogy vajon az ott bevezetett módszerek, eljárások, illetve következtetések megállják-e a helyüket olyan keresési feladatok esetén, melyeknél már nem alakzatokat, hanem szöveges objektumokat kellett a kísérleti személyeknek megtalálnia.

A kísérleti személyek két kísérletben vettek részt. Az elsőben a szavak pozíciójának függvényében mértem a keresés idejét, illetve vizsgáltam a haladás irányát. A második kísérletben a reagálási időkön és a haladási irányokon túl a betűk típusának, méretének, illetve az előtér és háttér színének vizuális keresésre és navigációra tett hatását is vizsgáltam, valamint e tényezők kiemelő hatását. Ez utóbbi vizsgálatához a keresendő szavak betűméretét/betűtípusát/színét változtattam meg. Kiemelő hatásról akkor beszélhetünk, hogy ha valamelyik paraméter megváltoztatása után szignifikánsan csökkennek a reagálási idők ugyanannál a feladatnál.

3.4.1 A tesztprogram bemutatása

A két különböző vizsgálatához két különböző program készült.

3.4.1.1 Szófejtörő

Az első kísérlethez készített programban – a sorok és oszlopok számától függően – 48-50 azonos hosszúságú (azonos számú karakterekből álló) szó jelent meg a képernyőn oszlopokba rendezve (5. ábra). Ezt a feladatot *Szófejtörő*nek neveztem el, mivel a diplomamunkámban készített multimédiás készségfejlesztő szoftvernek ugyanezen nevű feladatát írtam át hozzá. Betűtípusnak a Courier New CE egyenközű betűtípust választottam azért, hogy az azonos számú karakterekből álló szavak valóban azonos hosszúságúak legyenek, ne kelljen a pásztázás során a figyelt terület nagyságát változtatni. A betűstílus félkövér volt. A feladatlapok felében a keresendő szó egyszer szerepelt a szavak között, a többi esetben tízszer. A keresendő szavak helye véletlenszerű volt. 10 különböző feladatlap készült. Az első négy feladatban öt, illetve 8 karakterből álló, értelmetlen szavak között kellett megkeresni a megadott értelmes szót/szavakat. A többi hat feladatlapban a nemkeresett szavak is értelmesek voltak, a feladatlapok 3, 5 illetve 8 betűs szavakból álltak.

Mind a tíz feladatlap öt különböző betűszín/háttérszín beállítással ismétlődött: fekete, sötétkék és vörös háttéren fehér betűkkel, illetve fehér és világoszöldes háttéren fekete betűkkel. A kísérleteket kalibrált CRT-monitorokon végeztem. A színekülönbségeket CIELAB színingertérben mértem, valamint Michelson-kontrasztot számoltam. Ezeket a metrikákat gyakran használják szín- és kontrasztkülönbség mérésekor (CIE, 2004). A színek és színekülönbségi értékek L^* , a^* , b^* értékeit az 1. táblázat szemlélteti.

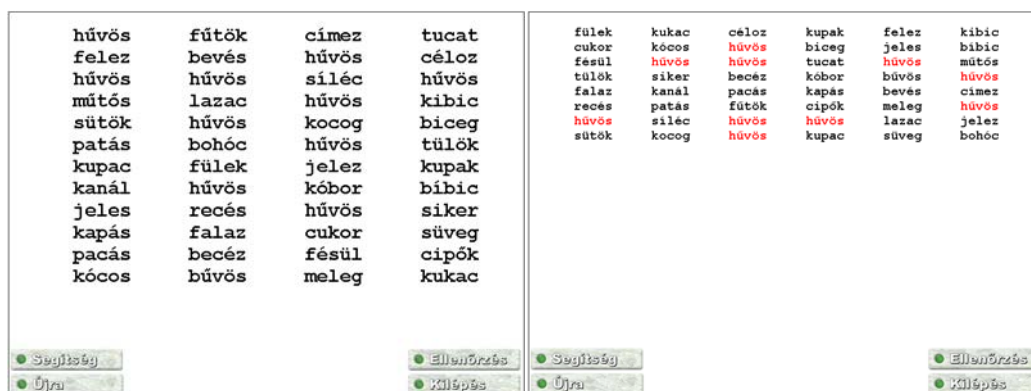
1. táblázat: A betűk és a háttér színének CIELAB értékei, valamint a kontraszt- és színekülönbség-értékek a Szófejtő feladatban.

Háttér-/előtér-színek	Háttér (L^* , a^* , b^*)			Előtér (L^* , a^* , b^*)			Michelson kontraszt ³	ΔE^*_{ab}
	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*		
fekete háttér, fehér betűk	1,2	-0,3	0,2	95,7	-0,5	2,3	-0,98	94,52
sötétkék háttér, fehér betűk	20	42	-76	95,7	-0,5	2,3	-0,65	116,91
vörös háttér, fehér betűk	50	69	48	95,7	-0,5	2,3	-0,31	94,91
fehér háttér, fekete betűk	95,7	-0,5	2,3	1,2	-0,3	0,2	0,98	94,52
világoszöld háttér, fehér betűk	91	-46	22	1,2	-0,3	0,2	0,97	103,09

A kísérleti személyeknek minden egyes feladatlapot tízszer kellett megoldaniuk. Az első feladat esetén 3 elrendezés x 50 feladatlap x 10 kísérletet végzett el minden kísérleti személy.

A vizsgálat három fő részből állt. Az első részben 4 oszlopban jelenítettem meg a szavakat 30-as betűmérettel, a második részben 6 oszlopban 20-as betűmérettel, a harmadik részben 10 oszlopban 12-es betűmérettel. Mindkét részben ugyanazt az 50 feladatot kapták a kísérleti személyek. A páratlan sorszámú feladatlapokon egyszer szerepelt a keresendő szó, a páros sorszámú feladatlapokon tízszer.

³ A kontraszt- és a színekülönbség-értékeket a 3. illetve 4. oldalon található (1) és (2) képletek alapján számítottam.



5. ábra: balra a 12x4-es elrendezésből láthatunk egy feladatlapot. Jobb oldalon a 6x6-os elrendezés egy feladatlapját, miután megoldottuk.

3.4.1.2 Navigáció vizsgálata kötött elrendezések esetén

Ennél a feladatnál mintegy 800 feladatlapot kellett minden egyes tesztalanynak elvégezni. Az egyetemisták közül 140 tesztalany valamennyi feladatot elvégezte⁴. Diszlexiás gyerekeknél azonban a feladat túl nehéznek bizonyult, így csak azokra az elrendezésekre végeztem összehasonlítást, ahol kellő számú minta összegyűlt. Az eredmények összehasonlításakor variancia-analízist alkalmaztam⁵.

50 szót helyeztem el a képernyőre, melyek között 10-szer szerepelt a keresendő szó. A sorok (10 sor) és oszlopok (5 oszlop) száma kötött volt. Ebben a vizsgálatban a keresendő szavak nem véletlenszerűen, hanem tíz – előre rögzített – elrendezés valamelyike szerint jelentek meg. Kötött volt továbbá a szóhossz (5 betűs szavak) is.

Ebben a kísérletben azt is megvizsgáltam, hogy (színi, illetve betűtípust, betűméretet tekintve) a kiemelésnek milyen szerepe van a keresési időre, illetve a navigációra. Ezért egyes feladatlapokban a keresendő szavaknak megváltoztattam vagy a betűméretét, vagy a betűtípusát, vagy a színét. Változó paraméterek (faktorok) a következő jellemzők voltak:

- betűméret-beállítások a keresett és nemkeresett szavaknál
 - keresett szavak: 10pt, nemkeresett szavak: 12pt,
 - keresett szavak: 12pt, nemkeresett szavak: 10 pt,
 - keresett szavak: 12pt, nemkeresett szavak: 14pt,
 - keresett szavak: 14pt, nemkeresett szavak: 12pt,
 - keresett szavak: 12pt, nemkeresett szavak: 12pt,
- betűtípus a keresett és nemkeresett szavaknál

⁴ Igaz, nem egyszerre, nem egymás után, hanem több féléves munka keretében.

⁵ Kihasználva, hogy a variancia-analízis kevésbé érzékeny a mintaelemszám nagyságának különbségére.

- Arial,
- Courier New,
- előtér és háttér színe:
 - sötétkék háttéren ($L^*=14$; $a^*=44,9$; $b^*=-73,7$) fehér betűk,
 - fehér háttéren fekete betűk.

Összesen 800 feladatlap készült el így. (Ebből 799 feladatlap volt értékelhető.)

3.5 Keresés honlapokon

Ehhez a feladathoz 5 honlapról készítettem képernyőképet, és mindegyik képen olyan szavak keresését adtam fel feladatként, amelyek sokszor fordultak elő azon az oldalon (Mátrai, Sik-Lányi, 2007).

A keresendő szavak száma az egyes oldalakon 7, 9, 13, 19 és 20 volt. A 7 keresendő objektumot tartalmazó oldal egy konkrét terméket (dekorációs oszlopokat) mutatott be. A szöveg a képernyő bal felén volt két oszlopban (menü és törzsrész) valamint a képernyő alsó részén; a jobb oldalon kép helyezkedett el (6. ábra). A feladat az „oszlop” szó megtalálása volt. A 20 keresendő objektumot tartalmazó oldal egy üzlet akciós termékeit mutatta be. Az oldal egy bal oldali menüből és egy törzsrészből állt, amelynél egy rövid bevezetés után 3 oszlopban mutattak be 3 különböző terméket az arról készült fotóval együtt. Itt a „Tesco” szót kellett megtalálni. Egy három hasábos hírportálon 19 objektumot kellett megtalálni (ez az „online” szó volt), melyen csak linkek voltak szövegblokkokba rendszerezve. Egy másik hírportálon bal oldalt menü helyezkedett el, a törzsrészben a hírek rövid összefoglalóval két hasábra rendezve, az oldal jobb oldalán pedig további két keskenyebb hasábban reklámok voltak – itt 3 keresendő szó összes előfordulását (összesen 9-et) kellett fellelni („díj”, „adó”, „BUX”). Az utolsó weboldal ehhez hasonló elrendezésű volt, itt egy adott szónak („futball”) az összes előfordulását és az összes azzal kapcsolatos kifejezést is meg kellett találni (13 keresendő objektum). Ez utóbbihoz az oldalon lévő információkat már értelmezni is kellett.




Termékbemutató

- Hátszögű árúkináló
- Hatszögű árúkináló
- Dekorációs oszlopok**
- Papírtáska
- Ájándék-doboz
- Ájándék-doboz 2 vagy 3 palack számára
- Boroszaketo
- Deo-töltőanyag
- Permanent-Marker
- Pocketfilm chart fogantyúval
- Információs és prospektus kinálók**
- Prezentációs mappa
- Prezentációs sín
- Permanent-Marker
- Prospektus kinálók
- Asztali kinálók
- Vevőcsalogató tábla
- Ár- és tájékoztató displayk

Dekorációs oszlopok

Ideális eladási segítség.

- kiállítótermekben, vásárokon, fogadótermekben, kirakatokban
- szállítós lapra hajtogatva
- egyszerűen összeszerelhető
- erősítőlapok használatával 40 kg-g terhelhető
- 3 magasság /40, 60, 80 cm/
- hat színben

Egy csomag 3 fehér színű, egyforma méretű dekorációs oszlopot tartalmaz, valamint 3 fedelet és feneklapot az 5 színből egy színben.

Dekorációs oszlopkészlet alkotórészei:
3 fehér dekorációs oszlop
3 különböző magasságban fedelek

Vevőink, akik ezt a terméket rendelték, a következő termékeket is megvásárolták:

[Iszabonitók](#) [Színes rakitási-boxok](#) [Hatszögletű árúkinálók](#)

Cikkszám	Megjelölés	3 darab Ft/db	6 darab Ft/db	12 darab Ft/db	Mennyiség
803R	Dekorációs oszlop 80 cm	HUF 3013	HUF 2862	HUF 2471	<input type="text"/>
803G	Dekorációs oszlop zöld	HUF 3013	HUF 2862	HUF 2471	<input type="text"/>

6. ábra: Navigáció vizsgálata egy honlapon.

3.6 Navigációs feladatok összefoglalása

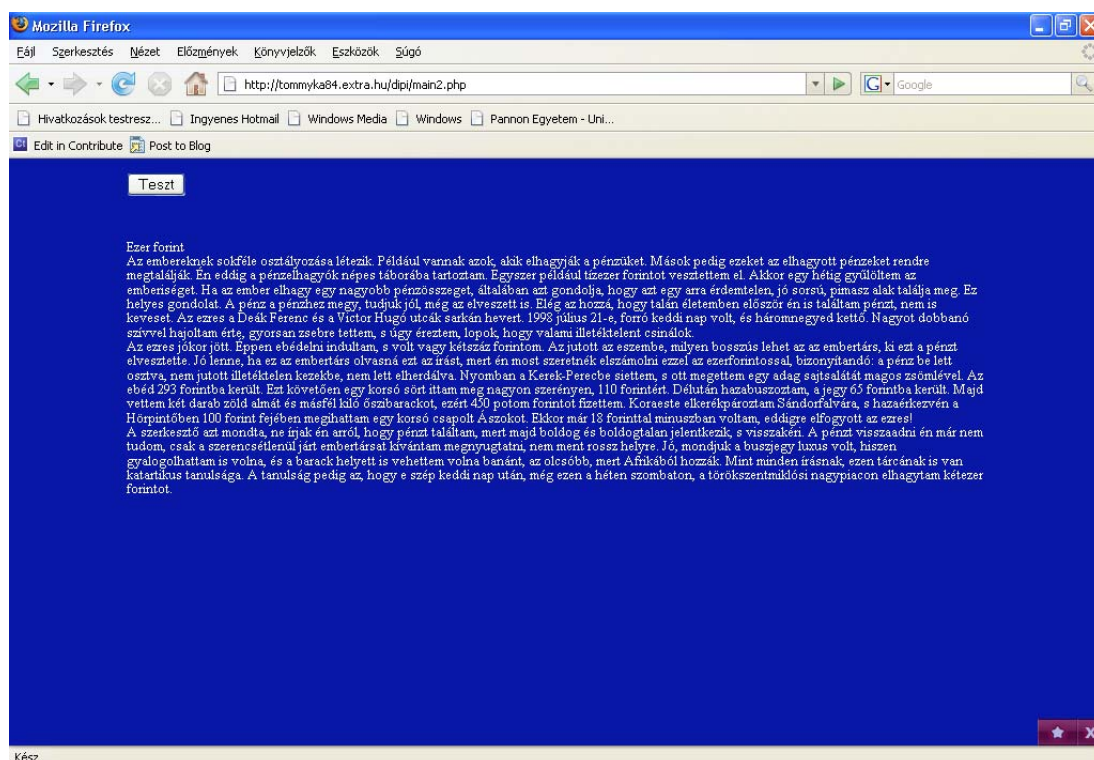
A 2. táblázat összefoglalja, hogy a különböző feladatokban hány objektumot kellett megkeresni, valamint ezen objektumoknak mely paraméterei változtak.

2. táblázat: keresendő objektumok száma, megnevezése

Meg- található obj. száma	Megtalálható objektumok megnevezése	Változó attribútumok	Feladatlapok megnevezése
4	kör, négyzet, háromszög	elhelyezkedés	Mértani formák keresése 2D
7	kör	elhelyezkedés, méret	Mértani formák keresése 2D
	négyzet	elhelyezkedés, méret, elforgatás iránya	
	háromszög	elhelyezkedés, méret, elforgatás iránya, alak	
	gömb	elhelyezkedés, méret	Mértani formák keresése 3D
	kocka	elhelyezkedés, méret, elforgatás iránya	
	gúla	elhelyezkedés, méret, elforgatás iránya, alak	
	„oszlop” szó	elhelyezkedés	Keresés honlapon
9	3 háromszög, 3 négyzet, 3 ötszög	elhelyezkedés, méret, elforgatás iránya, alak	Különböző formák keresése 2D
	madár figura megtalálása	elhelyezkedés, méret, elforgatás iránya, alak	Figurák keresése
	„díj”, „adó”, „BUX” szavak	elhelyezkedés, betűméret	Keresés honlapon
10	különböző szavak keresése rendezett oszlopokban	elhelyezkedés, betűméret, kiemelés színe, betűtípus, előtér, háttér színe	Szófejtörő, kötött elrendezésű navigációs feladat
13	„foci”-val kapcsolatos szavak, szinonimák,	elhelyezkedés, méret, betűhossz, betűméret, szinonimák	Keresés honlapon
15	3 gömb, 3 kocka, 3 tórusz, 3 hatszög alapú hasáb, 3 gúla	elhelyezkedés, méret, elforgatás iránya,	Különböző formák keresése 3D
	hal figura megtalálása	elhelyezkedés, méret, elforgatás iránya, alak	Figurák keresése
19	„online” szó megtalálása	elhelyezkedés, betűméret	Keresés honlapon
20	„Tesco” szó megtalálása	elhelyezkedés, betűméret	Keresés honlapon

3.7 Szövegértés vizsgálata különböző elrendezésű feladatok esetén

Ez a kísérlet eltér az eddigi navigációs kísérletektől, mivel itt nem navigációs stratégiákat vizsgálunk, hanem azt, hogy bizonyos beállítások vajon kihatnak-e szövegértési feladatok megoldási időire illetve a kérdésekre adott jó válaszok arányára. Ebben a feladatban 40 olvasmányt kellett elolvasnia minden hallgatónak (7. ábra). A feladatok az érettségizőknek készült „Még mindig tudok olvasni” könyv szövegértési feladataiból lettek összeválogatva úgy, hogy mind a terjedelmük, mind pedig a nehézségük viszonylag homogén legyen. A honlap 1024x768-as felbontású 17”-os monitorra készült.



7. ábra: egy tesztfeladat véletlenszerűen választott beállításokkal

Minden esetben kék háttéren fehér betűvel jelentek meg a szövegek. Változó paraméterek a következők voltak:

- Betűtípus (Times New Roman, Arial)
- Betűméret (10, 12, 14 pt Times New Roman betűtípusból. Ezzel ekvivalens 9, 11, 13 pt Arial)
- Igazítás (balra igazított, sorkizárt)
- Sorköz (1, 1,5 sor)
- Hasábok száma (1, 2, 3)

- Sorhosszúság (a képernyő kitöltése 1 hasáb esetén 90%, 80%, 70%, 60%, 2 hasáb esetén 45%, 3 hasáb esetén 30%)

Ezek a paraméterek külön .css állományokban lettek beállítva, és a program véletlenszerűen rendelte hozzá az adott feladathoz.

A feladat elolvasása után 5-5 kérdésre kellett válaszolnia minden hallgatónak, de a kérdés megválaszolásakor már nem tekinthetett vissza a szövegre. Mindegyik kérdésnél 3 lehetséges válasz közül kellett kiválasztani egyet. Vizsgáltam a megoldási időt és a jó válaszok arányát.

Ezt követően a felhasználók által preferált beállításokat vizsgáltam. Arra voltam kíváncsi, hogy a preferált beállítások vajon megegyeznek-e azokkal a beállításokkal, amelyekkel a felhasználók nagyobb hatékonysággal tudják megoldani a feladatokat. Ehhez egy újabb weboldal készült, ahol a felhasználók megadhatták az általuk preferált beállításokat, amelyeknek megfelelően jelent meg a képernyőn egy olvasmány.

3.8 Résztvevők

A vizsgálatokban egyetemista hallgatók (21-24 évesek, 120-150 fő), középiskolás tanulók (13-17 évesek, 25-55 fő), közép súlyos értelmi sérült tanulók⁶ (10-19 évesek, 25-45 fő) vettek részt. A csoportok létszáma az egyes feladatoknál eltért, éppen ezért ezt minden feladatnál feltüntettem. A vizsgálatok gépteremben, felügyelet mellett zajlottak, 45 perces órák keretében. 17 colos katódsugárcsöves monitorok előtt, kb. 60 cm nézési távolságból oldották meg a kísérleti személyek a feladatokat. A kísérletben csak olyan személyek vettek részt, akik az egér kezelését már készségszinten elsajátították (erre elsősorban az értelmileg sérülteknél kellett odafigyelni).

⁶ "SNI A" kategóriába tartoznak, vagyis sajátos nevelési igényű tanulók organikus sérült háttérrel. A WHO meghatározás szerint IQ értékük 30-50 között van náluk. BNO 71 jelzéssel adja ki a Tanulási Képességet Vizsgáló Szakértői Bizottság.

4 Az adatok kiértékelése

4.1 Kattintási sorrendekre ható befolyásoló tényezők vizsgálata

Valamennyi útvonalkeresés esetében a következőkben bemutatandó statisztikai kiértékeléseket használtam.

Első lépésben megvizsgáltam, hogy teljesen véletlenszerű-e az, hogy milyen sorrendben kattintanak rá az objektumokra a kísérleti személyek, vagy felfedezhető-e valamilyen rendszer. Ehhez a keresendő objektumokat minden egyes feladatlapon sorszámmal láttam el. Vajon van-e valamilyen összefüggés az objektum sorszáma és a kattintási sorrend között?

Az objektum sorszáma egy nominális változó, míg a kattintások sorrendje ordinális. E két változó közötti kapcsolat kontingencia-analízissel vizsgálható (Hunyadi, Mundruczó, Vita, 1997). Ehhez felállítottam egy kontingencia-táblát, melyben a magyarázó változó a kattintás sorrendje, a magyarázott változó pedig az objektum sorszáma volt. Ha a kattintások sorrendje független az objektumok sorszámtól, az abban nyilvánul meg, hogy valamennyi objektumra (megközelítőleg) egyenlő valószínűséggel kattintanak először, másodszor stb. Ezt azt esetet neveztem *független esetnek*.

4.1.1 Asszociációs vizsgálatok alkalmazása a navigációs struktúra feltérképezésére

A feladatok kiértékelésénél készítettem egy gyakorisági táblázatot, amely megmutatta, hogy mely objektumra kattintottak először, másodszor, harmadszor,..., illetve utoljára. A kontingencia-elemzésnél ezt a gyakoriságot vettem alapul és hasonlítottam össze a független esettel.

4.1.1.1 A kontingencia-elemzésnél alkalmazható statisztikai módszerek:

1. A változók összefüggése: χ^2 -próba⁷ segítségével, illetve ezeken alapuló kapcsolati erősségek (Cramer-, illetve Tchuprov-mutatók⁸ (szimmetrikus mutatók⁹)).
2. Goodman-Kruskal-féle λ bizonytalansági együttható (aszimmetrikus mutató).

⁷A χ^2 -statisztika egyik fontos jellemzője, hogy nagyon érzékeny a mintanagyságra. Éppen ezért elképzelhető, hogy egy 10 fős mintánál ugyanaz az érték nem lesz szignifikáns, míg 100 fős minta esetén már igen.

⁸A Cramer és a Tchuprov mutatók négyzetes tábláknál (amilyenekkel itt is dolgoztam) azonos értéket adnak. Így a továbbiakban ezeket összevontan kezelem.

⁹Egy mutatót szimmetrikusnak mondunk, ha a magyarázó változót felcserélve a magyarázóval az érték nem változik. Aszimmetrikus a mutató, ha a magyarázó és magyarázott változó felcserélése a mutató értékét befolyásolja.

Az első elemzésnél tehát azt vizsgáltam, hogy a kattintás sorrendje vajon független-e az objektumok sorszámától (amely az elhelyezkedésüket egyértelműen azonosítja) és fordítva, az objektumok sorszáma (elhelyezkedése) független-e a kattintási sorrendtől.

A második lépésben arra kerestem a választ, hogy ha azt tudjuk, hogy egy kísérleti személy hányadik objektumot keresi, akkor vajon meg tudjuk-e becsülni, hogy melyiket fogja nagy valószínűséggel következőként megtalálni.

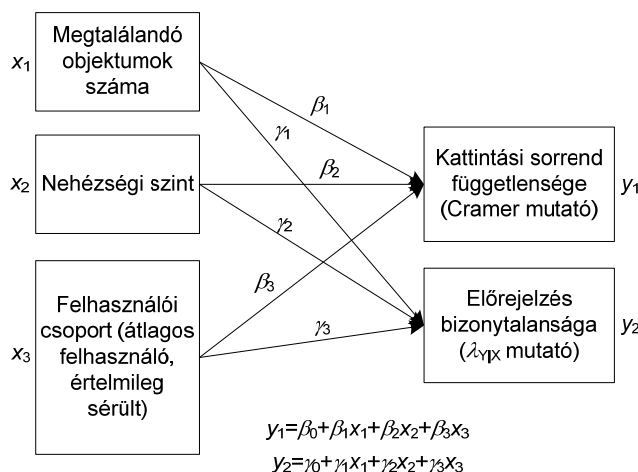
A statisztikai módszer segítségével az alábbi kérdéseket tehetjük fel:

1. Szignifikánsan különbözik-e a kapcsolat erőssége, ha
 - a. megtalálendő objektumok számát növeljük,
 - b. különböző felhasználói csoportokban vizsgáljuk,
 - c. a megtalálendő objektumok elhelyezését változtatjuk (síkban, illetve térben).
2. Lehet-e előre jelezni a kattintási sorrendeket? A bizonytalansági tényező függ-e az 1. pontban felsorolt a, b, c szempontoktól?

Az első kérdés megválaszolásához χ^2 -statisztikákat végeztem, a második kérdés megválaszolásához a Goodman-Kruskal-féle λ mutatót használtam fel.

4.1.2 Kontingencia-mutatók értékének vizsgálata

A kiértékelési modell, munkahipotézisek:



8. ábra: kiértékeléshez használt kutatási modell

A kiértékeléshez a 8. ábrán látható kutatási modellt alkalmaztam. A hatások kiértékeléséhez regresszió-analízis módszerét alkalmaztam. A regressziós modell alkalmazhatóságának feltétele, hogy az egyes változók legalább intervallumskálán mérhetőek legyenek. Ez a

magyarázott változók (y_1 , y_2) esetén nem okoz problémát, a magyarázó változók közül a felhasználói csoport viszont nominális változó.

Az egyes csoportokat számokkal jelöltem (0: értelmileg sérültek, 1: középiskolások, 2: egyetemisták). A lineáris regressziós modell alkalmazásakor csak az irányokra voltam kíváncsi, azaz arra, hogy a kattintások sorrendjének szignifikanciáját hogyan csökkenti, növeli az egyes magyarázó változók értéke. A β_3 , γ_3 változóknak éppen ezért csak az előjelére volt szükségem, vagyis a regresszió „irányára”. Hasonló kérdés merülhet fel a nehézségi szint jellemzésére.

A nehézségi szintet aszerint rangsoroltam, hogy a felhasználók átlagosan mennyi idő alatt oldották meg a feladatokat. Az egyes feladattípusok szerint a feladatlapok sorrendjét pedig aszerint rangsoroltam, hogy hány változtatható attribútuma volt az egyes objektumoknak (pl. elhelyezés, irány, nagyság stb.) Ezek alapján a következőképpen állíthatók fel a nehézségi szintek:

- 4 objektum keresése esetén
 - 1: kör keresése,
 - 2: négyzet keresése,
 - 3: háromszög keresése;
- 7 objektum esetén:
 - 1-3 ugyanaz, mint 4 objektum keresése esetén,
 - 4: gömb,
 - 5: kocka,
 - 6: gúla keresése 3D térben,
 - 7: „oszlop” szó keresése honlapokon;
- 9 objektum esetén:
 - 1: 3 háromszög, 3 négyszög, 3 ötszög keresése,
 - 2: madár figura keresése,
 - 3: „díj”, „adó”, „BUX” szavak keresése;
- 13 objektum esetén:
 - 1: „foci”-val kapcsolatos szavak, szinonimák keresése;
- 15 objektum keresése esetén:
 - 1: 3 gömb, 3 kocka, 3 tórusz, 3 hatszög alapú hasáb, 3 gúla 3D térben,
 - 2: hal figura keresése;
- 19-20 objektum esetén szavak keresése.

4.2 Szignifikáns sorrendek vizsgálata

A kontingencia vizsgálatok esetén nem használtam ki, hogy a kattintások sorrendjét nem nominális, hanem sorrendi skálán mértem. Ebből adódóan azt is vizsgálhatom, hogy van-e szignifikáns sorrend, amely jellemző egy adott objektumelrendezésre, illetve egy adott felhasználói csoportra.

Látható, hogy itt sokkal erősebb feltevással éltem. Nemcsak azt feltételeztem, hogy a kattintási sorrendek nem véletlenszerűek, hanem azt is, hogy egy meghatározott sorrendet követnek. A legvalószínűbb sorrendet a kattintási sorrend gyakorisági táblázatának LU-faktorizálásából nyerhetjük. Ezt az értéket páronként összehasonlítottam a tényleges kattintási sorrendekkel, majd meghatároztam a rangkorrelációs együtthatókat. A rangkorreláció megállapítására két együtthatót, az ún. Spearman-, illetve az ún. Kendall-féle rangkorrelációs együtthatót szokás megadni.

A Spearman-, illetve Kendall-féle mutatókhoz szignifikancia szint is meghatározható, azonban ezzel nagyon óvatosan kell bánni. Ugyanis néhány (pl. 4-5) objektum egyező sorrendjének esetén is alacsony szignifikancia szintet kaphatunk.¹⁰

A másik probléma, ami az átlagos rangkorreláció meghatározása esetén jelentkezik, hogy a kattintási sorrend sokszor nem ad becslést arra vonatkozóan, hogy mi volt a ténylegesen bejárt útvonal.¹¹

Van azonban egy harmadik probléma is a rangkorreláció használatával. Mégpedig az, hogy ezek a mutatók csak két szekvenciát képesek összehasonlítani. Nem adnak információt arra vonatkozóan, hogy a kísérleti személyek sorrendjei mennyire hasonlítanak egymáshoz. Ezt a problémát sokféleképpen lehet orvosolni. Ha van szignifikáns sorrend, akkor ahhoz lehet hasonlítani páronként a többi szekvenciát.¹² Igaz, ebben az esetben csak azt kapjuk meg, hogy a legvalószínűbb sorrendhez képest átlagosan mennyire térnek el a kísérleti személyek kattintási sorrendjei, és nem tudjuk jellemezni, hogy egymáshoz mennyire hasonlítanak. Ezt a problémát felismerve alkotta meg Kendall a róla elnevezett konkordancia mutatót. Ez a mutató 0 és 1 közötti értéket vehet fel annak megfelelően, hogy az egyes szekvenciák mennyire korrelálnak egymással.

¹⁰ Pl. 1-2-3-4, 1-2-3-4 Spearman- és Kendall-féle rangkorrelációja 1, de a hozzá tartozó szignifikancia szint = 0,0833, tehát két egyező kattintási sor 95%-os szinten még nem tekinthető szignifikánsan azonosnak.

¹¹ Pl. 1-2-3-4, és 4-1-2-3 Spearman-féle rangkorrelációs értéke -0,2, míg a Kendall-féle rangkorreláció 0. A szignifikancia szint 0,916, illetve 1, holott az 1-2-3 szekvencia mindkét esetben megegyezik.

¹² Jómagam is ezt valósítottam meg.

Bár a harmadik problémát ki lehet küszöbölni e konkordanciamutató használatával, jelen esetben azonban a megfogalmazott két probléma miatt egy általánosabban alkalmazható mutatókat, illetve indexeket képeztem.

4.2.1 Hasonló, egyező szekvenciák vizsgálata

Egy olyan mérőszámot kellett megalkotnom, mely az egyes szekvenciák előfordulását vizsgálja. A mérőszám segítségével több kísérleti szekvenciát is lehet egymáshoz hasonlítani. Ehhez az alábbi fogalmakat vezettem be, melyek egzakt definícióit, illetve a kapcsolódó állításokat, bizonyításokat a melléklet 9.2 fejezete tartalmazza.

Kattintási szekvenciának a kattintási sorrendeket neveztem. A két elemből álló szekvencia **elemi szekvencia**. Két elemi szekvencia lehet *azonos*, ha elemeik és azok sorrendje is megegyezik; *ellentétes*, ha elemeik megegyeznek, de sorrendjük ellentétes; minden más esetben pedig *indifferens*.

Definíció: A kattintási sorrendeket, $s = \{o_1, o_2, \dots, o_n\}$, ahol $o_1, \dots, o_n \in \mathbf{N}$ (**kattintási**) **szekvenciáknak** nevezzük, ahol o_1, \dots, o_n az objektum sorszáma jelöli, és $o_1 \neq o_2 \neq \dots \neq o_n$.

Definíció: Egy s_1 **szekvencia ellentéte** s_2 , ha $s_1 = \{o_1, o_2, \dots, o_n\}$ esetén $s_2 = \{o_n, o_{n-1}, \dots, o_1\}$, ahol $o_1, \dots, o_n \in \{1, \dots, n\}$. Ekkor az ellentétes sorrendet $s_2 = -s_1$ -el jelöljük.

Definíció: Egy szekvencia (kattintási sorrend) **elemi szekvencia**, ha a szekvencia csak két elemből áll.¹³ $e = \{o_1, o_2\}$, ahol $o_1, o_2 \in \mathbf{N}$

Definíció: Két elemi e_1, e_2 szekvencia

- *azonos*, ha elemeik és az elemeik sorrendje is megegyezik $e_1 = \{o_1, o_2\} = \{p_1, p_2\} = e_2$, $o_1 = p_1, o_2 = p_2, o_1, o_2, p_1, p_2 \in \mathbf{N}$;
- *ellentétes*, ha elemeik megegyeznek, de sorrendjeik ellentétesek. $e_1 = -e_2$
- *indifferens*, ha se nem azonosak, se nem ellentétesek. ekkor $e_1 \sim e_2$ -ként jelöljük.

Ezek után vezettem be a **hasonlósági mérték** fogalmát, mely számszerűen fejezi ki azt, hogy két szekvencia mennyire hasonlít egymáshoz. Két elemi szekvencia hasonlóságának mértéke 1, ha azonosak; -1, ha ellentétesek; és 0, ha indifferensek. Két hosszabb szekvencia hasonlósági mértékét pedig úgy számítottam ki, hogy a szekvenciákat elemi szekvenciákra bontottam, majd a páronkénti összehasonlítás során kapott értékeket összeadtam, s osztottam

¹³ Pl. $\{1, 2\}; \{2, 3\}$. Az elemi szekvencia egyben a legrövidebb szekvencia is.

$n-1$ -gyel, ahol n a szekvencia elemszáma (azaz a keresendő objektumok száma). A hasonlósági mérték tehát -1 és 1 közötti értékeket vehet fel.

Definíció: Két elemi szekvencia *hasonlóságának mértéke*:

$$\text{sim}_e(e_1, e_2) = \begin{cases} 1, & \text{ha } e_1 = e_2 \\ -1, & \text{ha } e_1 = -e_2 \\ 0, & \text{ha } e_1 \sim e_2 \end{cases} \quad (3)$$

Definíció: Két $s_o = \{o_1, o_2, \dots, o_n\}$, $s_p = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$, $o_i, p_j \in \{1, \dots, n\}$, $\forall i, j \in \{1, \dots, n\}$ ¹⁴ szekvencia *hasonlósági mértékét* (similarity of sequences) a következőképpen számítjuk ki.¹⁵

$$\text{sim}(s_o, s_p) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^{n-1} \text{sim}_e(\{o_i, o_{i+1}\}, \{p_j, p_{j+1}\}) \quad (4)$$

4.2.1.1 Hasonlóságtól a koncentrációig

A hasonlóságot felhasználhatjuk arra is, hogy megnézzük, hogy az egyes kattintási sorrendek egymáshoz képest átlagosan mennyire hasonlítanak. Ekkor m kísérleti személyre vonatkoztatva a szekvenciák *hasonlósági indexét* úgy számítjuk ki, hogy minden egyes szekvenciát összehasonlítunk minden egyes szekvenciával, a számított hasonlósági mértékeket összeadjuk, majd a kapott értékeket -1 és 1 közé normáljuk.

Definíció: m szekvencia *hasonlósági indexe* (index of similarity):

$$I_s = \frac{1}{m(m-1)} \sum_{i=1}^m \sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^m \text{sim}(s_i, s_j) = \frac{2}{m(m-1)} \sum_{i=1}^{m-1} \sum_{j=i+1}^m \text{sim}(s_i, s_j) \quad (5)$$

A hasonlósági index is -1 és 1 közötti értéket vehet fel. 1 , ha minden szekvencia megegyezik egymással. -1 , ha minden szekvencia ellentétes egymással. Azonban ez csak akkor lehetséges, ha 2 szekvenciát hasonlítunk össze. 3 szekvencia már nem lehet páronként ellentétes. Ezért a hasonlóság helyett az alábbi, ún. egyezőséget alkalmaztam a későbbiekben.

Két elemi szekvencia *egyezőségének mértéke* 1 , ha megegyeznek, minden más esetben 0 . Két hosszabb szekvencia egyezőségének mértékét úgy kapjuk meg, hogy a szekvenciákat elemi szekvenciákra bontva páronkénti összehasonlítást végzünk, s a számított egyezőségi mértékeket összeadjuk, majd pedig az összeget osztjuk $n-1$ -gyel, ahol n a szekvencia elemszáma. Az egyezőségi mérték értéke 0 és 1 közé esik.

Definíció: Két elemi szekvencia *egyezőségének mértéke*:

¹⁴ Itt tehát a szekvenciát $\{1, \dots, n\}$ egy átrendezésének is felfoghatjuk.

¹⁵ Az előbb említett 1-2-3-4, 4-1-2-3 esetén a hasonlóság mértéke $2/3=0,67$. Ugyanis 1-2 és 2-3 szekvencia megegyezik mindkét kattintási sorozatban. A többi viszont indifferens.

$$con_e(e_1, e_2) = \begin{cases} 1, & \text{ha } e_1 = e_2 \\ 0, & \text{különben} \end{cases} \quad (6)$$

Definíció: Két $s_o = \{o_1, o_2, \dots, o_n\}$, $s_p = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ $o_i, p_j \in \{1, \dots, n\}$, $\forall i, j \in \{1, \dots, n\}$ szekvencia **egyezőségének mértékét** (congruency of sequences) a következőképpen számítjuk ki.

$$con(s_o, s_p) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^{n-1} con_e(\{o_i, o_{i+1}\}, \{p_j, p_{j+1}\}) \quad (7)$$

A hasonlósági indexhez hasonlóan **egyezőségi indexet** is számoltam. Itt 1-es értékhez közeli érték azt jelzi, hogy a felhasználók átlagosan hasonló kattintási sorrendekkel találták meg a keresendő objektumokat.

Definíció: m szekvencia **egyezőségi indexe**:

$$I_C = \frac{1}{m(m-1)} \sum_{i=1}^m \sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^m con(s_i, s_j) = \frac{2}{m(m-1)} \sum_{i=1}^{m-1} \sum_{j=i+1}^m con(s_i, s_j) \quad (8)$$

Az egyezőségi index értéke 0 és 1 között van. 0-hoz közeli érték azt jelöli, hogy a kísérleti személyek kattintási sorrendjei nagymértékben eltérnek egymástól. Az egyezőségi index magas értéke azonban nem csak azt jelenti, hogy a kísérleti személyek közel azonos útvonalon járták be a keresési teret, hanem ez az érték arra is utal, hogy a kísérleti személyek kattintási sorrendjei között vannak olyan szekvenciák, melyek gyakran előfordulnak, vagyis koncentráltabban jelennek meg.

A **koncentráció mértékének meghatározására** számos módszert alkalmaznak a statisztikában. Az egyik lehetőség a GINI-index (G) meghatározása, ami az általam definiált egyezőségi indexből (I_C) nagyon egyszerűen származtatható: $G=1-I_C$. Ennek levezetését a melléklet 9.2 fejezetében találjuk.

Ennek értéke 0 és 1 közé esik ($0 \leq G \leq 1$). Kis G érték esetén az átlagos különbség alacsony, így az egyes szekvenciák sok egyező elemi szekvenciákat tartalmaznak, vagyis az egyező elemi szekvenciák koncentrációja magas. Ami arra enged következtetni, hogy sok kísérleti személy azonos módon oldotta meg a feladatot.

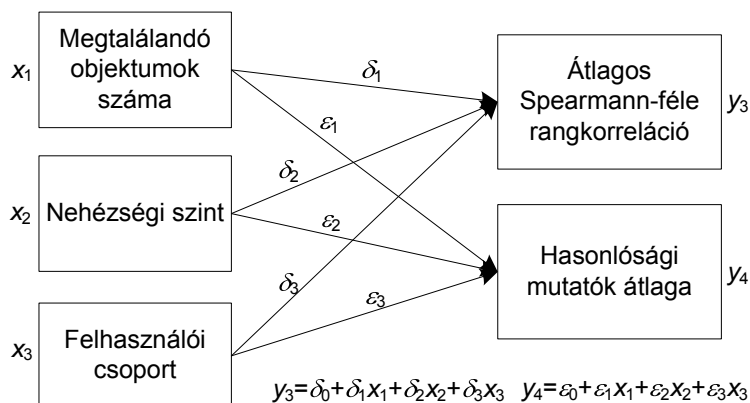
Az alkalmazott mutatókat a melléklet 9.2 fejezetében található 9. táblázat foglalja össze. Itt választ kaphatunk arra a kérdésre, mely mutatóval milyen statisztikai jellemzőt mérhetünk, a mutató magas illetve alacsony értéke mit jelent, illetve milyen következtetéseket lehet belőle levonni. A 9. táblázatban található mutatók közül az általam bevezetett hasonlósági és egyezőségi mértékek, illetve az ezekből levezethető hasonlósági és egyezőségi indexek

értékei alkalmazhatók a legtöbb esetben. Hasonlóságot, egyezőséget lehet számítani egy adott szignifikáns útvonalra/sorrendre, illetve hasonlósági, egyezőségi indexek kiszámításával azt is meghatározhatjuk, hogy az egyes szekvenciák mennyire hasonlítanak egymásra, illetve egyeznek meg egymással.

Kérdés lehet tehát, hogy mennyire hasonlítanak az egyes kattintási szekvenciák a legvalószínűbbnek talált kattintási szekvenciára. Illetve szintén kérdésként fogalmazódhat meg, hogy a felhasználók kattintási szekvenciái egymáshoz képest átlagosan mennyire hasonlítanak. Mindkét kérdésfelvetés jogos lehet, hiszen ha egy adott szekvenciát/útvonalat nem is követnek a kísérleti személyek, bizonyos részútvonalak, rész szekvenciák még lehetnek azonosak. A második esetben tehát nem feltételezzük, hogy létezik egy legvalószínűbb bejárési útvonal, csak azt vizsgáljuk, hogy a bejárési útvonalak tartalmaznak-e közös részeket. Természetesen, ha a hasonlósági, illetve egyezőségi index értéke magas, akkor nagy valószínűséggel találunk ilyen útvonalat, ellenben, ha nincs ilyen szignifikáns útvonal, attól még bizonyos részei a bejárásnak lehetnek hasonlóak/egyezőek.

Kutatási modell, munkahipotézisek:

Kutatási modellként a 9. ábrán található modellből indultam ki. Itt azonban a magyarázott változó az átlagos Spearman-féle rangkorreláció értéke, illetve a szekvenciák hasonlósági mutatójának átlagos értéke.



9. ábra: Kiértékeléshez használt regressziós modell.

4.3 Bejárt navigációs útvonalak

Ahhoz, hogy a felhasználók bejárt útvonalát vizsgáljam, nem elegendő ismerni a kattintási sorrendet, hanem azt is vizsgálni kell, hogy egy adott megtalált objektum után a felhasználó milyen valószínűséggel fog egy adott másik objektumra kattintani. Ahhoz, hogy ezt a vizsgálatot el lehessen végezni, egy olyan gyakorisági táblázatból, illetve relatív gyakorisági

táblázatból kellett kiindulnom, mely tartalmazza, hogy egy adott felhasználó egy objektum megtalálása után mely másik objektumot választotta ki. Ez a relatív gyakoriságokat tartalmazó táblázat felfogható egy adjacencia mátrixként is, ahol az egyes élek jelentik a relatív gyakoriságokat¹⁶ (Mátrai, Kosztyán, Sik-Lányi, 2008a).

Ebben az esetben is számolhatóak a kontingencia mutatók. Mind a Cramer, illetve Tchuprov, mind pedig a Goodman-Kruskal-féle bizonytalansági mutató is. A χ^2 -mutató meghatározásához, illetve az abból származtatható Cramer mutatók számítása kicsit komplikáltabb feladat. n számú objektum esetén $1/n$ annak az esélye, hogy i -edik lépésben rákattintunk, azonban egy kiválasztott objektum után már csak $n-1$ másik objektumra kattinthatunk, hiszen ugyanazt az objektumot már nem választhatjuk ki.

A bizonytalansági mutató számítása ugyanúgy történik, mint kattintások sorrendjénél, hiszen a bizonytalansági mutató meghatározásánál nincs szükség a független esetek ismeretére. A Goodman-Kruskal-féle mutató értéke azt mutatja meg, hogy ha ismerem, hogy melyik objektumra kattintott a felhasználó, akkor az esetek hány százalékában tudom megmondani, hogy mely objektum lesz a következő megtalált objektum.

Kutatási modell, munkahipotézisek:

Az előző fejezethez hasonlóan most is azt állítom, hogy mind az objektum számának, mind a feladat nehézségének, mind pedig a vizsgált felhasználói csoportnak szerepe van abban, hogy egy adott objektum megtalálása után merre haladnak tovább a felhasználók. Nem csak azt állítom, hogy ezek a kattintások nem függetlenek, hanem azt is, hogy előre lehet őket jelezni.

4.4 Kattintási sorrendektől a preferenciaskálákig

A kattintási sorrendet preferencia-sorrendként is felfoghatjuk. Ekkor Thurstone-féle skála-transzformációval – kellő számú kísérleti személy esetén – a sorrendi skálából arányskálát lehet képezni¹⁷. Ezáltal meg lehet határozni például azt, hogy az egyes objektumok – annak függvényében, hogy a képernyő mely részén helyezkednek el – mennyire lesznek preferáltak a többi objektumhoz képest. Meg lehet továbbá mondani, hogy ezek a preferenciaértékek hogyan függenek az egyes előtér/háttér beállításoktól, illetve egyéb paraméterektől. A

¹⁶ Pl. az (i,j) élen szereplő szám tehát azt mutatja meg, hogy egy adott i objektum kattintása után az esetek hány százalékában kattintottunk j -re, közvetlenül az előző kattintás után.

¹⁷ A módszer részletes ismertetését a melléklet 9.3.3 fejezete tartalmazza.

következő fejezetekben a skálaértékeket többször is felhasználtam a kattintási preferencia-skálák jellemzésére.

A kattintási (skála)preferenciákat felhasználva egy ún. **kattintási preferencia-térképet** határoztam meg minden egyes feladatlaphoz (Mátrai, Kosztyán, Sik-Lányi, 2008b). A térképeken a kísérleti személyek navigációs útvonalait tüntettem fel egy gráfban, melynek csomópontjai a megtalálandó objektumok, a súlyozott, irányított élein – melyek a haladási irányt szemléltetik – az egyes elemi szekvenciák előfordulásának gyakoriságát tüntettem fel. A skálapreferencia-értékeket pedig az objektumokon jelöltem.

Definíció: Egy n keresendő objektumot tartalmazó $G(N, A)$ ($n=|N|$) **kattintási preferencia-térkép** olyan súlyozott irányított gráf, melynél az $(i, j) \in A$, $i, j \in N$ él $w(i, j)$ ($0 \leq w(i, j) \leq 1$) súlya jelöli, hogy a kísérleti személyek hány százaléka kattintott az i -edik keresendő objektum után közvetlenül a j -edikre, valamint $(u(i))$ jelöli, hogy $i \in N$ objektumra vonatkozó kattintási skálapreferencia értéket.

A következő fejezetben részletesen bemutatom, hogy hogyan vizsgáltam a felhasználók által bejárt útvonalakat, az egyes attribútumok navigációs útvonalakra gyakorolt hatását, s elemzem az egyes felhasználói csoportok eltérő navigációs stratégiáit.

4.5 Navigációs útvonalak, navigációs stratégiák

Ahhoz, hogy a bejárési útvonalakból következtethessék a felhasználók keresési stratégiáira, szükség van arra, hogy a felhasználók **navigációs útvonalait** felrajzolhassam, valamint a felhasználók navigációs útvonalait egy ún. navigációs gráfban szerepeltessem. A **navigációs gráfban** egy felhasználói csoport összes kattintási szekvenciája szerepel; a csomópontok a keresendő objektumok, az irányított, súlyozott élek az egyes elemi szekvenciák előfordulásának relatív gyakoriságát mutatják meg.

Definíció: Egy n keresendő objektumot tartalmazó $G(N, A)$ ($n=|N|$) **navigációs gráf** egy súlyozott irányított gráf, melynél az $(i, j) \in A$, $i, j \in N$ él $w(i, j)$ ($0 \leq w(i, j) \leq 1$) súlya jelöli, hogy a kísérleti személyek hány százaléka kattintott az i -edik keresendő objektum után közvetlenül a j -edikre.

A navigációs gráfból tehát az összes elemi szekvencia előfordulásának gyakorisága leolvasható. Lehetnek azonban olyan szekvenciák, amelyek előfordulási gyakorisága az egyenletes eloszlás alapján számított várható értékhez közeli, illetve alatta van. Ha csak a

szignifikáns éleket tarjuk meg, amelyek szignifikánsan nagyobbak, mint az egyenletes eloszlás alapján számított várható érték, akkor *navigációs struktúrához* jutunk.

Definíció: Egy n keresendő objektumot tartalmazó $G(N, A)$ ($n=|N|$) navigációs gráfban egy $(i, j) \in A$, $i, j \in N$ *él szignifikáns*, ha az él súlya szignifikánsan nagyobb, mint $1/n - 1$. (Az egyenletes eloszlás alapján számított várható érték.) Ellenkező esetben *nem szignifikáns*.

Definíció: Egy navigációs gráf *navigációs struktúra*, ha nem tartalmaz nem szignifikáns élt.

A navigációs struktúrából még nem derül ki, hogy átlagosan melyik objektumra kattintottak a felhasználók elsőként, melyikre másodikként stb. A *legvalószínűbb kattintási sorrendet* (ami nem feltétlenül lesz szignifikáns is) a gyakorisági táblázat alapján határozhatjuk meg. Ez alapján a gráf csomópontjait megszámozzuk, s ezzel eljutottunk a *navigációs térképhez* (Mátrai, Kosztyán, Sik-Lányi, 2008b). A leggyakrabban elsőként választott objektum lesz a *kezdőpont*, melyet a térképen O-rel jelöltem, a leggyakrabban utolsóként választott objektumot, a *végpontot* pedig X-szel.

Definíció: *navigációs térképnek* nevezünk egy n keresendő objektumot tartalmazó $G(N, A)$ ($n=|N|$) súlyozott irányított gráfot, melynél az $(i, j) \in A$, $i, j \in N$ él $w(i, j)$ ($0 \leq w(i, j) \leq 1$) súlya jelöli, hogy a kísérleti személyek hány százaléka kattintott az i -edik keresendő objektum után közvetlenül a j -edikre, valamint $(i: s_i: v(i))$ jelöli, hogy $i \in N$ objektumra s_i -edikként ($1 \leq s_i \leq n$), $v(i)$ relatív gyakorisággal ($0 \leq v(i) \leq 1$) kattintottak a felhasználók. ($\max(s_i)$ azt a (kattintási) sorszámot jelöli, ahol $v(i)$ maximális.)

Nem minden esetben egyértelmű a kattintási sorrend. Előfordulhat, hogy két objektumra is egyenlő valószínűséggel kattintanak rá pl. harmadikként. Ekkor a navigációs térkép nem lesz *egyértelmű*.

Egy navigációs gráfban ha találunk olyan Hamilton-utat, melyre az élek súlyainak összege maximális, akkor az az útvonal a *legvalószínűbb navigációs útvonal*. Ha csak egy ilyen útvonalat találunk, akkor ez a *legvalószínűbb navigációs útvonal egyértelmű*, s ha még az is teljesül, hogy kezdőpontja és végpontja a navigációs térkép kezdő- illetve végpontjának felel meg, továbbá minden i -edik csomópontjára teljesül, hogy a felhasználók i -edikként arra kattintottak a legnagyobb relatív gyakorisággal, akkor *szignifikáns* is.

Az i és j objektumot összekötő (i, j) *él költségén* az i és j objektum között távolságot értem. Egy *kattintási szekvencia összes költségének* pedig az élek költségeinek összegét.

Vajon hogyan következtethetünk a felrajzolt navigációs térkép alapján a felhasználók keresési stratégiájára? Hogyan következtethetünk a keresési stratégia alapján arra, hogy mennyire átlátható a felhasználói felület, s vajon könnyű-e megtalálni rajta az információkat? Egyáltalán, milyen keresési stratégiákat különböztethetünk meg az egyes elrendezések esetén?

Öt keresési stratégiát előre definiáltam, amiket a kísérleteim kiértékelésénél meghatároztam minden egyes feladatlagra. Ezekhez az előre definiált keresési stratégiákhoz hasonlítottam össze páronként a kísérleti személyek navigációs útvonalait. A páronkénti összehasonlítások során egyezőségi indexet számoltam. Amelyik stratégia szerint nagyobb egyezőségi indexet kaptam – azaz, amelyik stratégiához a legjobban hasonlított a kísérleti személy navigációs útvonala –, azt a stratégiát tekintettem a kísérleti személy keresési stratégiájának az adott feladatlapon. Minden egyes feladatlapon megvizsgáltam, hogy melyik stratégia fordul elő a leggyakrabban, ez lett a **domináns keresési stratégia**, mely **egyértelmű**, ha más domináns keresési stratégia nem található.

Ha a kísérleti személy jól átlátja a képernyőt, akkor a keresendő objektumokat is könnyen megtalálja, akár egyszerre látja is őket a képernyőn, így feltehetőleg a legrövidebb útvonalon haladva fog rájuk egymás után kattintani – ezt neveztem **globális keresési stratégiának**. Ha már nem látja át ennyire könnyen a képernyőt, akkor feltételezésem szerint figyelme egy-egy kisebb részre lokalizálódik, és egy megtalált objektum után a legközelebbi objektumra kattint; majd ismét a képernyő egy másik részére lokalizálódik a figyelme, s ott keresi egymás után az objektumokat (**lokális keresési stratégia**). Jacob Nielsen szemmozgáskövetéses vizsgálatai alapján (Nielsen, 2006) azt is elképzelhetőnek tartottam, hogy a kísérleti személyek a kereséskor „soronként szkennelnek”, s így haladnak felülről lefelé (**Jacob Nielsen féle stratégia**). A keresési stratégiákat ezen gondolataim alapján határoztam meg (Mátrai, Kosztyán, Sik-Lányi, 2008a és 2008b).

Több hasábos elrendezésű szöveges feladatlapon ezek felül még egy fajta stratégiát bevezettem, amely azt feltételezte, hogy a kísérleti személyek elindulnak a bal oldali hasábból, ott minden keresendő objektumot fellelnek, majd haladnak tovább a következő hasábra. A hasábokon belüli objektumok megtalálásának sorrendjét figyelmen kívül hagytam. Ezt hívtam **oszlopok szerinti keresési stratégiának**.

Előfordul, hogy a navigációs útvonal egyik keresési stratégiához sem hasonlít szignifikánsan, ami arra utal, hogy a képernyő nehezen átlátható, nehezen találhatók meg rajta az információk. Ezt neveztem *ad-hoc keresési stratégiának*.

Az objektumok megtalálásának sorrendje feltételezésem szerint azok tulajdonságaitól is függ. Nem mindegy, hány paraméterben térnek el egymástól az objektumok a pozíciójukon kívül. Ennek jellemzésére egy mutatószámot vezettem be, melynek az *inhomogenitás foka* nevet adtam, s azon paraméterek számát jelzi, melyben az objektumok – pozíciójukon kívül – eltérnek egymástól. A *keresési teret a keresendő objektumokat tekintve homogénnek* neveztem, ha az inhomogenitás foka ezen objektumoknak 0. A *keresési teret teljesen homogénnek* tekintettem akkor, ha mind a keresett objektumokat tekintve, mind a nem keresett objektumokat tekintve (külön-külön) az inhomogenitás foka 0.

Hipotézisem szerint a keresendő objektumokat tekintve az inhomogenitás fokának növekedésével a navigációs stratégiák megváltoznak.

4.6 Navigáció és reagálási idő vizsgálata szöveges keresési feladatokban

4.6.1 A Szófejtő feladat kiértékelése

A Szófejtő feladatban a megtalálandó szavak véletlenszerűen jelentek meg a képernyőn. Ami változott, az a sorok, illetve oszlopok száma, szóhossz, szövegkörnyezet értelmes vagy értelmetlen volta, háttérszín (és ennek megfelelően a betűk színe). Külön értékeltem ki azokat a feladatokat, amelyekben csak 1 szót kellett megtalálni (vizuális keresési feladat), és külön azokat a feladatokat, amelyekben a keresendő szó többször fordult elő (navigációs feladat).

4.6.1.1 Alkalmazott statisztikai módszerek, munkahipotézisek

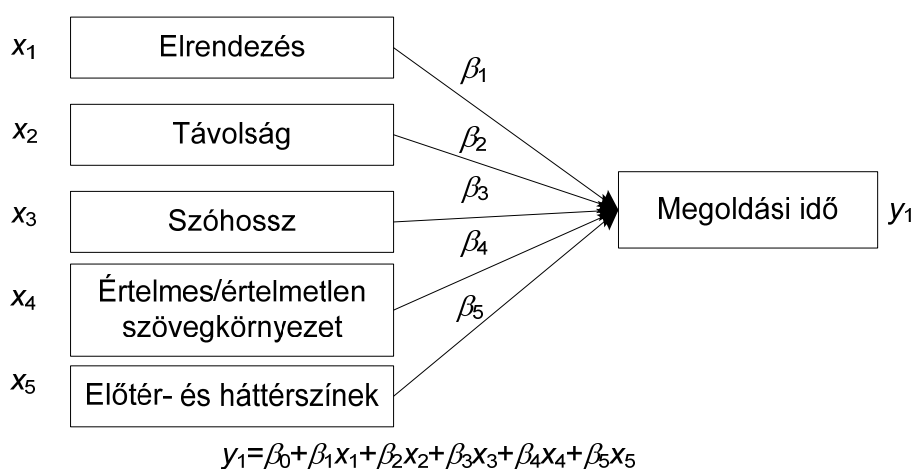
Az adatok kiértékelésére kategorikus regresszió-analízist, variancia-analízist illetve hierarchikus klaszterezést alkalmaztam. Kategorikus regressziót alkalmaztam, mivel voltak nominális és ordinális skálán mért változók is a modellben. Variancia-analízisre azért volt szükség, mert a regresszió csak lineáris kapcsolatot mér, a nemlineáris összefüggéseket nem tárja fel. A regresszió-analízis elvégzése előtt hierarchikus klaszterezést végeztem azért, hogy megvizsgáljam, mely paraméter okozza a legnagyobb különbséget az átlagos megoldási időre; majd – tovább bontva – melyik paraméter lesz a második legrelevánsabb változó stb.

A vizuális keresési feladatokban azt vizsgáltam, hogy a betűméret, az előtér/háttér színe, a kontraszt, a szó hossza, valamint az, hogy értelmes szavak között kellett-e keresni az objektum(ok)at, mennyire befolyásolja a keresési időt. A navigációs feladatokban ezeken

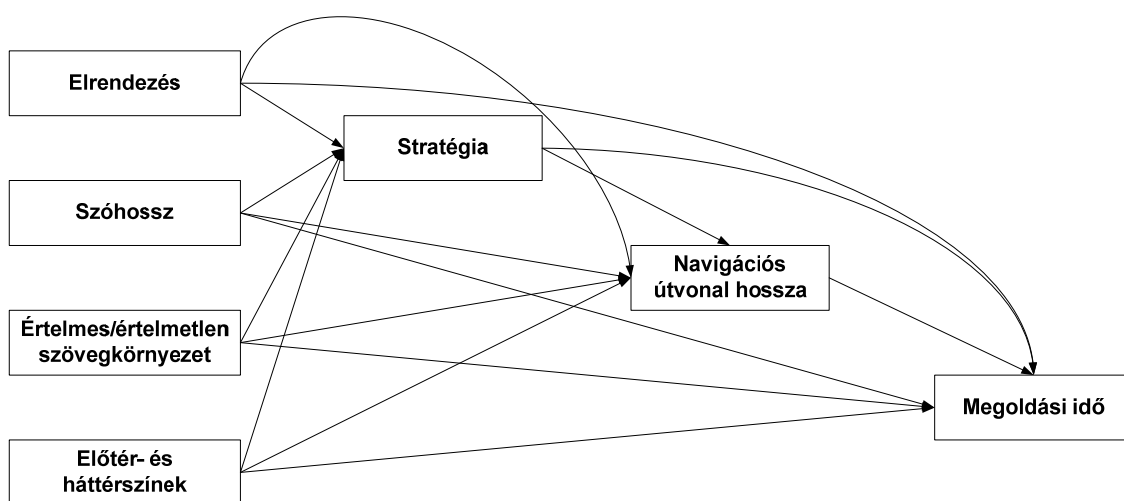
túlmenően vizsgáltam azt is, hogy a paraméterek hogyan hatnak a felhasználók keresési stratégiájára és a megtett út hosszára. Nemcsak direkt, hanem indirekt hatásokat is vizsgáltam: hogyan hatnak a paraméterek a navigációs stratégián keresztül a megtett út hosszára, valamint ezen keresztül a megoldási időre.

A kísérleti személyeknek minden feladatot 10-szer kellett elvégeznie. Vizsgáltam, hogy a megoldások varianciáját mennyiben magyarázzák az egyénre visszavezethető feladatmegoldásban tapasztalható eltérések.

Ezek alapján a következő modelleket fogalmaztam meg a vizuális keresési, valamint a navigációs feladatok vizsgálatára (10. és 11. ábra).



10. ábra: Kategorikus regressziós modell a vizuális keresési feladatok kiértékeléséhez.



11. ábra: Útmodell a navigációs feladatok kiértékeléséhez.

Mivel az „elrendezés” és szöveggörnyezet „értelmességét” jelző változók nominálisak, ezért a regressziós egyenletben csak úgy tudjuk szerepeltetni, hogyha a változók által felvehető értékekhez számokat rendelünk.

A különböző elrendezéseket a következőképpen kódoltam:

- 0: 5 sorban, 10 oszlopban jelentek meg a szavak, betűméret: 12pt;
- 1: 8 sorban, 6 oszlopban jelentek meg a szavak, betűméret: 20pt;
- 2: 12 sorban, 4 oszlopban jelentek meg a szavak, betűméret: 30pt.

Az elrendezés tehát inkább sorrendi változónak tekinthető, mintsem nominálisnak, hiszen itt a 0-tól 2-ig haladva a betűnagyságok, valamint a sorok száma növekedett, az oszlopok száma pedig csökkent.

A szöveggörnyezet értelmességét jelző változó két értéket vehetett fel:

- 0: csak a keresett szöveg volt értelmes, de a többi szó nem;
- 1: mind a keresett, mind pedig a nemkeresett szó értelmes volt.¹⁸

Mivel ezekben az esetekben csak arra voltam kíváncsi, hogy milyen irányú a regressziós egyenes, illetve arra, hogy a különböző elrendezések befolyásolják-e a reagálási időt, így a fenti kódolás segítségével a regresszió-analízisben dummy változókként szerepeltettem ezeket a mennyiségeket.

A regresszió-analízis elvégzése előtt azonban egy másik módszerrel, a hierarchikus klaszterezés segítségével meg kellett vizsgálni, hogy a különböző elrendezések, szóhosszak, valamint az értelmes/értelmetlen szöveggörnyezet más-más eredményt adnak-e a megoldások reagálási időire.

A lineáris regressziós modell alkalmazása után részletesen megvizsgáltam az egyes változók hatását variancia-analízis segítségével is.

4.6.2 Navigáció vizsgálata kötött elrendezések esetén

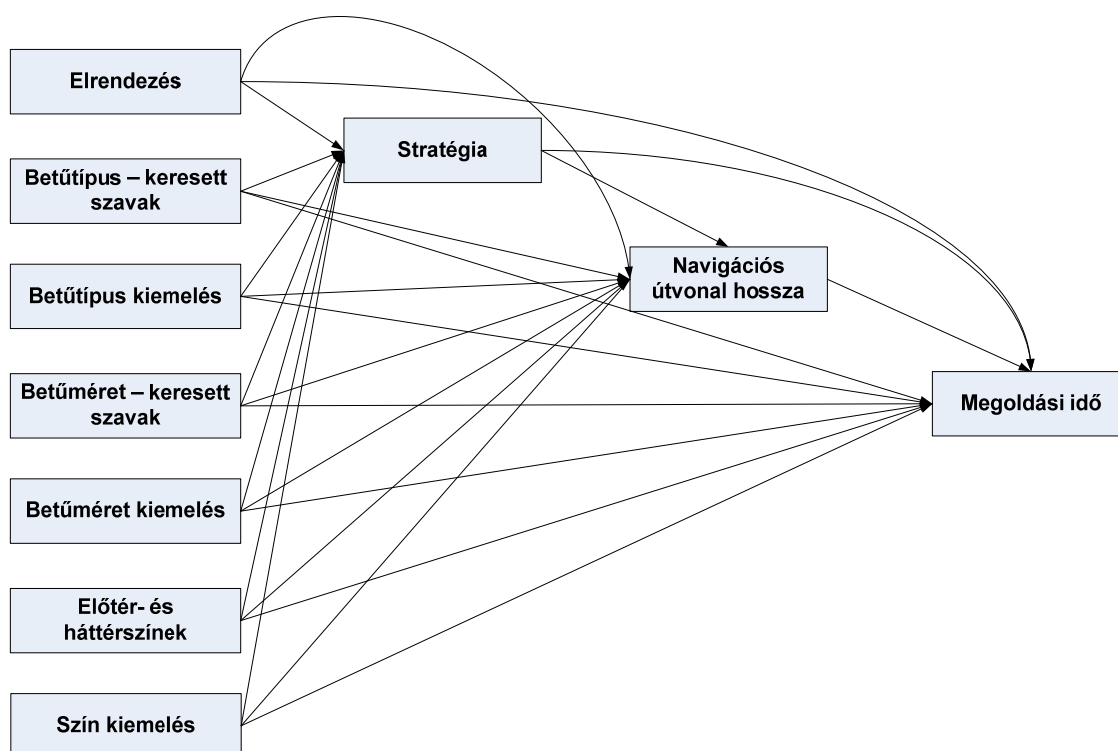
A Szófejtő navigációs feladatában alkalmazott útmodellhez hasonlóképpen itt is felállítható egy útmodell (12. ábra), melyben az alábbi paraméterek szerepeltek (zárójelben a dummyzás során használt kódszámot tüntettem fel):

- Elrendezés

¹⁸ A dummy változó használata esetén elegendő a regresszió „irányát” meghatároznunk. Ebből már lezűrhető, hogy az értelmes, vagy az értelmetlen szavak között tudott a felhasználó gyorsabban keresni.

- Keresett szavak betűtípusa (0: Arial; 1: Courier New)
- Betűtípus tekintetében volt-e kiemelés, azaz, különbözött-e a keresett és nemkeresett szavak betűtípusa (0: nem volt kiemelés; 1: volt kiemelés)
- Keresett szavak betűmérete (10pt; 12pt; 14pt)
- Betűméret tekintetében volt-e kiemelés, azaz, eltért-e a keresett szavak betűmérete a nemkeresett szavakétól (itt -2; 0; +2 értékeket vehetett fel a változó)
- Előtér- és háttérszínek (0: kék háttéren fehér betűk; 1: fehér háttéren fekete betűk)
- Színek tekintetében volt-e kiemelés, azaz a keresett szavak betűszíne eltért-e a nemkeresett szavakétól (0: nem volt kiemelés; 1: volt kiemelés)
- Stratégia (1: ad-hoc; 2: oszlopok szerinti; 3: lokális; 4: globális)
- Navigációs útvonal hossza
- Megoldási idő

A modell kiértékeléséhez kategorikus regressziót alkalmaztam.



12. ábra: Útmodell a kötött elrendezésű navigációs kísérlet kiértékeléséhez

Az egyes elrendezések esetén a navigációs útvonalakat is kiszámítottam, valamint kontingencia-analízis és rangkorreláció segítségével megnéztem, hogy ezek az útvonalak, kattintási sorrendek szignifikánsak-e vagy sem. Minden feladatot minden kísérleti személy pontosan egyszer hajtott végre.

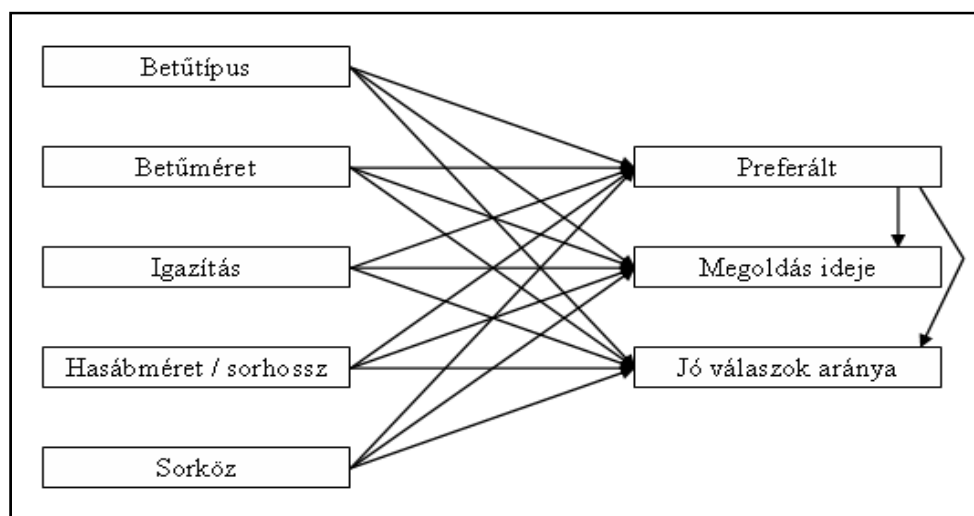
Az elrendezéseket 1-10-ig neveztem el úgy, hogy 1-es elrendezésű legyen az átlagosan legrövidebb idő alatt végrehajtott feladatlap, 10-es elrendezésű pedig az átlagosan leghosszabb ideig végrehajtott feladatlap. Ha átlagosan ugyanannyi valamennyi elrendezés esetén a reagálási idő, akkor ez a változó a regressziós modell szempontjából nem lesz szignifikáns.

Azonban ha így rendezem az elrendezéseket, akkor azt a kérdést is megvizsgálhatom, hogy vajon a kisebb reagálási idő jelezheti-e azt, hogy a navigációs útvonalak közt kevesebb eltérés jelentkezik, vagyis a kontingencia és rangkorrelációs mutatók is javulnak-e vagy sem.

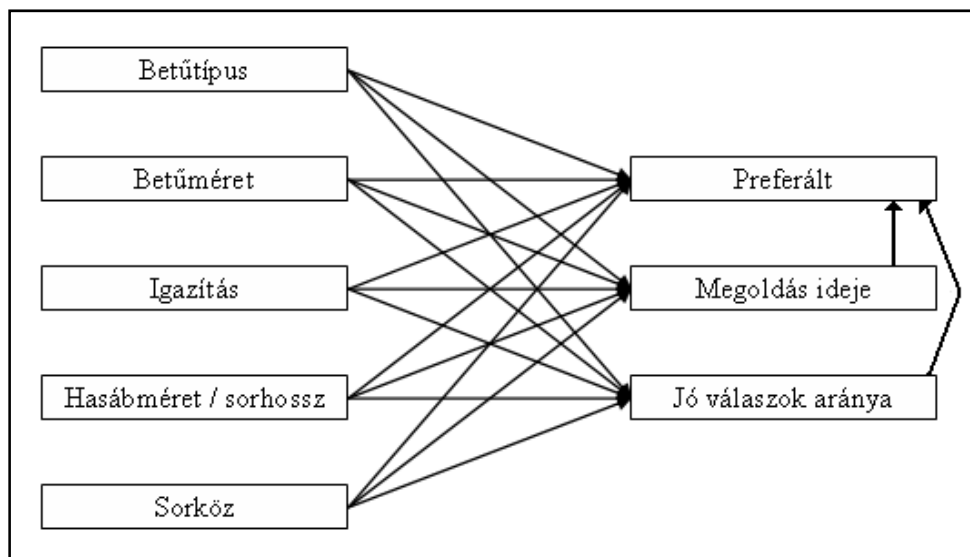
4.7 Szövegértés vizsgálata

A szövegértés vizsgálata két részből állt. Az első részében az egyes paraméterek befolyásoló hatását vizsgáltam a megoldási időre és a jó válaszok arányára nézve, a második részben pedig azt vizsgáltam, hogy vajon azoknál a beállításoknál szerepelnek-e a legjobb eredmények, amelyeket a felhasználók jobban preferálnak.

Az eredmények kiértékeléséhez az alábbi két útmodellt használtam (13. és 14. ábra):



13. ábra: Útmodell (1) a szövegértési feladat kiértékeléséhez.



14. ábra: Útmodell (2) a szövegértési feladat kiértékeléséhez.

Az (1) és (2) útmodell között tehát az a különbség, hogy míg az (1)-nél azt a kérdést teszem fel, hogy ha a felhasználók preferálnak egy adott beállítást, akkor vajon ez kihat-e a megoldás idejére és a jó válaszok arányára, míg a (2)-nél a kérdés épp fordított: a megoldási időből illetve a jó válaszok arányából tudunk-e következtetni arra, hogy a felhasználók preferálták-e az adott beállítást.

5 Eredmények

5.1 A megtalálendő objektumok számának hatása a kattintási szekvenciák előrejelezhetőségére és szignifikanciájára

Ebben a fejezetben a 2. táblázatban összefoglalt navigációs feladatok kapcsán értékelem ki a 4.1.2 fejezetben tárgyalt kutatási modellt, azaz a kattintási sorrend függetlenségét valamint az előrejelzés bizonytalanságát vizsgáltam a keresendő objektumok számának, a feladat nehézségi szintjének és a felhasználói csoportnak a függvényében.

5.1.1 A kontingencia-elemzés eredménye

A DVD-mellékletben található SumClick.xlsx táblázatban összegyűjtöttem, hogy a különböző feladatok esetén az egyes felhasználói csoportokban szereplő kísérleti személyek megoldásai mennyire szisztematikus megoldási sorrendet követnek¹⁹. Ha a kattintások véletlenszerűek, függetlenek lennének az objektumok elhelyezésétől, akkor a kontingencia mutatók értékei kicsik lennének, illetve az értékek nem lennének szignifikánsak. Ugyanígy nem lehetne előrejelezni, hogy az egyes objektumokra mikor (hányadik lépésben) kattintanak rá a különböző felhasználói csoportban lévő felhasználók. A legtöbb esetben azt kaptam, hogy a kontingencia mutatók értékei szignifikánsak, ami azt jelenti, hogy a navigációs struktúra nem független az objektumok elhelyezkedésétől. Attól függően, hogy hány objektumot kellett megtalálni, illetve milyen nehézségű volt a feladat, a kontingencia-mutatók változtak, de szignifikanciájukat nem veszítették el.

5.1.1.1 Kontingencia-mutatók értékének vizsgálata

A 8. ábrán (37. oldal) ismertetett kutatási modell alapján megfogalmazható munkahipotézisek szerint β_1 - β_3 értéke, valamint γ_1 - γ_3 értéke szignifikáns.

3. táblázat: A modell magyarázóképesége

Modell	R	R ²	Korrigált R ²	A becslés std. hibája
1	,587(a)	,345	,323	,11653

Magyarázó változók: (konstans), Felhasználói csoport (0: értelmileg sérültek; 1: középiskolások; 2: egyetemisták), Megtalálendő objektumok száma, Nehézségi szint
Magyarázott változók: Cramer mutató (kattintási sorrend)

¹⁹ Pl. ha mindenki azonos sorrendet követ, akkor a Cramer mutató értéke 1.

4. táblázat: ANOVA

Modell	SS	df	Átlagos eltérés- (négyzet)	F	Szig.
1 Regression	,664	3	,221	16,300	,000(a)
Residual	1,263	93	,014		
Total	1,927	96			

Magyarázó változók: (konstans), Felhasználói csoport (0: értelmileg sérültek; 1: középiskolások; 2: egyetemisták), Megtalálható objektumok száma, Nehézségi szint

Magyarázott változók: Cramer mutató (kattintási sorrend)

A 3. táblázat, illetve 4. táblázat mutatja, hogy a felrajzolt modell szignifikáns. A dummy változók bevezetésének ellenére a korrigált $R^2=0,323$ értéket mutat, ami közepesnél gyengébb kapcsolatot jelez a magyarázó és a magyarázott változók között. Ezért a modellt elfogadjuk²⁰. Az eddigi elemzések azt mutatják, hogy az egyes feladatok esetén részletesebb vizsgálatra lesz szükség az összefüggések feltárása érdekében.

5. táblázat: Együtthatók

Modell		Nem sztenderdizált együtthatók		Sztenderdizált együtthatók	t	Szig.
		B	Std. hiba	Béta	B	Std. hiba
1	(Konstans)	,709	,042		16,698	,000
	Megtalálható objektumok száma	-,019	,003	-,507	-5,650	,000
	Nehézségi szint	-,014	,008	-,165	-1,836	,069
	Felhasználói csoport (0= értelmileg sérültek; 1= középiskolások; 2= egyetemisták)	-,052	,014	-,308	-3,643	,000

Magyarázott változó: Cramer mutató (kattintási sorrend)

A modellből látható, hogy valamennyi változója 90%-os biztonsági szint mellett szignifikáns.

A kapott eredmények értelmezése:

A 5. táblázat eredményéből jól látható, hogy a megtalálható objektum (negatív béta értéke) arra utal, hogy a megtalálható objektumok számának növekedésével a Cramer-mutató értéke csökken, vagyis minél több objektumot kell megtalálnia a felhasználónak, annál inkább véletlenszerűen találja meg ezeket. Ugyanígy minél nehezebb feladatot kell megoldania a felhasználónak, annál inkább véletlenszerűek a kattintásai. A felhasználói csoport

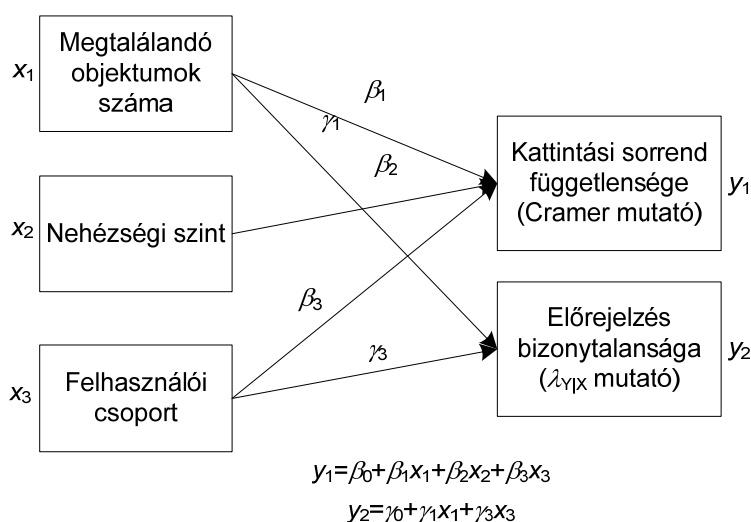
²⁰Nem feltételezhető, hogy a kapcsolat lineáris lenne, ráadásul a dummy-változók beépítése jelentősen ronthatja a modell magyarázóképeségét.

vizsgálatánál jól kitűnik, hogy leginkább az egyetemisták keresnek szisztematikusan, véletlenszerűen pedig leginkább az értelmileg sérültek.

A kattintási sorrend előrejelezhetősége:

A modell kiértékelése során kiderült, hogy itt az előző modellben vizsgált nehézségi szint nem szignifikáns, azaz magára az előrejelezhetőségre nincs szignifikáns hatással a feladat bonyolultsága. A többi változó esetében a negatív kapcsolat hasonló módon jelentkezik: minél több objektumot kell a felhasználónak megtalálnia, annál kevésbé előrejelezhető, hogy mikor melyikre kattint rá. A kattintások sorrendje leginkább az egyetemistáknál és legkevésbé az értelmileg sérülteknél jelezhető előre.

Ezek alapján regresszió-analízissel kapott modell:



15. ábra: Regresszió-analízis után kapott modell a kattintási sorrend előrejelezhetőségére és az előrejelzés bizonytalanságára vonatkozóan.

Mivel γ_2 értéke nem volt szignifikáns, így elhagytam a modelltől²¹.

Levonható következtetések:

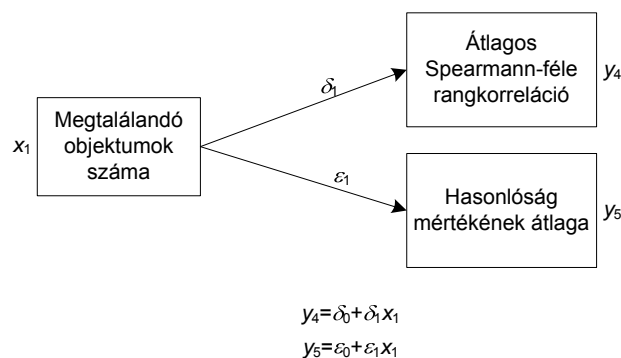
1. Mind az előre-jelezhetőséget, mind a szisztematikus keresést befolyásolja a megtalálándó objektumok száma.

²¹ Fontos megjegyezni, hogy ha egy regresszió-analízis eredményeként egy változó értéke nem szignifikáns, akkor nem szabad automatikusan kitörölni a modelltől, hiszen a lineáris regresszió csak lineáris kapcsolatot mér. (Pl. a nehézségi szint helytelen sorrendje is okozhatja ezt a jelenséget). Azonban sem az ANOVA, sem más regressziós modell, sem pedig a kontingencia-elemzés használatával nem kaptam γ_2 -re szignifikáns eredményt, így a modellemben a továbbiakban nem szerepeltettem az értékét.

2. A vizsgált felhasználói csoportok közül legkevésbé az értelmileg sérültek kattintási sorrendje jelezhető előre, illetve az ő navigációjuk a leginkább véletlenszerű.
3. A feladat bonyolultsága (ezen belül is a megtalálandó objektumok változtatható attribútumainak száma) befolyásolja a kattintási sorrendek „véletlenszerűségét”, míg a kattintási sorrendek előrejelezhetőségére nem mutatott szignifikáns hatást.

5.1.2 Szignifikáns sorrendek vizsgálata

y_4 és y_5 magyarázott változó esetén azt kaptam eredményül, hogy sem a nehézségi szint, sem pedig a felhasználói csoport nem szignifikáns. Azonban az egyezőségi index esetében mindhárom magyarázott változó szignifikáns hatást mutatott.



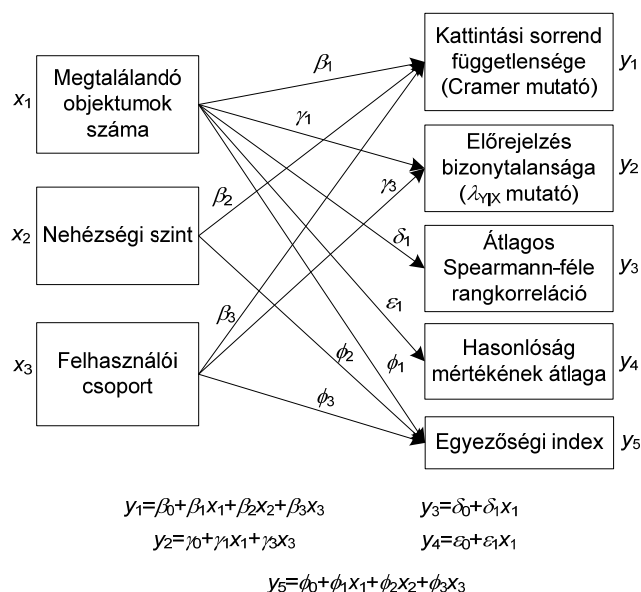
16. ábra: Regresszió-analízis után kapott modell.

Az előző modellek eredményéhez hasonlóan a megtalálandó objektum számának növekedésével növekedett az átlagos rangkorreláció, illetve a hasonlóság mértéke, ami az előzőekben levont következtetéseimet támasztja alá.

Minél több objektumot kell a felhasználóknak megkeresnie, annál véletlenszerűbb a kattintási sorrendje, illetve annál kevésbé lehet felfedezni hasonló szekvenciákat.

Ugyanilyen regressziós modellt felállítva az egyezőségi indexre mindhárom magyarázó változó szignifikánsnak mutatkozott. A felhasználói csoportra vonatkozó pozitív β -érték azt mutatja, hogy több egyező szekvencia található az átlagos populációban, mint az értelmileg sérülteknél.

A kutatási modellek összegzése:



17. ábra: Regresszió-analízis után kapott egyesített modell.

Levonható következtetések, megállapítások

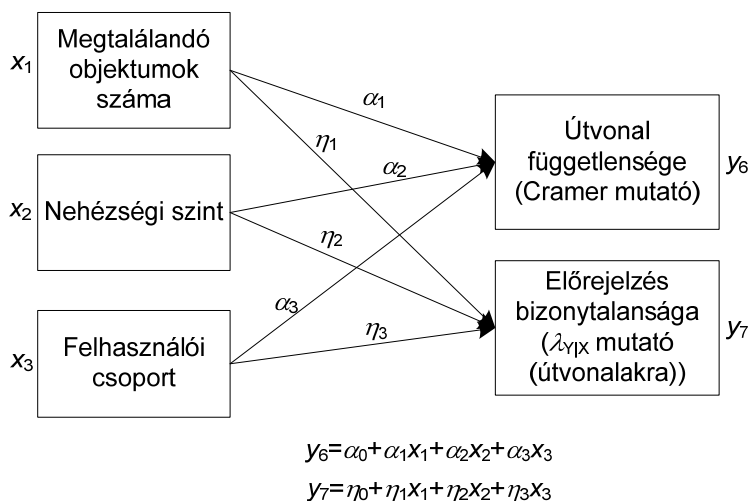
A kattintási sorrendek és az elhelyezkedés közötti kapcsolaterősséget elsősorban a megtalálható objektumok száma befolyásolja. Előzetes feltevéseimnek megfelelően a vizsgált felhasználói csoportokban az értelmileg sérültek nehezebben tudták megoldani a feladatokat függetlenül a feladat nehézségétől. Az előrejelzés bizonytalansága kisebb az átlagos felhasználóknál. Ugyanígy elmondható, hogy az átlagos felhasználók esetében nagyobb százalékban találunk egyező kattintási sorrendeket, mint értelmileg sérültek esetében. Minél inkább növeljük a megtalálható objektumok számát, annál kisebb mértékben tudjuk előre jelezni az adott kísérleti személy kattintási sorrendjét. A kattintási sorrendek több azonos szekvenciát tartalmaznak, ha kevesebb objektumot kell megtalálni a keresési térben.

Az objektumokra való kattintásokból meghatározható egy legvalószínűbb kattintási sorrend. Ha ehhez a szekvenciához hasonlítjuk a többi felhasználó kattintási sorrendjét, akkor az itt képezhető rangkorreláció, illetve a hasonlósági mutatók átlagos értéke csak a megtalálható objektumok számától fog függeni. Ez az érték magasabb lesz, ha a megtalálható objektumok számát csökkentjük. Tehát ha kevesebb objektumot kell megkeresnünk, akkor nem csak előre jelezhetőbbek lesznek az útvonalak, hanem a legvalószínűbb kattintási sorrendhez fognak konvergálni. Az adott, legvalószínűbb kattintási sorrendek az egyes felhasználói csoportokra nézve különbözőek lehetnek, de

ez a konvergencia az adott csoport legvalószínűbb kattintási sorrendjéhez valamennyi felhasználói csoportnál teljesül.²²

5.1.3 Bejárt navigációs útvonalak

A DVD-mellékleten lévő SumClick.xlsx fájlban található összehasonlító táblázat azt jelzi, hogy valamennyi feladat során sztochasztikus kapcsolat van közöttük, hogy a felhasználók egy objektumról mely más objektumra navigálnak, és ezek a navigációs útvonalak előrejelezhetők. A kérdés már csak abban a tekintetben vetődik fel, hogy ezt a függőséget illetve előrejelezhetőséget mennyiben befolyásolja a megtalálendő objektumok száma, a nehézségi szint, illetve a felhasználói csoport összetétele.

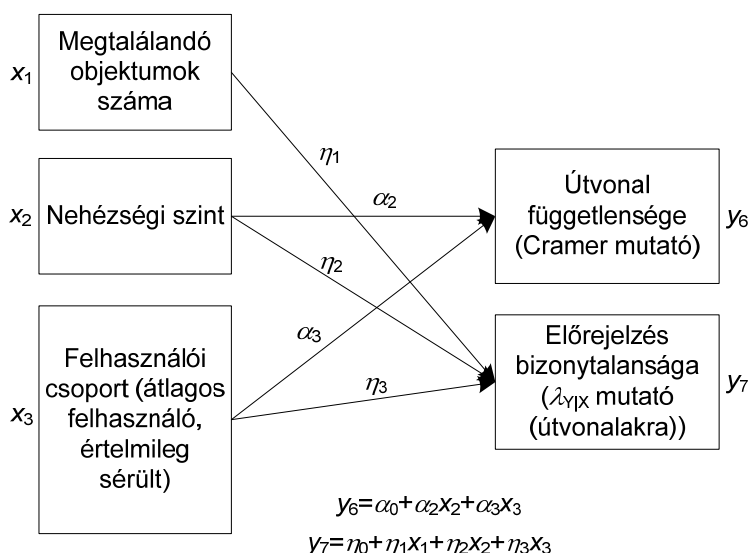


18. ábra: A kiértékeléshez használt regressziós modell az útvonalak függetlenségére és az előrejelzés bizonytalanságára vonatkozóan.

A modell kiértékelése során nagyon meglepő eredményeket kaptam: az eddigi modellek szerint leginkább befolyásoló változó – a megtalálható objektumok száma – nem szignifikáns az útvonal függetlensége szempontjából. A többi együtthatóra negatív értékeket kaptam, ami azt jelenti, hogy minél nehezebb egy feladat, annál kevésbé függ a következő megtalált objektum az előzőtől, illetve az értelmileg sérülteknél függ legkevésbé a következő objektum megtalálása az előzőtől. Az előrejelzésre kapott regressziós modell még meglepőbb eredményt hozott. Itt mindegyik együttható negatív értékkel volt szignifikáns. x_2 , x_3 együtthatóinál negatív értéket is vártam, hiszen ez azt jelenti, hogy minél nehezebb egy feladat, annál kisebb valószínűséggel lehet előre jelezni a következő megtalálható objektumot

²² A kérdés majd a szignifikáns útvonalak meghatározása lesz. Ennek megválaszolása, meghatározása majd a következő fejezetre hárul.

egy korábban megtalált objektum ismeretében. Ugyanígy nem meglepő, hogy az előrejelezhetőség legnehezebben az értelmileg sérülteknél valósul meg. Az eredmények azt mutatják, hogy a megtalálendő objektumok száma fordítottan arányos az útvonalak előrejelezhetőségével: ha az objektumok számát növeljük, akkor egy korábbi kattintás ismeretében kevésbé tudom előrejelezni a következő megtalálendő objektumot.



19. ábra: Regresszió-analízis után kapott modell az útvonalak függetlenségére és az előrejelzés bizonytalanságára vonatkozóan.

Ez viszont csak akkor lehet igaz, ha egy bizonyos objektumszám után az útvonalaknak egyfajta struktúrája alakul ki.

Eredmények összefoglalása:

A kattintási szekvenciák függetlenségét az objektumok száma egyenes arányban, míg előrejelezhetőségét fordított arányban határozza meg. A feladat nehézségi szintjének növekedésével – amelyre az átlagos megoldási időkből következtettem – az útvonalak egyre függetlenebbek lesznek egymástól, és egyre kevésbé jelezhetők előre. Értelmileg sérült felhasználók esetében az útvonalak jobban eltérnek egymástól és kevésbé előrejelezhetők, mint az átlagos felhasználói csoportok esetében.

5.2 Navigációs útvonalak, navigációs stratégiák

A 3.1 fejezetben leírt egyszerű alakzatok keresésénél két feladatot tekintettem: egy kevés (8-9 db) és egy sok (27 db) objektumot tartalmazó feladatot. A feladatokban egyszerű mértani formákat (kör, négyzet, háromszög) kellett megtalálni. Az első feladatban az objektumok azonos nagyságúak voltak, itt tehát nem jelentkezhetett a méretből adódó hatás. A feladatok

rendre: kör, négyzet és háromszög megtalálása (Mátrai, Kosztyán, Sik-Lányi, 2008a). A részletes elemzést a melléklet 9.4.1 fejezetében találjuk.

Következtetések, megállapítások:

Háromféle keresési stratégiával hasonlítottam össze az eredményeket: a lokális (Dijkstra), a globális (Travelling Sales Problem) és a Nielsen-féle mágikus F betű szerinti haladással.

A Nielsen által kimutatott balról-jobbra haladás mindkét csoportnál megfigyelhető, bár a bonyolultabb feladatoknál az értelmileg sérült gyerekeknél ez kisebb mértékű volt. Mivel a játékot az alul elhelyezkedő **Kezd**-gomb megnyomásával tudták elkezdni, aminek következtében a képernyő bal alsó területére esett a szemük fixációs pontja, ezért a legtöbben a bal alsó objektumtól indultak el, ellentétben a Nielsen-féle tesztekkel²³, ahol a kísérleti személyek a bal felső saroktól kezdték a képernyő szkennelését. Megfigyelhető volt azonban az is, hogy ezek után a kísérleti személyek az F betű felső szárához kanyarodtak, és a felül lévő objektumokat kezdték bekattintani balról jobbra. A képernyő jobb alsó sarkában lévő objektumok – amelyek a Nielsen-féle F betű tartományán kívül esnek – az esetek döntő többségében a sorrend végén szerepeltek.

Az egyszerűbb feladatoknál – melyek kevés objektumot tartalmaztak, és azok elhelyezkedése a képernyőn rendezett volt – a lokális és globális stratégiák jól megközelítették a kísérleti eredményeket. A gyerekek könnyen átlátták a teljes képernyőt, és általában a legutóbb megtalált objektumhoz legközelebb levőt keresték minden egyes lépésben. A kísérleti eredményeket a globális stratégia közelítette meg legjobban, kiegészítve a balról jobbra történő haladási iránnyal.

Zsúfoltabb, rendezetlenebb képernyőn az említett keresési stratégiák kevésbé voltak megfigyelhetők. Értelmileg sérült gyerekeknél szinte egyáltalán nem jelentkeztek a navigációs stratégiák, és a balról-jobbra haladás is sokkal kevésbé figyelhető meg, mint ép értelmű társaiknál. A feladatot nehezítette, hogy a megtalálandó objektumok méretben eltértek egymástól, sőt, a négyzetek közül néhányat elforgattam, a háromszögeket pedig nemcsak elforgattam, hanem meg is “nyújtottam” más-más irányban – nem csoda tehát, hogy a legrendezetlenebb útvonalakat éppen a háromszögek keresésénél kaptuk.

²³ Ennek bizonyítására újra elvégeztem a kísérletet értelmileg sérültekkel, középiskolásokkal és egyetemistákkal is. Az egyes feladatlapokat elforgattam, majd megvizsgáltam, hogy ebben az esetben hogyan változtak az útvonalak. Ennek kiértékelése a következő fejezetben található.

Összefoglalva tehát elmondható, hogy egy rendezett, kevés (8-9 db) objektumot tartalmazó oldalon mind az átlagos, mind pedig az értelmileg sérült felhasználók navigációját a balról jobbra haladás feltételezése mellett a globális stratégia írja le leginkább, míg egy zsúfoltabb, rendezetlenebb képernyőn csak az ép értelmű felhasználók navigációjánál figyelhető meg némi rendezettség, az értelmileg sérült felhasználók esetében a legkülönbözőbb útvonalakat kapjuk.

Kísérletileg igazoltam, hogy az objektumok elhelyezkedésének befolyásoló szerepe van a navigációra nézve mindkét csoportnál, és a balról jobbra történő haladás akkor is érvényesül, ha az egyes objektumokra rá is kell kattintani. Akár honlapok, akár játékprogramok objektumainak elhelyezésénél érdemes figyelembe venni, hogy míg a képernyő nézegetésénél a Nielsen-féle vízszintesen tükrözött L, valamint F és E alakzatok dominálnak, addig egy navigációt befolyásoló objektum (esetünkben a *Kezd-gomb*) átmenetileg az alsó területekre irányíthatja a figyelmet. A jobb alsó területeken lévő objektumok a legnehezebben megtalálhatók még akkor is, ha egy navigációt befolyásoló objektumot a közelben helyezünk el.

A következő fejezetben azt mutatom be, hogy az elrendezés hogyan befolyásolja a navigációs útvonalakat.

5.3 Navigációs útvonalak összehasonlító elemzése

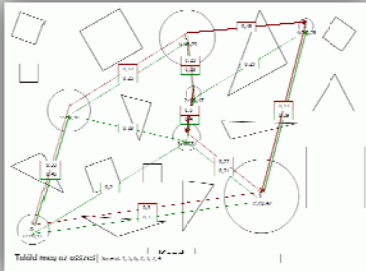
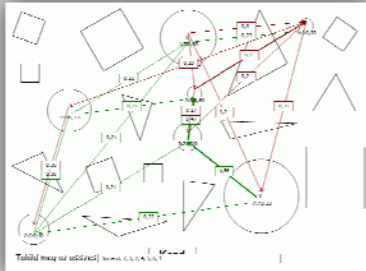
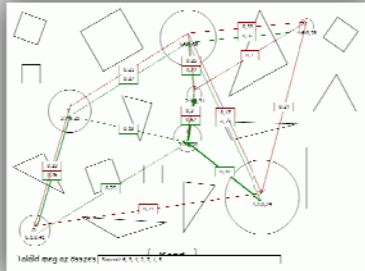
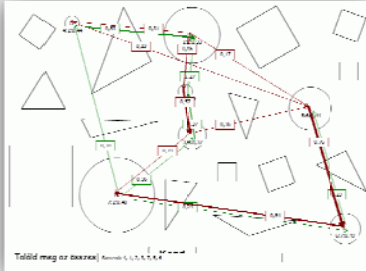
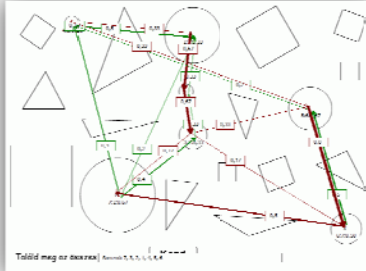

Ebben a vizsgálatban konkrétan arra kerestem a választ, hogy az egyes elrendezések befolyásolják-e a navigációt. Az előző (3.1) fejezetben bemutatott feladatokat is újra elvégeztettem a 3 kísérleti csoport bevonásával (értelmileg sérültek, középiskolás és egyetemista hallgatók segítségével). Minden feladatnál szerepeltettem, hogy hány kísérleti személy adata volt kiértékelhető.

Itt az egyes feladatok adott elrendezéseinek tükörképeit, illetve elforgatottjait is meg kellett oldani. Vizsgáltam a navigációt 2D és 3D alakzatok megtalálása esetén is.

5.3.1 Elrendezések, objektumméretek befolyásoló szerepe a navigációs struktúrára, illetve a megoldási időre

Elsőként a korábban bemutatott feladatok közül azt vizsgáltam, amelynél 7 alakzatot kellett megtalálnia a felhasználóknak.

6. táblázat: Egyszerű alakzatok megtalálása (megtalálandó objektum: 7db kör, célcsoportok: egyetemisták, középiskolások, értelmileg sérültek)²⁴ (Az objektumoknál szereplő O azt jelenti, hogy a felhasználók elsőként találták meg az objektumot, X pedig azt, hogy legtöbbször utolsóként. Az objektumokon szereplő első szám az objektum sorszámát mutatja, a második szám azt jelzi, hogy az objektumot leggyakrabban hányadikként találták meg, az utolsó szám pedig a leggyakoribb megtalálások relatív gyakoriságát jelöli. A nyilakon szereplő szám azt jelöli, hogy *i*-edik objektumból *j*-edik objektumba a kísérleti személyek hány százaléka navigált. A kép alján található, hogy melyik volt a legvalószínűbb kattintási sorrend.²⁵) (A keresendő objektumokat tekintve az inhomogenitás foka 1)

Kör	Egyetemisták eredményei	Középiskolások eredményei	Értelmileg sérültek eredményei
1	 <p>Globális stratégia dominanciája²⁶, de a lokális stratégia is megjelenik (pl. a középső körtől indulóan).</p>	 <p>Lokális stratégia dominanciája (ld. középső körtől induló útvonalak), de ad-hoc kattintási sorrendek is megjelennek²⁷.</p>	 <p>Lokális stratégia dominanciája, de ad-hoc kattintási sorrendek is megjelennek²⁸.</p>
2	 <p>Lokális stratégia dominanciája, de a globális és az ad-hoc is megjelenik.</p>	 <p>Lokális stratégia dominanciája, de az ad-hoc is megjelenik.</p>	 <p>Ad-hoc stratégia dominanciája, de a lokális is megjelenik.</p>

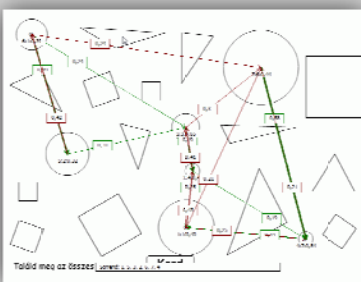
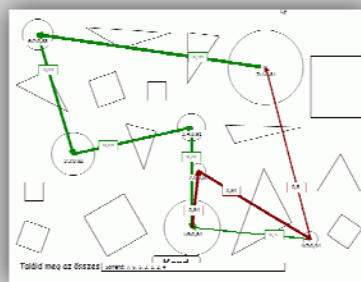
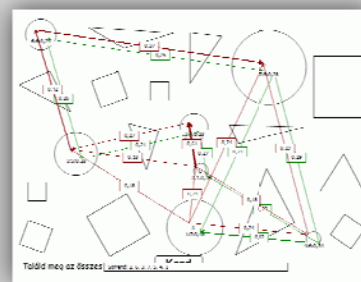
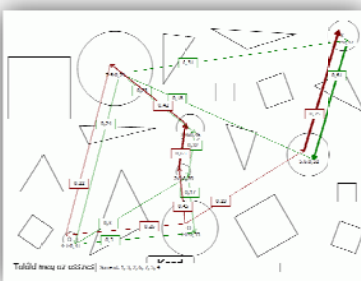
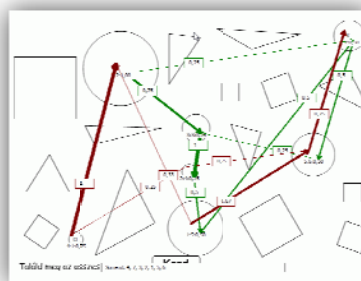
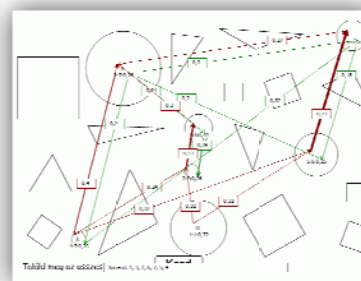
²⁴ A navigációs struktúra kiértékelésére programot készítettem.

²⁵ Ez a sorrend nem feltétlenül volt szignifikáns.

²⁶ pl. külső körök keresése

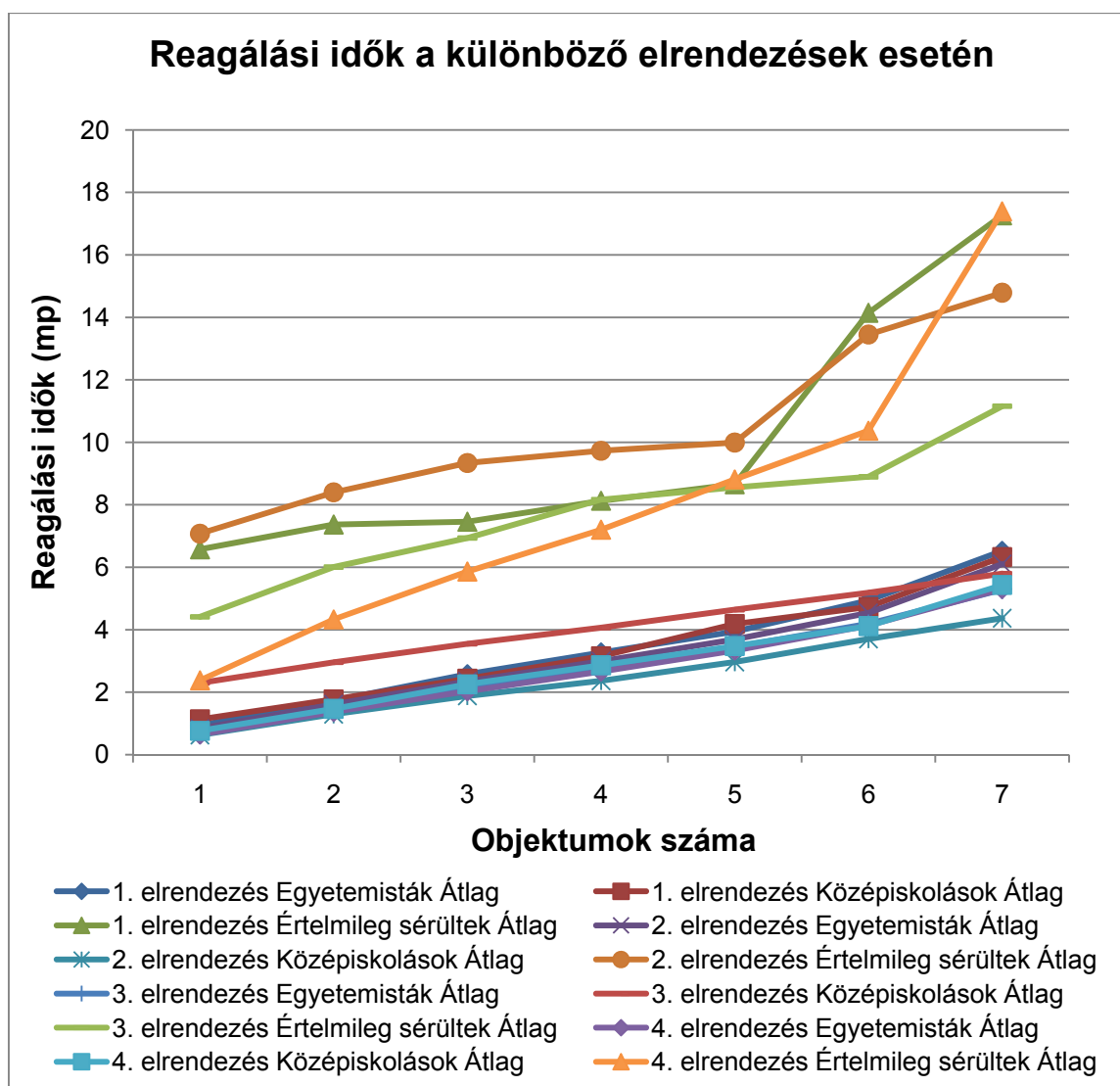
²⁷ pl. 4-5 kattintási sorrend, pedig 4-eshez 1-es és 2-es közelebb van.

²⁸ pl. 5-7.

3	 <p>Globális és lokális keresési stratégiák. (Ad-hoc stratégia is megjelenik)</p>	 <p>Globális stratégia</p>	 <p>Lokális és ad-hoc keresési stratégiák</p>
4	 <p>Lokális stratégia dominanciája, de az ad-hoc is megjelenik.</p>	 <p>Lokális stratégia dominanciája, de az ad-hoc is megjelenik.</p>	 <p>Ad-hoc stratégia dominanciája, de a lokális is megjelenik.</p>

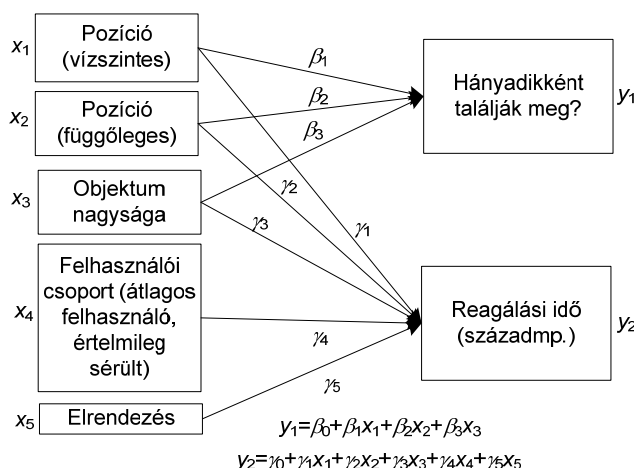
Navigáció szempontjából a legjobb elrendezést a 3. feladatlap adta. A 7. objektum, mely a legnagyobb kör volt, az első elrendezés esetén csak utolsónak találták meg a felhasználók, annak ellenére, hogy a **Kezd** gomb közvetlen közelében helyezkedett el. A 3. elrendezésben viszont ez a 7. objektum volt a kiindulópont. Egyes elrendezések esetén a felhasználók inkább globális, másoknál inkább lokális keresési stratégiát követtek. Értelmileg sérülteknél sokkal hamarabb jelentkezett az ad-hoc keresési stratégia. Mivel ekkor gyakran „össze-vissza” kattintanak az ilyen elrendezéseknél, a megoldásra fordított idő is megnőhet.

A 20. ábra azt szemlélteti, hogy az egyes feladatokat milyen gyorsan oldották meg a különböző felhasználói csoportba tartozó kísérleti személyek.



20. ábra: Reagálási idők a megtalálendő objektumok számának függvényében.

Az adatokból látszik, hogy nincs szignifikáns különbség az egyetemisták és a középiskolások eredményei között, adataikat lineáris trenddel közelíteni lehet. Az értelmileg sérültek az utolsó két objektumot már nagyon nehezen találták meg. Itt a reagálási időkben egy ugrás figyelhető meg. Ahogyan azt vártam, a 3. elrendezés volt az értelmileg sérültek számára a legkönnyebben megoldható. Ebben az esetben az értelmileg sérültek eredményei szignifikánsan nem is térnek el a többi felhasználói csoporttól. (Ennek persze részben az az oka, hogy az értelmileg sérültek eredményeinek szórása jóval nagyobb, mint a többi felhasználói csoport esetében.) Éppen ezért a következő vizsgálatomban az egyetemisták és a középiskolások eredményeit összevontam, és az alábbi kutatási modellt vizsgáltam részletesen.



21. ábra: Kutatási modell.

A 21. ábra szerinti kutatási modellben a magyarázó változók az alábbi paraméterek voltak: a keresendő objektum vízszintes illetve függőleges koordinátája (pozíciója) pixelben; az objektum nagysága pixelben, amelyet az objektum átmérőjének és területének függvényében is meghatároztam (arány- illetve intervallumskálán mértek); felhasználói csoport (0: átlagos felhasználók, 1: értelmileg sérültek – dummy változó²⁹); elrendezés (1-től 4-ig sorszámozva³⁰ – nominális változó)³¹. Magyarázott változók: megtalálás (sorrendi változó), reagálási idő (arányskálán mért).

Első közelítésben regressziós modell segítségével értékeltem ki a magyarázó változók hatásait. A modell kiértékelésekor kapott táblázatokat a melléklet 9.4.1.1 fejezetében találjuk.

Az eredményekből kitűnik, hogy a feladatokat az értelmileg sérültek szignifikánsan lassabban oldották meg. Megfigyelhető a balról jobbra, illetve a fentről lefelé történő haladás. Érdekes eredmény, hogy minél nagyobb volt a keresendő objektum területe, annál tovább tartott megtalálni ezt az objektumot. Ennek okának a figyelt terület nagyságát tulajdonítom, amely a sok kisebb objektum hatására kisebbé vált, mint a nagy objektumok mérete, éppen ezért „nem fér bele” a figyelt területbe. A balról jobbra történő keresés sokkal erősebben

²⁹ Mivel csak két értéke lehet, így regressziós egyenletbe közvetlenül bevonható. Nem kell további statisztikai módszereket (pl. variancia-analízist) alkalmazni a kapcsolat jellemzésére.

³⁰ Az elrendezés 4 értékű, ezért itt célszerű a hatást további módszerekkel is megvizsgálni. Az objektum nagyságának hatását a reakcióidőkre nemlineárisnak feltételezem. Mivel itt 7 különböző nagyságú kört kellett megtalálni, ezért az objektum méretének hatását más módszerekkel, variancia- és klaszterelemzésekkel is megvizsgálom.

³¹ 6. magyarázó változónak az objektum sorszámát is fel lehetne venni. Ezt a kapcsolatot azonban egy korábbi fejezetben a kontingencia kapcsolatok vizsgálatánál már kimutattam. (Ha azt vizsgálom, hogy a felhasználó egy adott sorszámú objektumot hányadikként talált meg, akkor mind a magyarázó, mind a magyarázott változó alacsony mérési szinten (max. sorrendi skálán) mért. Érdekes azonban megjegyezni, hogy bár alacsony mérési szintű skálákra általában nem alkalmazható a regresszió analízis, ebben az esetben mégis szignifikáns eredmény mutatkozott. Azonban jelenlegi modellemben ezt a hatást itt nem vizsgáltam.)

mutatkozott, mint a felülről lefelé történő keresés. A később bemutatandó 5.7 fejezetben láthatjuk, hogy ez a hatás szöveges keresési feladatoknál is hasonlóképpen jelentkezik.

Az egyes hatásokat variancia-analízissel is megvizsgáltam, melynek részleteit a melléklet 9.4.1.1 fejezetében olvashatjuk.

A variancia-analízis segítségével árnyaltabb képet kaptam az egyes magyarázó változók hatásait illetően. Egyértelműen kitűnt, hogy a reagálási időket tekintve szignifikáns különbség mutatkozik az értelmileg sérült és az átlagos populációba tartozó felhasználók megoldási idői között. Bár az értelmileg sérültek a 3. elrendezésű feladatot oldották meg leggyorsabban, összességében a 3. és a 4. elrendezés bizonyult a legkönnyebben megoldhatónak. Itt, ha az elrendezés és a felhasználói csoport együttes hatásait vizsgáljuk, akkor is szignifikáns eredményt kapunk (lásd: melléklet 24. táblázat és 25. táblázat). Mind a pozíció, mind pedig az objektum területének vizsgálata során nemlineáris kapcsolat áll fent a reagálási idő és a pozíció, illetve a reagálási idő és az objektum mérete között.

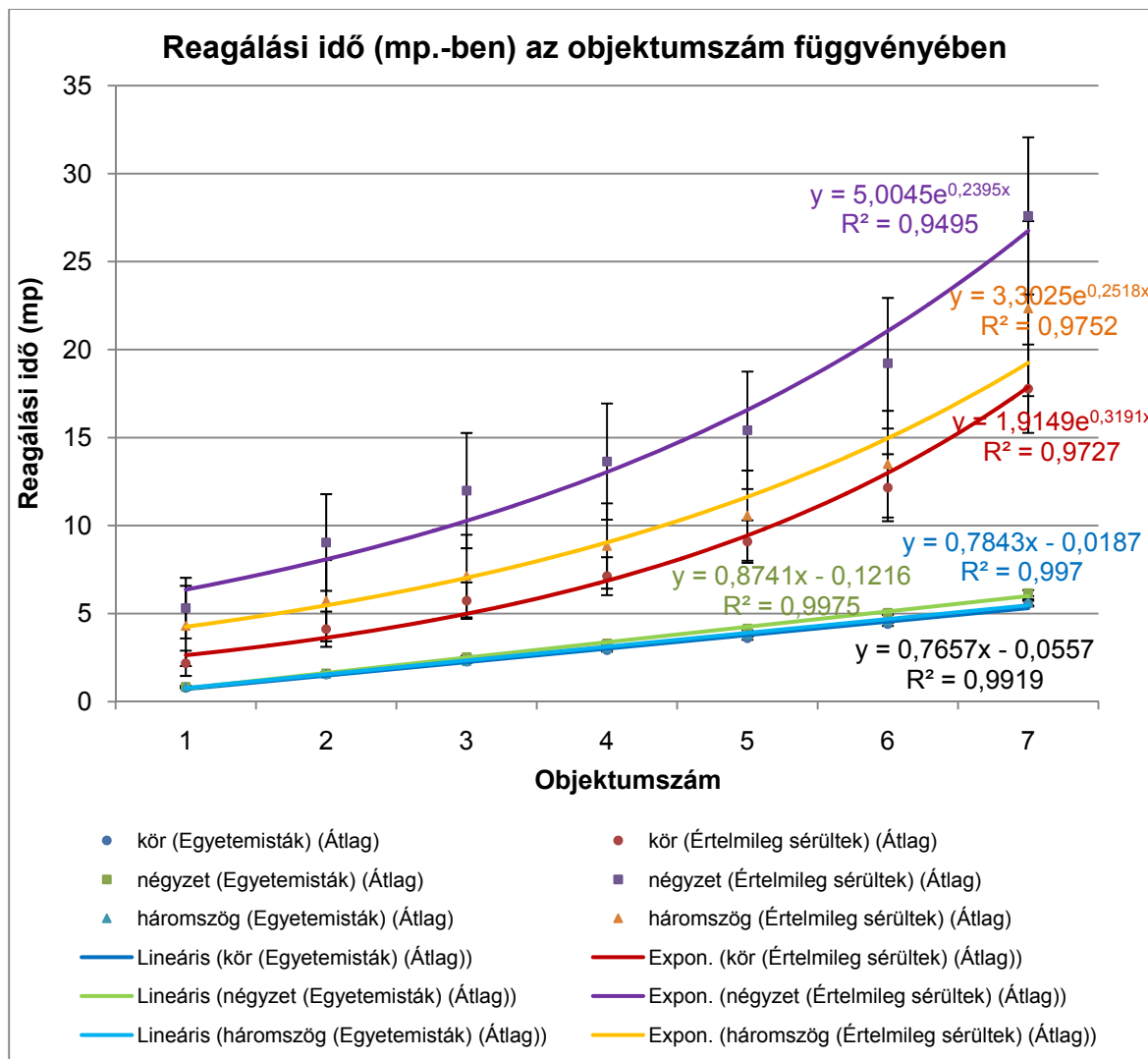
Következtetések:

A mellékletben található 23. táblázat jól mutatja, hogy **a reagálási időt elsősorban az objektumok elrendezése befolyásolja, illetve az objektumok elhelyezkedése (pozíciója) határozza meg, de az objektum nagysága is fontos befolyásoló tényező. A különböző elrendezéseknél végzett feladatokat az értelmileg sérültek szignifikánsan lassabban oldották meg, mint az átlagos populáció tagjai, de az eredmények eltérése nem csak a felhasználói csoportok között, hanem a különböző elrendezéseket tekintve is szignifikáns. Nem ugyanazt a feladatot oldották meg leggyorsabban az egyes felhasználói csoportok kísérleti személyei.**

5.3.2 Reagálási idők változása az objektum nagyságának, elforgatásának, alakjának függvényében

A korábbi 5.2 fejezetben láthattuk, hogy a navigációs struktúrák megváltoznak (ad-hoc keresés irányába tolódnak el), ha a keresendő objektum több paraméterét (pl. elforgatás iránya, az objektum nagysága, illetve alakja is változik). Az értelmileg sérült felhasználóknál a keresési stratégia változása még jelentősebben megmutatkozott, mint az az átlagos populációba tartozó felhasználók esetén volt tapasztalható. Az előző, 5.3.1 fejezetben azt is tapasztalhattuk, hogy ha a keresési téren nemcsak két, hanem három dimenzióban is mozognia kell a felhasználónak, akkor az értelmileg sérültek esetében a reagálási idők nem lineáris, hanem exponenciális görbékkel közelíthetők. Az értelmileg sérült felhasználók

reagálási idői többszörösen megnövekednek a normál populáció eredményeihez képest. A most bemutatandó elemzésnél a 4 különféle elrendezés eredményeit használtam fel. Azt vizsgáltam, hogy a keresett objektumok változó paramétereinek függvényében található-e szignifikáns különbség a reagálási idők között.



22. ábra: reagálási idők a megtalálandó objektumok számának függvényében (megtalálandó objektumok: kör, négyzet, háromszög)

Következtetések, megállapítások

Amíg az egyetemisták reagálási idői lineáris trenddel közelíthetők, addig az értelmileg sérültek reagálási időire az exponenciális trend illeszthető legjobban. Értelmileg sérülteknél, ahol a megkeresendő objektumok esetén csak a pozíció és a méret változott (körök keresése), ebben az esetben oldották meg leghamarabb a feladatokat. Ahol a keresendő objektumok pozíciója és nagysága mellett az objektum elforgatásának iránya is változott (négyzetek keresése), ott mindkét felhasználói csoportot tekintve

szignifikánsan magasabb reagálási időt kaptam. Érdekes, hogy ahol a pozíción, méreten és az elforgatás irányán kívül a keresendő objektum alakja is változott (háromszögek keresése), ott mindkét felhasználói csoportot tekintve jobb eredményeket kaptam, mint amikor az objektum alakja nem változott (négyzetek keresése). Annak ellenére, hogy ebben az esetben fordult elő legtöbbször (főleg az értelmileg sérülteknél), hogy a keresésekre leginkább ad-hoc keresési stratégia valósult meg. Ennek az lehet az oka, hogy ekkor a keresendő objektum nagymértékben elkülönül a nem keresett objektumok közül. A navigációt pedig elsősorban az befolyásolja, hogy mely objektumot melyik pozícióra tettem³². Értelmileg sérülteknél tehát nem csak az nehezítheti a keresést, hogy hány objektumot kell megkeresniük, hanem az is, hogy a keresendő objektumok egymástól mennyire különbözőek. Ez az átlagos felhasználóknál is módosítja a végeredményt, csak kisebb mértékben.

A későbbi 5.7, 5.8 fejezetekben bemutatom, hogy szöveges keresési feladatoknál ez a hatás még jelentősebben érvényesül.

5.4 Három dimenziós objektumok keresése

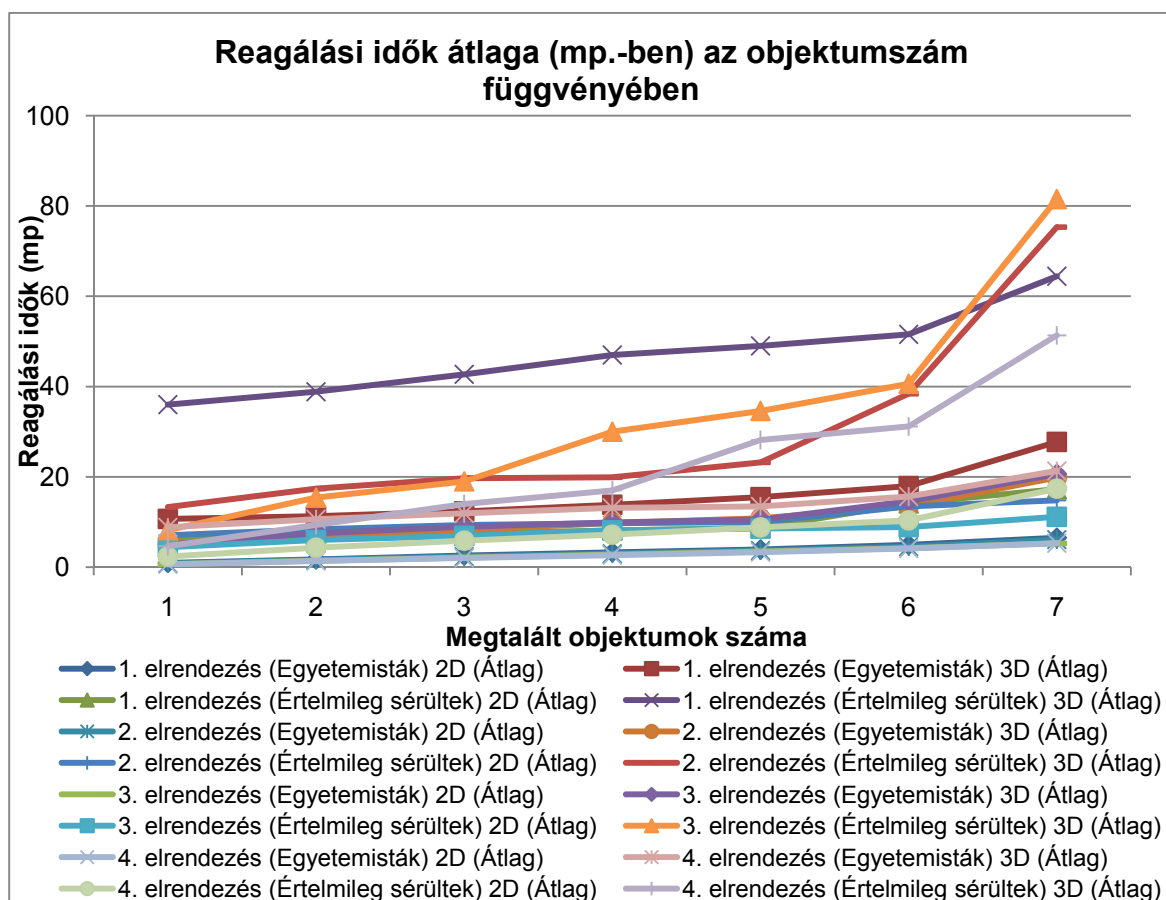
A kiértékelés során kapott navigációs térképeket a melléklet 9.4.2 fejezetében található táblázat szemlélteti. A megoldási idő szignifikánsan magasabb volt ebben az esetben. Arra is kíváncsi voltam, hogy a jelentős reagálási időbeli eltérés mellett mutatkozik-e jelentős különbség a navigációs struktúrákban, illetve ebben az esetben is elmondható-e, hogy a reagálási idők a megtalált objektumok számának lineáris függvényei lesznek.

Az értelmileg sérült felhasználók esetében sokkal kevesebbszer figyelhető meg lokális, vagy globális keresési stratégia. Esetükben egyes szekvenciák az átlagos felhasználókhöz viszonyítva fordított sorrendben jelennek meg. 2,3,4 elrendezésben a legvalószínűbb sorrend közötti eltéréseket a 2D és 3D feladatok közötti eltérésekkel, az 1. elrendezésben a felhasználói csoportok közötti eltérő bejárési útvonalakkal magyarázható. A 4. elrendezésben a kétdimenziós feladatnál pl. a legvalószínűbb sorrend mindkét felhasználói csoport esetén megegyezett, de ennek a feladatnak háromdimenziós változatánál már a legvalószínűbb sorrendek eltértek egymástól is, de ez az eltérés még szembetűnőbb, ha a 2D és 3D feladat bejárt útvonalait tekintjük. 3D feladatok esetén, több objektumot is legtöbbször elsőként találtak meg a felhasználók (1,2,3 elrendezés). 2D feladatok esetén ez a jelenség nem volt

³² Háromszög keresésénél a kontingencia mutatók is magasabbak, mint a kör, vagy négyzet keresésénél, annak ellenére, hogy a keresési stratégia legtöbb esetben ad-hoc jellegű.

tapasztalható. Az értelmileg sérültek keresési stratégiái 3D feladatok esetén a legtöbbször ad-hoc keresési stratégia jegyeit öltötte. Az értelmileg sérülteknél mindegyik esetben azt tapasztaltam, hogy a felrajzolt navigációs struktúrában számos helyen a nyilak keresztezik egymást, amely egyértelműen az ad-hoc keresési stratégiára utal. Megvizsgálva az egyes kattintási szekvenciákat, értelmileg sérülteknél a legtöbb esetben valóban ad-hoc módon kattintották be a következő megtalálandó objektumot.

A navigációs struktúra mellett megvizsgáltam a megoldási idők alakulását a megtalálandó objektumok számának függvényében.



23. ábra: Reagálási idők átlaga a megtalálandó objektumok számának függvényében.

Megállapítások

Értelmileg sérültek eredményeinél a reagálási időket az objektum számának függvényében exponenciális görbével lehetett legjobban közelíteni. 3D feladatok esetén (1. elrendezést leszámítva) ez a nemlineáris hatás (a reagálási idő és a megtalálandó objektumok között) még inkább megfigyelhető. Míg az értelmileg sérültek 2D feladatok esetén a 3. feladatot tudták leggyorsabban megoldani, addig 3D feladatok közül a 4. elrendezés volt számukra a legkönnyebben megoldható.

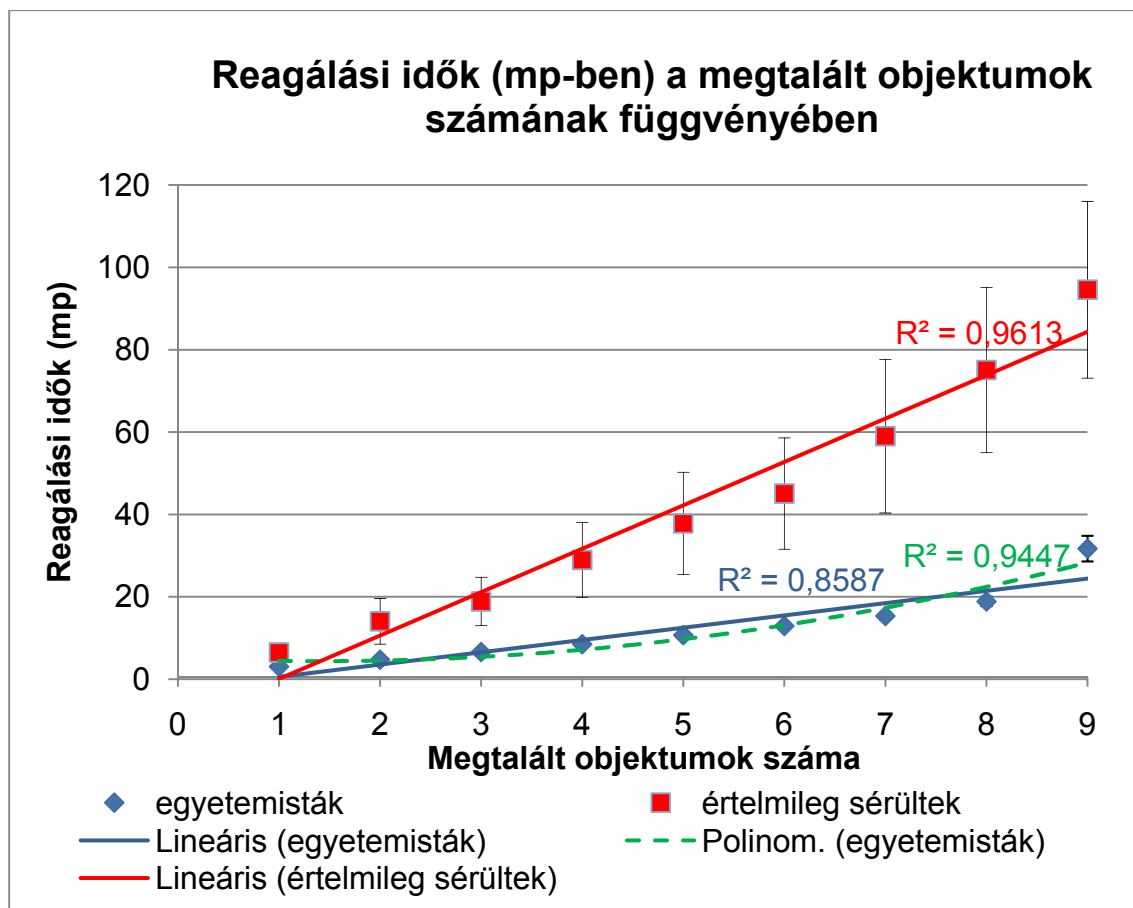
3D feladatok esetén az értelmileg sérült felhasználók reagálási idői nagyobb mértékben növekedtek meg, mint a kontroll csoportnál (Sik-Lányi, Mátrai, Tarjányi, 2006).

5.5 Figurák keresése

Az első feladatban a kísérleti személyeknek az erdőben kellett megkeresniük a madarakat. A program jelezte, mennyi objektum van még hátra. Bár volt olyan madár, mely első ránézésre inkább levélnek nézett ki, s a kattintási sorrendek kismértékben eltértek az átlagos populáció eredményeitől, mely a kattintási preferenciák táblázatai is mutatnak, ez a különbség nem szignifikáns. (Mátrai, 2006).

A navigációs struktúrák vizsgálatakor megfigyelhető, hogy az értelmileg sérülteknél két objektumot is kezdőpontnak választottak. A kattintási preferenciák is kiegyenlítettebbek, ami arra utal, hogy többször kattintottak egy-egy objektumra elsőként, másodikként,..., kilencedikként. Mégis – annak ellenére, hogy a kattintási sorrendek kiegyenlítettebbek –, az útvonalak vizsgálata esetén inkább lokális stratégiát követtek. Értelmileg sérülteknél tehát a kattintási sorrendek kiegyenlítettebbek voltak (többször változott, hogy mely objektumot találták meg elsőnek, másodiknak, vagy éppen harmadiknak), azonban eredményeiket tekintve a navigációs útvonalak gráfja kevesebb szignifikáns élt tartalmazott, ami arra utal, hogy a „haladási irányt” tekintve viszont több egyező szekvencia található. A navigációs stratégiákat megvizsgálva arra a következtetésre jutottam, hogy az értelmileg sérülteknél többször fordult elő lokális keresési stratégia, mint ad-hoc keresés.

A reagálási időket megvizsgálva az alábbi eredményt kaptam (24. ábra).



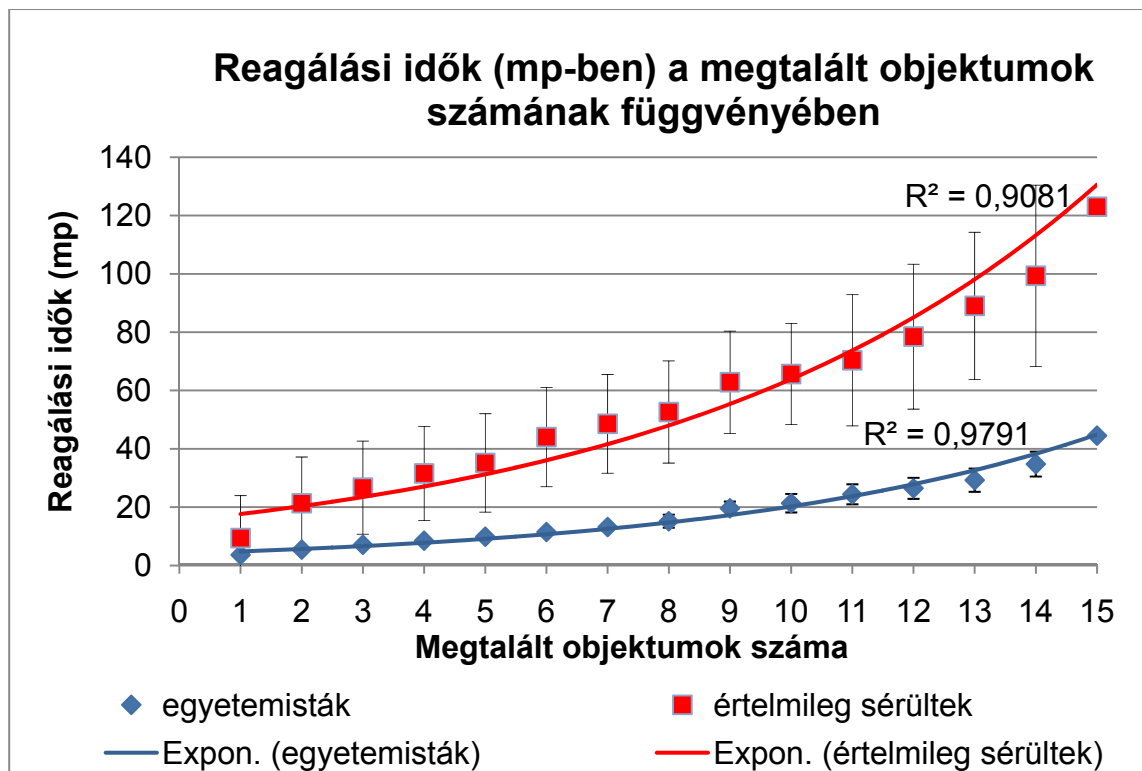
24. ábra: Reagálási idők a madarak keresésénél a megtalálendő objektumok számának függvényében.

Az egyetemisták eredményeit tekintve 8 objektumig lineáris trenddel közelíthetők a reagálási idők. Ha mind a kilenc objektumot tekintjük, akkor már polinomiális trend használata a legcélravezetőbb. Értelmileg sérülteknél a reagálásiidő-függvényben többször fedezhető fel törés, azonban a legjobb közelítés ebben az esetben is a lineáris trend. **Ameddig tehát más feladatoknál láthattuk, hogy az értelmileg sérültek reagálási idői az objektum számának függvényében sokkal hamarabb veszítik el linearitásukat, addig egy megfelelő háttér segítheti őket a keresésben.** Bár szignifikánsan lassabban oldják meg a feladatokat, nincs olyan objektum, melynek megtalálása kiugróan sok időt venne igénybe számukra.

A halak keresése esetén mindkét felhasználói csoportnál ad-hoc keresési stratégia volt megfigyelhető. Az értelmileg sérültek azonban azokat a halakat, amelyek nem a tóban voltak, sokkal nehezebben és sokkal később találták meg, míg a kontrollcsoport tagjai a tóban lévő halak közül (az általában legnehezebben megtalált) jobb alsó sarokban lévő halat később találták meg, mint a bal felső sarokban lévő, kéményfüstben rejtőző hal alakot. **Itt tehát arra lehet következtetni, hogy az értelmileg sérülteknél a háttér sokkal jobban befolyásolja a keresést, mint a kontrollcsoportban lévő egyetemistákat.** Az egyetemistáknál, bár ad-hoc

keresési stratégia figyelhető meg ebben az esetben is, a balról-jobbra, illetve felülről lefelé történő keresés sokkal többször előfordul, mint az értelmileg sérültek navigációja során.

A feladat eredményeitől azt várom, hogy az ad-hoc keresési stratégia miatt a reagálási idők az objektum számának nemlineáris függvényei lesznek.



25. ábra: reagálási idők a megtalálendő objektum számának függvényében

Az egyetemisták reagálási idői itt is a 8. objektumig közelíthetők lineáris trenddel³³. Utána már a keresendő objektumok függvényében csak nemlineáris trenddel lehet közelíteni az értékeket. Értelmileg sérülteknél ez a linearitás már a második objektum megtalálásánál sérül. A reagálási idők vizsgálata során is kiderül, hogy miután megtalálták az összes halat a tóban, 10 másodperc is eltelik átlagban, míg rájönnek, hogy ne csak a megszokott helyen keressék ezeket az objektumokat. Az egyetemistáknál ez az érték jóval kisebb, mindössze 2-3 másodperc. Az utolsó és az utolsó előtti objektum megtalálása között az értelmileg sérülteknél átlagosan már több mint 20 másodperc is eltelik.

A halak keresésénél említettem, hogy az egyetemistáknál gyakrabban előfordul, hogy a balról jobbra, felülről lefelé történő keresést részesítik előnyben még akkor is, ha a háttér segítene nekik, hogy hol lenne érdemes keresni. Ennek igazolására lineáris regressziós

³³ Tehát a linearitást nem az utolsó objektum megtalálása „rontja el”.

módszert alkalmaztam. Magyarázó változók: vízszintes, függőleges pozíció; magyarázott változó a reagálási idő; kategorizáló változók: egyetemisták (0), értelmileg sérültek (1).

Az alábbi 7. táblázat mutatja a kapott eredményeket.

7. táblázat: Lineáris regresszió eredményei (magyarázó változók: az objektumok vízszintes és függőleges pozíciója; magyarázott változó: reagálási idő; kategorizáló változók: egyetemisták (0), értelmileg sérültek (1), az értékek a modellparaméterek sztenderdizált értékeit jelentik; *-al jelölt értékek nem szignifikánsak).

Magyarázó változók\ magyarázott változók (reagálási idők)	Egyetemisták	Értelmileg sérültek
Vízszintes pozíció (β_1)	0,035	0*
Függőleges pozíció (β_2)	-0,049	0*

A 7. táblázat alapján elmondható, hogy az értelmileg sérültek nem felülről-lefelé, illetve balról-jobbra kerestek, hiszen esetükben az együttható nem volt szignifikáns. Az eredmények is azt támasztják alá, hogy **az értelmileg sérült felhasználók sokkal inkább a háttér figyelembevételével keresték meg az objektumokat**. Az egyetemistáknál a balról-jobbra történő keresés egyértelműen megfigyelhető. Természetesen a háttér annyiban itt is befolyásolta a felhasználókat, hogy először az oldal alján lévő tóban keresték a halakat (erre a β negatív értéke utal).

5.6 Különböző formák keresése

Ebben a tesztben komplexebb feladatot kellett megoldani, mely az értelmileg sérülteknél különösen nehéznek bizonyult. Meg kellett jegyezniük, hogy milyen típusú objektumot kell keresniük, és e szerint még különböző színűre is kellett színezniük. A feladat összetettsége miatt azt vártam, hogy a kontrollcsoport eredményeit tekintve is, egyrészt a reagálási idők szórása megnövekszik, másrészt a reagálási idő növekedésének linearitása több helyen sérül, hiszen az egyes objektumok megtalálása után kitöltő színt kellett váltania a felhasználóknak. Mivel a megoldási időkben nem tapasztalható szignifikáns különbség a középiskolások és az egyetemisták adatai között, ezért az egyetemisták és középiskolások adatait összevontan kezeltem.

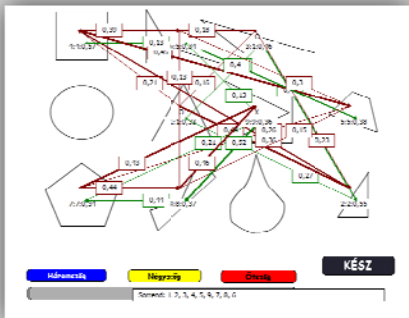
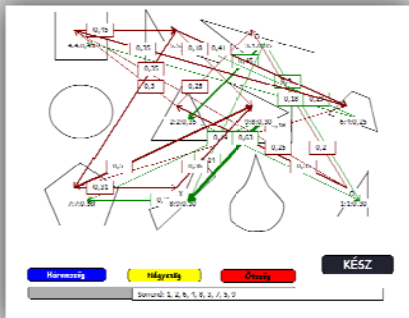
A keresési stratégiák vizsgálatánál célszerű megkülönböztetni az ún. „objektumcsoporton belüli” és „objektumcsoportok közötti” keresési stratégiákat. Itt ugyanis a felhasználóknak más-más színre kellett festeniük a különböző objektumokat (pl. háromszögeket kékre,

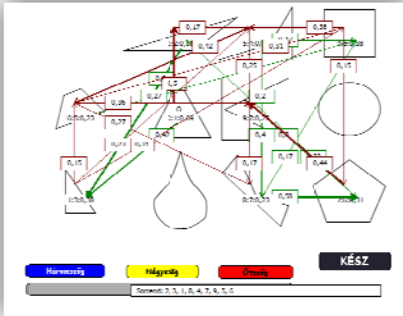
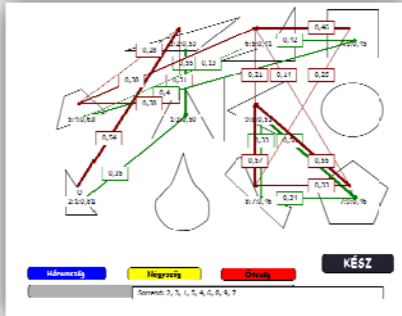
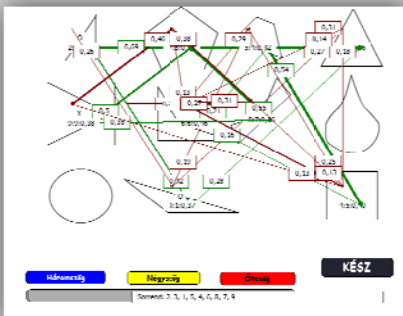
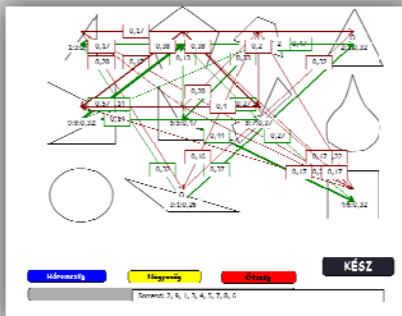
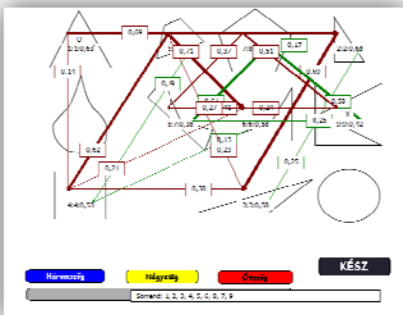
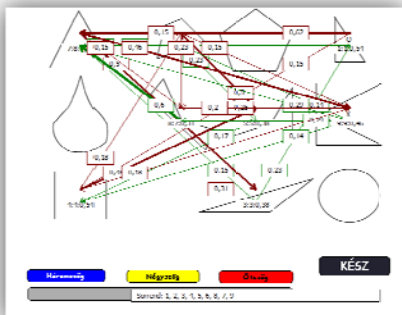
négyszögeket sárgára, ötszögeket pirosra). Itt a legtöbb felhasználó először a háromszögeket, majd a négyszögeket, azután pedig az ötszögeket kereste meg. Amikor a navigációs stratégiát meghatároztam, figyelembe vettem, hogy a felhasználónak először a megfelelő színű kifestő gombra kellett kattintania, így a navigációs stratégiák meghatározásánál 4 fajta elemet vizsgáltam. Ha az eredményeket tekintve a négy objektumra minimális költségű Hamilton utat kaptam (a költség itt is az út hossza volt), akkor azt mondtam, hogy globális stratégiát követett a felhasználó, ha egy kattintás után mindig a hozzá legközelebbi elemet találta meg, akkor lokális stratégiáról beszélhetünk. A 8. táblázat ábráin csak az objektumok egymás utáni kattintási sorrendjei, illetve navigációs útvonalai szerepelnek.

Objektumcsoportok közötti navigáció megállapításakor: ha egy-egy objektumcsoport (háromszög, négyszög, ötszög) megtalálása után a felhasználó a következő csoport kiválasztásánál az előzőleg megkeresett objektumhoz legközelebbi objektummal kezdte a keresést (1) (és háromszög után négyszöget, majd ötszöget keresett (2)), akkor lokális (ha a második feltétel nem teljesül, akkor ad-hoc), ha itt is az összes megtett út minimalizálására törekedett, akkor globális keresési stratégiákról beszélhetünk.

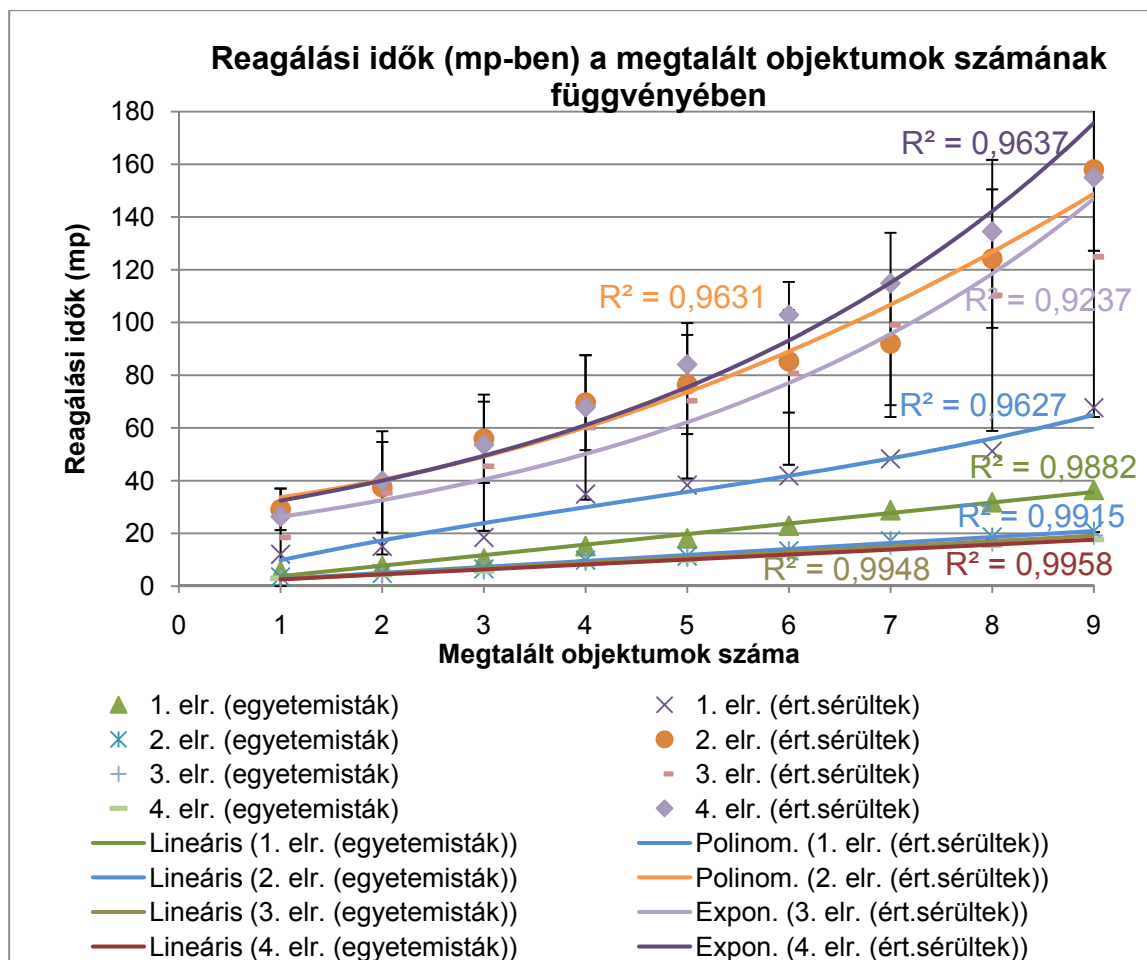
Ha valamennyi felhasználó adatait tekintjük, akkor kirajzolódik, hogy hány esetben beszélhetünk lokális, globális és ad-hoc stratégiáról. A 8. táblázatban csak a legtöbbször előforduló stratégiákat emeltem ki (kis számban valamennyi keresési stratégia megfigyelhető).

8. táblázat: navigációs struktúrák összehasonlítása (célcsoportok: egyetemisták 157 fő, értelmileg sérültek 27 fő; 1-3 objektumok háromszögek, 4-6 négyszögek, 7-9 ötszögek)

Elrendezések	Átlagos felhasználók eredményei	Értelmileg sérültek eredményei
1	 <p>Csoportokon belül globális stratégia, csoportok között lokális stratégia</p>	 <p>Csoportokon belül lokális stratégia, csoportok között lokális stratégia</p>

2	 <p>Csoportokon belül lokális stratégia, csoportok között lokális stratégia</p>	 <p>Csoportokon belül lokális stratégia, csoportok között lokális és ad-hoc stratégia</p>
3	 <p>Csoportokon belül globális stratégia, csoportok között lokális stratégia</p>	 <p>Csoportokon belül lokális stratégia, csoportok között ad-hoc stratégia</p>
4	 <p>Csoportokon belül globális stratégia, csoportok között lokális stratégia</p>	 <p>Csoportokon belül lokális stratégia, csoportok között lokális stratégia</p>

Általában az értelmileg sérülteknél többször fordul elő, hogy lokális (sőt, ha a kísérleti személyek eredményeit külön-külön tekintjük, akkor nagyobb számban ad-hoc) stratégiát követnek. Ez azt is előrevetíti, hogy a reakcióidejük jóval magasabb, valamint a reagálási idők szórása is jóval magasabb lesz.



26. ábra: reagálási idők a megtalálendő objektum számának függvényében (megtalálendő objektumok: háromszög, négyzet, ötszög)

Az értelmileg sérültek ebben az esetben is szignifikánsan lassabban oldották meg a feladatokat, mint a kontrollcsoport tagjai. Míg az értelmileg sérülteknek az 1. elrendezés bizonyult legkönnyebben megoldhatónak, addig a kontrollcsoport tagjai ezt a feladatot oldották meg leglassabban. Az értelmileg sérültek reagálási idői szignifikánsan különböznek a kontrollcsoport eredményeitől, a 2-4. elrendezés reagálási időit tekintve mind az értelmileg sérültek esetében, mind pedig az egyetemistáknál szignifikánsan azonos eredményeket kaptam (ha csak ugyanazon felhasználói csoportban hasonlítottam össze az eredményeket). Az értelmileg sérültek reagálási idői nemlineáris trenddel közelíthetők (ebben az esetben exponenciális trend helyett választható pl. 3-adfokú polinom is). A kontrollcsoport eredményeire viszont lineáris trend illeszthető. Értelmileg sérülteknél az egyes keresendő objektumok csoportjai között több idő telt el, így pl. 1-2 elrendezés reagálási idői polinomiális trenddel jobban illeszthetők. Az egyetemistáknál ilyen „várakozási idő” nem tapasztalható. Mind a navigációs struktúrák, mind pedig a reagálási idők vizsgálata arra utal, hogy az egyetemisták „globálisan” szemlélték a megoldandó feladatot. Vagyis a háromszögek

keresése után rögtön a négyszögek, majd az ötszögek keresésébe fogtak, míg az értelmileg sérülteknél el kellett telnie néhány másodpercnek, amire észrevették, hogy a feladattal még nem végeztek, hanem a következő csoportba tartozó objektumokat is meg kell találniuk. **Ha a kattintási sorrendeket is megtekintjük, akkor azt is láthatjuk, hogy értelmileg sérülteknél többször előfordult, hogy nem mindig a megfelelő objektumra kattintottak, „megzavarodtak” attól, hogy több objektumot is kellett egyidejűleg keresni.** Ezt a hatást később szöveges keresési feladatok vizsgálata során is tapasztaltam.

5.7 Navigáció és reagálási idő vizsgálata szöveges keresési feladatokban

5.7.1 A Szófejtörő feladat eredményei

Az első feladatban tehát minden egyes feladatlapot 10-szer kellett végrehajtani, ahol a keresendő szavak nem előre rögzített pozíciókban voltak, hanem mindig véletlenszerű helyeken jelentek meg, így különböző távolságokban kellett az egyes objektumokra kattintani. Éppen ezért azt vizsgáltam, hogy a távolság függvényében mennyire változnak az egyes reagálási idők varianciái. Variancia-felbontás segítségével azt kaptam, hogy a reagálási idők varianciái – attól függően, hogy vizuális keresés, vagy navigáció volt a feladat – 10-15%-ban a kísérleti személyek reakcióidejének varianciájával, a többi eltérés pedig a kísérleti személyek közötti különbségekkel magyarázható. Ebből két fontos következtetést vonhattam le. Egyrészt az ugyanazon kísérleti személy által elvégzett tesztek eredményei nem tekinthetők függetleneknek, másrészt a kísérleti személyek eredményei helyettesíthetők az első momentummal, vagyis az átlag értékekkel. (Átlagolni ebben az esetben csak az objektumok távolságát és a reagálási időket kell, hiszen a többi az adott feladatlapra nézve állandó).

A részletes elemzést a melléklet 9.5 fejezete tartalmazza.

5.7.2 Kísérleti eredmények összefoglalása

Ebben a fejezetben a vizuális keresést illetve navigációt vizsgáltam oszlopokba rendezett szavak között különböző előtér/háttérszín esetén, valamint a betűk típusának, méretének és színének kiemelő hatását. Vizsgáltam, hogy a korábbi – grafikus objektumokat tartalmazó – keresési feladatok eredményei kapcsán megfogalmazott megállapítások mennyire érvényesülnek a mostani kísérleteimben.

A Szófejtörő kísérletben leggyorsabban a 8 sor 6 oszlopos elrendezést tudták megoldani a kísérleti személyek, ahol 20-as volt a betűnagyság, feltehetően azért, mert ott a képernyőnek

csak egy kisebb részén kellett keresgélni, kisebb „ablakot” kellett végigpásztázni. Az egész képernyőt beborító elrendezés esetén (12 sor, 4 oszlop, 30-as betűméret) valamivel nagyobb reagálási időket tapasztaltam, feltehetően azért, mert a felhasználók nehezen látták át a teljes képernyőt, amelyen ráadásul zsúfoltan voltak a szavak. Alakzatok keresésénél hasonló eredményeket kaptam, amikor sok objektumot helyeztem el a képernyőre, zsúfolttá téve azt. Ha a pásztázandó terület méretét, ezt az „ablakot” egészen kicsire vettem, és 5 sorba, 10 oszlopba helyeztem el a szavakat 12-es betűmérettel, akkor kaptam a legnagyobb reagálási időket. Véleményem szerint részben a betűk kisebb mérete tette nehezebbé a feladatot, részben pedig az, hogy ezen a kis területen csak zsúfoltabban fértek el az objektumok.

Az előtér és háttér színének megválasztásával szintén befolyásolhatjuk a keresési időt. Nem javasolt fekete háttérrel használni. Érdekes módon nem kaptam különbséget a sötétkék háttérű és a fehér háttérű feladatlapok átlagos megoldási idői között, ami 5%-kal volt kevesebb a fekete háttérű feladatlapok megoldási időihez képest. További 5%-os csökkenést okozott a vörös háttér. A világos zöldes háttér esetén már 15%-os javulást tapasztaltam a fekete háttérhez képest. Valószínűleg ezek a színek segítik a felhasználókat a keresésben (a színek pontos CIELAB értékei az 1. táblázatban találhatók a 29. oldalon).

A keresési feladatot nehezítette, ha értelmetlen szavak között kellett keresgélni. Ez a jelenség azzal állhat összefüggésben, hogy a memóriánkban egyfajta mentális szótár alakul ki életünk során, melynek segítségével annál hamarabb történik meg egy-egy szó felismerése, minél gyakrabban használjuk azt, így ha egy ismert, de nem keresett szón akad meg a szemünk, feltehetőleg előbb felismerjük és előbb továbbsiklik felette a szemünk.

A szavak hossza csak kis mértékben befolyásolta a reagálási időket. Bár hosszabb szavak esetében nagyobb reagálási időket kaptam, az eltérés nem volt jelentős. Meg kell azonban jegyezni, hogy a szavak hossza 3, 5 és 8 karakter volt; olvasás során pedig – jól olvasó emberek esetében – a szem átlagosan 7-9 karaktert ugrik egy ún. szakkád alatt. Az egyes szavakra így általában egy fixálás elegendő volt.

A kattintási idők elemzésénél a navigációs feladatokban kiderült, hogy a felhasználók az első 9 szót kb. egyenletes sebességgel találják meg. Csak a 9. objektum után van több időre szükségük az utolsó, 10. objektum felleléséhez, ugyanakkor a korábbi vizsgálatokban csak a 7. objektumig figyelhető meg lineáris trend. Ez a „törés” a linearitásban mindig a 9. objektum után volt megfigyelhető, függetlenül a beállításoktól. Ez azt jelenti, hogy a több hasábos elrendezés segíti a felhasználókat a keresésben. Néhány olyan feladatlapban, amelyekben a

felhasználók globális stratégiát követtek, ez a „törés” eltűnt, és a 10. objektum is illeszkedett a lineáris trendvonalra.

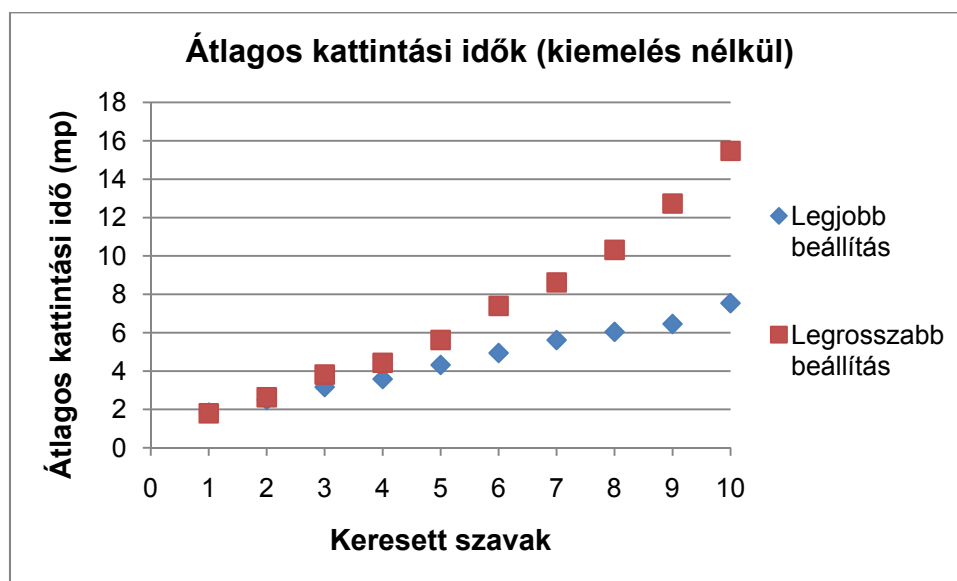
A legjobb és legrosszabb beállítás esetén kétszeres különbség mutatkozott a megoldási időre nézve.

5.7.3 A kötött elrendezésű³⁴ navigációs kísérlet eredményei

A „Szófejtő” feladat kiértékeléséhez hasonlóan az adatokat hierarchikus klaszterezés, regresszió- és variancia-analízis segítségével értékeltem ki, melyet részletesen a melléklet 9.6 fejezetében fejtettem ki. Ebben a kísérletben azonban már a kiemelés hatását is megvizsgáltam.

5.7.3.1 A kiemelés hatása a reagálási időre

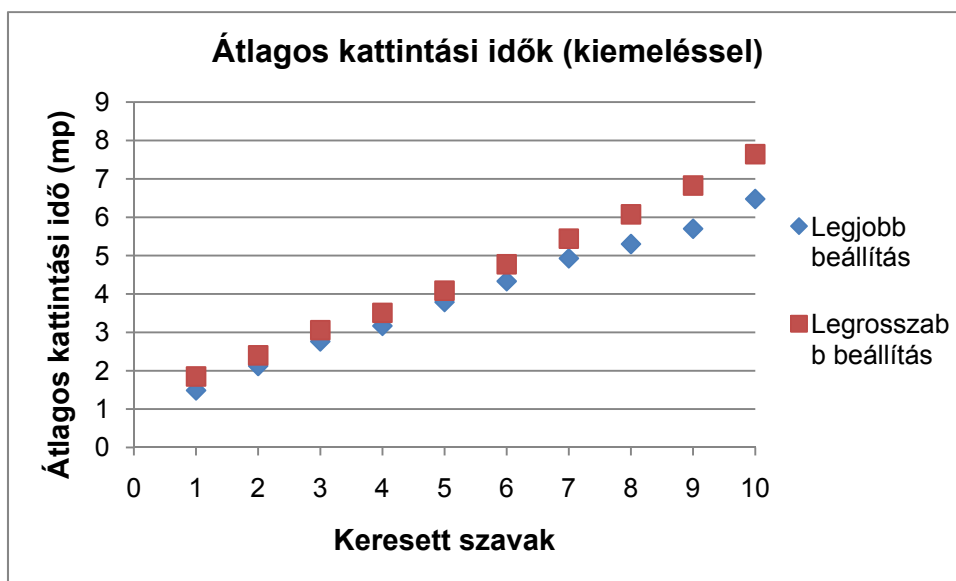
A legjobb és legrosszabb beállítás – akárcsak a Szófejtő feladat kiértékelésekor – ennél a kísérletnél is definiálható. A legjobb eredményeket az alábbi beállítások esetén kaptam (itt még a kiemelést nem veszem figyelembe): 1-es elrendezés, Arial 10pt-os betűk, fehér háttér. A legrosszabb beállításnak pedig a következő értékeket tekintettem: 10-es elrendezés, Courier New 12pt-os betűk, sötétkék háttér.



27. ábra: Átlagos kattintási idők mp-ben a legjobb és legrosszabb beállítás esetén.

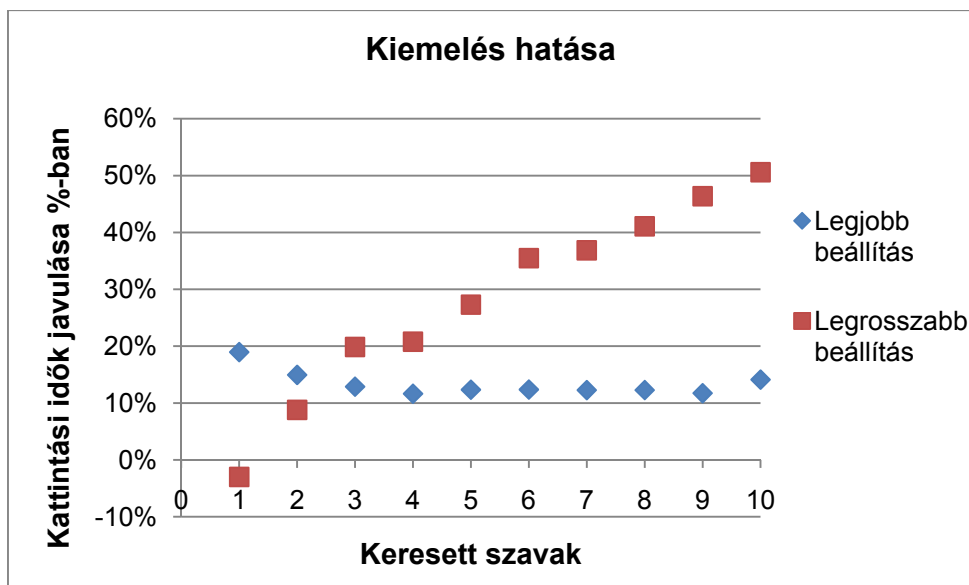
³⁴ Az „elrendezés” a Szófejtő feladatban az oszlopok/sorok számára utalt. Itt azonban a sorok, oszlopok száma kötött volt; az „elrendezés” a keresendő szavak pozíciójára utal, amelyet előre lerögzítettem. Összesen 10 különböző elrendezésű feladatlapot készítettem.

A 27. ábra alapján jól látható, hogy a legjobb és legrosszabb beállítás között a megoldási időt tekintve kétszeres különbség mutatható ki. Fontos hozzátenni, hogy a kísérleti személyek nem tudták azt, hogy a keresendő szavak lesznek kiemelve. Míg a legjobb beállítás esetén 7,5 mp, a legrosszabb beállítás esetén 15,5 mp átlagos megoldási időt mértem. Viszont, ha a keresett szavakat minden paraméter szerint kiemeljük környezetéből (betűméret esetén a +2-es kiemelést tekintettem, tehát a keresett szavak betűmérete nagyobb volt), akkor a legrosszabb beállítás esetén a megoldási idő – a kiemelés nélküli feladatlapokéhoz képest – kb. felére, 7,5 mp-re csökkent, a legjobb beállítás esetén 6,5 mp-re csökkent; itt 15%-os javulásról beszélhetünk (28. ábra).



28. ábra: Átlagos kattintási idők a legjobb és legrosszabb beállítás esetén a keresett szavak kiemelése mellett.

A kiemelésnek a hatását a 29. ábra mutatja a keresett szavak megtalálási időinek függvényében. A legjobb beállítás esetén a keresett szavak megtalálási időiben 11-19%-os javulás fedezhető fel a kiemelést nem tartalmazó feladatlapokéhoz képest, míg a legrosszabb beállítás esetén ez az arány drasztikusan növekszik a keresett szavak számának függvényében.



29. ábra: A keresett szavak megtalálási időinek javulása a kiemelés hatására %-ban.

5.7.4 Kísérleti eredmények összefoglalása

A kötött elrendezésű kísérletben előre rögzítettem a keresendő szavak helyét 10 különböző elrendezésben. Az egyes elrendezések között – a reagálási időket tekintve – kismértékben ugyan, de tapasztalhattam különbséget (8%). A keresendő szavak elhelyezésével tehát csökkenteni tudjuk a reagálási időt, de a bejárési útvonalak között ettől még nem lesz több a hasonlóság.

A keresendő szavak betűméretének csökkentése/növelése viszont nemcsak a reagálási időket csökkenti jelentősebb mértékben, hanem az útvonalak közötti eltéréseket is. Szintén jól segíti a keresést az, hogy ha a keresendő szavakat eltérő színnel írjuk a többi szóhoz képest.

Az Arial betűtípus esetében szignifikánsan kisebb reagálási időket tapasztaltam, mint a Courier New betűtípus használata esetén, ami annak tulajdonítható, hogy az Arial betűtípussal írt szövegeket gyorsabban tudjuk olvasni, ahogy ezt már korábban is több kutató állította (Bernard et. al., 2003, Ling and Schaik, 2006).

A legjobb és legrosszabb beállítás esetén mindkét kísérletben kétszeres különbség mutatkozott a megoldási időre nézve. Kiemeléssel azonban még a legrosszabb beállítás esetén is kb. felére csökkenthető a megoldási idő.

Következtetések

A keresendő objektumok pozíciója jelen kísérletemben is meghatározó szerepet töltött be annak megtalálási idejében. Megállapítottam azt is, hogy érdemes az információkat egy kisebb, könnyebben végigpásztázható „ablakban” elhelyezni, nem pedig – nagyobb

betűméreteket választva – a teljes képernyőt beborítani vele. A 3-8 karakter hosszú szavak esetében a hosszabb szavaknál nagyobb reagálási idők figyelhetők meg, azonban ez az eltérés nem jelentős, valamint a stratégiák sem lesznek szignifikánsan mások. **A betűméret 2pt-vel való csökkentése/növelése kiemelő hatással bír; a 12pt-vel valamint 14pt-vel írt törzsszövegek esetén ha a keresendő szavak méretét 2pt-vel csökkentjük, a keresési idő 13%-kal csökken; ha pedig a törzsszöveg 10pt vagy 12pt, akkor a keresendő szavak méretének 2pt-vel való növelése 20%-os javulást eredményez a reagálási időkben.** Az Arial betűtípussal írt törzsszövegben gyorsabb a keresés, mint a Courier New betűtípusú törzsszövegekben, de a keresendő szavak betűtípusának megváltoztatásának nincs szignifikáns hatása sem a reagálási időkre, sem pedig az útvonalakra, így e két betűtípus esetében egyiknek sincs a másikra nézve kiemelő hatása.

A keresendő objektumok színének megváltoztatása nemcsak a reagálási időket csökkenti, hanem a navigációs útvonalakat is befolyásolja oly módon, hogy a kísérleti személyek útvonalaiban több hasonlóság figyelhető meg. Színekülönbségekkel, valamint különböző kontrasztokkal a kattintás sorrendjét is befolyásolni tudjuk.

5.8 Navigációs struktúrák vizsgálata honlapokon

Ebben a feladatban honlapokon kellett megtalálni szavakat, illetve szavakkal kapcsolatos kifejezéseket. A megtalálandó objektumok száma 7, 9, 13, 19 és 20 volt. Az 5.1.1, 5.1.2 fejezetekben bemutattam, hogy az értelmileg sérülteknél, illetve a normál populációnál a kontingencia-mutatókban szignifikáns különbség mutatkozott. Azonban a rangkorrelációs együtthatók vizsgálata azt mutatta, hogy a felhasználói csoport, mint magyarázó változó értéke nem volt szignifikáns, az átlagos rangkorreláció értékét nem befolyásolta. Ugyanezt mutatta a hasonlósági mutatók vizsgálata is, amikor a legvalószínűbb útvonalhoz hasonlítottam az adott felhasználói csoport kattintási sorrendjeit. Ez pedig azt jelenti, hogy bár valószínűsíthetőleg eltérnek egymástól a vizsgált felhasználói csoportok navigációs struktúrái, illetve a legvalószínűbb bejárési útvonal, de ettől a legvalószínűbb adott felhasználói csoportra jellemző útvonaltól a kísérleti személyek kattintási sorrendjeinek eltérése már nem szignifikáns. Ebben a fejezetben a három vizsgált felhasználói csoport eredményeit mutatom be. Bemutatom a kapott navigációs struktúrákat, valamint a kattintási preferenciákat mindhárom vizsgált felhasználói csoportra. Összehasonlítom az egyes megtalálandó objektumokra vonatkozóan a reagálási időket (Mátrai, Sik-Lányi, 2007; Mátrai, 2008 és 2009). A navigációs térképeket a melléklet 9.7 fejezetében találjuk. A DVD-mellékleten a

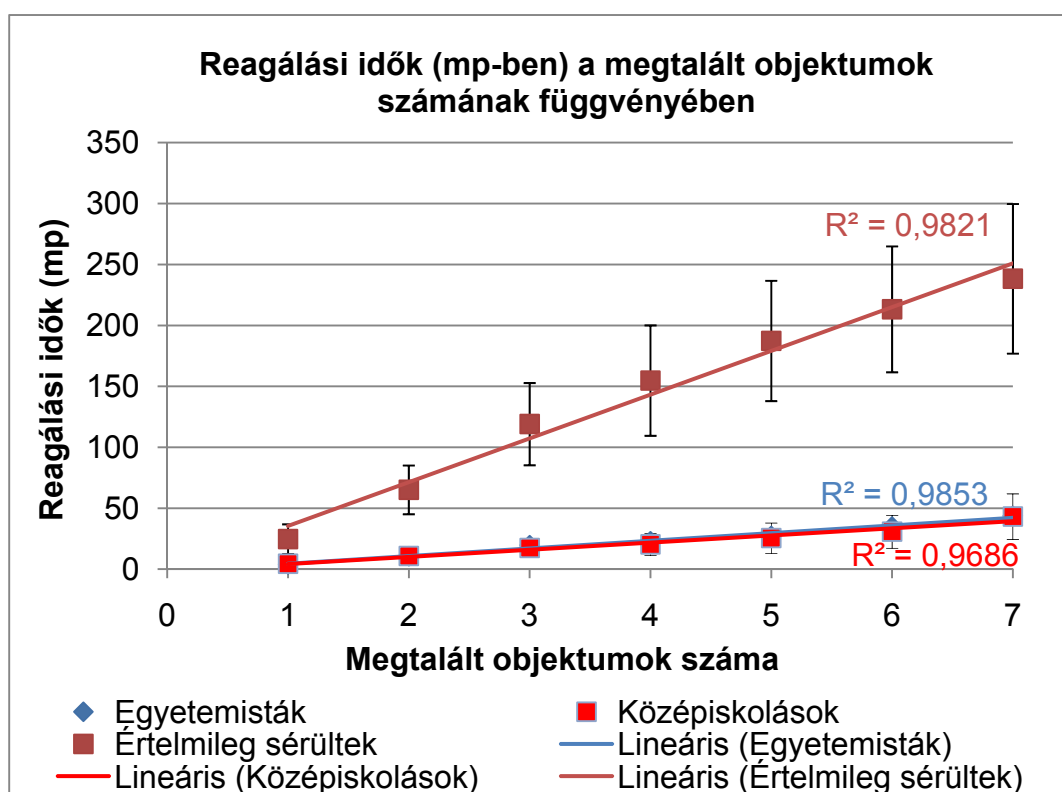
navigációs térképek mellett hőtérképek is szerepelnek, melyek a kattintási skálapreferenciák értékeit szemléltetik.

5.8.1 Honlapon történő keresés oszlopos elrendezés esetén

Az első feladat esetében egy „oszlopos” elrendezésű honlapon kellett megkeresni az „oszlop” szót.

Ahogy azt vártam, a kattintási sorrendben, illetve keresési stratégiában az értelmileg sérülteknél sokkal nagyobb eltérés mutatkozott a normál populációhoz képest, mint az egyetemisták és a középiskolások eredményei között. Ahogy azt az 5.1.3, 5.2 fejezetekben is bemutattam, a megtalálendő objektumok számának növekedésével – még kevés objektum megtalálása esetén is – jóval hamarabb válik először lokális, azután ad-hoc keresési stratégiává az értelmileg sérültek navigációs útvonalai.

Azt is vizsgáltam, hogy az egyes felhasználói csoportok mennyi idő alatt végezték el a feladatokat.



30. ábra: Átlagos reagálási idők az „oszlop” szavak keresésénél.

Látható, hogy az értelmileg sérültek reagálási idői szignifikánsan eltérnek a normál populáció eredményeitől. Ez az eltérés már az első megtalálendő objektum esetén

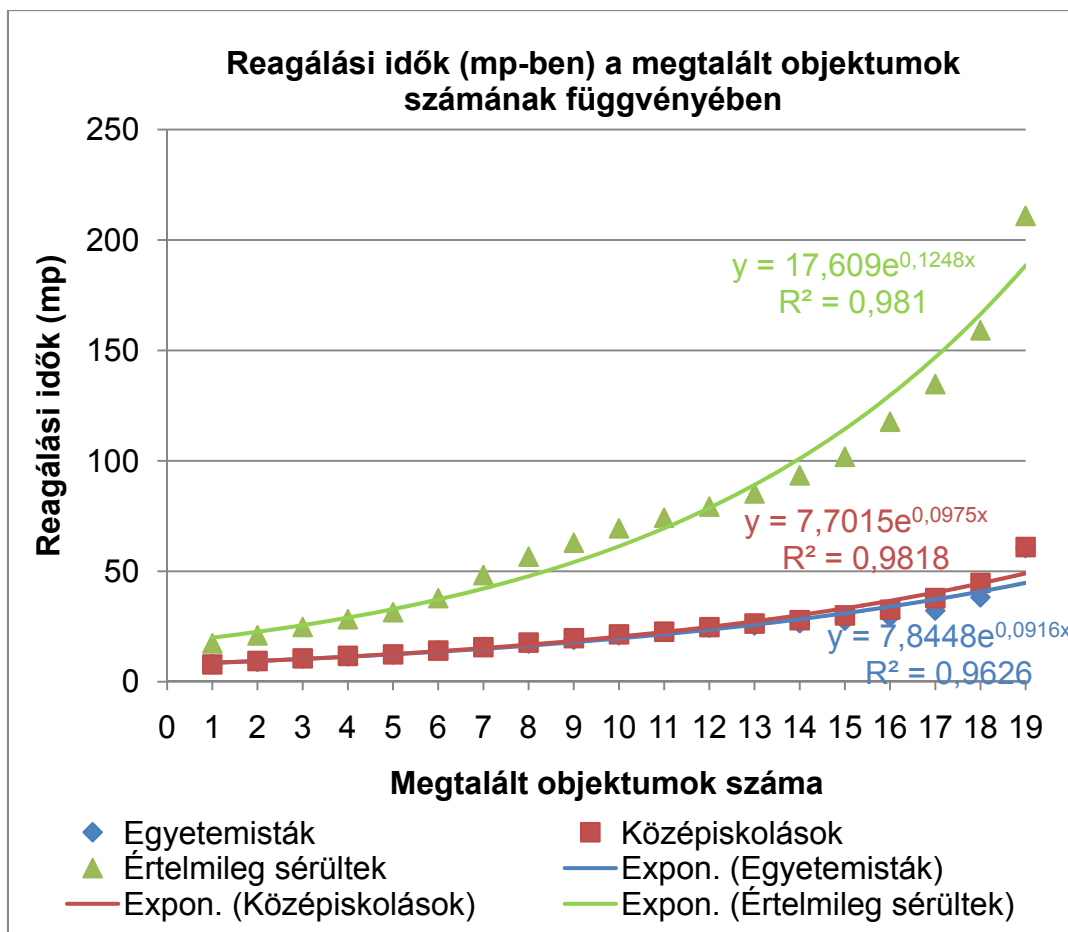
szignifikáns³⁵. Mind az átlagos reagálási idő, mind pedig ennek szórása sokkal nagyobb, mint a kontrollcsoportokban. A reagálási idő mindhárom felhasználói csoportban lineáris egyenessel közelíthető, hiszen – ahogyan azt a 5.5 fejezetben is állítottam – az értelmileg sérültek keresését segítheti a háttér, illetve a logikus elrendezés. Ha az objektumok számát növeljük, akkor a reagálási időkben történő eltérés még jelentősebb. A megoldási idők 10 megtalálandó objektum felett exponenciális trenddel, illetve hatványfüggvénnyel jobban közelíthetők. (Lásd ezzel kapcsolatban a 5.3.2. fejezet eredményeit).

A következő feladat két szempontból is nehezebb, mint az előző. Egyrészt több objektumot kellett megtalálni, másrészt olyan szót kellett megkeresni, mely nem feltétlenül ismertek az értelmileg sérültek számára (lásd előző 5.7.1 fejezet értelmes és értelmetlen szövegkörnyezetben való keresés). A honlap az előző fejezethez hasonlóan oszlopos elrendezésű. A megtalálandó objektum az „online” szó, mely a honlapon 19-szer fordul elő.

A keresési stratégiák, illetve a kattintási sorrendek – melyek az olvasási irányt követték – nem különböztek lényegesen egymástól, azonban a preferencia-sorrendben már jelentősebb különbségek mutatkoznak.

A reagálási idők alakulását az objektumok számának függvényében a 31. ábra mutatja.

³⁵ Ennek egyik oka a honlap elrendezésében rejlik, ahogyan arra a következő feladatokban rámutatok.



31. ábra: Reagálási idők vizsgálata az „online” szavak keresésénél az objektumok számának függvényében

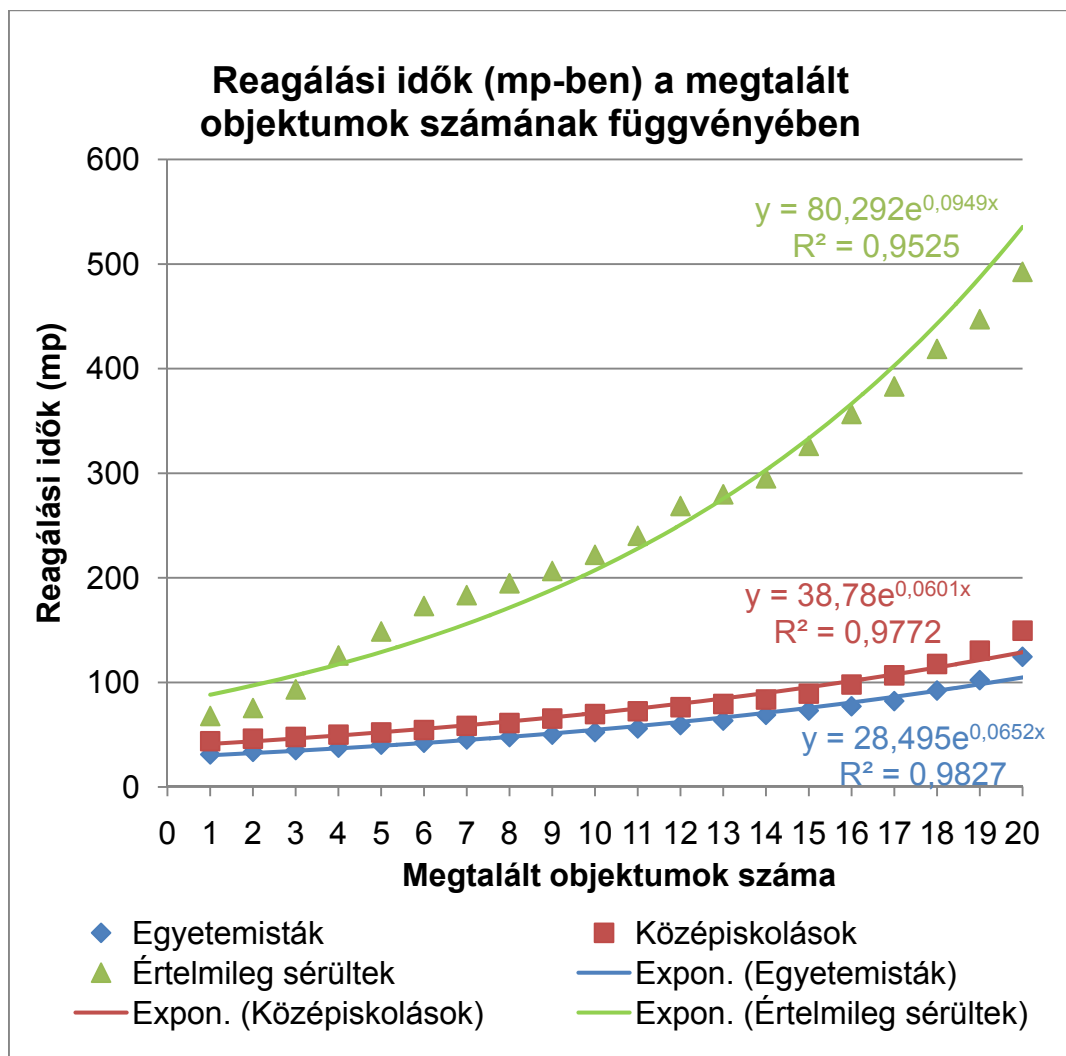
Két fontos megállapítás tehető a reagálási idők vizsgálatakor. Egyrészt a korábbi fejezetekben megállapított következtetések alapján szignifikáns különbség mutatkozik már a hatodik megtalálendő objektum keresése esetén is, és ez a különbség az objektumok számával növekedik (lásd: 5.3., 5.7 fejezeteket). Az objektumok számának növekedésével a reagálási idők 10 objektum felett már csak exponenciális görbével közelíthetők. Az exponenciális görbék meredeksége is eltér a normál populáció és az értelmileg sérültek esetén.

A következő feladatban ugyanezt a hatást vizsgáltam. A feladat annyiban nehezedett, hogy itt már 20 szót kellett megtalálni. A megtalálendő szó a „Tesco” szó volt. Az értelmileg sérülteknél ez a szó már ismert volt. A nehezítést az jelentette, hogy már nem volt annyira kötött az oszlopban megjelenő struktúra. Ugyanígy nehezítést jelentett, hogy a megtalálendő szó egy képben is szerepelhetett.³⁶

³⁶ Lásd: 5.6 fejezetet, ahol szintén „váratlan” helyekre tettem keresendő objektumokat.

Ebben az összetett feladatban nemcsak a navigációs struktúrákban, hanem a kattintási preferenciákban is jelentős különbségek mutatkoztak.

Az értelmileg sérültek sokkal jobban kötődtek az olvasási irányhoz. A keresési stratégiájuk is ennek megfelelő volt. Az átlagos populációban sokkal többször fordult elő lokális keresési stratégia. A reagálási időket tekintve itt is szembetűnő az eltérés.



32. ábra: Átlagos reagálási idők a „Tesco” szó keresésénél a megtalált objektumok számának függvényében.

Jól látható, hogy az exponenciális trend itt is jól közelíti az értékeket. Mivel a feladat összetettebb, egyrészt jelentősen megnőtt a reagálási idő mindhárom vizsgált felhasználói csoportban. Az értelmileg sérülteknél a feladat megoldására szánt idő azonban sokkal jelentősebben, mintegy 2,5-szeresére növekedett. (Hasonló hatás jelentkezett az 5.5 fejezetben tárgyalt feladatoknál, figurák keresésénél.) A reagálási időkben már a negyedik objektum megtalálása során szignifikáns eltérés mutatkozik a normál populációhoz képest. Az eredményekhez legjobban exponenciális trend illeszthető.

Következtetések:

Bonyolultabb szöveges keresési feladatot, ahol több keresendő szöveges objektumot kell megkeresni, az értelmileg sérült felhasználók sokkal nehezebben oldanak meg. Az értelmileg sérült felhasználóknál eltérő navigációs struktúra figyelhető meg a normál populációhoz képest, melyben a keresendő objektumok számának növelésével az ad-hoc keresési stratégia már kevesebb megtalálándó objektumnál jelentkezik, mint azoknál a feladatoknál, ahol nem kellett olvasni. Az értelmileg sérültek megoldási időiben – feladattól függően – már 4-5 keresendő objektum esetén is szignifikáns eltérés mutatkozik. 10 objektum megtalálása esetén a reagálási idők mindegyik csoportnál exponenciálisan növekednek. Értelmileg sérülteknél ez a meredekség magasabb, mint az átlagos populáció esetén.

Oszlopos elrendezéssel lehet segíteni a felhasználók navigációját³⁷. Ugyanígy segíthetünk a felhasználónak, hogyha a keresendő objektum számára ismert. Az értelmileg sérült felhasználóknak készítendő honlapokban különösen fontos, hogy világosan fogalmazzunk. Ebben az esetben ugyanis az értelmileg sérültek is hamarabb megtalálják a keresendő objektumokat.

Ebből kifolyólag az oszlopos elrendezésű honlapokon vizsgáldtam továbbra is. Mivel az objektumok megtalálásának reagálási idői 10 objektum után már inkább exponenciális görbékkel írhatók le, így következő bemutatandó feladatokban a megtalálándó objektumok számát először 9-nek, majd 13-nak választottam. Nehezítésként azonban többféle keresendő objektumot kellett a kísérleti személyeknek megtalálnia, illetve volt olyan feladat, ahol nem csak szavakat, hanem az adott szóhoz kapcsolódó fogalmakat is meg kellett találni. (A 3.3. fejezethez hasonlóan itt is többféle keresendő objektumot kellett megtalálni.)

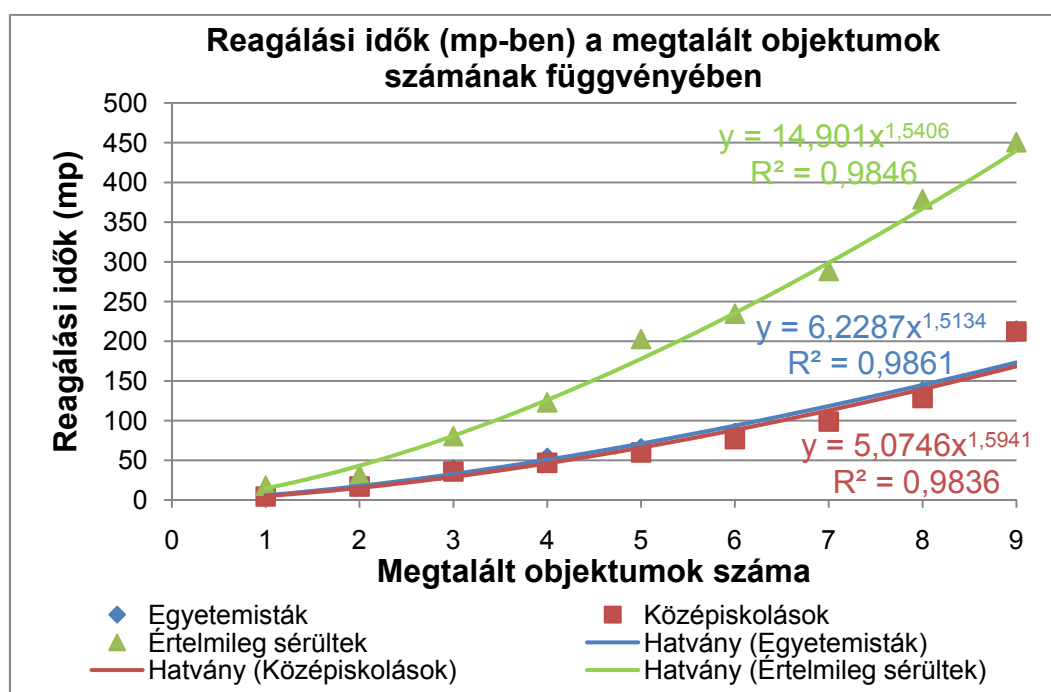
5.8.2 Többféle keresendő szó, illetve szavakhoz kapcsolódó fogalmak keresése

A következő feladatban már három különböző szó (díj, adó, „BUX”) összes előfordulását kellett megkeresni összetett szavakban is. Ezek közül az utolsó az értelmileg sérültek számára nem volt ismert. Mivel nagyon nehezen tudták ezt a három szót megjegyezni, ezért nekik külön papírra le is kellett írni. Az elrendezés itt is több hasábként történt. Mindegyik szóból 3-3 keresendő szó volt a szövegben.

³⁷ Ez az egyik oka, amiért az oszlopos elrendezésben megjelenő szavakat vizsgáltam részletesen az előző fejezetben.

A kattintási preferenciák közül a középiskolások adatai külön nem voltak meghatározhatóak, ezért azokat az egyetemisták adataival összevontan kezeltem.

Bár a navigációs struktúrák és kattintási preferenciák között is tapasztalható különbség az átlagos és értelmileg sérült felhasználói csoport között, ettől jóval nagyobb eltéréseket mutatnak a reagálási idők. A korábbi eredményekből arra lehetne következtetni, hogy a reagálási időkben történő szignifikáns eltérés a 4-5 objektum megkeresésénél jelentkezik, valamint hogy a reagálási idők az objektum számának növekedésének lineáris függvényével közelíthetők.



33. ábra: Átlagos reagálási idők a „díj”, „adó” és „BUX” szavak keresésénél a megtalált objektumok számának függvényében

Bár a reagálási idők lineáris függvénnyel is közelíthetők, a közelítés exponenciális vagy hatványfüggvénnyel jobb magyarázóképeséget szolgáltat. A reagálási idők lineáris vagy exponenciális közelítése átlagos felhasználóknál a 7. objektum megtalálásáig nem mutat számottevő különbséget, azonban az értelmileg sérültek és az átlagos populáció reagálási idői között már a 3. objektum megtalálása során szignifikáns különbség mutatkozik. Ennek oka, hogy a honlap bár „oszlopos” elrendezésű, de komplexebb, hiszen nem egy, hanem három különböző szót kellett megtalálni.

Mivel az előző feladatokban azt tapasztaltam, hogy az „oszlopos” elrendezés kedvezett a felhasználók keresésénél, most is ilyen honlapot választottam; itt a „foci” szóval kapcsolatos szavakat kellett a felhasználóknak megtalálni, összesen 13-at. Ezeket a szavakat mind az

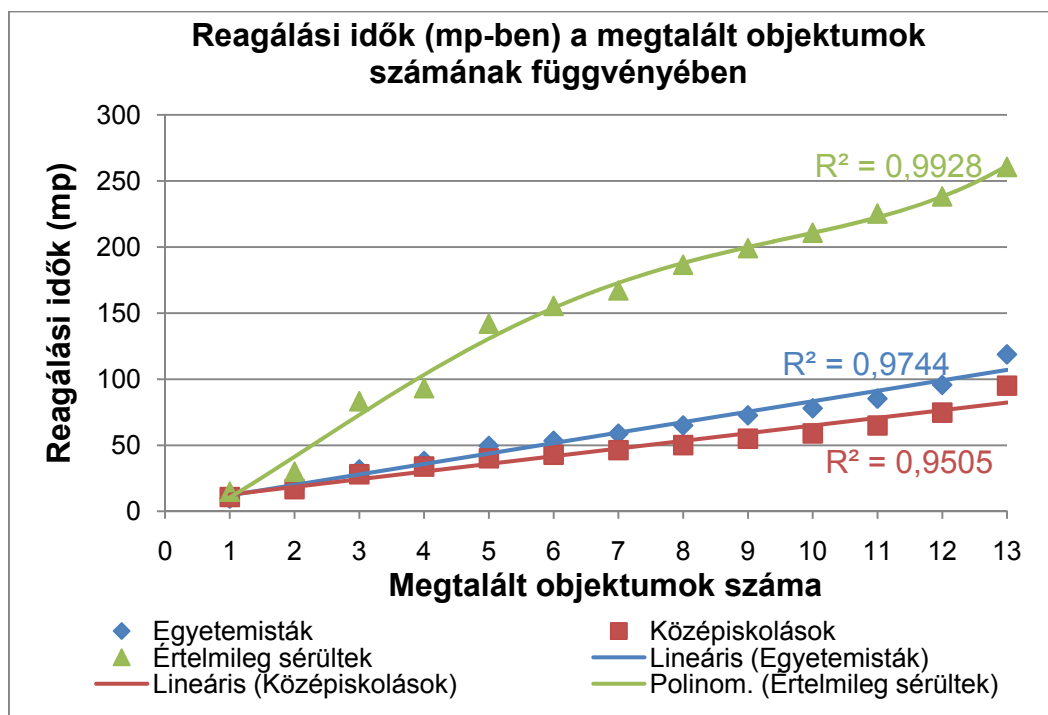
átlagos populáció tagjai, mind pedig az értelmileg sérültek ismerték. Itt már tehát a kognitív folyamatok is szerepet játszottak, hiszen a kísérleti személynek el kellett vonatkoztatnia a keresendő szótól, és meg kellett találnia az ezzel a szóval kapcsolatos fogalmakat is. Meg kell jegyezni, hogy ez a feladat az értelmileg sérülteknek már nagyon nehéznek bizonyult, mely a kísérleti eredményekből is kitűnik.

A navigációs struktúrák vizsgálata során azt tapasztalhatjuk, hogy az oszlopos elrendezés valamennyi esetben a lokális stratégia kialakulásának kedvez. A skálapreferenciákat tekintve azonban valamennyi felhasználói csoportban jelentős eltérés mutatkozik.



34. ábra: kattintási skála-preferenciák vizsgálata

A reagálási időkben ez a különbség itt is szembetűnőbb.



35. ábra: Átlagos reagálási idők vizsgálata futballal kapcsolatos kifejezések keresésénél a megtalált objektumok számának függvényében

Az értelmileg sérültek és az átlagos felhasználók reagálási időinek szignifikáns eltérése már a 3. megtalálendő objektumnál megmutatkozott. A reagálási időkre a hatványfüggvény, illetve a polinom illesztése adta legnagyobb R^2 értéket, de ettől az értéktől lényegesen a lineáris függvény illesztése sem tért el. Mivel az átlagos felhasználóknál a trendillesztés során a hatványfüggvény kitevője közel 1 lett volna, így az egyszerűbb lineáris trend illesztését alkalmaztam a reagálási idők jellemzésére. Itt is megfigyelhető, hogy a 10. megtalálendő objektumnál a lineáris trendtől eltérhetnek az adatok, a lineáris egyenes a konfidencia intervallumon belül helyezkedik el valamennyi felhasználói csoport reagálási időit tekintve. Az értelmileg sérülteknél polinom illesztését alkalmaztam, mert a 3. megtalálendő objektumig a reagálási idők konfidencia-intervallumain kívül esett volna a lineáris trend által meghatározott egyenes.

Következtetések

A felhasználók navigációját a honlapokon oszlopos elrendezéssel segíthetjük. Ekkor több objektum keresése esetén az oszlopokon belül lokális stratégia alakul ki. Értelmileg sérültek számára a komplexebb feladatok, melyeknél a rövidtávú memóriát is jobban igénybe kell venni, sokkal nehezebben megoldhatóak. Célszerű ezért az elrendezések helyes megválasztása mellett arra is törekedni, hogy lehetőleg olyan fogalmakat használjunk a honlap tervezésekor, mely számukra is ismertek. Átlagos felhasználók esetén sem célszerű túl sok információval „telezsúfolni” az oldalakat, mert 10 objektum után már a reagálási idők nem lesznek lineárisak. Értelmileg sérülteknél már 5 objektum megtalálása is szignifikánsan eltérhet az átlagos felhasználók eredményeitől. Ebből kifolyólag a „túl sok” információ és a „túlzsúfolt” honlapok számukra sokkal nehezebben áttekinthetők, illetve a keresendő objektumok számukra sokkal nehezebben megtalálhatók.

A következő fejezetben még több kognitív hatás is befolyásolta a feladat megoldását. Itt ugyanis a felhasználóknak már el kellett olvasniuk részletesen a szöveget. Ezután pedig kérdésekre kellett válaszolniuk.

5.9 Szövegértés vizsgálata különböző elrendezésű feladatok esetén

Bár a feladatoknál igyekeztem, hogy ezek a feladatok nagyjából azonos hosszúságú és nehézségű szövegértési feladatok legyenek, mégis a megoldásban a feladat száma volt a legfontosabb szignifikáns változó.

A megoldási időkben 2-2,5-szeres különbségek is mutatkoztak az egyes feladatok között. A jó válaszok arányában is voltak nagyobb eltérések; a legjobb és a legrosszabb érték között 20% különbség tapasztalható. Ehhez képest az egyes elrendezések hatása sokkal kisebb jelentőségű.

Hierarchikus klaszterezéssel tovább vizsgáltam az eredményeket; szintén azt kaptam, hogy a feladat a legfontosabb faktor. Ennek, valamint a regresszió- és varianciaanalízis eredményeinek részletezését a melléklet 9.8 fejezete tartalmazza.

Következtetések:

A szövegértést segítő paraméterek és a preferált paraméterek nem minden esetben egyeztek meg. Megegyezés a betűtípus változó esetén mutatkozott. A megértést inkább az ún. talpas (Times New Roman) betűtípus segítette, és a felhasználók jobban preferálták az Arial betűtípussal szemben; ezen eredmények háttérében a talpas betűk könnyebb olvashatósága állhat. A szimpla sorközzel írt szövegeknél a jó válaszok aránya szintén nagyobb volt, mégis a 1,5-es sorközt preferálták a felhasználók az 1-es sorközzel szemben. Sorigazítás tekintetében a balra zárt segítette jobban a szövegértést, de a sorkizártat a felhasználók jobban preferálták. Egy hasáb használata esetén a 70%-ig kitöltött sorok esetén kaptam a legjobb szövegértési eredményeket, ugyanakkor ezt a kitöltöttséget preferálták a legkevésbé a felhasználók. Ha több hasábot használunk, akkor ezek közül a 3 hasáb használata esetén kapunk jobb eredményeket, míg a két hasáb használata kerülendő. A kisebb (10pt-os) betűméret a szövegértésre volt jobb hatással, míg a felhasználók inkább a nagyobb (14pt-os) betűméretet preferálták.

Külön-külön egy-egy paraméter helyes megválasztása még nem feltétlenül segíti a felhasználót a szövegértési feladatok megértésében, hiszen itt a feladat nehézsége, illetve a kísérleti személyek kognitív képességei nagyobb szerepet játszanak, azonban ezen beállítások együttes hatása már jelentősen, akár 15-20%-al javíthatja a felhasználók szövegértési feladatokra adott helyes válaszainak eredményeit.

6 Tézisek

Első lépésként módszereket dolgoztam ki a navigációs feladatok elemzéséhez, melyekkel meghatározhatók egy navigációs feladat legvalószínűbb kattintási sorrendjei, és felrajzolhatók az ún. navigációs gráfok. A kattintási sorrendek elemzésével meghatározhatók a navigációs sorrendek, illetve a kattintási (skála)preferenciák.

T1.A javasolt hasonlósági és egyezőségi mértékekkel két kattintási szekvenciát lehet összehasonlítani, míg a hasonlósági és egyezőségi indexekkel a kattintási szekvenciák koncentrációját lehet meghatározni, melyek számszerű kifejezését adják annak, hogy a felhasználók navigációs útvonalai mely keresési stratégiákhoz milyen mértékben hasonlítanak.

Az általam javasolt (hasonlósági, egyezőségi) mértékek, illetve indexek a kattintási sorrendek jellemzésére szélesebb körben alkalmazhatók, mint a sorrendek összehasonlítása esetén használatos rangkorrelációs mutatók. Az általam javasolt módszer figyelembe veszi nem csak a sorrendeket, hanem az elemi szekvenciák előfordulását is.

T2.A javasolt kattintási skálapreferencia-térkép alapján meg lehet állapítani, hogy egy keresési feladtnál a képernyőn a felhasználók mely célobjektumokat találták meg hamarabb, illetve kattintásaik során mely célobjektumokat részesítették előnyben.

Módszeremmel nem csak a kattintási sorrendet, hanem a haladási irányokat is fel lehet térképezni, illetve jellemezni lehet. Ezeket a kidolgozott módszereket valamennyi feladat esetén alkalmaztam és ezáltal összehasonlítottam a kapott navigációs struktúrákat a középsúlyos értelmi sérülteknél, valamint az átlagos populációban.

T3.A kattintási sorrendek ismeretében a navigációs gráf, navigációs struktúra, navigációs és preferencia-térkép meghatározható, általuk a felhasználók navigációs stratégiája jellemezhető.

Ahogy növeljük a megtalálandó objektumok számát, úgy válik a legvalószínűbb keresési stratégia először globálisból lokálissá, majd ad-hoc keresési stratégiává. A középsúlyos értelmi sérülteknél kevesebb keresendő objektum esetén is kialakulhat lokális, illetve ad-hoc keresés. Ha a feladatokat nehezítjük abban a tekintetben, hogy a megtalálandó objektumok több paramétere is változik, akkor az objektum számának függvényében hamarabb

tapasztalhatjuk a globális→lokális→ad-hoc keresési stratégiák változását. Ez a megállapítás fokozottan érvényes a középsúlyos értelmi sérült felhasználókra.

T4. Mind az átlagos felhasználó, mind pedig a középsúlyos értelmi sérült felhasználók esetén az objektumszám növekedésével a keresési stratégiák a következőképpen alakulnak: 5 keresendő objektumig globális, 6-9 keresendő objektum esetén lokális, 10 keresendő objektum után pedig ad-hoc.

a. Lokális és ad-hoc keresési stratégia kisebb keresendő objektumszám esetén is kialakulhat, ha:

- i. a megtalálandó objektum elhelyezkedésén túl a mérete, az elforgatás iránya is változik,
- ii. három dimenziós objektumokat kell keresnie a felhasználónak.

b. Középsúlyos értelmi sérülteknél, ha a keresendő objektumoknak az elhelyezkedésen kívül több paramétere is változik (pl. méret, elforgatás iránya, alak), akkor az objektumok számának függvényében hamarabb alakul ki ad-hoc stratégia, mint az átlagos populációnál.

A logikus elrendezés, illetve a háttér helyes megválasztása segítheti a középsúlyos értelmi sérülteket abban, hogy könnyebben megtalálják a keresendő objektumokat.

T5. 7-10 keresendő objektumig az átlagos felhasználók, 4-5 objektumig a középsúlyos értelmi sérültek reagálási idői lineáris függvényei lesznek a megtalálandó objektumok számának.

a. Ha a háttér fogalmilag kapcsolódik a keresendő objektumokhoz, akkor 7-8 keresendő objektumig a középsúlyos értelmi sérültek reagálási idői is lineáris trenddel közelíthetők, vagyis nem csak a navigációjuk javítható, hanem a reagálási idő is csökkenthető.

b. Ha a keresendő objektumoknak az elrendezésen kívül több paramétere (pl. méret, elforgatás iránya, alak) is változik, akkor a reagálási idők kevesebb (5-7) keresendő objektumszám esetén is már csak nemlineáris trenddel közelíthetők.

- i. Az objektumparaméterek változására a középsúlyos értelmi sérültek reagálási idői jobban érzékenyek, vagyis az objektumszám függvényében meghatározott reagálási idők kevesebb (3-4) objektum esetén is már csak nemlineáris trenddel közelíthetők.

- c. szöveges keresési feladatok esetén az oszlopos elrendezés segíti a felhasználók navigációját. Ez esetben 9 keresendő objektumig lineáris trenddel közelíthetők a reagálási idők.**

7 Összefoglalás

Disszertációmban az átlagos és középsúlyos értelmileg sérült felhasználók oldalon belüli navigációját vizsgáltam 2D-s, 3D-s multimédia programokban valamint weboldalakon. Vizsgálataimhoz számos multimédia program készült, melyekben először mértani formákat, figurákat, 3D-s objektumokat kellett keresni, majd pedig szöveges oldalakon, honlapokon kellett szavakat, kifejezéseket megtalálni. A felhasználók navigációs stratégiáinak feltérképezéséhez módszert dolgoztam ki. A kidolgozott módszerrel a felhasználók oldalon belüli navigációját lehet jellemezni multimédiás programokon, illetve honlapokon. Vizsgáltam, hogy az objektumok tulajdonságai (pl. forma, méret, pozíció; szövegek esetében: betűtípus, betűméret, szóhossz) hogyan befolyásolják a felhasználók feladatmegoldási idejét és navigációs struktúráját.

Az információknak nemcsak a megtalálása, hanem az értelmezése is fontos. Disszertációm utolsó kísérletében a képernyőn megjelenített szöveg tulajdonságainak (betűtípus, betűméret, sorigazítás, sorköz, hasábok száma) hatását vizsgáltam annak tartalmának megértésére.

A célom ajánlások kidolgozása volt, melyek megfontolása a honlapok illetve multimédia programok felületének felhasználóbarát tervezését eredményezi, ezáltal segítve a végfelhasználót az információk megtalálásában és értelmezésében egyaránt.

8 Irodalomjegyzék

Al-Wabil, A., Zaphiris, P., Wilson, S. (2007). Web Navigation for Individuals with Dyslexia: An Exploratory Study. In: C. Stephanidis (Ed.): Universal Access in HCI, Part I, HCII 2007, LNCS 4554, pp. 593-602., Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Barlow, H.B. (1953). Summation and inhibition in the frog's retina. *Journal of Physiology* 119, pp. 69-88.

Barna Ildikó, Székelyi Mária (2002). *Túlélőkészlet az SPSS-hez*. Typotex kiadó.

Bernard, M.L., Chaparro, B.S., Mills, M.M., Halcomb, C.G. (2003). Comparing the effects of text size and format on the readability of computer-displayed Times New Roman and Arial text. *International Journal of Human-Computer Studies* 59, 823-835.

Bruce, V., Green, P.R., Georgeson, M.A. (1996). *Visual Perception: Physiology, Psychology and Ecology*. Psychology Press. ISBN 0863774504.

Burns, C.M. (2000). Navigation strategies with ecological displays. *International Journal of Human-Computer Studies*, 52, pp. 111-129.

C3 Alapítvány, OmnicomMediaGroup (2007): *A médiafogyasztás dilemmája*. Budapest, 2007. február 28., www.omnicommediagroup.com

Caldwell, B., Cooper, M., Reid, L.G., Vanderheiden, G. (eds.) (2008). *Web content Accessibility Guidelines 2.0*. W3C Recommendation 11 December 2008. <http://www.w3.org/TR/WCAG20/>.

Carlson, N.R. (2007). *Physiology of Behavior: ninth edition*. Pearson Education, Inc.: Boston

Cheal, M. and Lyon, D. (1989). Attention effects on form discrimination at different eccentricities. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 41A, pp. 719-746.

Cheal, M. and Lyon, D. (1992). Attention in visual search: Multiple search classes. *Perception and Psychophysics*, 5, pp. 113-138.

Chen, L. (1982). Topological structure in visual perception. *Science*, 218, pp. 699-700.

Chen, L. (1990). Holes and wholes: A reply to Rubin and Kanwisher. *Perception & Psychophysics*, 47, pp. 47-53.

Chrisholm, W., Vanderheiden, G., Jacobs, I. (eds.) (1999). Web Content Accessibility Guidelines 1.0. <http://www.w3.org/TR/WCAG10/> .

CIE 15-2004 (2004). Colorimetry. CIE Central Bureau, ISBN 978 3 901906 33 6.

Czigler, I. (2005). A figyelem pszichológiája. Akadémiai Kiadó, Budapest.

DeValois, R.L., Abramov, I., Jacobs, G.H. (1966). Analysis of response patterns of LGN cells. *Journal of the Optical Society of America* 56, pp. 966-977.

De Valois, R.L. és De Valois, K.K. (1975). Neural coding of color. In E.C. Carterette & M.P. Friedman (Eds.), *Handbook of perception*. New York: Academic Press, 1975. Vol. V, pp. 117-166.

Duncan, J., Humphreys, G.W. (1989). Visual-search and stimulus similarity. *Psychological Review*, 96, pp. 433-458.

Duncan, J., Humphreys, G.W. (1992). Beyond the search surface – visual-search and attentional engagement. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 18, pp. 578-588.

Eimer, M. (1999). Attending to quadrals and ring-shaped regions: ERP effects of visual attention in different spatial selection tasks. *Psychophysiology*, 36, pp. 491-503.

Eriksen, B.A., Eriksen, C.W. (1974). Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task. *Perception and Psychophysics*, 16, 143-149.

Eriksen, C.W., Schultz, D.W. (1979). Information processing in visual search: A continuous flow conception and experimental results. *Perception and Psychophysics*, 25, 249-263.

Evett, L., Brown, D. (2005). Text formats and web design for visually impaired and dyslexic readers – Clear text for all. *Interacting with computers* 17, pp. 453-472.

Field, A. (2005). *Discovering Statistics Using SPSS*. Second edition. SAGE Publications Ltd.

Findlay, J.M., Gilchrist, I.D. (eds.) (2003). *Active Vision: The Psychology of Looking and Seeing*. Oxford University Press. First published 2003.

Freyhoff, G. (2001). DE 4201 ALDICT. Final report. <http://www.inclusion-europe.org/documents/318.pdf>

Galitz, W.O. (1996). *The Essential Guide to User Interface Design: An Introduction to GUI Design Principles and Techniques*. New York: John Wiley & Sons.

Garner, W.R. (1974). *The processing of information and structure*. Potomac, MD: Lawrence Erlbaum.

Hartline, H.K. (1938). The response of single optic nerve fibers of the vertebrate eye to illumination of the retina. *American Journal of Physiology* 121, pp. 400-415.

Hercegf, K., Izsó, L. (eds.) (2008). *Ergonómia. Baccalaureus Scientiae Tankönyvek*. Typotex, ISBN 978-9-639664-60-9

Hornof, A.J. (2001). Visual search and mouse pointing in labeled versus unlabeled two-dimensional visual hierarchies. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*.

Hunt, R.W.G. (1991). *Measuring Colour*. Ellis Horwood Limited.

Hunyadi, L., Mundruczó, Gy., Vita, L. (1997). *Statisztika*. Aula kiadó.

James, W. (1890). *The Principles of Psychology*. New York: Henry Holt, Vol. 1, pp. 403-404.

Javal, E. (1878, 1879). Essai sur la physiologie de la lecture. *Annales d'Oculistique* 79 p. 97, 240; 80 p. 135; 81 p. 61, 82 p. 72, 159, 242

Kaiser, P.K., Boynton, R.M. (1996). *Human Color Vision*. (Second edition) Optical Society of America, ISBN 1-55752-461-0

Ketskemény, L., Izsó, L. (2005). *Bevezetés az SPSS programrendszerbe. Módszertani útmutató és feladatgyűjtemény statisztikai elemzésekhez*. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest.

Kickmeier-Rust, M.D., Albert, D. (2003). The effects of scanability on information search: An online experiment. In: Ph. Gray, H. Johnson and E.O'Neill (Eds.), *Proceedings of HCI 2003: Designing for Society*, Volume 2.

Kickmeier-Rust, M.D., Albert, D. (2005). Highlighting – Or Why Google Is That Successful. In: Andreas Holzinger, Karl-Heinz Weidmann (eds.): *Empowering Software Quality: How can Usability Engineering reach these goals?* Oesterreichische Computer Gesellschaft, Vienna, 8th November 2005, pp. 45-52.

Kovács, T. (2005). *A kutatás alapjai. Gyakorlati útmutató*. Egészségügyi Szakképző és Továbbképző Intézet, Továbbképzési füzetek 47.

Kramer, A.F., Hahn, S. (1995). Splitting the beam: distribution of attention over noncontiguous regions of the visual field. *Psychological Science*, 6, pp. 381-386.

Kuffler, S.W. (1953). Discharge patterns and functional organization of mammalian retina. *Journal of Neurophysiology* 16, pp. 37-68.

LaBerge, D. (1983). The spatial extent of attention to letters and words. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 9, pp. 371-379.

LaBerge, D., Brown, V. (1989). Theory of attention operations in shape identification. *Psychological Review*, 96, 101-124.

Leuthold, S., Bargas-Avila, J.A., Opwis, K. (2008). Beyond web content accessibility guidelines: Design of enhanced text user interfaces for blind internet users. *International Journal of Human-Computer Studies*, Volume 66, Issue 4, pp. 257-270.

Ling, J., Schaik, P. (2006). The influence of font type and line length on visual search and information retrieval in web pages. *International Journal of Human-Computer Studies* 64 (2006), 395-404.

Liversedge, S.P. and Findlay, J.M. (2000). Saccadic eye movements and cognitive sciences. *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 6-14.

Mack, A., Rock, I. (1998). *Inattention blindness*. MIT Press, Cambridge

Malhotra, N.K. (2008). *Marketingkutató*. Akadémiai Kiadó.

Mátrai, R. (2004). Többnyelvű bővíthető multimédiás interaktív szoftver fejlesztése diszlexiás gyermekek részére. Diplomadolgozat. Veszprémi Egyetem, Műszaki Informatika Kar, Képfeldolgozás és Neuroszámítógépek Tanszék.

Mátrai, R. (2006). Analysing the navigation and information retrieval of mentally impaired children. *Central European Multimedia and Virtual Reality Conference* 6-8 November 2006, pp. 199-203. ISBN: 963 9495 89 1

Mátrai, R. (2008). Valóban azt látjuk, ami a retinára vetül? *Lux et Color Veszpremiensis*, Veszprém, 2008. november 8. (A kiadvány CD-n jelent meg.)

Mátrai, R. (2009). A vizuális figyelem vizsgálata multimédia programokban és weboldalakon. XXXII. Kolorisztikai Szimpózium, Eger, 2009. május 11-13.

Mátrai, R., Sik-Lányi, C., Kosztyán, Zs.T., Schanda, J. (2005). Színek és kontúrok szerepe a navigációban. XXX. Jubileumi Kolorisztikai Szimpózium, Eger, 2005. május 30. - június 1.

Mátrai, R., Sik-Lányi, C. (2007). Investigation of navigation routes of normal children and those with mild intellectual disabilities. 9th European Conference for the Advancement of Assistive Technology (AAATE 2007), 3-5 October, San Sebastian, Spain.

Mátrai, R., Kosztyán, Zs.T., Sik-Lányi, C. (2008a). Navigation method of special needs users in multimedia systems. Computers in Human Behavior, Volume 24, Issue 4, Special Issue: Integration of Human Factors in Networked Computing, pp. 1418-1433.

Mátrai, R., Kosztyán, Zs.T., Sik-Lányi, C. (2008b). Analysing the 2D, 3D and Web User Interface Navigation Structures of Normal Users and Users with Mild Intellectual Disabilities. Lecture Notes in Computer Science, LNCS 5105, 2008, Springer Verlag Berlin-Heidelberg, pp. 386-393.

Microsoft accessibility design guidelines for the web. Available online under http://www.msdn.microsoft.com/library/default.asp?url=/library/en-us/vsent7/html/vxconaccessibility_Design_Guidelines_for_Web.asp

Mullet, K., Sano, D. (1995). Designing Visual Interfaces: Communication Oriented Techniques. Englewood Cliffs, New Jersey. Prentice Hall PTR, p. 94.

Murch, G.M., 1984. Physiological principles for the effective use of color. IEEE Computer Graphics and Applications 4 (11), 49–41154.

Neisser, U. (1967). Cognitive Psychology. New York: Appleton, Century, Crofts.

Neisser, U. (1979). The control of information pickup in selective looking. In: Pick, A.D. (ed.) Perception and its development: A tribute to Eleanor J. Gibson. Erlbaum, Hillsdale, 201-219.

Nielsen, J. (1999, November 14th). When bad design elements become the standard. Retrieved January 25th, 2000 from the World Wide Web: <http://www.useit.com/alertbox/991114.html>

Nielsen, J. (2006). F-Shaped Pattern for Reading Web Content. http://www.useit.com/alertbox/reading_pattern.html

Norman, K.L. (1991). The Psychology of Menu Selection: Designing Cognitive Control of the Human/Computer Interface. Norwood, N.J.: Ablex, p. 130

Nygren, E. (1996). From paper to computer screen: human information-processing and user interface design. Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology, 188. Almqvist and Wiksell, Stockholm.

Owens, J.W., Shrestha, S. (2008). How Do Users Browse a Portal Website? An Examination of User Eye Movements. Usability News, Vol. 10 Issue 2, October 2008

Paterson, D.G., Tinker, M.A. (1940). How to make type readable. Harper and Row, New York.

Pearson, R., van Schaik, P. (2003). The effect of spatial layout of and link colour in web pages on performance in a visual search task and an interactive search task. Int. J. Human-Computer Studies 59, 327-353.

Pereira, L.M., Saragoça, E., Loura, L.C., Espadinha, C. (2003). An e-mail programme for mentally impaired persons. Technology and Disability 15, pp. 217-222.

Petrie, H., Fraser, H., Neil, K. (2004). Tension, what tension? Website accessibility and visual design. In: International World Wide Web Conference, New York, USA.

Ratliff, F. (Ed.) (1974). Studies on excitation and inhibition in the retina. New York: Rockefeller University Press

Rayner, K. and Pollatsek, A. (1989). The psychology of reading. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.

Sagi, D. (1988). The combination of spatial frequency and orientation is effortlessly perceived. Perception & Psychophysics, 43, pp. 601-603.

Sajtos, L., Mitev, A. (2007). SPSS kutatási és adatelemzési kézikönyv. Alinea Kiadó.

SAP Accessibility Guidelines. Available online under
http://www.saplabs.com/accessibility/guide_eval/guides_checks.htm

Schmidt, K.E., Bauerly, M., Liu, Y., Sridharan, S. (2003). Web page aesthetics and performance: a survey and an experimental study. Proceedings of the Eighth Annual International Conference on Industrial Engineering: Theory, Applications and Practice. Las Vegas, Nevada, November 10-12, 2003.

Schrepp, M. (2006). On the efficiency of keyboard navigation in Web sites. Universal Access in the Information Society, Volume 5, pp. 180-188.

Schrepp, M., Jani, R. (2005). Efficient keyboard support in web-pages. 8th European Conference for the Advancement of Assistive Technology, pp.504-508.

Scott, D. (1993). Visual search in modern human-computer interfaces. Behaviour and Information Technology 12, 174-189.

Shephard, R.N. (1964). Attention and the metric structure of the stimulus space. Journal of Mathematical Psychology, 1964, 1, 54-87.

Sik-Lányi, C. (2000). Multimédiás oktatóprogramok tervezésének műszaki, ergonómiai kérdései. Doktori PhD értekezés. Veszprémi Egyetem, Képfeldolgozás és Neuroszámítógépek Tanszék.

Sik-Lányi, C. (2003). Optimization of computer presented information for left-handed observers, PsychNology, Volume 1, Number 2, 2003, pp. 151-163. ISSN 1720-7525

Sik-Lányi C., Bacsa, E., Mátrai, R., Kosztyán Zs. (2005). Developing interactive multimedia rehabilitation software for treating patients with aphasia, International Journal on Disability and Human Development, Special issue on disability, virtual reality and associated technologies, 2005. 4(3) pp. 225-229. ISSN 1565-012X

Sik-Lányi, C., Bacsa, E., Mátrai, R., Kosztyán Zs., Pataky, I (2004). The Design Question of Development of Multimedia Educational Software for Aphasia Patients, Lecture Notes in Computer Science, LNCS 3118, ICCHP 2004, Springer Verlag Berlin-Heidelberg, pp: 6-13. ISSN 0302-9743, IF=0.513

Sik-Lányi, C., Kosztyán Zs., Kráncz B., Schanda J., Navvab M (2007). Using multimedia interactive e-teaching in color science, LEUKOS The Journal of the Illuminating Engineering Society of North America, 2007, 4(1): 71-82. ISSN1550-2724, IF=0.250

Sik-Lányi, C., Mátrai, R., Tarjányi, I. (2006). Analyzing navigation of mentally impaired children in virtual environments. International Journal on Disability and Human Development, Vol. 5, No. 3, 2006, pp. 217-221.

Staggers, N. (1993). Impact of screen density on clinical nurses' computer task performance and subjective screen satisfaction. International Journal of Man-Machine Studies, 39, pp. 775-792.

Thacker, P.P. (1986). Tabular displays: A human factors study. Doctoral Dissertation. Rice University, Houston, TX.

Tinker, M.A. (1965). Bases for effective reading. University of Minnesota Press, Minneapolis.

Treisman A., Gelade G. (1980). A feature integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12, 97-136.

Treisman, A. (1982). Perceptual grouping and attention in visual search for features and for objects. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 8(2), pp. 194-214.

Treisman, A. and Gormican, S. (1988). Feature analysis in early vision: Evidence from search asymmetries. *Psychological Review*, 95, pp. 15-48.

Valberg, A. (2005). *Light Vision Color*. John Wiley & Sons, Ltd.

Williams, A. (2002). Graybalance: A key element in color reproduction. *Newspapers & Technology*, http://www.newsandtech.com/issues/2002/02-02/ifra/02-02_greybalance.htm

Williams, R., Tollet, J. (1998). *The Non-Designer's Web Book*. Berkeley, CA: Peachpit Press, p. 120.

Wolfe, J.M. (1994). Guided search 2.0: a revised model of visual search. *Psychonomic Bulletin and Review* 1, 202-238.

Wolfe, J.M. és Bose, M. (1991). Visual search for the "medium" stimulus. Unpublished research report. Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology

Yarbus, A.L. (1967). *Eye Movements and Vision*. Plenum Publishing, New York.

9 Mellékletek

9.1 Szemelvények a vizuális figyelem vizsgálatával kapcsolatos kísérletekből

9.1.1 Egy érdekes kísérlet a nemfigyeléses vakság jelenségéről

Figyelemre méltó kísérletsorozatot végzett A. Mack és I. Rock (Mack és Rock, 1998) az észlelés és a figyelem kapcsolatának vizsgálatára, melyben több mint 5000 kísérleti személy vett részt mintegy 7 éven át.

A kísérleti személyeknek középre kellett fixálniuk, amit egy 1500 ms ideig felvillanó kis objektummal segítettek elő. Ezt követően a fixáció helyén megjelent egy kereszt. A résztvevőknek azt kellett megmondaniuk, hogy a kereszt melyik szára hosszabb. A kereszt mérete, valamint a függőleges és a vízszintes szár eltérésének nagysága próbáról próbára változott. A szemmozgások elkerülése végett a kereszt mindössze 200 ms ideig volt látható, mivel egy saccad megindításához kb. ennyi időre van szükség. A pásztázás lehetősége így kizárható volt a kísérletből. Egy másik problémát is ki kellett még küszöbölniük a kutatóknak, mégpedig azt, hogy a kép eltűnése után a kép utóhatása ne biztosítsa annak további feldolgozását. Ehhez egy vizuális maszkot készítettek, amely egy össze-vissza mintázatot tartalmazott, és 500 ms ideig villant fel közvetlenül a kereszt után.

A kritikus próbát 2-3 előzetes próba előzte meg. A kritikus próbában a kereszt mellett megjelent valamilyen objektum (fekete vagy színes geometriai idom vagy egy mozgó vonal). A kísérleti személyeket ezek után megkérdezték, hogy láttak-e valamit a kereszten kívül. Akik láttak valamit, azokat megkérték, hogy mondják meg, mit láttak, vagy több idom közül jelöljék meg, hogy melyiket látták. Az utóbbi, ún. felismeréses próbára azokat is megkérték, akik arról számoltak be, hogy nem láttak semmit sem; hátha van valamilyen nem tudatos reprezentációja az ábrának.

Egy következő kísérlet ehhez hasonló volt; a feladat annyiban módosult, hogy most arra kellett figyelni, hogy megjelenik-e valami a kereszten kívül. A kísérlet egyik felében a kereszt a középpontban volt, ahol a fixáció helye is, az idom pedig 2-3 szögfoknyira a fixációs ponttól, azaz az éles látás területén kívül. A kísérlet másik felében az idom volt középen, és a kereszt volt kissé oldalt.

A kritikus próba meglepő eredményeket adott. Amikor a négyszög a fixációs ponttól 2 foknyira volt, a résztvevők egynegyede egyáltalán nem vette észre, pedig olyan esetekben, amikor nem kellett másra figyelni, a fixációs ponttól 2 foknyira eső objektumot „nem lehet nem észrevenni”. Ezt a jelenséget „nem figyeléses vakság”-nak nevezték el. A második esetben, amikor az idom volt középen, tehát ott, ahol a fixáció helye is, még nagyobb volt az aránya azon résztvevőknek, akik nem vették észre; színes folt esetében például ez az arány kb. 75% volt. A kutatók azzal magyarázták a jelenséget, hogy mivel a megadott célinger, amire figyelni kellett, az éleslátás tartományán, azaz a foveán kívül helyezkedett el, ezért a fixáció helyét aktívan gátolni kellett.

A kísérletek során azonban találtak olyan ingereket, amelyek elkerülik a nem figyeléses vakság jelenségét; például, ha a résztvevő neve jelent meg a nem figyelt területen, vagy a jól ismert nevető arc (☺), a kísérleti személyek szinte kivétel nélkül mind észrevették. Tehát, ha nem veszünk észre egy objektumot, az még nem jelenti feltétlenül azt, hogy „nem létezik” számunkra; lehet, hogy csak nem tudatosodott bennünk.

9.1.2 Treisman paradigmái

Az elméletből fakadó előrejelzések teszteléséhez Treisman az alábbi paradigmákat dolgozta ki az egyes műveletekkel kapcsolatban:

1. *Vizuális keresés.* Feltételezések szerint az egyszerű sajátságok (pl. vörös, vízszintes) egymással párhuzamosan detektálhatók a figyelem előtti szakaszban; ez azt jelenti, hogy az ilyen sajátsággal meghatározott céltárgy keresése csekély mértékben befolyásolható a zavaró elemek számával. A keresési idő ekkor csak a megjelenítő méretével növelhető, feltételezhetően a több szemmozgás miatt. Ezzel szemben feltételezik, hogy az egyszerre több tulajdonsággal meghatározott céltárgy észleléséhez fókuszált figyelem szükséges.
2. *Mintázatok különválasztása.* A mintázatok különválasztása és az alakzatok belsejének csoportosítása a figyelem előtti szakaszban, egymással párhuzamos folyamatokban történik meg. Ha ez így van, akkor a mintázatokat feltehetőleg úgy választjuk külön, hogy az egymástól elkülöníthető sajátságokkal rendelkező ingercsoportok közötti térbeli szakadásokat észleljük, és nem a mintázatban lévő, az egyes sajátságok közötti szakadásokat.
3. *Csalékony összekapcsolások.* Ha a figyelmünket egy adott objektum elkerüli (akár a túl rövid megfigyelési idő miatt, akár amiatt, hogy egy másik objektumra

koncentrálunk), akkor annak az objektumnak a sajátságai az agyunkban „szabadon úsznak”. Ha több figyelmen kívül hagyott objektum is jelen van, akkor könnyen előfordul, hogy azok sajátságait tévesen összekapcsoljuk.

4. *Azonosítás és helymeghatározás.* Megintcsak a figyelem híján észlelhetjük a sajátság jelenlétét anélkül, hogy pontosan tudnánk, hol is láttuk. Ebből az következik, hogy a sajátság azonosítását és annak helyének meghatározását különböző folyamatok irányítják. A sajátságintegrációs elmélet feltételezi, hogy mindez nem történhet meg több sajátság összekapcsolásának esetében. Ha pontosan észleltünk, azonosítottunk egy több sajátsággal jellemzett objektumot, akkor már meg is kellett történnie annak helyének megállapítása, hogy figyelmünket oda irányítsuk, hiszen csak a figyelem által tudjuk a különböző sajátságokat integrálni.
5. *A figyelmen kívül hagyott ingerek kölcsönhatása.* Az ilyen ingerek segítő vagy zavaró hatása csak a bennük lévő sajátságoktól függhetnek; az olyan, több sajátsággal rendelkező objektumok, amelyekben előfordulnak azon ingerek sajátosságai, nem lehetnek hatással az adott feladatra.

9.1.3 Kísérletek a figyelt területre eső információk feldolgozásának vizsgálatához

Vajon mekkora lehet a figyelt terület? A figyelmi fókusz nagyságának mérésére Eriksen (Eriksen, Eriksen, 1974) egy eljárást dolgozott ki, melynek végén a nagyságot szögfokban határozhatjuk meg. A „zaj-kompatibilitási kísérlet”-ként emlegetett kísérletben a résztvevőknek a mező egy adott pontjára kellett fixálniuk, majd pedig vagy a fixáció helyén, vagy pedig annak közvetlen közelében jelent meg a célinger, például két betű (H és S) valamelyike. Két válaszgomb közül az egyiket kellett megnyomni attól függően, hogy melyik betű jelent meg. A kísérletben a célingerek mellett zavaró ingerek is megjelentek bizonyos távolságra a célinger helyétől. Megfigyelhető volt a reakcióidő változása a zavaró hatás megjelenésekor. A figyelmi fókusz területének nagyságára abból lehet következtetni, hogy milyen távol kell lennie a nem célingernek ahhoz, hogy zavaró hatása ne mutakozzon meg. A kísérlet egy későbbi változatában (Eriksen, Schultz, 1979) két – előre megadott – helyen jelent meg a két célinger; a résztvevőknek arról kellett döntenük, hogy a két célinger azonos-e vagy sem. A célingerektől különböző távolságokban itt is megjelenítettek zavaró ingereket; a figyelmi fókusz határára megintcsak az alapján lehetett következtetni, hogy milyen távolra kell elhelyezni a nem célingert ahhoz, hogy zavaró hatása megszűnjön.

Vajon a figyelt terület nagysága mindig ugyanakkora?

Szemléletes kísérletsorozattal mutatott rá LaBerge (1983) a figyelem látószögének változására. A résztvevőknek a feladat egyik részében ötbetűs szavakról kellett minél hamarabb eldönteni, hogy a szó személynév-e vagy sem, a másik részében pedig csak annyit kellett eldönteni, hogy az ötbetűs szó középső betűje megegyezik-e egy előre megadott betűvel. Az első esetben a helyes válaszadáshoz a figyelt területnek (legalább) akkorának kellett lennie, hogy az ötbetűs szó beleférjen, a második esetben viszont leszűkülhetett egyetlen karakterre. E feladat próbái közé iktatták be a másik feladat próbáit, ahol egy sorban – betűk helyett – öt + jel jelent meg, vagy pedig négy + jel és egy szám, pl. +7+++ . A résztvevőknek gombnyomással kellett válaszolniuk, ha láttak számot a sorozatban. LaBerge azt vizsgálta, hogy a szám pozíciója hogyan befolyásolja a reakcióidőt. Azon esetekben, amikor ezeket a próbákat személynév-felismeréses próbák közé iktatta be, a reakcióidő független volt attól, hogy a szám melyik pozícióban jelent meg, igazolva ezzel az előzetes feltevést, mely szerint ezekben az esetekben mindenképpen a figyelt területre érkezik a szám, így annak pozíciója nem befolyásolhatja annak észlelési idejét. Azokban a próbákban, ahol a középső betűkről kellett dönteni, szignifikáns különbség mutatkozott a szám elhelyezkedése és észlelési ideje között: ha a szám a középső karakter helyét foglalta el, akkor volt a legkisebb a reakcióidő, ha pedig a szónak valamelyik szélén szerepelt, akkor volt a legnagyobb.

A figyelt terület tehát nem feltétlenül egybefüggő. Kramer és Hahn (1995) Eriksen kísérletét vette alapul. Két betűt jelenítettek meg egy sorban egymástól nem messze, melyekről el kellett dönteni, hogy azonosak-e (pl. H-H) vagy sem (pl. S-H). A zavaró ingert (egy harmadik betűt) egy sorral lejjebb, a másik két betű között jelenítették meg. A betűk ún. szegmentumokból tevődtek össze, hasonlóképpen ahhoz, ahogyan a digitális karórák jelenítik meg a számokat, ahol ha mind a 7 szegmentum látszódik, 8-as számjegyet kapunk. Mind a H, mind az S betű jól kirakható a 7 szegmentumból. Azokban a kísérletekben, ahol a betűket egyszerre jelenítették meg az addig üres mezőben, a középén megjelenő betű zavaró hatása megmutatkozott a reakcióidőkben; lassabban reagáltak a résztvevők, mint azokban az esetekben, ahol nem jelent meg a középső betű. A kísérleteket úgy is elvégezték, hogy mindhárom betűnél megjelenítették az összes szegmentumot (gyakorlatilag 3 darab 8-as számjegyet láttak kezdetben a résztvevők), és a betűk úgy jelentek meg, hogy a megfelelő szegmentumok eltűntek (szegmentumkialvásos módszer). Ilyenkor tehát nem jelenik meg új objektum a látómezőben. Ebben az esetben a reakcióidőkben nem mutatkozott eltérés, a

középső elemnek tehát nem volt zavaró hatása. Ebből viszont arra lehet következtetni, hogy a figyelt területet ez esetben képesek vagyunk megosztani.

9.2 Definíciók, állítások, bizonyítások

Definíció: A kattintási sorrendeket, $s = \{o_1, o_2, \dots, o_n\}$, ahol $o_1, \dots, o_n \in \mathbb{N}$ (*kattintási szekvenciáknak* nevezzük, ahol o_1, \dots, o_n az objektum sorszámát jelöli, és $o_1 \neq o_2 \neq \dots \neq o_n$.

Definíció: Egy s_1 *szekvencia ellentéte* s_2 , ha $s_1 = \{o_1, o_2, \dots, o_n\}$ esetén $s_2 = \{o_n, o_{n-1}, \dots, o_1\}$, ahol $o_1, \dots, o_n \in \{1, \dots, n\}$. Ekkor az ellentétes sorrendet $s_2 = -s_1$ -el jelöljük.

Definíció: Egy szekvencia (kattintási sorrend) *elemi szekvencia*, ha a szekvencia csak két elemből áll.³⁸ $e = \{o_1, o_2\}$, ahol $o_1, o_2 \in \mathbb{N}$

Definíció: Két elemi e_1, e_2 szekvencia

- azonos, ha elemeik és az elemeik sorrendje is megegyezik $e_1 = \{o_1, o_2\} = \{p_1, p_2\} = e_2$,
 $o_1 = p_1, o_2 = p_2, o_1, o_2, p_1, p_2 \in \mathbb{N}$;
- ellentétes, ha elemeik megegyeznek, de sorrendjeik ellentétesek. $e_1 = -e_2$
- indifferens, ha se nem azonosak, se nem ellentétesek. ekkor $e_1 \sim e_2$ -ként jelöljük.

Definíció: Két elemi szekvencia *hasonlóságának mértéke*:

$$\text{sim}_e(e_1, e_2) = \begin{cases} 1, & \text{ha } e_1 = e_2 \\ -1, & \text{ha } e_1 = -e_2 \\ 0, & \text{ha } e_1 \sim e_2 \end{cases} \quad (3)$$

Definíció: Két $s_o = \{o_1, o_2, \dots, o_n\}$, $s_p = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$, $o_i, p_j \in \{1, \dots, n\}$, $\forall i, j \in \{1, \dots, n\}$ ³⁹ szekvencia *hasonlósági mértékét* (similarity of sequences) a következőképpen számítjuk ki.⁴⁰

$$\text{sim}(s_o, s_p) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^{n-1} \text{sim}_e(\{o_i, o_{i+1}\}, \{p_j, p_{j+1}\}) \quad (4)$$

Állítás: $-1 \leq \text{sim}(s_o, s_p) \leq 1$.

Bizonyítás: A szekvencia definíciójából következik, hogy minden eleme különböző. Egy n elemből álló szekvencia $n-1$ egymás utáni elemi szekvenciára bontható. Ebben az esetben egy n elemből álló szekvencia esetén maximum $(n-1)$ és minimum $-(n-1)$ lehet az elemi szekvenciák hasonlóságának mértékének összege. Ebből pedig következik, hogy az állításban szereplő képlet a maximum értékét (1-et) pontosan akkor veszi fel, ha a két szekvencia megegyezik, a -1 minimum értéket pedig akkor, ha a két szekvencia ellentétes egymással.

³⁸ Pl. $\{1, 2\}$; $\{2, 3\}$. Az elemi szekvencia egyben a legrövidebb szekvencia is.

³⁹ Itt tehát a szekvenciát $\{1, \dots, n\}$ egy átrendezésének is felfoghatjuk.

⁴⁰ Az előbb említett 1-2-3-4, 4-1-2-3 esetén a hasonlóság mértéke $2/3 = 0,67$. Ugyanis 1-2 és 2-3 szekvencia megegyezik mindkét kattintási sorozatban. A többi viszont indifferens.

Megjegyzés: A hasonlósági formula reflexív, hiszen $\text{sim}(s_o, s_p) = \text{sim}(s_p, s_o)$.

Definíció: m szekvencia **hasonlósági indexe** (index of similarity):

$$I_S = \frac{1}{m(m-1)} \sum_{i=1}^m \sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^m \text{sim}(s_i, s_j) = \frac{2}{m(m-1)} \sum_{i=1}^{m-1} \sum_{j=i+1}^m \text{sim}(s_i, s_j) \quad (5)$$

Definíció: Két elemi szekvencia **egyezőségének mértéke**:

$$\text{con}_e(e_1, e_2) = \begin{cases} 1, & \text{ha } e_1 = e_2 \\ 0, & \text{különben} \end{cases} \quad (6)$$

Definíció: Két $s_o = \{o_1, o_2, \dots, o_n\}$, $s_p = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ $o_i, p_j \in \{1, \dots, n\}$, $\forall i, j \in \{1, \dots, n\}$ szekvencia **egyezőségének mértékét** (congruency of sequences) a következőképpen számítjuk ki.

$$\text{con}(s_o, s_p) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^{n-1} \text{con}_e(\{o_i, o_{i+1}\}, \{p_j, p_{j+1}\}) \quad (7)$$

Állítás: $0 \leq \text{con}(s_o, s_p) \leq 1$.

Bizonyítás: Hasonlóan az előző ponthoz.

Definíció: m szekvencia **egyezőségi indexe**:

$$I_C = \frac{1}{m(m-1)} \sum_{i=1}^m \sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^m \text{con}(s_i, s_j) = \frac{2}{m(m-1)} \sum_{i=1}^{m-1} \sum_{j=i+1}^m \text{con}(s_i, s_j) \quad (8)$$

Definíció: Két elemi szekvencia **különbözőségének mértéke**:

$$d_e(e_1, e_2) = \begin{cases} 0, & \text{ha } e_1 = e_2 \\ 1, & \text{különben} \end{cases} \quad (9)$$

Állítás: $d_e(e_1, e_2) = 1 - \text{con}_e(e_1, e_2)$.

Bizonyítás: Definícióból következik.

Definíció: Két $s_o = \{o_1, o_2, \dots, o_n\}$, $s_p = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ $o_i, p_j \in \{1, \dots, n\}$, $\forall i, j \in \{1, \dots, n\}$ szekvencia **különbözőségének mértékét** (incongruity/dissimilarity of sequences) a következőképpen számítjuk ki:

$$d(s_o, s_p) = d_{o,p} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^{n-1} d_e(\{o_i, o_{i+1}\}, \{p_j, p_{j+1}\}) \quad (10)$$

Állítás: $d_{o,p} = d(s_o, s_p) = 1 - \text{con}(s_o, s_p)$.

Bizonyítás:

$$\begin{aligned}
d(s_o, s_p) &= d_{o,p} = \\
&= \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^{n-1} d_e(\{o_i, o_{i+1}\}, \{p_j, p_{j+1}\}) = \\
&= \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^{n-1} 1 - \text{con}_e(\{o_i, o_{i+1}\}, \{p_j, p_{j+1}\}) = \\
&= 1 - \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^{n-1} \text{con}_e(\{o_i, o_{i+1}\}, \{p_j, p_{j+1}\}) = 1 - \text{con}(s_o, s_p)
\end{aligned}$$

A GINI-index a különbözőségek mértékéből a következőképpen számítható.⁴¹

Állítás: $G = 1 - I_C$.

Bizonyítás: Felhasználjuk, hogy $d_{i,j} \geq 0$. Ekkor

$$\begin{aligned}
G &= \frac{2}{m(m-1)} \sum_{i=1}^{m-1} \sum_{j=i+1}^m d_{i,j} = \frac{2}{m(m-1)} \sum_{i=1}^{m-1} \sum_{j=i+1}^m 1 - \text{con}(s_i, s_j) \\
&= 1 - \frac{2}{m(m-1)} \sum_{i=1}^{m-1} \sum_{j=i+1}^m \text{con}(s_i, s_j) = 1 - I_C
\end{aligned}$$

Definíció: Egy n keresendő objektumot tartalmazó $G(N, A)$ ($n=|N|$) **kattintási preferencia-térkép** olyan súlyozott irányított gráf, melynél az $(i, j) \in A$, $i, j \in N$ él $w(i, j)$ ($0 \leq w(i, j) \leq 1$) súlya jelöli, hogy a kísérleti személyek hány százaléka kattintott i -edik keresendő objektum után közvetlenül j -edikre, valamint $(u(i))$ jelöli, hogy $i \in N$ objektumra vonatkozó kattintási skálapreferencia értéket.

Definíció: Egy n keresendő objektumot tartalmazó $G(N, A)$ ($n=|N|$) **navigációs gráf** egy súlyozott irányított gráf, melynél az $(i, j) \in A$, $i, j \in N$ él $w(i, j)$ ($0 \leq w(i, j) \leq 1$) súlya jelöli, hogy a kísérleti személyek hány százaléka kattintott i -edik keresendő objektum után közvetlenül a j -edikre.

Definíció: Egy n keresendő objektumot tartalmazó $G(N, A)$ ($n=|N|$) navigációs gráfban egy $(i, j) \in A$, $i, j \in N$ **él szignifikáns**, ha az él súlya szignifikánsan nagyobb, mint $1/n - 1$. (Az egyenletes eloszlás alapján számított várható érték.) Ellenkező esetben **nem szignifikáns**.

⁴¹ Vegyük észre, hogy a különbözőségek mértéke pontosan azokat a szekvenciárészeket számolja össze, amelyek nem egyeznek két szekvenciában. Tehát a szekvenciák különbözősége e nominális értékek különbségeként felfoghatók.

Definíció: Egy navigációs gráf *navigációs struktúra*, ha nem tartalmaz nem szignifikáns élt.

Definíció: *navigációs térképnek* nevezünk egy n keresendő objektumot tartalmazó $G(N, A)$ ($n=|N|$) súlyozott irányított gráfot, melynél az $(i, j) \in A$, $i, j \in N$ él $w(i, j)$ ($0 \leq w(i, j) \leq 1$) súlya jelöli, hogy a kísérleti személyek hány százaléka kattintott az i -edik keresendő objektum után közvetlenül a j -edikre, valamint $(i: s_i: v(i))$ jelöli, hogy $i \in N$ objektumra s_i -edikként ($1 \leq s_i \leq n$), $v(i)$ relatív gyakorisággal ($0 \leq v(i) \leq 1$) kattintottak a felhasználók. ($\max(s_i)$ azt a (kattintási) sorszámot jelöli, ahol $v(i)$ maximális.)

Definíció: Egy *navigációs térkép egyértelmű*, ha minden $i \in N$ csúcsra csak egy olyan $\max(s_i)$ (kattintási) sorszám létezik, ahol $v(i)$ értéke maximális.

Definíció: Egy (egyértelmű) navigációs térképen a *kezdőpont* az az $i \in N$ csúcs, ahol $s=1$ helyen maximális $v(i)$ értéke.

Megjegyzés: Ezeket a csúcsokat O-el jelöljük.

Definíció: Egy (egyértelmű) navigációs térképen a *végpont* az az $i \in N$ csúcs, ahol $s=n$ ($n=|N|$) helyen maximális $v(i)$ értéke.

Megjegyzés: Ezeket a csúcsokat X-el jelöljük.

Definíció: *Legvalószínűbb c kattintási sorrendnek* nevezzük egy $G(N, A)$ navigációs térképen azt a kattintási szekvenciát, ahol teljesül, hogy $\forall i \in c$, $i \in N$ esetén $\sum_i v(i)$ maximális.

Definíció: Egy navigációs térképen egy legvalószínűbb *kattintási sorrend szignifikáns*, ha teljesül, hogy $\forall i \in c$, $i \in N$ létezik egyértelmű $\max(s_i)$, ahol $v(i)$ maximális.

Definíció: Egy navigációs gráfban egy útvonal *legvalószínűbb (navigációs) útvonal*, ha létezik egy olyan Hamilton út⁴², melyre az élek súlyainak összege maximális.

Definíció: Egy *legvalószínűbb (navigációs) útvonal egyértelmű*, ha a navigációs gráfban csak egy található belőle.

Definíció: Egy (egyértelmű) $G(N, A)$ navigációs térképen egy *egyértelmű legvalószínűbb (navigációs) p útvonal szignifikáns*, ha az út kezdőpontja a navigációs térkép kezdőpontja, az út végpontja a navigációs térkép végpontja, valamint teljesül, hogy minden $\forall i \in p$, $i \in N$ létezik egyértelmű $\max(s_i)$, ahol $v(i)$ maximális.

⁴² Egy gráfban egy út akkor Hamilton út, ha a gráf minden csúcsán pontosan egyszer halad át.

Megjegyzés: Egy szignifikáns útvonal általában megegyezik a szignifikáns kattintási sorrenddel, de lehet annak egy átrendezése is.

Definíció: Tegyük fel, hogy egy n keresendő objektumot tartalmazó $G(N, A)$ ($n=|N|$) navigációs gráfban $\forall i \in N$ objektum $x(i)$, $y(i)$ (2D-s feladatok esetén), $(x(i), y(i), z(i))$ (3D-s feladatok esetén) pozícióját ismerjük. Ekkor $(i, j) \in A$ **él költségének** $x(i), y(i)$ és $x(j), y(j)$ ($x(i), y(i), z(i)$ és $x(j), y(j), z(j)$) távolságát értjük.

Definíció: Egy **kattintási szekvencia összes költségének** nevezzük az élek költségeinek összegét.

Definíció: Egy navigációs gráfban **domináns keresési stratégiának** nevezzük azt a keresési stratégiát, ahol a kísérleti személyek kattintás szekvenciáit tekintve az adott keresési stratégia feltételei legtöbbször teljesülnek.

Definíció: Egy **domináns keresési stratégia egyértelmű** (szignifikáns), ha a navigációs gráfban a kattintási szekvenciákat tekintve nem található más domináns keresési stratégia.

Definíció: Egy keresési stratégia **globális keresési stratégia**, ha a kattintási szekvenciák összes költsége minimális.

Definíció: Egy keresési stratégia **lokális keresési stratégia**, ha az elemi kattintási szekvenciák költsége minimális.

Definíció: Egy keresési stratégia **Jakob Nielsen féle keresési stratégia**, ha érvényesül soronként a balról-jobbra történő keresés és a soronkénti szkennelés hipotézise, vagyis $(i, j) \in A$, $i, j \in N$ esetén, ha $y(i) = y(j)$, akkor $x(i) < x(j)$ (vagyis teljesül a balról-jobbra történő keresés), valamint $x(i) > x(j)$ akkor és csak akkor, ha $y(i) < y(j)$, (vagyis teljesül a soronkénti szkennelés hipotézise).

Definíció: Egy keresési stratégia **oszlopok szerinti keresési stratégia**, ha teljesül az oszloponkénti szkennelés hipotézise, a bal oldali oszloptól kezdődően szisztematikusan haladva a jobb oldali oszlop felé.

Definíció: Egy keresési stratégiát **ad-hoc keresési stratégiának** nevezünk, ha nem hasonlít szignifikánsan sem a globális, sem a lokális, sem a Jacob Nielsen-féle, sem pedig az oszlopok szerinti keresési stratégiához.

Definíció: Objektumok **inhomogenitás fokának** nevezzük azon paraméterek számát, melyben az objektumok pozíciójukon kívül eltérnek egymástól.

Definíció: Egy *keresési tér a keresendő objektumokat tekintve homogén*, ha a keresendő objektumokra nézve az inhomogenitás foka 0.

Definíció: Egy *keresési tér teljesen homogén*, ha mind a keresett objektumokat tekintve, mind a nem keresett objektumokat tekintve (külön-külön) az inhomogenitás foka 0.

9. táblázat: Alkalmazott statisztikai mutatók értelmezése.

		Mutatók							
		Kontingencia mutatók				Sorrendiséget vizsgáló mutatók	Indexek, mértékek		
		Asszociációs kapcsolat mérő mutatók	PRE-mutatók	Asszociációs kapcsolat mérő mutatók	PRE-mutatók				
Jelölések		C, T	$\lambda_{Y X}$	C, T	$\lambda_{Y X}$	ρ_s, ρ_k	I_s, sim	I_c, con	G, d
A kiértékelés során mihez tudom hasonlítani?	A szekvenciákat/útvonalakat egymáshoz	igen	igen	igen	igen	nem	igen	igen	igen
	Egy adott szekvenciához a többi szekvenciát	nem	nem	nem	nem	igen (csak átlagos értéket lehet számolni)	igen	igen	igen
Minimális mérési szint	magyarázó változók esetében	nominális	nominális	nominális	nominális	sorrendi	nominális	nominális	nominális
	magyarázott változók esetében	nominális	nominális	nominális	nominális	nominális	nominális	nominális	nominális
Intervallum		[0;1]	[0;1]	[0;1]	[0;1]	[-1;1]	[-1;1]	[0;1]	[0;1]
Szignifikanci érték tartozik-e a mutatóhoz		igen	igen	igen	igen	igen	konstruálható	konstruálható	konstruálható
Jelentés	Magas (abszolút) érték	A kattintási sorrendek függenek az objektum elhelyezkedésétől.	Az objektum elhelyezkedésének ismeretében nagy valószínűséggel tudok következtetni arra, hogy hanyadikként fogok kattintani rá.	Az, hogy melyik objektumra fogok kattintani függ attól, hogy előzőleg mely objektumot találtam meg.	Annak ismeretében, hogy mely objektumot találtam meg korábban, tudok következtetni arra, hogy mi lesz a következő megtalálendő objektum.	Két szekvencia azonos/ellentétes sorrendű.	Két szekvencia hasonló (vagy ellentétes) / a vizsgált szekvenciák hasonlóak (vagy ellentétesek).	Két szekvencia sok egyező elemi szekvenciát (élt) tartalmaz / az elemi szekvenciák koncentrációja magas.	Két szekvencia kevés egyező elemi szekvenciát (élt) tartalmaz / az elemi szekvenciák koncentrációja alacsony.
	Alacsony(abszolút) érték	A kattintási sorrendek függetlenek az objektum elhelyezkedésétől.	Az objektum elhelyezkedésének ismeretében nem tudom megállapítani, hogy hanyadikként fogok kattintani rá.	Az, hogy melyik objektumra fogok kattintani független attól, hogy előzőleg mely objektumot találtam meg.	Annak ismeretében, hogy mely objektumot találtam meg korábban, nem tudok következtetni arra, hogy mi lesz a következő megtalálendő objektum.	Két szekvencia indifferens.	Két szekvencia indifferens / a vizsgált szekvenciák nem hasonlóak.	Két szekvencia kevés egyező elemi szekvenciát (élt) tartalmaz / az elemi szekvenciák koncentrációja alacsony.	Két szekvencia sok egyező elemi szekvenciát (élt) tartalmaz / az elemi szekvenciák koncentrációja magas.
Mi van, ha típusú elemzések	Ha a kísérleti személyek kattintási sorrendjei (közel) azonosak.	magas	magas	nem értékelhető (közvetlenül), de magas érték valószínűsíthető	nem értékelhető (közvetlenül), de magas érték valószínűsíthető	magas	magas	magas	alacsony
	Ha a kísérleti személyek kattintási sorrendjei nagymértékben különböznek.	alacsony	alacsony	nem értékelhető (közvetlenül)	nem értékelhető (közvetlenül)	alacsony	alacsony, vagy negatív érték	alacsony	magas
	Ha a kísérleti személyek (közel) azonos útvonalon navigáltak.	nem értékelhető (közvetlenül), de magas érték valószínűsíthető	nem értékelhető (közvetlenül), de magas érték valószínűsíthető	magas	magas	nem értékelhető (közvetlenül), lehet az érték magas és alacsony is	magas	magas	alacsony
	Ha a kísérleti személyek különböző útvonalon navigáltak.	nem értékelhető (közvetlenül)	nem értékelhető (közvetlenül)	alacsony	alacsony	nem értékelhető (közvetlenül), lehet az érték magas és alacsony is	alacsony, vagy negatív érték	alacsony	magas

9.3 Statisztikai kiértékelések

A melléklet ezen fejezetében az általam használt statisztikai módszereket mutatom be részletesebben.

9.3.1 Kontingencia-mutatók meghatározása

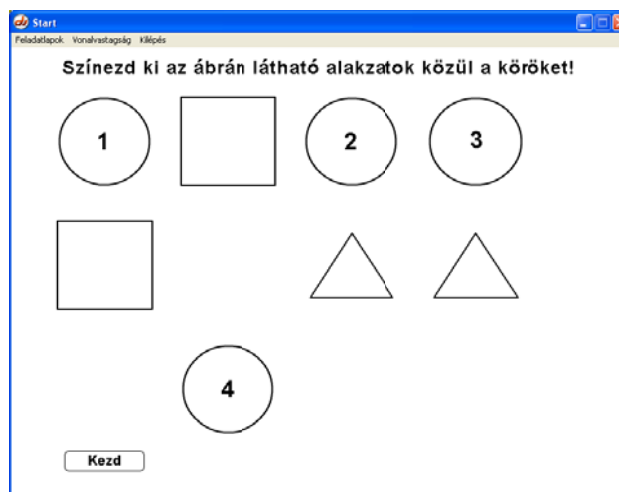
A szignifikáns útvonalak meghatározásához két lépésre volt szükség. Elsőként azt kellett megvizsgálni, hogy az objektumokra véletlenszerű sorrendben kattintanak-e rá, vagy pedig létezik valamilyen szignifikáns sorrend a kattintások során. Azaz, az objektumok elhelyezkedése és aközött, hogy mikor kattintottak rá, van-e valamilyen kapcsolat. A 36. ábra esetén az objektumokba írt számok azt jelzik, hogy átlagosan hányadikként kattintottak rá a kísérleti személyek. Mivel az egyes objektumokat nagyon nehéz lett volna valamilyen jellemzővel mérni, és elsősorban csak a kattintási sorrendre volt szükség, így asszociációs vizsgálatot alkalmaztam. Az egyes objektumokat, mint minőségi (nominális) változókat tekintettem. Azt az esetet tekintettem független esetnek, amelyikben semmilyen kapcsolat nincs az objektumok elhelyezkedése és a kattintások sorrendje között, azaz mindegyik objektumra egyenlő valószínűséggel kattintanak a kísérleti személyek elsőként, másodikként és utolsóként is (10. táblázat). Ehhez képest hasonlítottam össze a kattintások sorrendjét. Táblázatokban foglaltam össze, hogy az n -edik kattintás hány esetben történt az egyes objektumokra. A 11. táblázat a 40. ábrán látható feladatlap kiértékelésekor mért relatív gyakoriságokat mutatja. (A továbbiakban végig relatív gyakoriságokkal számoltam.)

10. táblázat: relatív gyakoriságok
(független eset)

Független eset	\	Objektum sorszáma				Σ
		1	2	3	4	
Kattintás	1	0,25	0,25	0,25	0,25	1
	2	0,25	0,25	0,25	0,25	1
	3	0,25	0,25	0,25	0,25	1
	4	0,25	0,25	0,25	0,25	1
	Σ	1	1	1	1	4

11. táblázat: relatív gyakoriságok
(egy konkrét példa)

Gyakoriságok	\	Objektum sorszáma				Σ	E_2
		1	2	3	4		
Kattintás	1	0,76	0,00	0,01	0,23	1,00	0,24
	2	0,20	0,72	0,01	0,07	1,00	0,28
	3	0,01	0,28	0,72	0,00	1,00	0,28
	4	0,03	0,00	0,27	0,70	1,00	0,30
	Σ	1,00	1,00	1,00	1,00	4,00	1,10
						$E_1 =$	3,00
$E(x) =$		0,25				$\lambda_{Y X}$	0,63



36. ábra: Mértani formák keresése

Az 10. táblázat azt mutatja, hogy ha az egyes objektumokra való kattintások függetlenek lennének magától az objektumtól, akkor mindegyik objektumra azonos valószínűséggel kattintának elsőként, másodikként és utolsóként is, vagyis 4 objektum esetén minden objektumra $\frac{1}{4}$ -ed = 25% valószínűséggel kattintottak volna. Ezzel szemben a mérésnél látható (11. táblázat), hogy egyfajta kattintási sorrend figyelhető meg. (Azokat az eseteket, amelyek a 25%-nál jóval nagyobbak voltak, külön kiemelttem.) Ahová elsőként a legtöbbet kattintottak, az lett az 1-es számú objektum a 40. ábrán, ahová másodikként, az a kettes és így tovább. Ahol azonos eredmények jöttek ki az objektumokra, ott a legvalószínűbb haladási irányt vettem alapul a számozás során. Ahhoz, hogy az objektumok és a kattintás sorrendjének kapcsolatát mérni lehessen, kiszámítottam az asszociációs együtthatókat, a Cramer és a Csuprov mutatókat. (Ezen mutatók értéke azonos, ha az oszlopok és a sorok száma megegyezik, így elegendő egy mutatóval, pl. a Cramer-mutatóval foglalkozni a továbbiakban). Mind a Cramer, mind pedig a Csuprov mutatóhoz ki kell számolni az ún. χ^2 -együtthatót (Hunyadi, Mundruczó, Vita, 1997).

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \frac{(f_{ij} - f_{ij}^*)^2}{f_{ij}^*}, \quad (11)$$

ahol r a sorok, c az oszlopok száma; f_{ij} a tényleges és f_{ij}^* a feltételezett gyakoriságok. Ekkor érvényes, hogy $0 \leq \chi^2 \leq N \min \{(r-1), (c-1)\}$, ahol N a kísérleti személyek száma. A χ^2 -mutatóból több együttható is származtatható. Ezek egyike a Cramer mutató:

$$C^2 = \frac{\chi^2}{N \min \{(r-1), (c-1)\}}, \text{ illetve } C = \sqrt{C^2} \quad (12)$$

Hasonlóan a χ^2 -mutatóból számítható a Csuprov mutató:

$$T^2 = \frac{\chi^2}{N \cdot \sqrt{(r-1)(c-1)}}, \text{ illetve } T = \sqrt{T^2} \quad (13)$$

Ha a mutató értéke nulla, akkor nincs az objektumok és a kattintások sorrendje között kapcsolat. Ekkor az 10. táblázatot kapjuk. A mutatóra 1-es értéket akkor kapunk, ha minden kísérleti személy ugyanabban a sorrendben kattintja be az objektumokat, pl. mindenki elsőként az 1-es, másodikként a kettes stb. objektumot kattintotta be. Ekkor azt mondjuk, hogy a két ismerv (objektum és a kattintás sorrendje) között függvényszerű kapcsolat van. A Cramer, illetve a Csuprov-féle asszociációs együttható a függvényszerű kapcsolatot jelző 1 értéket – igen speciális esetektől eltekintve – nem tudja elérni. Minél inkább független a kattintások sorrendje és az objektumok elhelyezkedése, annál kisebb értéke lesz az asszociációs mutatóknak. A kapcsolat erősségének értékelése függ magától a feladattól is, de elmondható, hogy 0,2-es érték felett már sztochasztikus kapcsolat mondható a vizsgált minőségi változók között. Mind a Cramer, mind pedig a Csuprov mutató átirható relatív gyakoriságokra. Ekkor N értéke az objektumok száma lesz. (A Cramer és Csuprov mutatóknál relatív gyakoriságokkal számoltam, és a fenti esetben 0,38-as értéket kaptam, ami a középestdől picit gyengébb sztochasztikus kapcsolatra utal.)

Az asszociációs kapcsolat másik lehetséges mérése az ún. PRE-mutatók képzése. Ezek közül mi a $\lambda_{Y|X}$ -mutatóval foglalkoztunk, hiszen ennek jelentése elég szemléletes. A $\lambda_{Y|X}$ mutató azt méri ugyanis, hogy X (objektumok) szerinti hovatartozás ismerete hány százalékkal csökkenti Y (kattintás sorrendje) szerinti hovatartozás becslésekor elkövetett hibát. (Ebben az esetben ez 41,48%, ami közepes sztochasztikus kapcsolatot jelent a két ismerv között.) Ha tehát a mutató értéke magas, az azt jelenti, hogy ha tudjuk, melyik objektumra kattintott a kísérleti személy, akkor nagy valószínűséggel meg tudjuk mondani, hogy hányadikként kattintott rá.

Ez a mutató az általános PRE-módszer segítségével a következőképpen képezhető:

$$E_1 = N - \max_j \sum_{i=1}^r f_{ij} \quad (14)$$

$$E_2 = N - \sum_i \max_j f_{ij} \quad (15)$$

$$PRE = \frac{E_1 - E_2}{E_1} = \frac{\sum_i \max_j f_{ij} - \max_j \sum_i f_{ij}}{N - \max_j \sum_i f_{ij}} = \lambda_{Y|X} \quad (16)$$

A mutató ugyanazt az értéket adja abszolút és relatív gyakoriságok esetén is, ha a relatív gyakoriságok esetén N értéke az objektumok száma. Bár a mutató rendkívül szemléletes, mégis vannak hiányosságai. Az egyik legnagyobb problémája, hogy a 0 értéket nemcsak a függetlenség esetén tudja felvenni, hanem akkor is, ha mind az Y szerinti feltételes eloszlások, mind pedig a feltétel nélküli eloszlások ún. modális osztálya megegyezik, de az eloszlások egyébként eltérőek. A változók kapcsolatának szorosságát egyszerre többféle asszociációs vizsgálattal mértem. Bár a mutatók képzése némileg más módszeren alapszik, mégis ugyanolyan következtetés vonható le belőlük, miszerint a legtöbb esetben nem független az objektumtól a kattintás sorrendje.

9.3.2 Szignifikáns útvonalak meghatározása

A kattintások sorrendje után megvizsgáltam, hogy milyen „útvonalat bejárva” oldották meg a kísérleti személyek a feladatot, azaz egy objektum kiválasztása után mely más objektumra kattintottak.

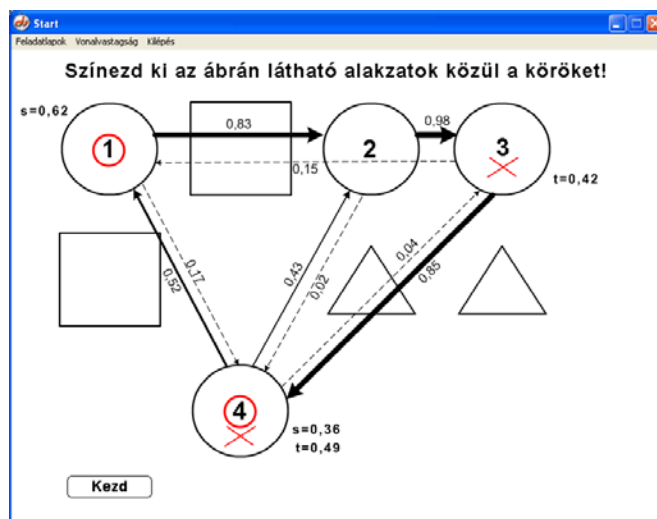
Itt a független eset az, ha a kísérleti személy egy objektum kiválasztása után azonos valószínűséggel halad tovább, vagyis egyenlő valószínűséggel kattint a többi objektumra.

**12. táblázat: relatív gyakoriságok
(független eset)**

\		Hova				Σ
		1	2	3	4	
Honnan	1	0,00	0,33	0,33	0,33	1
	2	0,33	0,00	0,33	0,33	1
	3	0,33	0,33	0,00	0,33	1
	4	0,33	0,33	0,33	0,00	1
Σ		1	1	1	1	

**13. táblázat: relatív gyakoriságok
(egy konkrét példa)**

(egy konkrét példára)							
\		Hova				Σ	E_2
		1	2	3	4		
Honnan	1	0,00	0,89	0,01	0,08	0,97	0,08
	2	0,01	0,00	0,99	0,00	1,00	0,01
	3	0,03	0,01	0,00	0,69	0,73	0,04
	4	0,20	0,10	0,00	0,00	0,30	0,10
	Σ	0,24	1,00	1,00	0,76	3,00	0,23
						$E_1 =$	2,00
$E(x) =$			0,33			$\lambda_{Y X}$	0,88



37. ábra: 8-as feladat, szignifikáns útvonalak felrajzolása

Az 12. táblázat mutatja a független esetet. Az átlókban 0-ák szerepelnek, hiszen egy adott objektum kiválasztása után egy másik objektumra kattintunk, nem pedig ugyanarra. Az ábrán vastagabb vonal jelöli azokat az útvonalakat, ahol nagyobb gyakorisággal kattintottak egy objektum után egy másikra. Mindenhol jelöltem a relatív gyakoriságokat. Ahol az utak értéke kisebb (vagy egyenlő), mint a független esetben (12. táblázat), ott a nyilakat szaggatott vonallal jelöltem. Ebben az esetben is asszociációs vizsgálat segítségével határoztam meg, hogy az útvonalak kiválasztása véletlenszerű-e vagy sem. (Jelen esetben $C=T=0,62$, ami közepesnél erősebb kapcsolatot jelent az objektumok között, $\lambda_{Y|X}=74,44\%$ pedig erős kapcsolatot mutat az objektumok között, tehát az útvonalak nem véletlenszerűek.) Az eredményeket ismertető fejezetben részletesen leírtam, hogy a különböző típusú és nehézségű feladatoknál milyen eredményeket kaptam, valamint azt is, hogy a szignifikáns útvonalak között van-e eltérés a különböző csoportok (értelmileg sérült illetve ép értelműek) eredményeiben.

9.3.3 Nominális skálától az arányskáláig

Az előző fejezetben említett kontingencia-analízis használatának minimális feltétele, hogy mind a magyarázó változó, mind pedig a magyarázott változó legalább nominális skálán legyen mérve. Azonban magasabb szintű statisztikák, pl. korreláció és regresszió analízis megköveteli, hogy a magyarázó változók intervallum- vagy arányskálán legyenek mérhetők. Az általam bemutatott feladatokban nominális skálán mérhető az objektumok elhelyezkedése. Sorrendi skálán mérhető viszont a kattintási sorrend/ kattintási szekvencia. Ez nem azt jelenti, hogy a fent említett kontingencia-analízist nem lehetne arra használni, hogy meghatározzuk a legvalószínűbb sorrendet. Csupán azt, hogy pl. rangkorrelációk segítségével azt is meg tudjuk

mondani, hogy ettől a legvalószínűbb sorrendtől mennyiben tértek el az egyes kísérleti személyek kattintási sorrendjei.

Rangkorrelációs együttható meghatározására a két legelterjedtebb formula a Spearman- és a Kendall-féle rangkorreláció. Ezek közül a Spearman-féle rangkorreláció kiszámítása egyszerűbb.

$$\rho_S = 1 - \frac{6 \sum (R_X - R_Y)^2}{N(N-1)} \quad (17)$$

Itt az R_X , R_Y az egyes szekvenciákban lévő elemek sorszámaikat jelölik. A módszer a lineáris korrelációs együttható speciális esetének tekinthető. A kapcsolat szorosságának mérésére a két változó rangszámainak különbségét használja fel. Mivel esetemben a rangszámok azt jelentik, hogy hányadikként találta meg az objektumot, N megtalálható objektum esetén a fenti képlet a következőképpen írható fel:

$$\rho_S = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^N (R_X - R_Y)^2}{N^2 - N} \quad (18)$$

Az együttható értékei a -1 és 1 intervallumba esnek: minél közelebb vannak ezek az értékek a -1 -hez vagy $+1$ -hez, annál szorosabb a kapcsolat a két változó között. A negatív érték esetén a kapcsolatot úgyis értelmezhetjük, hogy a két ismerv szerinti rangsor fordított sorrendben van.

A Pearson-féle korrelációs együtthatóhoz hasonlóan ρ_S -re is ellenőrizhető az a hipotézis (H_0), hogy a populációbeli korrelációs együttható 0 , az alábbi t -statisztikával:

$$t = \rho_S \sqrt{\frac{N-2}{1-\rho_S^2}} \quad (19)$$

amely $N-2$ szabadságfokú t -eloszlást követ. Ha az így kiszámított t a táblázatbeli kritikus értéknél kisebb, akkor az ρ_S értékét a két változó kapcsolatának a jellemzésére használhatjuk. Ellenkező esetben nincs kapcsolat a két változó között.

A Kendall-féle rangkorreláció a két változó kapcsolatát mérő Spearman-féle korrelációs együttható alternatívája. A számításhoz az egyes változók rangszámainak természetes sorrendjét vizsgáljuk, pl. R_X : 1, 2, 3, 4, 5; R_Y : 1, 5, 3, 2, 4.

Az R_X rangjai természetes sorrendben szerepelnek, míg az R_Y rangjai nem. Az R_Y változóban a rangok eltéréseinek a súlyát, az S értéket úgy határozzuk meg, hogy minden különböző R_Y rangpárhoz vagy a $(+1)$, vagy a (-1) súlyt rendeljük annak megfelelően, hogy a párok adatai természetes sorrendben vannak-e vagy sem. Pl. az R_Y változó esetén az $(1, 5)$ pár

(+1), az (5, 3) pár (−1) súlyt kap. Ennek megfelelően a súlyok: +1, +1, +1, +1, −1, −1, −1, −1, +1, +1⁴³

S a súlyok összege, így az $S = 2$. A súlyoknak megfelelően $S_{max} = \frac{1}{2}N(N+1) = 1$, ha minden pár súlya +1 és $S_{min} = -\frac{1}{2}N(N+1) = -1$, ha minden pár súlya -1. Az értéket a következő formula határozza meg.

$$\rho_K = \frac{S}{N(N-1)/2} \quad (20)$$

Az értéke a $[-1, +1]$ intervallumban helyezkedik el: +1 érték jelenti, hogy a rangpárok sorrendje azonos, és −1 jelenti a fordított sorrendet. A szignifikancia értékét a

$$Z = \frac{|S|-1}{\sqrt{\frac{N(N-1)(2N+5)}{18}}} \quad (21)$$

formula alapján határozzuk meg, amely standard normális eloszlást követ: 5%–os szignifikancia szinten −1,96 z +1,96 reláció esetén a H_0 hipotézist megtartjuk, ellenkező esetben elvetjük. A H_0 hipotézis az, hogy a változók között nincs kapcsolat.

A Spearman ρ_S és a Kendall-féle korrelációs együtthatók, noha azonos feladatot látnak el, mégis különböznek. Ha ugyanazon az adathalmazon számítjuk ki őket, az ρ_S értéke nagyobb lesz mint a ρ_K értéke. A számítása bonyolultabb, különösen kapcsolt rangok esetén⁴⁴, ezért az ilyen problémák megoldását számítógéppel végeztem.

Ha kettőnél több kísérleti személy kattintási sorrendjeit vizsgáljuk, akkor a Kendall-féle konkordancia-mutató segít megválaszolni azt a kérdést, hogy milyen az összhang a kísérleti személyek kattintási sorrendjei között.

Tegyük fel, hogy m számú kísérleti személy kattintási sorrendjeit vizsgáljuk, ahol N darab megtalálandó objektumot kell megkeresnünk. Az objektumok végső rangsorát kialakíthatjuk úgy, hogy összeadjuk az m kísérleti személy adott egységre vonatkozó rangszámát, vagyis azt, hogy hányadikként kattintott az adott objektumra, és ezen összegek alapján rangsoroljuk az objektumokat. Ha teljesen azonos a kattintási szekvencia, úgy az első objektumhoz $1m$, a másodikhoz $2m$, ...az N -edikhez Nm rangösszeg fog tartozni. Ha nem teljes az összhang, ugyanazt az objektumot az egyik kísérleti személy hamarabb, a másik később találja meg.

⁴³ Vegyük észre, hogy a disszertációmban bemutatott hasonlósági mértékhez hasonlóan súlyozunk. Azzal a különbséggel, hogy ott csak az azonos és az ellentétes elemi szekvenciákat vettük figyelembe.

⁴⁴ Igaz, hogy ilyen eset nem fordulhat elő, hiszen egy n elemű szekvenciában nem szerepelhet kétszer ugyanazon elem.

Ennek eredményeként az adott objektumhoz az egyik esetben kisebb, másik esetben nagyobb sorszámot rendelünk, így az összegek egymás között kiegyenlítettebbek lesznek.⁴⁵ Az objektumok közötti végső megtalálási sorrend is kialakítható a rangszámösszegek segítségével, de ez akkor lesz megbízható, ha nagy az összhang az egyes sorrendek között (azaz m -hez közeli a rangösszegek különbsége).

Az egyes rangszámösszegek (C_j) átlagától (\bar{C}) vett eltérés négyzetösszege teljes összhang esetén lesz a legnagyobb: $C_{max} = \frac{m^2(N^3-N)}{12}$. Egymással ellentétes sorszámozás, vagy sokféle sorszámozás esetén előfordulhat a sorösszegek kiegyenlítődése, így az átlagtól való eltérés 0 is lehet. Kendall-féle konkordanciamutató:

$$W = \frac{c}{C_{max}} = \frac{12 \sum_{j=1}^N (C_j - \bar{C})^2}{m^2(N^3 - N)} \quad (22)$$

$$0 \leq W \leq 1$$

Bár ezzel a módszerrel az összes kísérleti személy szekvenciáit össze lehetne hasonlítani, azonban a disszertáció vizsgálati részében megindokoltam, hogy miért nem ezt a módszert alkalmaztam a szekvenciák közötti „összhang” értékelésére. Itt a mellékletben csak azt emelném ki még egyszer, hogy az egyes szekvenciák rangkorrelációs vizsgálata olyan esetekben, melyben hasonló a bejárési útvonal, de különböző kezdési pont szerepelt, olykor negatív értéket kaphattunk. (pl. $R_X: 1-2-3-4$; $R_Y: 4-1-2-3$ esetén nem kapunk pozitív értéket, annak ellenére, hogy az 1-2-3 szekvencia mindkét szekvenciában szerepel). Éppen ezért vezettem be a szekvenciák hasonlóságát és egyezőségét mérő értékeket, illetve az ezekből képezhető indexeket.

Mivel ezek új eredmények, illetve új mutatószámok, a disszertáció vizsgálati részében található a mutatók részletes levezetése⁴⁶. Itt csak a mutatók szignifikancia értékeit mutatom be.

Mind a hasonlósági index, mind az egyezőségi index szignifikanciája a Kendall-féle rangkorrelációs mutató szignifikancia értékéhez hasonlóan állapítható meg. Itt azonban nem a természetes sorrendhez hasonlítunk, illetve súlyozunk, hanem a két vizsgált szekvenciát

⁴⁵Több vélemény együttes figyelembevételkor, ha nincs összhang a sorrendek között az a rangösszegek kis különbségeit, ha nagy az összhang az a rangösszegek nagy különbségeit eredményezi az egységek között. Ezt felhasználva a sorrendi skálát intervallumskálává transzformálja. Ez az alapgondolata a Thurstone-féle skálatranszformációnak is.

⁴⁶ 4.1 és 4.2 fejezetek.

hasonlítjuk össze. Ezek alapján a súlyok maximuma hasonlósági mutató értéke esetén 1, minimuma -1. $S = s(o, p)$, esetén, ahol o, p kattintási szekvenciák.

$$z = \frac{|S|-1}{\sqrt{\frac{N(N-1)(2N+5)}{18}}} \quad (23)$$

formula alapján határozzuk meg, amely standard normális eloszlást követ: 5%-os szignifikancia szinten $-1,96$ z $+1,96$ reláció esetén a H_0 hipotézist megtartjuk, ellenkező esetben elvetjük. A H_0 hipotézis az, hogy a változók között nincs kapcsolat.

Egyezőségi mérték esetén is hasonló képletet határozhatunk meg, felhasználva, hogy a mutató értéke 0 és 1 között van.

Hasonlósági mutatókból és egyezőségi mértékekéből a Kendall-féle konkordancia mutatóhoz hasonlóan hasonlósági és egyezőségi indexeket készítettem. Azonban nem teljesen azt az utat jártam be, mint Kendall az egyetértési mutatója megalkotásakor. Hiszen nem tekintettem szoros kapcsolatnak, tehát hasonlóknak, illetve egyezőnek az ellentétes szekvenciákat. Ebből kifolyólag a négyzetes (euklideszi) eltérés helyett az egyszerű eltéréseket vizsgáltam. Az egyezőségi indexnél felhasználtam, hogy az egyezőségi mértékek 0 és 1 között vehetnek fel értéket. Bemutattam, hogy az így kapott egyezőségi mérték nem más, mint a szekvenciák különbségei alapján meghatározott GINI-index 1-ből kivont értéke. Amivel a Kendall-féle konkordancia mutatóján túlmutatva a szekvenciák koncentrációjára is következtetéseket tudtam levonni. Mivel ennek részletes levezetését új eredményként tartalmazza a disszertációm vizsgálati része, itt a GINI-index alapján levonható következtetéseket mutatom be.

A GINI-index nagysága utal a koncentrációra. Ha a GINI-index 0, vagyis az egyezőségi index 1, akkor ez azt jelenti, hogy minden szekvencia azonos volt, vagyis minden objektumot azonos sorrendben találták meg. Ha a GINI-index 1, vagyis az egyezőségi index 0, akkor ez azt jelenti, hogy nincs egyetlen elemi szekvencia sem, mely megegyezne a kísérleti személyek között. Ha az azonos elemi szekvenciák nagyobb mértékben előfordulnak, vagyis az elemi szekvenciák koncentrációja megnő, akkor a szekvenciák közötti különbségek koncentrációja lecsökken. Itt azonban érdemes megjegyezni, hogy az elemi szekvenciákból koncentráció a bejárt élekre, ezáltal a bejárt útvonalra is utal, szemben a Kendall-féle konkordancia mutatóval, ahol csak sorrendeket vizsgáltunk, és nem elemi szekvenciákat (vagyis éleket a navigációs gráfban).

Bár a Kendall-féle konkordancia mutató helyett én az egyezőségi és a hasonlósági indexekkel jellemeztem a kísérleti személyek kattintási sorrendjeit, illetve bejárt útvonalait (illetve a hasonló szekvenciákat), a Kendall-féle konkordancia mutató kihasznál egy olyan információt, melyet eddig még egyetlen mutató során sem használtam ki igazán. Mégpedig, hogy több kísérleti személy is elvégzi ezt a kísérletet, mely alapján nem csak kattintási sorrend, hanem megfelelő számú kísérleti személy esetén egy megfelelő skála-transzformációval egy preferencia sorrend is kialakítható. Gyakorlatilag tehát egy nominális, illetve sorrendi skálát intervallum-, vagy arányskálává transzformálhatunk. Mi több, a transzformáció jóságát is értékelhetjük illeszkedésvizsgálattal. Többféle skála-transzformációs eljárás közül a matematikailag leginkább megalapozott Thurstone skálázási módszert alkalmaztam.

A skálázási módszer alkalmazásakor abból indultam ki, hogy amikor egy adott objektumra rákattintunk, akkor tulajdonképpen a többi objektummal szemben „preferáltuk” ezt az objektumot. A kattintási sorrendet egy megtalálási preferencia-sorrendként értelmezhetjük, mely során az adott objektumok közül azt preferálta⁴⁷ a kísérleti személy, melyeket hamarabb megtalálta.

A Thurstone skála-transzformáció során fel kellett állítani egy $N \times N$ ⁴⁸-es úgynevezett preferencia-mátrixot. A preferencia-mátrix (i, j) -edik eleme azt mutatta, hogy az esetek hány százalékában fordult elő, hogy az i -edik objektumra előbb kattintottunk, mint a j -edikekre⁴⁹. A következő lépés a standardizálás, majd ebből a skálaértékek meghatározása. A skálaértékek visszatranszformálásával meghatározható az úgynevezett illeszkedési mutató, melyet a következőképpen értékelhetünk: 0%: tökéletes, 0-5%: kiváló, 5-10%: jó, 10-20%: elfogadható, 20%--: nincs illeszkedés.

Egy példán szemléltetem a módszer lépéseit.⁵⁰ 0. lépésként tekintsük az objektumok és a kattintási sorrendek relatív gyakorisági tábláját.

⁴⁷ Fontos megjegyezni, hogy itt a preferenciát nem szubjektív értelemben értem. Tehát nem azt jelenti, hogy az adott megtalálendő objektum az illetőnek jobban „tetszett”, vagy sem. Hanem azt, hogy valamilyen objektív ok miatt, melyeket a disszertációmban részletesen vizsgállok (pl. elhelyezkedés, szín, kiemelés stb.) ezt választotta ki a kísérleti személy a többivel szemben.

⁴⁸ N az objektumok száma.

⁴⁹ Vagyis i -t hányszor preferáltam j -vel szemben.

⁵⁰ Példaként a 8. feladat, egyetemisták által megoldott feladatlapját elemezem, ahol keresendő objektum a négyzet volt.

14. táblázat: gyakoriságokat, relatív gyakoriságokat tartalmazó táblázat (N=4, m=148)

Gyakoriságok	\		Objektum sorszáma			
			1	2	3	4
	Kattintás		1	2	3	4
	1	42	0	100	6	
	2	98	27	21	2	
	3	5	111	18	14	
	4	3	10	9	126	

Relatív gyakoriságok	\		Objektum sorszáma			
			1	2	3	4
	Kattintás		1	2	3	4
	1	0,28	0	0,68	0,04	
	2	0,66	0,18	0,14	0,01	
	3	0,03	0,75	0,12	0,09	
	4	0,02	0,07	0,06	0,85	

Ha ránézünk ezekre a táblázatokra, akkor azt várnánk, hogy az 1-es és a 3-as objektum a leginkább preferált, hiszen a 3-as objektumot találták meg elsőként a legtöbbször (az esetek 68%-ában), az 1-es objektumot pedig az esetek 28%-ában elsőként, 66%-ában másodikként. A 3-as objektumot másodikként az esetek 14%-ában választották, harmadikként az esetek 12%-ában. Az is kitűnik, hogy a 4-es objektumot találták meg utoljára, így az lesz a legkevésbé preferált. De vajon 1-es és 3-as objektum közül melyik preferáltabb? Hiszen 3-as objektumot legtöbbször elsőként találtuk meg. Viszont másodikként és harmadikként is sokszor szerepel. Míg az 1-es objektumot másodikként találtuk meg legtöbbször, de elsőként is sokszor szerepel. Viszont harmadikként és negyedikként összesen az esetek 5%-ában.

Ahhoz tehát, hogy preferencia-skálát mondhassak, először meg kell határozni a preferencia-mátrixot. A fenti táblázatokból ez a következőképpen származtatható:

15. táblázat: preferencia-táblázat (Az elemeket későbbiekben p_{ij} -vel jelölöm)

		Objektum			
		1	2	3	4
Objektum	1	0	0,04	0,70	0,05
	2	0,96	0	0,82	0,09
	3	0,30	0,18	0	0,09
	4	0,95	0,91	0,91	0

(1,3) elem például azt jelenti itt, hogy az esetek 70%-ában 3-as objektumra előbb kattintottak a kísérleti személyek, mint az egyesre. (3,1) ennek megfelelően 30%. Vagyis ez azt jelenti, hogy az esetek 30%-ában 1-es objektumra hamarabb kattintottunk. Ezek alapján a standardizált z-értékek a következők:

16. táblázat: standardizált z-értékek

		Objektum				Átlag
		1	2	3	4	
Objektum	1	0	-1,75	0,52	-1,60	-0,71
	2	1,75	0	0,93	-1,34	0,33
	3	-0,52	-0,93	0	-1,35	-0,70
	4	1,60	1,34	1,35	0	1,07
Á		0,71	-0,33	0,70	-1,07	0

Az átlagértékek lesznek a skálaértékek: 1:0,71; 2:-0,33; 3:0,7; 4:-1,07.

A skálaértékeket két lépésben megkaptuk. Most azt vizsgálom, hogy vajon a skálaértékekből vissza tudom-e állítani az eredeti preferenciákat. Ehhez a skálán mért különbségeket a következő táblázat mutatja:

17. táblázat: skálán mért távolságok⁵¹

		Objektum			
		1	2	3	4
Objektum	1	0	-1,04	-0,01	-1,78
	2	1,04	0	1,03	-0,74
	3	0,01	-1,03	0	-1,77
	4	1,78	0,74	1,77	0

A skála alapján visszakeresett (becsült) valószínűségek, vagy más néven becsült preferencia-mátrix a következő:

18. táblázat: becsült valószínűségek (Az elemeket későbbiekben $\hat{p}_{i,j}$ -vel jelölöm)

		Objektum			
		1	2	3	4
Objektum	1	0,00	0,15	0,50	0,04
	2	0,85	0,00	0,85	0,23
	3	0,50	0,15	0,00	0,04
	4	0,96	0,77	0,96	0,00

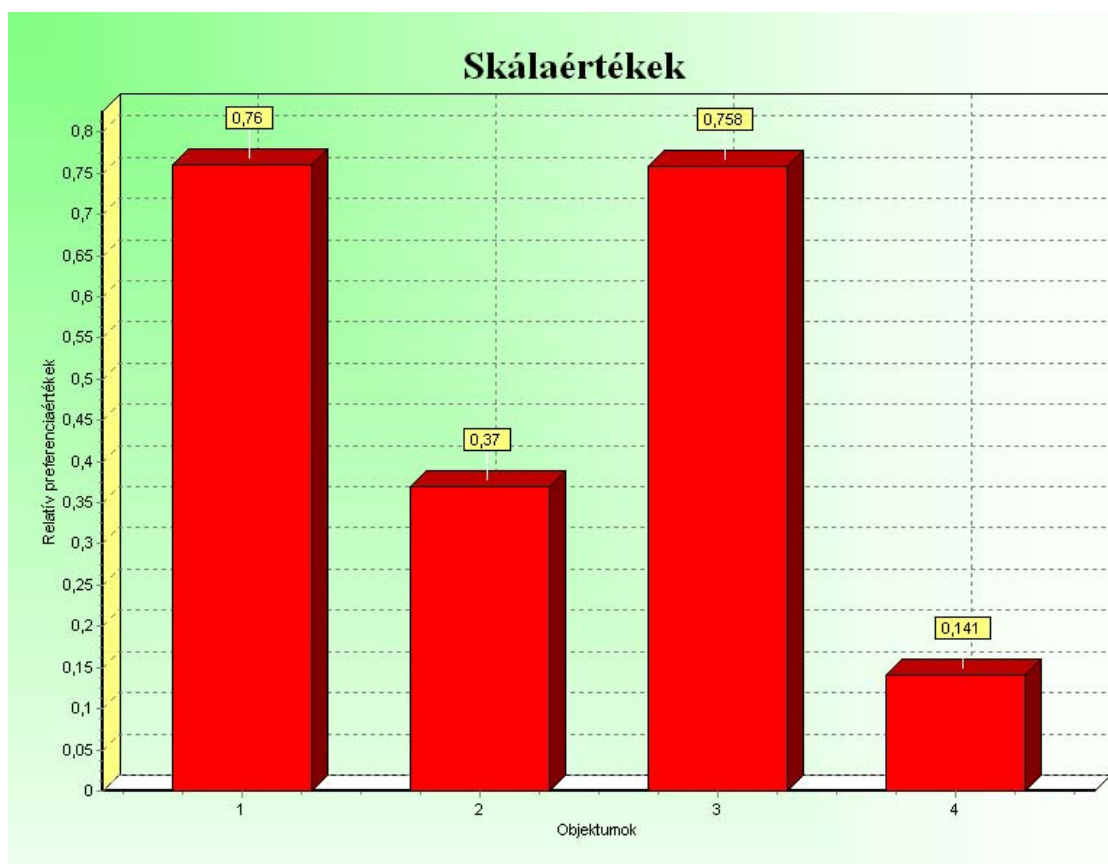
Az illeszkedés jóságát a kontingencia-analízisben már jól ismert χ^2 -mutató segítségével mérjük. Az illeszkedés jósága a következőképpen definiálható:

⁵¹ (i,j) elem számítása $m_{i.}+m_{.j}$, vagyis a sorátlagok és az oszlopátlagok összegei.

$$stress = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N (p_{i,j} - \hat{p}_{i,j})^2}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N p_{i,j}^2}} \quad (24)$$

Az esetünkben kapott 0,18-as érték elfogadhatónak tartható.

A skálaértékek standardizálásával a mínusz végtelentől plusz végtelenig tartó intervallum [0,1] intervallumra transzformálható. Ezek alapján a transzformált skálaértékek a következők lesznek.



38. ábra: relatív skálaértékek

Bár a kattintási sorrendek alapján a 3-1-2-4 szekvenciát állíthattuk volna fel, legvalószínűbbként a preferáltság szempontjából 1-3-2-4 lenne a sorrend (1-es és 3-as objektum preferáltsága majdnem megegyezik). Ennek oka, hogy 1-es objektumként jelentős mértékben választották ki a felhasználók elsőként is.

9.3.4 Magasabb szintű statisztikai módszerek alkalmazása, avagy a regresszió-analízistől a klaszterelemzésekig

Regresszió-analízis alkalmazhatóságának feltételei közé tartozik, hogy mind a magyarázó változó, mind pedig a magyarázott változó legalább intervallumskálán legyen mérhető. A

kutatásaimban azonban gyakran abba a problémába ütköztem, hogy a magyarázó változók közül néhány csak nominális skálán volt mérhető. Dummy-változókként kódolva ezeket a magyarázó változókat alkalmazható ugyan a regresszió-analízis, azonban figyelni kell, hogy több lehetséges kategória esetén érdemes más módszerrel (pl. variancia-analízissel) tesztelni a magyarázó és a magyarázott változók közötti kapcsolatot.

Többváltozós regresszió-analízis esetén az alábbi modellegyenletekkel dolgoztam, mely első paraméterként a konstans is magában foglalta. (A modellhez tartozó konstansokat megkapjuk, ha x_{11}, \dots, x_{1n} helyén 1-es szerepel.) (Sajtos, Mitev, 2007)

$$\begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{21} & \cdots & x_{k1} \\ x_{12} & x_{22} & \cdots & x_{k2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{1n} & x_{2n} & \cdots & x_{kn} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_k \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ u_n \end{pmatrix} \quad (25)$$

Egy számítógépes programban y_1, \dots, y_n értékeit általában külön-külön kell meghatározni.

A többváltozós regresszió-analízis alkalmazhatóságának az alábbi feltételei vannak:

1. $E(u_i) = 0$ ⁵²
2. $var(u_i) = \sigma^2$ ⁵³
3. u_i és u_j függetlenek $\forall i, j$ -re ⁵⁴
4. x_{ij} determinisztikusak ⁵⁵
5. $u_i \sim N(0, \sigma^2)$ ⁵⁶
6. $x_{fg} - x_{ij}$ között nincs (lineáris) összefüggés $\forall f, g, i, j; i, j \neq f, g$ -re. ⁵⁷

Keresztmetszeti vizsgálatoknál ⁵⁸ elsősorban a 2. feltétel teljesülése lehet kérdéses. A heteroszkedaszticitás jelenségének vizsgálatára több teszt is létezik, melyeket elvégezve azt kaptam, hogy ez a jelenség egyetlen vizsgált modellben sem lép fel. Az 1. feltétel a modellekben alkalmazott konstansok használata miatt valamennyi esetben teljesült. A 3.

⁵² Vagyis nem vétünk szisztematikus hibát. Ez általában a regressziós modellek során teljesül. Ha mégsem, (pl. konstans nem szerepel az egyenletben,) akkor a szisztematikus hibát egy egyszerűen hozzá kell adni az egyenlethez.

⁵³ Vagyis a hibatag varianciája állandó. Másképpen fogalmazva nincs heteroszkedaszticitás. Ez a jelenség általában keresztmetszeti vizsgálatoknál fordul elő. Vagyis pl. különböző célcsoportok esetén a becslés hibájának varianciája is eltérhet.

⁵⁴ A hibatagok között nincs autokorreláció. Általában ez a probléma idősoros vizsgálatoknál fordul elő, ha a korábbi vizsgálatok eredményei befolyásolják a későbbi vizsgálatok eredményeit is.

⁵⁵ Vagyis nem valószínűségi változók. Műszeres méréseknél alkalmazott regresszió-számítás esetén lehet probléma.

⁵⁶ A hibatagok normalitása. A normalitás nemteljesülése a modellek szignifikanciáját vizsgáló F-próba esetén lehet probléma. Az F-próba ugyanis érzékeny a normalitás nemteljesülésére. A modellparaméterek szignifikanciáját vizsgáló t-próba sokkal robusztusabb, sokkal kevésbé érzékeny a normalitás nemteljesülésére

⁵⁷ Vagyis nincs multikollinearitás.

⁵⁸ Vagyis a vizsgálat nem időben többször, hanem egyidőben, de több célcsoportot vizsgálva.

feltétel nemteljesülése keresztmetszeti vizsgálatoknál nem valószínű. A feltétel teljesülését autoregresszív modellek alkalmazásával, valamint Durbin-Watson tesztekkel lehet végezni. A Durbin-Watson tesztet az általam használt SPSS szoftver is tartalmazza. A modellek vizsgálata során autokorreláció jelenségével nem találkoztam. 4. feltétel nemteljesülése csak aggregálás esetén fordulna elő. Itt azonban megfelelő mutatókkal, pl. első momentumok (átlagérték) használatával – ha a második momentum (szórás) kicsi – csökkenteni lehet a feltétel nemteljesülésének hatását. (Itt a fő probléma a becslés bizonytalanságának megnövekedése.) 5. feltétel teljesülését szintén minden esetben vizsgáltam az általam használt SPSS statisztikai szoftver segítségével. 6. feltétel teljesülésére fokozottan odafigyeltem. Ha pl. a magyarázó változók egymás függvényei, akkor a modellegyenlet paramétereit megváltoztathatja az itt fellépő ún. multikollinearitás⁵⁹ (Field, 2005).

Azonban ezt a multikollinearitást nem mindig lehet elkerülni. Ekkor segítséget nyújthat számunkra az útelelemzés. Az útelelemzés lényege, hogy többszörös regresszió-analízis segítségével megvizsgáljuk, hogy milyen közvetlen és közvetett hatások lehetségesek. Kiszámítjuk a lehetséges kapcsolatokat. Felírjuk a regressziós egyenleteket, majd a közvetett hatások kiértékelése érdekében behelyettesítjük az összefüggéseket az egyenletekbe. A módszer segítségével megkapjuk (ok-okozati összefüggés esetén) a hatások erősségét és irányát is (Barna, Székelyi, 2002).

A regresszió-analízis egyik nagy hiányossága, hogy csak lineáris kapcsolatot mér a magyarázó és a magyarázott változók között. Ha más (nem lineáris) összefüggések állnak fent a magyarázó és a magyarázott változók között, akkor először a modell paramétereit transzformálnunk kell. Elképzelhető, hogy sztochasztikus kapcsolat áll fent a magyarázó és a magyarázott változók között (pl. $y \equiv \sin(x)$ esetén), mégis a regresszió-analízis eredménye az lesz, hogy nincs szignifikáns kapcsolat a két változó között. (Nominális változók esetén, ha több kategória is szerepelhet, akkor gyakran előfordulhat, hogy a regresszió-analízis eredményeként nincs szignifikáns kapcsolat a magyarázó és a magyarázott változók között, mégis más módszerek pl. a variancia analízis szignifikáns különbséget jelez.) Ebben az esetben további vizsgálatokra van szükség a tényleges kapcsolatok felderítésére. Ilyenkor lehet nagy segítségünkre a variancia-analízis⁶⁰, vagy a hierarchikus klaszterezés.

⁵⁹ Multikollinearitások közül a multikollinearitás erőssége szerint megkülönböztetünk teljes és sztochasztikus multikollinearitást.

⁶⁰ Az elnevezés nem szerencsés. Valójában additív faktorokat vizsgálunk, a varianciák elemzésének eszközt felhasználva, tehát az analízisnek nem *célja*, hanem *eszköze* a varianciák elemzése.

A variancia-analízis⁶¹ a regresszió-analízishez hasonló feltételeket fogalmaz meg. Itt azonban nem követelmény, hogy a magyarázó változók intervallum, vagy arányskálán legyenek mérve. Előnye, hogy nem csak lineáris kapcsolatok vizsgálatára használható. Az előnye azonban hátránya is: hiszen, ha kimutatjuk a szignifikáns kapcsolatot a magyarázó és a magyarázott változó között, ettől még nem kapunk becslést arra, hogy mely függvénnyel lehet ezt a kapcsolatot a legjobban jellemezni. Ugyanígy hiányossága a módszernek, hogy nem mondja meg a kapcsolat irányát. Nem tudjuk, hogy a magyarázó változó értékei közül melyik csoportosítási érték szerint lettek az eltérések szignifikánsak (Ketskeméty, Izsó, 2005).

A módszer lépései a következők: Az első lépésben arra vagyunk kíváncsiak: van-e különbség a csoportok között, vagy pedig azok mind egy populációból származó minták? Más szóval: elvetjük-e a H_0 -t, vagy a H_0 -t érvényesnek tekintjük, mert nem vethetjük el.

A mintaelemek szórásának vizsgálata során először a négyzetes eltéréseket, majd az összegzett négyzetes eltéréseket vizsgáljuk. Az „átlagos” négyzetes eltérés a variancia, ennek négyzetgyöke a szórás (standard deviáció).

A mintaelemekből számított teljes négyzetes összeg olyan $N-1$ összeadandó értékből áll, amelynek egyes tagjai a szóródást létrehozó különféle tényezőkről, "okokról" tájékoztatnak. A négyzetes összeg particionálható, felbontható (additív) komponensekre. (Az átlagolt négyzetes összegek (variancia=szórásnégyzet) nem additívak, hanem súlyozottan átlagoltaknak minősíthetők.)

Osztályozó (csoportosító) változónak⁶² nevezzük azt a változót (független vagy magyarázó változót), mely tartalmazza a kísérletező által meghatározott beavatkozások jellemzőit (Kovács, 2005).

Függő, vagy magyarázott változó(k) tartalmazza (tartalmazzák) a mért vagy megfigyelt adatokat; minta értékeit.

⁶¹ Az ANOVA (Analysis of Variance) alkotója R.A. Fisher (egy angliai mezőgazdasági kísérleti állomáson). Zseniális felismerése: Több csoporton együtt végzett kísérletben a null hipotézis, H_0 úgy is vizsgálható, hogy kiszámítjuk (egymástól függetlenül) két módszerrel a populáció varianciájának becslését. Egyik módszerrel a csoportokon belüli szóródásból, a másik módszerrel a csoportok közötti szóródásból. H_0 érvényessége esetén a kettő ugyanannak a mennyiségnek két becslése. Ha ez nem teljesül, akkor arra következtetünk, hogy a H_0 elvetendő: azaz a csoportok között van különbség. A különbség lehet az átlagokban, vagy a szórásban.

⁶² Esetünkben magyarázó változó pl. a célcsoportok, elrendezések stb.

Az egyszempontú variancia-analízisnél általában igaz, hogy az egyes minták, csoportok elemszáma lehet változó⁶³, a hiányzó adatok nem zavarják az elemzésben, az egyenlőtlen elemszámokra is van könnyen számolható képlet. Azonban a variancia-analízis után alkalmazott többszörös páros összehasonlítások⁶⁴ közül azok, amelyeknél az egyes csoportok szórása és elemszáma nem kerül felhasználásra, kiértékelésre, azok hiányos adatok, nem szimmetrikus elrendezés esetében hibás következtetésekre vezethetnek.

A variancia-analízis alkalmazásának feltételei

1. Normalitás
2. Véletlen mintavétel
3. a hiba varianciák függetlensége (nincs autokorreláció)
4. a varianciák homogenitása (homoscedaszticitás) (nincs heteroszkedaszticitás)

Ezek a feltételek a H_0 érvényessége esetében (triviálisan) teljesülnek.

Az egyszempontú variancia-analízis nullhipotézise

n csoport esetén, ha m -el az átlagokat jelöljük, akkor H_0 szerint: $m_1, m_2, m_3, \dots, m_n$ átlagok mind egy populáció várható értékének becslései. Vagyis szignifikánsan nem különböznek egymástól.

Az alternatív hipotézis. H_1 $m_1, m_2, m_3, \dots, m_n$ átlagok nem mind egy populáció várható értékének becslései. Másképpen fogalmazva, az átlagok közül legalább 1 nem a többi minta populációjából származik. Azaz a minták legalább két (de lehet, hogy több) populációból származnak.⁶⁵

Az adatok összes adat szóródását mérő variancia (szórásnégyzet) különböző elemeket tartalmaz. Más szóval az összes szóródás specifikus jelentést hordozó összetevőkre bontható. Ha a null hipotézis teljesül, akkor minden független komponens ugyanazon populáció szórásának a független becslése.

Itt a variancia kiszámításánál használt négyzetes összeg felbonthatóságának tételét alkalmazzuk. Kiszámítjuk az úgynevezett belső és külső szórásokat. Későbbiekben ezek hányadosát vizsgáljuk.

⁶³ Emiatt az előnyös tulajdonsága miatt az egyes célcsoportok eltérő minta-elemszámai ellenére az adatok összehasonlíthatók.

⁶⁴ Mely módszereket az eltérés irányának meghatározására használhatunk.

⁶⁵ Tehát van legalább egy olyan átlag, amely szignifikánsan különbözik a többitől.

A két szórásbecslés hányadosa, mint statisztika az F eloszlást követi (a számlálóban és a nevezőben lévő szórásbecslések szabadságfokaival jellemzett F eloszlást).

Ha az F statisztika értéke nagyobb vagy egyenlő az eloszlásból számított küszöbértéknél, akkor a nullhipotézist elvetjük. Miután már korábban teszteltük, hogy a szórásokra fennáll a homogenitás, azaz a szórások egy közös populáció szórásának becsléseiként foghatók fel, ezért az F próba szignifikanciájából következik, hogy az átlagok nem egyetlen populáció várható értékének becslései, azaz legalább egy átlag egy másik populációból származik, azaz eltér a többitől.

Ha a variancia-analízis szignifikáns F értéket ad, akkor a további lépésekben a következő technikákat használhatjuk:

1. Particionálás (Hatékonyabb, kevés összehasonlítás). Kontrasztokra dekomponálás.
2. Előre meghatározott csoportokra tervezett többszörös összehasonlítások tesztjei
3. Minden lehetséges (páros) összehasonlításra vonatkozó többszörös összehasonlítások tesztjei (páros összehasonlítások, vagy 3 és afölötti csoportból képezett kontraszt szignifikanciájának vizsgálata)⁶⁶

Különbséget kell tennünk az "a priori", és az "a posteriori", vagy "post hoc" többszörös összehasonlítások között. Hatásfokuk, a próba ereje mind különböző, és itt különösen hasznos a gondos kísérlettervezés.

H_0 elvetése utáni analízis

Ekkor elővehetjük előzetes kérdéseinket, tovább elemezhetjük adatainkat, vizsgálhatjuk előzetesen megfogalmazott statisztikai hipotéziseinket. Van arra is módszer, hogy a kísérlet adatainak utólagos tanulmányozása során felmerült kérdéseinket is statisztikai hipotézisvizsgálat tárgyává tegyük.

Előzetes kérdések (a priori) esete

1. Használhatjuk a Bonferroni, vagy a Holm féle eljárásokat a k előre elhatározott összehasonlításra. Kis számú összehasonlításra jó hatásfokúak, nagyobb szám esetében a többi alkalmazható eljáráshoz viszonyítva gyengébb hatásfokúak.
2. Ha h darab csoportunk van, és volt max. $h-1$ feltételezésünk (csak egymástól függetlenek), akkor tervezett kontrasztokat vizsgálhatunk. Ez igen jó hatásfokú analízis, jobb, mint a többszörös összehasonlítások elvégzése. De nem lehet az összes lehetséges páros összehasonlítást előre eltervezni, csak egymástól függetlenek lehetnek, korlátozott számban. Pl. három csoport esetében 3 a lehetséges páros

⁶⁶ Ezeket a módszereket a statisztikai szoftverek többsége, így az általam használt SPSS szoftver is ki tudja számítani.

összehasonlítások száma, kettő tervezhető előre. Nagyobb csoportszámoknál az eltérés rohamosan nő.

3. Használhatjuk a Dunn kontrasztokat (páros, vagy többes kontrasztokra)
4. Speciális eset: egy kontrollhoz több kezelés. Erre szolgálnak a Dunnett-féle próba tesztek és a
5. Williams-féle próba (egyoldalú teszt, azaz csak egyirányú alternatív hipotézisre vonatkozik).

Az utóbbi esetben a Dunnett próbához az elemszámok aránya optimalizálható. Ebben a kísérleti tervben nem az az optimális, ha minden csoport egyforma elemszámú. A legjobb akkor a hatásfok, ha a kontroll csoportban nagyobb az elemszám⁶⁷, mint az egyes kezelt csoportokban. Ennek az oka az, hogy a kontroll csoport minden vizsgálandó összehasonlításban szerepel, érdemes róla jobb hatásfokú becslést készíteni, mint a többi csoportra.

Utólagos kérdések (a posteriori, post hoc) esete

Az adatok ismeretében, az adatok által sugallt kérdések megválaszolásához használhatók, utólagos hipotézisek vizsgálhatók.

1. Általános, sokcélú kontrasztok (kettőnél több csoportból is képezhető): Scheffé, Tukey eljárásai
2. Páros összehasonlításokra (két tagú kontrasztok) Bonferroni t , Sidak, Student-Neuman-Keuls, Tukey féle honest significant difference (HSD), REGWF⁶⁸ ⁶⁹.
3. Duncan féle teszt, és a LSD (least significant difference) módszer a szignifikancia szint korrekciója nélkül nem ajánlhatók, mert túl elnézőek, sokkal több hibához vezethetnek, mint amit a névleges szignifikancia-szint alapján elképzelünk.
4. Bonferroni vagy Holm féle korrekcióval számított szigorúbb szignifikancia-szinttel végzünk páros összehasonlításokat.⁷⁰

Vegyes vizsgálatok

Az ANOVA tervezhető mérete: Ne legyen 6-nál több faktor, 10-nél több szint. Ne legyen túl sok függő változó.

⁶⁷ Nálam a kontrollcsoport az egyetemisták voltak, hiszen ott volt a legtöbb a felhasználható minta.

⁶⁸ Ryan, Einot, Gabriel, and Welsch F test, jobb, mint a Scheffe, de ugyanúgy nem tér el az ANOVA F hipotézisétől, azaz konzisztens.

⁶⁹ Ezek mind alkalmas eljárások.

⁷⁰ Ekkor felhasználhatjuk az LSD modul által adott számokat, mint a Holm eljárás során vizsgálandó p értékeket úgy, hogy ne haladjuk túl a kísérletenkénti 0.05, vagy 0.01 szignifikancia-szintet. Ez az eljárás különösen nagyobb csoportszámoknál eléggé konzervatív, növeli a másodfajú hibát, mert az „a posteriori” alkalmazás esetén az összes lehetséges összehasonlítást kell a k értéknek vennünk.

Többszemponútú variancia-analízisek

Az összetettebb esetekben megkülönböztetendők: (a) több szempontú⁷¹ és (b) több változójú esetek. A több szempont szerint osztályozott kezelések esetében a mért változó egy (de lehet több is), a több változós modellek esetében a kezelés gyakran egy szempont szerinti (de lehet több szempont is a kísérletben), de a mért (magyarázott) változók száma több mint egy. Léteznek speciális eljárások a többszemponutos elemzésekre, de a legtöbb bonyolultabb analízist ma már a több változós ANOVA-val, a MANOVA (multivariate analysis of variance), vagy másképpen az általános lineáris modell (general linear model) program modullal végzik, mert ez a legáltalánosabb megközelítése az ANOVA alkalmazásoknak.

Fix modellek

A (nem hierarchikus) többszemponútú osztályozás ún. fix modellje esetén a csoportosítás szisztémás, a kutatótól függ, és az egyes szinten belül a kezelés minden azonosan jelölt cellában ugyanazt a tényezőt jelenti, nem pedig egy véletlentől függő faktort. Ennek ellentétje azon analízis, ahol véletlentől függő „kezelések” hatásait vizsgáljuk; ez a kísérleti típus a hierarchikus („nested”) ANOVA⁷² modelljével írható le.

Klaszterezés

A variancia-analízis alkalmazása során megkaphatjuk, hogy mely csoportosító változók szignifikánsak. A hierarchikus klaszterezés során azonban arra a kérdésre is választ kaphatunk, hogy a többszemponútú variancia-analízis során az egyes szempontok vajon mikor vonhatók össze, valamint mik a csoportosító változók közül a lényegesebb eltéréseket eredményező csoportosító szempontok (Malhotra, 2008).

A klaszter-analízis összefüggések halmazát vizsgálja, nem tesz különbséget függő és független változó között, hanem a változók halmazán belüli kölcsönös összefüggéseket vizsgálja. Elsődleges célja, hogy a megfigyelési egységeket relatíve homogén csoportokba rendezze a kiválasztott változók alapján (ezek lesznek a csoportosító változók). Az adott csoportba tartozó megfigyelési egységek viszonylag hasonlítanak egymásra (a magyarázó változót tekintve fontos, minél kisebb mértékben különbözzenek egymástól), de különböznek más csoportok tagjaitól.

⁷¹ Kutatásaim során mindig többszemponútú, de egyváltozós variancia-analízist alkalmaztam. A kimeneti (magyarázó változók) pl. a kontingencia mutatók, reakcióidők, előre jelezhetőségi mutatók voltak.

⁷² Vizsgálataimban mind a hierarchikus variancia-analízist, mind pedig a hierarchikus klaszterezést alkalmaztam.

A klaszterelemzéshez hasonlóan más módszerek, pl. a diszkriminancia-analízis is csoportosítással foglalkozik. A diszkriminancia-analízis azonban megköveteli a klaszterekbe tartozás előzetes ismeretét, s ez alapján egy csoportosító szabályt alakít ki.⁷³

A klaszteranalízis tehát a megfigyelések (vagy a változók) osztályozásának egy módszere. A diszkriminancia-analízissel szemben itt tehát nincsenek előre megadott osztályok, a feladatunk éppen ezeknek a létrehozása. Természetes az az elvárás, hogy azok a megfigyelések kerüljenek egy osztályba (klaszterbe), amelyek a legközelebb vannak egymáshoz, illetve a leginkább hasonlóak⁷⁴ egymáshoz. Ezért az elemzés kezdetekor meg kell határoznunk, hogy hogyan mérjük a megfigyeléseink közötti távolságot vagy az ezzel ellentétesen viselkedő hasonlóságot. Használhatjuk a standard euklideszi távolságot, de dönthetünk más mellett is⁷⁵.

Klaszter-képző módszerek:

1. Hierarchikus módszerek: átlagos kapcsolású, legközelebbi szomszéd vagy centroid módszer.
2. A K-közép módszer

A hierarchikus módszereknél nem kell előzetesen ismernünk a létrehozandó klaszterek számát, ebben különféle grafikonok segítenek majd bennünket. A K-közép módszernél ezzel szemben már kiinduláskor adott a klaszterek száma, a mi feladatunk csak a megfigyelések besorolása. A másik fontos különbség, hogy egy hierarchikus módszer általában időigényesebb, mint egy K-közép klaszterezés, amelyet emiatt gyakran neveznek gyors klaszterezésnek is.

A legfontosabb segítség annak eldöntésében, hogy érdemes-e klaszterezést használni, a megfigyelések grafikus ábrázolása adja. Ha az így kapott pontfelhőben jól elkülönülő csoportok alakulnak ki, akkor feltétlen érdemes klaszteranalízist alkalmazni. Egy másik lehetőség a bimodalitási együttható. Ha ez 0.555-nél (az egyenletes eloszlásnál ezt az értéket veszi fel) nagyobb, akkor az két vagy többcsúcsúságra utal, ami esetleg több klaszter jelenlétére utal. Ezen együttható maximális értéke 1, melyet a kétértékű Bernoulli eloszlás esetén vesz fel. A hierarchikus módszereknél a távolság definíciója mellett meg kell még

⁷³ Diszkriminancia-analízissel lehet vizsgálni pl. a csoportosítás helyességét. Sőt a csoportosítási tényezők relevanciáját is. Azonban a sok a priori információ megkövetelése és a szabály nehézkes interpretációja miatt ezt a módszert nem alkalmaztam a disszertációm elkészítése során.

⁷⁴ Hogy mi alapján értékeljük a vizsgált mintákat hasonlóknak, az egy külön kérdés. Lehet pl. középérték mutatókat, szóródási mutatókat, de az általam javasolt hasonlósági és egyezőségi mutatókat is alkalmazni.

⁷⁵ Diszkrét vagy bináris adatok esetén általában más távolságot érdemes használni. (pl. az általam javasolt egyezőségi mértéket.)

adnunk a klaszterösszevonási szabályt is, azaz azt, hogy ha már több elemű, nagyobb klaszterünk is vannak, akkor hogyan definiáljuk a közöttük lévő távolságot. Általában tapasztalatok szerint legjobban struktúrált dendogramot előállító átlagos kapcsolású (average linkage) módszert használtam. Ennek lényege, hogy két nagy klaszter távolsága az összes elemük közötti páronkénti távolságok átlaga lesz. A hierarchikus módszereknél döntenünk kell arról is, hogy hány klasztert érdemes választanunk. Ez a probléma máig sem teljesen megoldott, a gyakorlatban három statisztikát szoktak figyelni: a pszeudo F és t^2 és CCC (Cubic Cluster Criteria) statisztikákat. Ezeket ábrázolva az éppen aktuális klaszterszám függvényében a következőképpen döntünk. Ahol a CCC-nek és a pszeudo F-nek lokális maximuma van és $CCC > 3$ illetve a pszeudo t^2 -nek egyvel korábban van lokális maximuma, akkor az a klaszterszám feltehetően jó lesz. A konkrét klasztereket, azaz a hozzájuk tartozó megfigyeléseket ezután a dendogram megfelelő függőleges egyenessel való elmetészésével kapjuk. Ezt az elemzést az általam használt SPSS statisztikai programmal végeztem.

Az elemzés lépései:

1. A megfigyelések grafikus ábrázolása a lehetséges klaszterek beazonosítása céljából.
2. Leíró statisztikák: átlag, szórás, ferdeség, lapultság, bimodalitás.
3. A klaszterezés történetét tartalmazó táblázat: az összevonások sorrendje és a kapcsolódó statisztikák.
4. A klaszterezési szint megállapítását segítő grafikonok: pszeudo F és t statisztikák illetve CCC kritérium.
5. A klaszterezés végeredményének grafikus ábrázolása: a dendogram.
6. A klaszterek számának megválasztása, az egyes klaszterek kilistázása.

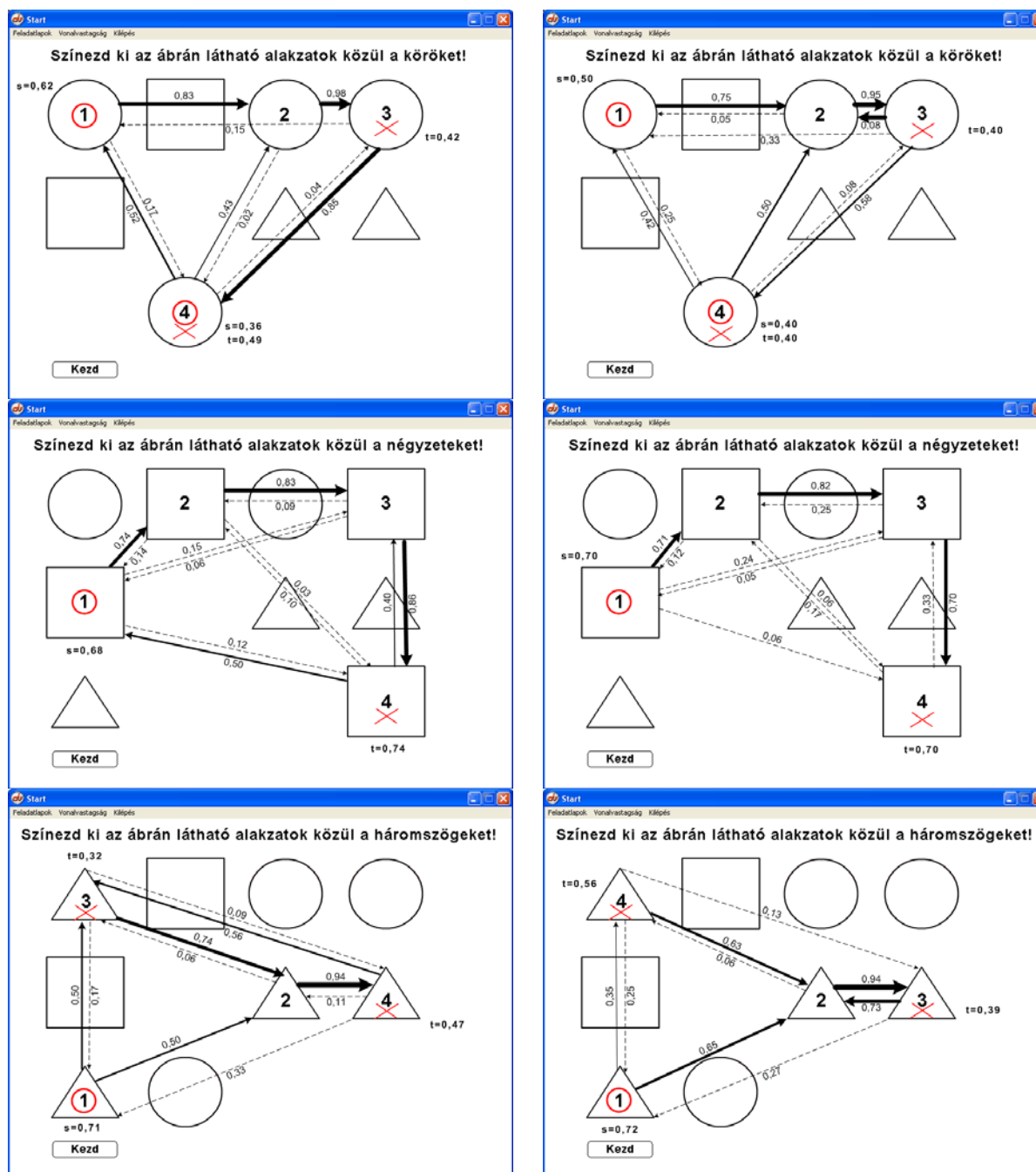
9.3.5 Statisztikai módszerek használata

A sok bemutatott statisztikai módszer közül mindig azt célszerű alkalmazni, mellyel a legtöbb információt nyerhetjük ki a kísérleti személyek által szolgáltatott adatok közül. Az általam alkalmazott egyszerűbb statisztikai módszerek segítségével megvizsgálható, hogy a kísérleti személyek kattintási sorrendjei, navigációs útvonalai vajon függetlenek-e az objektumok elhelyezkedésétől, illetve mennyire jelezhető előre az objektum elhelyezkedésének ismeretében, hogy a kísérleti személy hányadikként kattint rá. Az általam kifejlesztett mutatók segítségével a hasonló, illetve egyező kattintási szekvenciák is jellemezhetők, illetve meg lehet vizsgálni, hogy ezek a szekvenciák mennyiben hasonlítanak a legvalószínűbb bejárasi útvonalhoz, illetve egymás kattintási sorrendjeihez.

Magasabb szintű statisztikákkal e mutatók szignifikáns eltérését lehet vizsgálni a vizsgált felhasználói csoportok, illetve a különböző tesztelési környezet függvényében.

9.4 Néhány kísérlet részletes elemzése

9.4.1 Mértani formák keresése



39. ábra: egyszerű objektumok keresése (az objektum számozása aszerint történt az ábrán, hogy a felhasználók legtöbbször hányadikként találták meg azokat. O-rel jelöltem az általában elsőként megtalált kezdő pontot. X-szel pedig a végpontokat, vagyis azokat az objektumokat, melyeket legtöbbször utoljára találtak meg a kísérleti személyek).

Az ábrákból világosan látszik, hogy léteznek szignifikáns navigációs útvonalak. A kérdés az, hogy van-e valamilyen navigációs stratégia a kattintások során⁷⁶. Elsőként megvizsgáltam, hogy Jakob Nielsen által tapasztalt vizuális keresési stratégiák közül teljesül-e a cikkében említett F- betűre hasonlító vizuális keresési stratégia. A balról jobbra való navigáció mindegyik esetben jól látszik. Fordított sorrendű (jobbról balra történő) navigáció az átlagos felhasználóknál szinte elhanyagolható. Nem teljesül azonban a soronkénti szkennelés hipotézise, hiszen ebben az esetben pl. a négyzetek keresésénél a 2-3-1-4 útvonal dominált volna. A háromszögek keresésénél pedig az átlagos felhasználóknál a 3-2-4-1 útvonalnak, míg az értelmileg sérülteknél a 4-2-3-1 útvonalnak kellett volna dominálnia. (Az objektumok száma annak megfelelően lett elnevezve, hogy zömében hányadik kattintáskor színezték ki a kísérleti személyek (lásd: melléklet 9.3.2 fejezete). Így fordulhat elő, hogy más objektumot jelöltem az átlagos felhasználók és az értelmileg sérült kísérleti személyek válaszai alapján.)

Mielőtt a lokális (legrövidebb út (Dijkstra)), vagy a globális (Travelling Sales Problem) navigációs stratégiát vizsgálnám, meg kell jegyezni, hogy a játék kezdéséhez a kísérleti személynek meg kellett nyomnia a **Kezd** gombot. Ha ezt is figyelembe vesszük, akkor némileg pontosabb magyarázatot kaphatunk, hogy miért alakultak éppen így a navigációs útvonalak. (Viszonyítási objektum hatásáról a melléklet 9.9.1 fejezetében olvashatunk.)

Lokális navigációs stratégia esetén a következőként kiszínezendő alakzatot úgy választjuk, hogy az a lehető legközelebb legyen az előző alakzathoz. Körök kiválasztása esetén (a **Kezd** gombra való kattintást is figyelembe véve) a 4-1-2-3, vagy a 4-2-1-3 út lenne. A megfigyelések szerint a 4-es objektum után kb fele-fele arányban választották a hozzá legközelebb eső 1-es és 2-es objektumot. A lokális stratégia esetén azonban a 4-es kör többször lett volna kezdőpont, hiszen ez közelebb van a **Kezd** gombhoz, mint az 1-es. Ennek ellenére a lokális stratégia elég jól előrejelzi a navigációs útvonalakat. Háromszögeknél – lokális stratégiát választva – az optimális megoldás átlagos felhasználóknál 1-3-2-4, illetve értelmileg sérülteknél 1-4-2-3 lenne. Ilyen útvonalakkal természetesen találkozhatunk, mégis a legjobban a globális stratégia írja le a válaszokat. Körök színezésénél közel azonos költségű (ha a költséget itt az út hosszával azonosítjuk) az 1-2-3-4, illetve a 4-1-2-3, illetve 4-3-2-1 útvonal. Ezek közül a legkisebb valószínűségűnek a 4-3-2-1 útvonalnak kell lennie, hiszen a Jakob Nielsen vizsgálatai során feltételezett balról jobbra tartó irányt nem vetettük el. Ezek alapján mind a 4-es, és mind az 1-es objektum nagy valószínűséggel kezdőpont. A kísérletek

⁷⁶ Az útvonalak kiértékelésének módszertanát a melléklet 9.2 fejezete tartalmazza részletesen.

pedig valóban ezt is támasztották alá. A négyzetek keresésénél mind a lokális, mind pedig a globális stratégia az 1-2-3-4 útvonalat jelzi előre, és a legtöbb esetben valóban ezek az esetek fordultak elő. Háromszögek keresésénél sok közel azonos költségű megoldást kaptam. Ezek zöme meg is található a válaszokban.

Következtetések:

A kevés (8-9) objektumot tartalmazó feladatlapok esetén, ahol a keresendő objektumokat tekintve az inhomogenitás foka 0 (azaz kevés a zavaró hatás, pl. nincsenek az objektumok elforgatva, azonos nagyságúak stb.), leginkább a globális navigációs stratégiával lehet a legjobban előre jelezni a válaszokat – azzal a feltétellel, hogy a balról-jobbra történő haladást továbbra is fenntartjuk.

A 19. táblázat azt mutatja, hogy milyen kapcsolat van a kattintások sorrendje és az objektumok között, valamint azt, hogy a kapott útvonalak mennyire véletlenszerűek. Ezenkívül tartalmaz egy olyan oszlopot, hogy a navigációt melyik stratégia jelzi legjobban előre (F jelöli a Jakob Nielsen féle mágikus F-betűt. A globális stratégiát a TSP (Travelling Sales Problem) jelöli, míg a lokális (legrövidebb út) problémát a Dijkstra.

19. táblázat: Függelékenységvizsgálat eredményei

Kontingencia-elemzés (kattintási sorrendek)

Keresendő objektum	C=T	Kapcsolat	λ_{yx}	Kapcsolat	Navigációs stratégiák	Cél-csoport
Kör	38,1%	Közepesnél gyengébb	41,5%	Közepes	TSP, Dijkstra, F	Átl.
	36,7%	Közepesnél gyengébb	30,0%	Közepesnél gyengébb	TSP	Ért.s.
Négyzet	52,1%	Közepes	58,8%	Közepes	TSP, Dijkstra	Átl.
	51,4%	Közepes	56,7%	Közepes	TSP, Dijkstra	Ért.s.
Háromszög	45,5%	Közepes	38,2%	Közepesnél gyengébb	TSP, Dijkstra	Átl.
	44,1%	Közepes	44,4%	Közepes	Dijkstra, TSP	Ért.s.

Kontingencia-elemzés (útvonalak)

Keresendő objektum	C=T	Kapcsolat	λ_{yx}	Kapcsolat	Navigációs stratégiák	Cél-csoport
Kör	62,1%	Közepesnél erősebb	74,4%	Erős sztochasztikus	TSP, Dijkstra, F	Átl.
	52,1%	Közepes	60,0%	Közepesnél erősebb	TSP	Ért.s.
Négyzet	52,8%	Közepes	67,1%	Közepesnél erősebb	TSP, Dijkstra	Átl.
	46,5%	Közepes	57,5%	Közepes	TSP, Dijkstra	Ért.s.
Háromszög	51,7%	Közepes	56,5%	Közepes	TSP, Dijkstra	Átl.
	54,2%	Közepes	63,9%	Közepesnél erősebb	Dijkstra, TSP	Ért.s.

A táblázatból kitűnik, hogy van kapcsolat az objektumok és a kattintások sorrendje között, valamint található szignifikáns útvonal a navigáció során, sőt megfeleltethető nekik egy vagy több navigációs stratégia is.

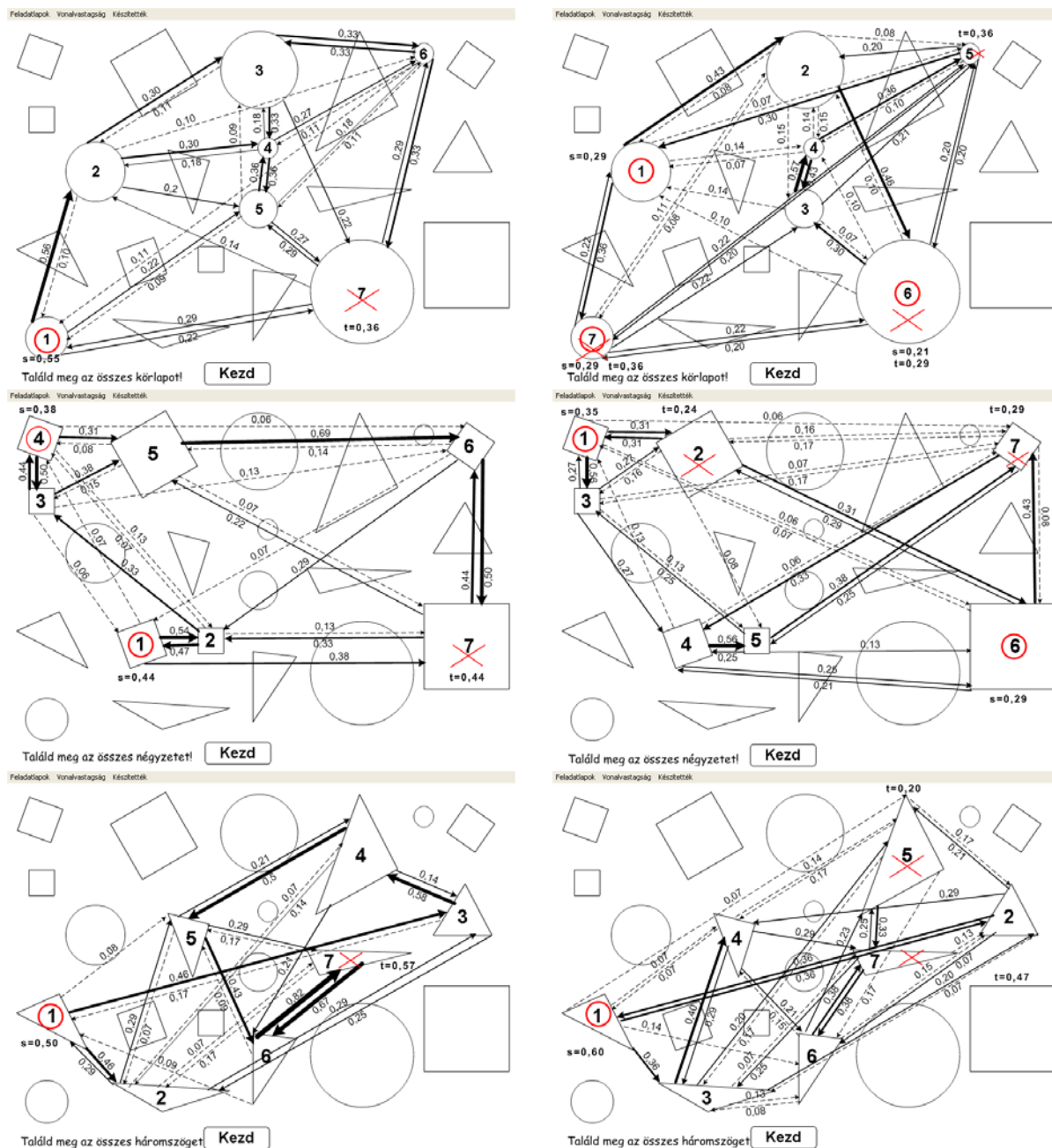
A táblázatból, illetve a 39. ábra útvonalain az is látszik, hogy nincs számottevő különbség a az átlagos és az értelmileg sérült felhasználók navigációs stratégiái között, bár a körök és a háromszögek színezésénél jól látható, hogy a 2-es és a 3-as alakzatok kattintási sorrendje gyakran felcserélődik, így szignifikáns nyilak húzhatók 2-3-as és 3-2-es objektumok között is; ezek az eltérések nem számottevők. Általában hasonlóak a kattintások sorrendjei, valamint a választott útvonalak is. Az asszociációs együttthatók némileg kisebbek az értelmileg sérült kísérleti személyeknél, ami arra utal, hogy némileg rendezetlenebbek az eredmények. (Ez az eltérés bonyolultabb alakzatok esetén sokkal szembetűnőbb lesz.)

A 40. ábra eredményeire pillantva rögtön szembetűnik, hogy jelentős eltérés mutatkozik az átlagos és az értelmileg sérült kísérleti személyek navigációs útvonalában. Navigációs stratégiáról pedig az értelmileg sérült gyerekeknél szinte egyáltalán nem beszélhetünk, legfeljebb a balról jobbra haladás elve érvényesül. Az átlagos kísérleti személyeknél sem teljesülnek tisztán a különböző navigációs stratégiák. A legkisebb költségű Hamilton út pl. a négyzetek keresésénél: 1-3-4-5-6-7-2, vagy a 2-1-3-4-5-6-7 lenne. Ettől az átlagos felhasználóknál kapott 1-2-3-4-5-6-7 kis mértékben eltér. Lokális stratégiára utal viszont a körök színezése, melynél általában a 4-es, 5-ös objektumokhoz legközelebbi objektumokat találták meg. Érdekes, hogy bár a 7-es kör volt a **Kezd**-gombhoz a legközelebb, mégis ezt találták meg utolsóként. Több kísérleti személy beszámolt arról, hogy nem vették észre, hogy az a kör, illetve négyzet ott van. Csak akkor kattintottak rá, amikor a program jelezte, hogy még nem találták meg az összes keresendő objektumot. Ennek oka az lehet, hogy a figyelt terület nagysága igazodott a sok kisebb objektum méretéhez, s így a legnagyobb méretű kör nagyobb volt, mint amekkora a figyelt terület nagysága.

Körök megtalálásánál csak a keresendő objektumok mérete változott. A négyzetek keresésénél már az objektum elforgatásának szöge is. Egyetlen keresési (globális, lokális) stratégia sem teljesült tisztán, ezek kombinációi azonban jól megfigyelhetők voltak átlagos felhasználók esetében. A legnagyobb méretű négyzetet szintén utolsók közt találták meg a felhasználók.

A háromszögek megtalálásánál már az előző kettő paraméter változtatása mellett még a háromszög alakját is megváltoztattam. Ez az „apró” változtatás már részben megzavarta a

kísérleti személyeket. A keresés során olyan objektumokat kattintottak be egymás után, amelyek elforgatásának iránya vagy hasonló volt egymáshoz (pl. 1-3, 4-5-6), vagy annak tükörképéhez (pl. 1-2, 2-3). Itt is a leginkább „kilógóra”, a 7-es objektumra kattintottak utolsóként, és ezt találták meg a legnehezebben.



40. ábra: összetettebb objektumok keresése (az inhomogenitás foka – a keresendő objektumokat tekintve – rendre 1,2,3)

A navigációs stratégiák tehát csak addig voltak megfigyelhetőek, ameddig viszonylag egyszerű feladatot kellett megoldani. Ha a feladat olyan egyszerű volt, hogy a kísérleti személy valamennyi objektumot „át tudta látni”, akkor inkább a globális keresési stratégia érvényesült (lásd 39. ábra). Minél nehezebb volt a feladat, pl. több objektumot kellett

megtalálni, annál inkább előtérbe került más stratégiák együttes alkalmazása, hiszen a kísérleti személy már nem tudta első ránézésre, merre van az összes objektum. Ha több paramétert (pl. méret, forgatás iránya, alak) is egyidejűleg változtatunk, akkor az átlagos kísérleti személyek az előzőleg kiszínezett objektumhoz hasonló objektumot találtak. Értelmileg sérült kísérleti személyeknél ilyen „logikus” keresési stratégia a nehezebb feladatoknál már nem figyelhető meg, és így a keresés is jóval hosszabb ideig tartott számukra.

A 20. táblázat az asszociációs vizsgálat eredményeit foglalja össze.

20. táblázat: Függetlenségvizsgálat eredményei

Kontingencia-elemzés (kattintási sorrendek)					
Keresendő objektumok	C=T	Kapcsolat	λ_{YX}	Kapcsolat	Cél-csoport
Kör	42,1%	Közepes	28,8%	Gyenge	Átl.
	29,6%	Gyenge	19,0%	Nincs	Ért.s.
Négyzet	35,3%	Közepesnél gyengébb	22,9%	Gyenge	Átl.
	23,7%	Gyenge	17,6%	Nincs	Ért.s.
Háromszög	46,2%	Közepes	35,7%	Közepesnél gyengébb	Átl.
	36,8%	Közepesnél gyengébb	22,2%	Gyenge	Ért.s.
Kontingencia-elemzés (útvonalak)					
Keresendő objektumok	C=T	Kapcsolat	λ_{YX}	Kapcsolat	Cél-csoport
Kör	34,2%	Közepesnél gyengébb	23,6%	Gyenge	Átl.
	34,1%	Közepesnél gyengébb	28,6%	Gyenge	Ért.s.
Négyzet	47,5%	Közepes	41,3%	Közepes	Átl.
	37,1%	Közepesnél gyengébb	29,4%	Gyenge	Ért.s.
Háromszög	50,6%	Közepes	41,4%	Közepes	Átl.
	30,2%	Közepesnél gyengébb	22,7%	Gyenge	Ért.s.

Az asszociációs vizsgálat (más néven: kontingencia-elemzés) eredményét tekintve látható, hogy az útvonalak kevésbé hasonlítanak egymásra. Különösen igaz ez az értelmileg sérültek eredményeire, ahol pl. a kattintások sorrendje nagyon nehezen meghatározható. Elmondható azonban, hogy az átlagos felhasználók esetében az útvonalak nem véletlenszerűek, de jóval rendezetlenebbek, mint az előző 19. táblázatban látható egyszerűbb esetekben.

9.4.1.1 A regresszió- és varianciaelemzés eredménye

A 21. ábrán látható kutatási modell regresszióanalízissel történő kiértékelésekor az alábbi eredményeket kaptam:

21. táblázat: ANOVA⁷⁷

Modell	Eltérés négyzetek	Szabadságfok	Átl. elt.	F statisztika	Szig.
1 Regresszió	2,434E7	5	4867595,147	128,683	,000 ^a
Rez. ért.	1,740E8	4600	37826,218		
Összesen	1,983E8	4605			

Magyarázó változók: (Konstans), Terület, Felhasználói csoport (0: átlagos felhasználó, 1: értelmileg sérült), Objektum vízszintes/függőleges koordinátája, Elrendezés
Magyarázott változó: Reagálási idő

22. táblázat: modell-paraméterek kiértékelése

Modell		Nem sztenderdizált együtthatók		Sztenderdizált együtthatók	t	Szig.
		B	Sztd. hiba	Béta		
1	(Konstans)	190,248	10,341		18,398	,000
	Poz.X (vízszintes koordináta)	,317	,015	,301	21,734	,000
	Poz.Y (függőleges koord.)	,119	,019	,089	6,393	,000
	Elrendezés	-24,836	2,585	-,134	-9,608	,000
	Felhasználói csoport (0=normál, 1=értelmileg sérült) ⁷⁸	65,555	10,193	,089	6,431	,000
	Terület ⁷⁹	,003	,000	,084	6,058	,000

Magyarázott változó: Megoldási idő

A varianciaanalízis eredményei:

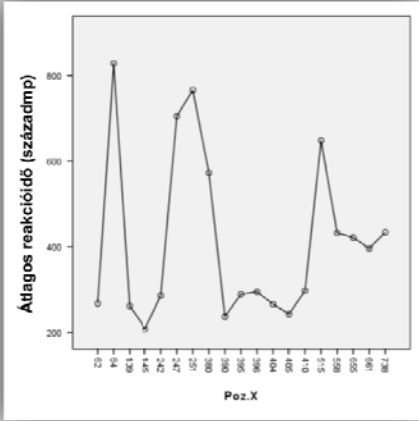
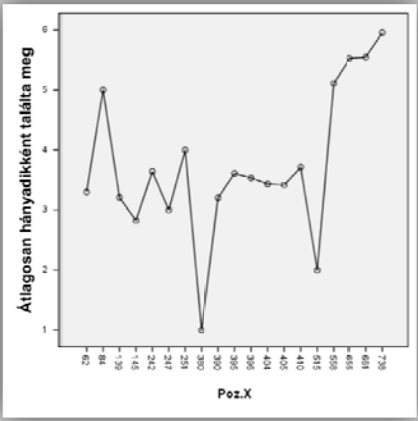
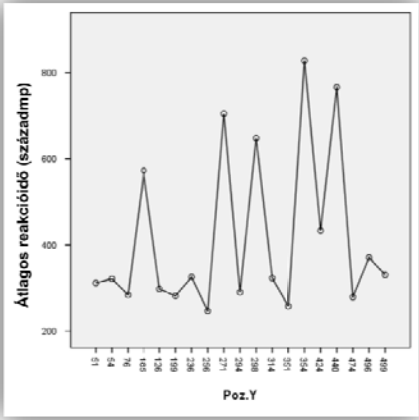
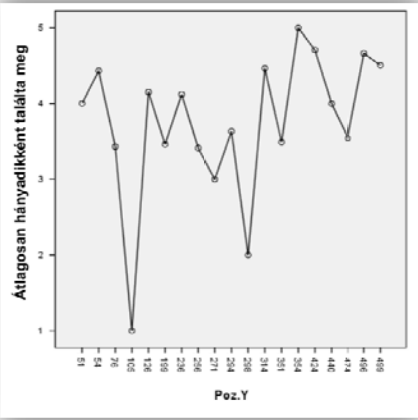
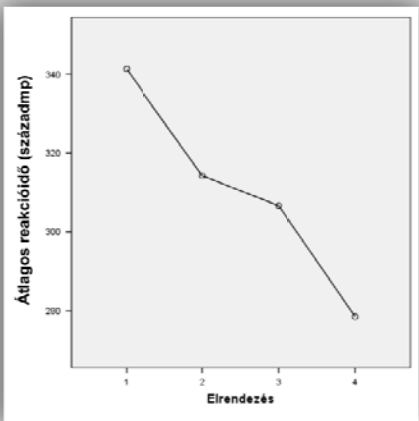
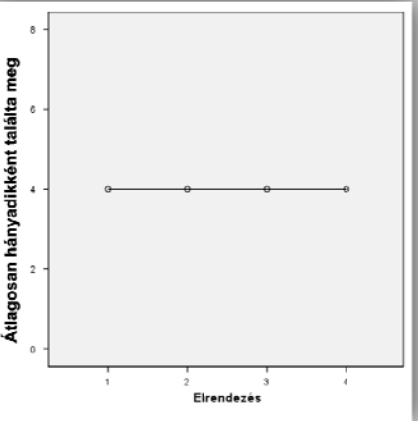
Az átlagos értékek a 23. táblázatban találhatók. A magyarázott változó minden esetben a reagálási idő volt.

⁷⁷ A korrigált R^2 érték 0,122

⁷⁸ A célcsoport szignifikanciája csak akkor vizsgálható, hogyha a magyarázott változó legalább intervallumskálán mért. Ezért bár regresszióval mért esetben, ha a magyarázott változó az, hogy a kísérleti személy hányadiknak találta meg az objektumot, azt mutatta, hogy a célcsoport nem szignifikáns, ezt az eredményt meg kellett vizsgálnom kontingencia-analízis segítségével. Itt a magyarázott változó nem az volt, hogy az objektumot a kísérleti személy hányadikként találta meg, hanem a megfelelő kontingencia mutató, melyben azt vizsgáltam, hogy a kattintási sorrend független-e az elhelyezkedéstől. Ez a kontingencia mutató már arányskálán mért, és ekkor már alkalmazhattam a regressziós egyenleteknél.

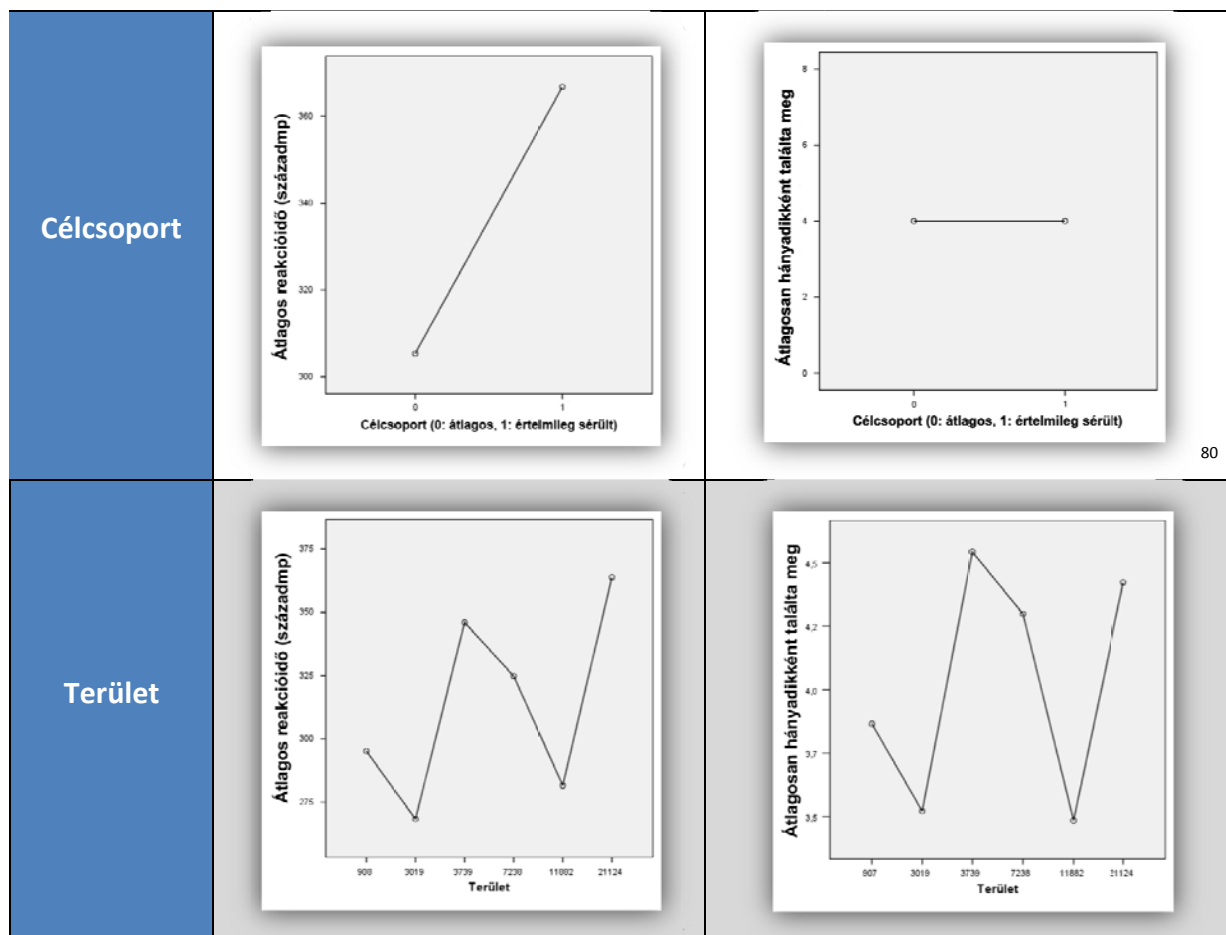
⁷⁹ Átmérőre is elvégeztem a vizsgálatot, itt is azonban a béta értékeire ugyanúgy pozitív számot kaptam.

23. táblázat: Kétváltozós, egyszempontú variancia-analízisek eredményei.

Magyarázó\ magyarázott változók	Reagálási idők átlaga	Átlagosan hányadikként találták meg?
Poz.X		
Poz.Y		
Elrendezés		

80

⁸⁰ Ha valamennyi célcsoportba tartozó, valamennyi kísérleti személy minden elrendezés esetén megoldja a feladatokat, akkor átlagosan 4-et kapunk arra a kérdésre, hogy hányadikként találták meg az objektumokat (hiszen, 1,2,3,4,5,6,7 átlaga 4). Azonban látható, hogy a reakcióidőkre kapott értékek már nem ennyire kiegyenlítettek.



24. táblázat: kétszemponútú ANOVA (csoportosítási tényezők)

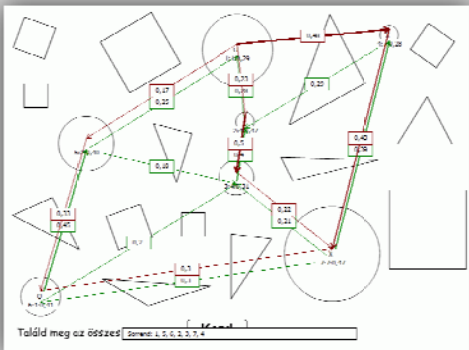
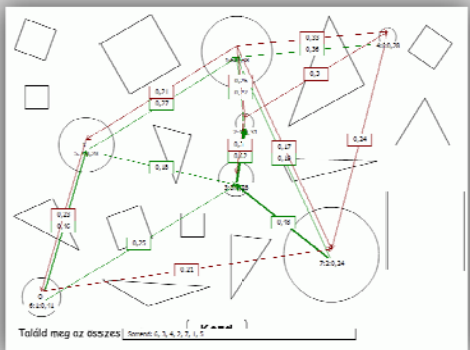
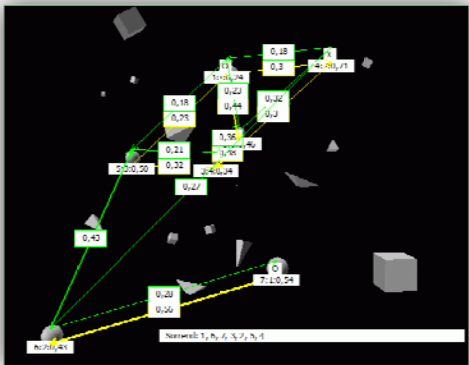
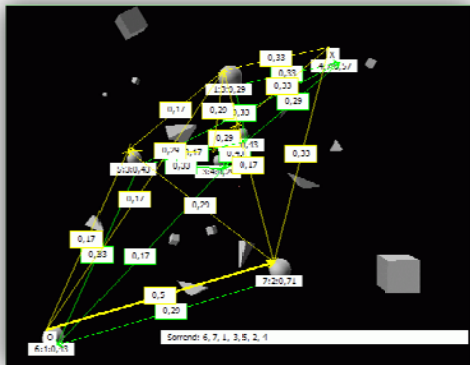
Elrendezés	Felhasználói csoport	Átlag	m	Szórás	Sztd. hiba
1	átlagos	3,42E+02	1099	247,6001	7,46882
	értelmileg s.	3,39E+02	105	252,9878	24,68908
	Össz.	3,41E+02	1204	247,9689	7,14635
2	átlagos	3,16E+02	1008	216,3353	6,81392
	értelmileg s.	2,73E+02	42	151,1266	23,31934
	Össz.	3,14E+02	1050	214,2196	6,61096
3	átlagos	2,85E+02	1022	174,6609	5,46349
	értelmileg s.	4,07E+02	224	135,9073	9,08069
	Össz.	3,07E+02	1246	174,7414	4,95036
4	átlagos	2,78E+02	1078	180,7431	5,50494
	értelmileg s.	2,91E+02	28	162,8416	30,77416
	Össz.	2,79E+02	1106	180,2561	5,42016
Össz.	átlagos	3,05E+02	4207	208,9081	3,22084
	értelmileg s.	3,67E+02	399	183,4925	9,18611
	Össz.	3,11E+02	4606	207,5338	3,05792

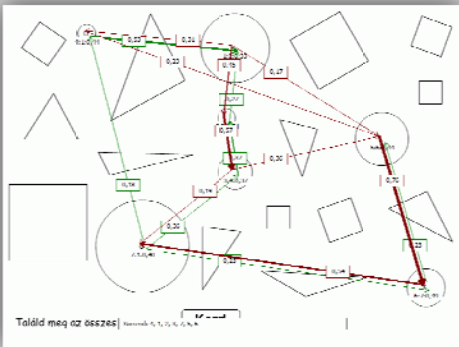
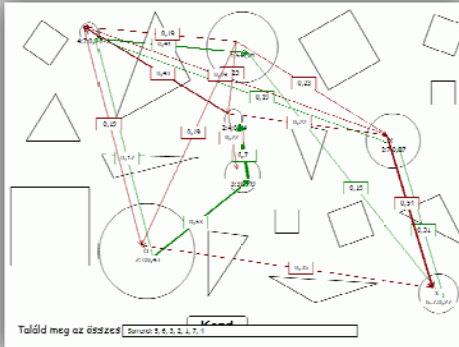
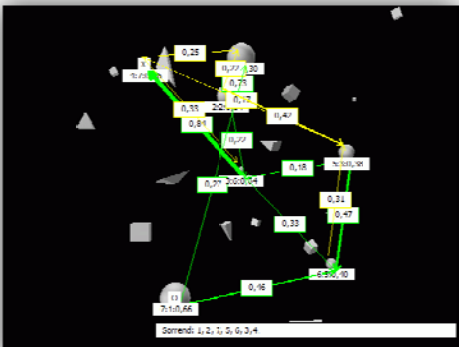
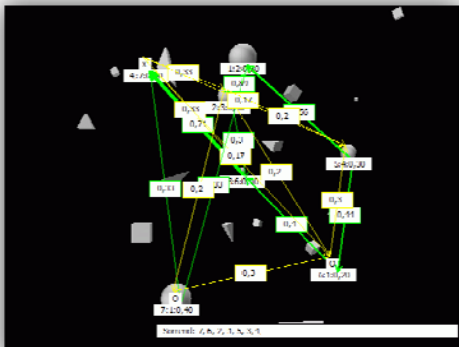
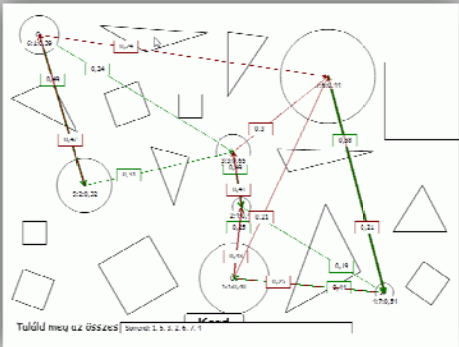
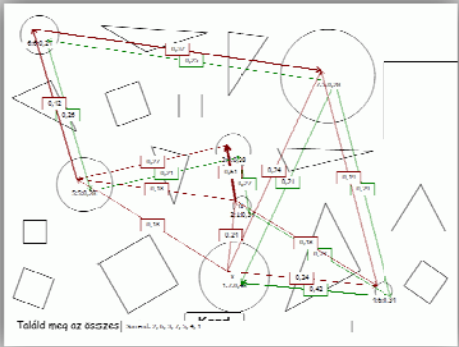
25. táblázat: kétszempontú ANOVA-tábla (összesítő eredmények)

			Eltérés négyz.	df	Átl. elt.	F	Szig. .
Reagálási idő * Elrendezés	Csop. között	(Együttes hatás)	2309714,804	3	769904,935	18,074	,000
	Csoportokon belül		1,960E8	4602	42596,450		
	Össz.		1,983E8	4605			

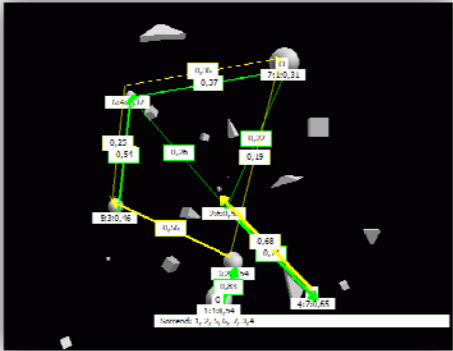
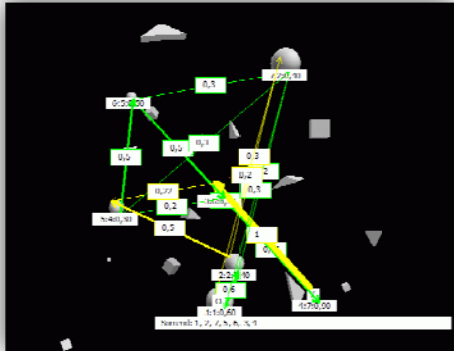
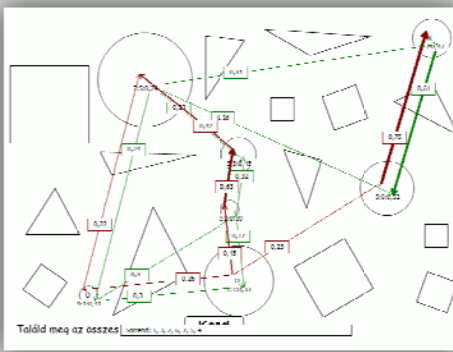
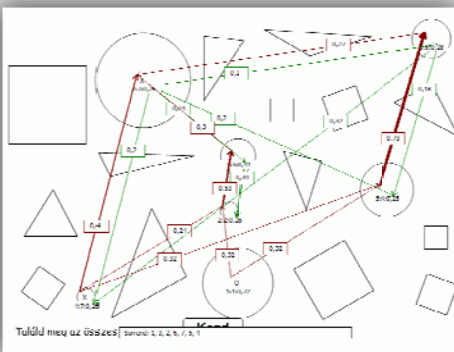
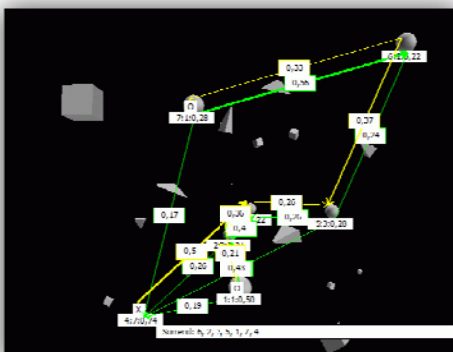
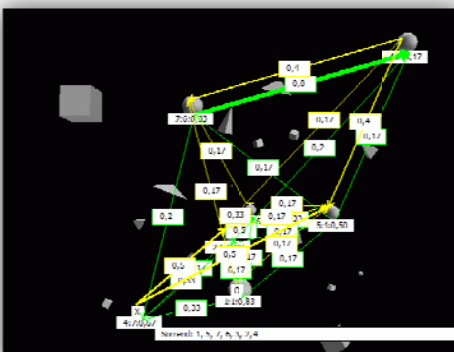
9.4.2 A 2D és 3D objektumok keresési eredményeinek összehasonlítása

26. táblázat: 2D és 3D feladatok összehasonlítása.

Elrendezések		Egyetemisták	Értelmileg sérültek
1	2D	 <p>Legvalószínűbb sorrend: 1,5,6,2,3,7,4</p>	 <p>Legvalószínűbb sorrend: 6,3,4,2,7,1,5</p>
	3D	 <p>Legvalószínűbb sorrend: 1,6,7,3,2,5,4 Globális és lokális keresési stratégiák</p>	 <p>Legvalószínűbb sorrend 6,7,1,3,5,2,4 Ad-hoc keresési stratégia dominanciája</p>

2 ⁸¹	2D	 <p>Toldid meg az összes</p>	 <p>Toldid meg az összes</p>
		Legvalószínűbb sorrend: 4,1,2,3,7,5,6	Legvalószínűbb sorrend : 5,6,3,2,1,7,4
3	3D	 <p>Toldid meg az összes</p>	 <p>Toldid meg az összes</p>
		Legvalószínűbb sorrend: 1,2,7,5,6,3,4 Lokális keresési stratégia dominanciája	Legvalószínűbb sorrend: 7,6,2,1,5,3,4 Ad-hoc keresési stratégia dominanciája
3	2D	 <p>Toldid meg az összes</p>	 <p>Toldid meg az összes</p>
		Legvalószínűbb sorrend: 1,5,3,2,6,7,4	Legvalószínűbb sorrend: 2,6,3,7,5,4,1

⁸¹ 2D-ben a nem keresett objektumoknak csak a pozíciói változtak, az elforgatás szöge nem; 3D-ben a tükrözések miatt a teljes alakzat (pozíciója, illetve elforgatásának iránya) is más helyre került. Mivel a nem keresett objektum 2D-ben a kör, 3D-ben a gömb volt, ez a keresést nem befolyásolta.

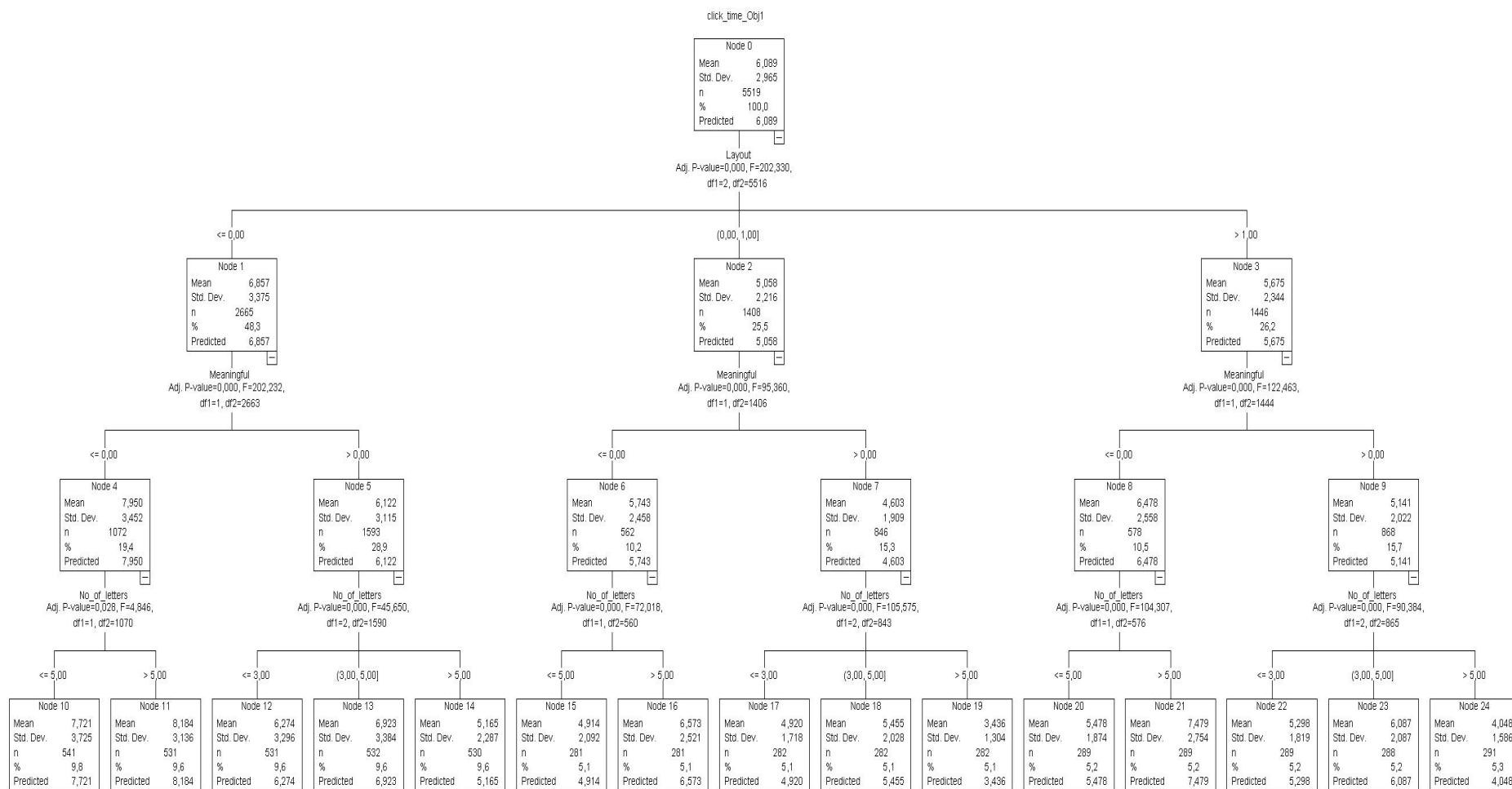
4	3D	 <p>Legvalószínűbb sorrend: 1,2,5,6,7,3,4 Lokális keresési stratégia dominanciája.</p>	 <p>Legvalószínűbb sorrend: 1,2,7,5,6,3,4 Lokális és ad-hoc keresési stratégia</p>
		 <p>Legvalószínűbb sorrend: 1,3,2,6,7,5,4</p>	 <p>Legvalószínűbb sorrend: 1,3,2,6,7,5,4</p>
	3D	 <p>Legvalószínűbb sorrend: 6,2,3,5,1,7,4 Lokális és globális keresési stratégiák</p>	 <p>Legvalószínűbb sorrend: 1,5,7,6,3,2,4 ad-hoc keresési stratégiák dominanciája</p>

9.5 A „Szófejtő” feladat eredményeinek részletes vizsgálata

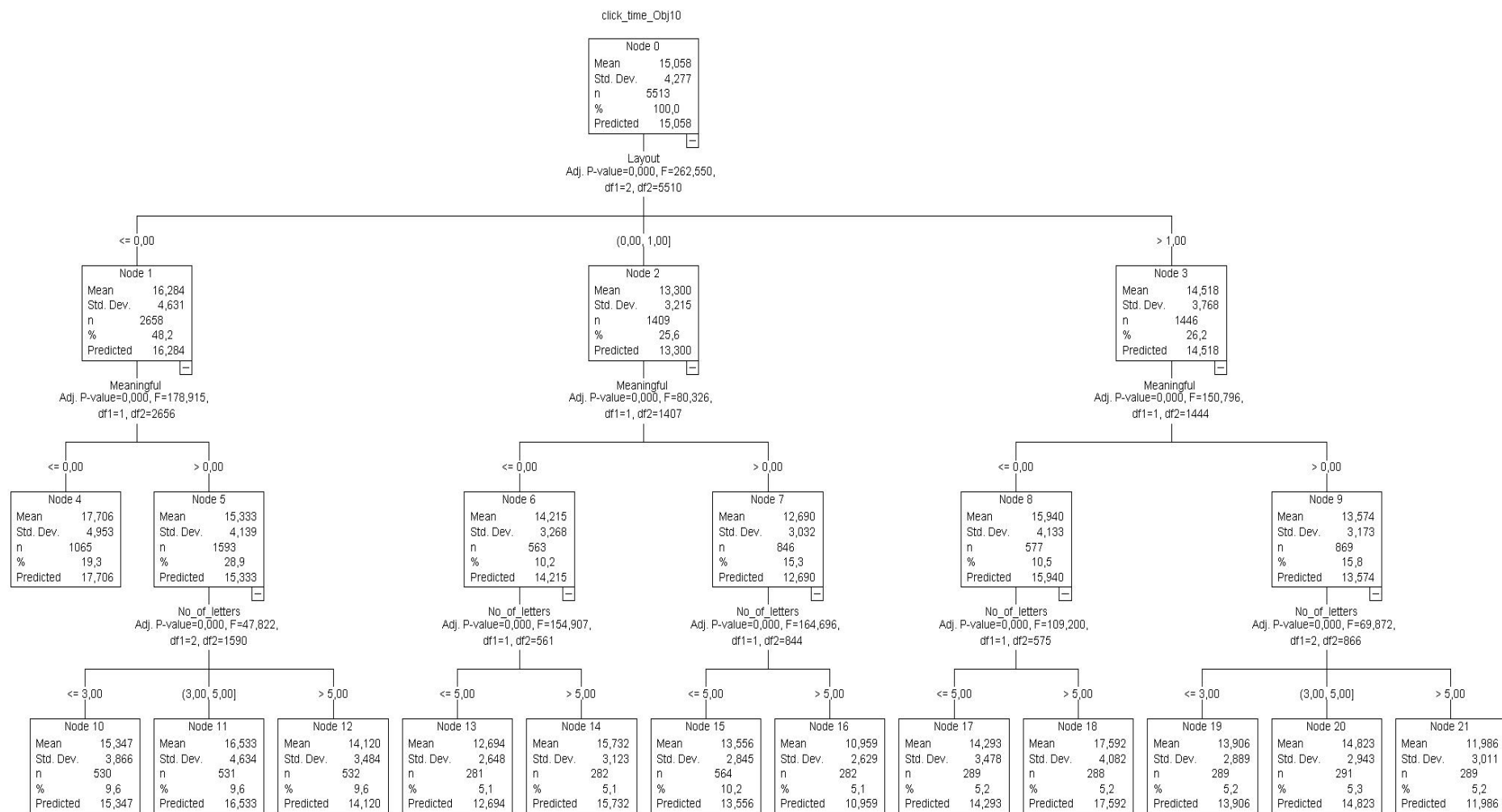
9.5.1 A klaszterezés eredménye

Csoportosító változóknak a következőket tekintettem: elrendezés (0: 5 sor, 10 oszlop; 1: 8 sor, 6 oszlop; 2: 12 sor, 4 oszlop), értelmes-e a szövegkörnyezet (0: nem, 1: igen), keresendő szavak hossza (3, 5, 8 karakter). Mérendő paraméter a megoldási idő. Vizsgált esetek: vizuális keresés (csak 1 szót kellett megkeresni), valamint a navigációs feladatok (10 ugyanolyan szót kellett egymás után megkeresni).

Szignifikancia a legnagyobb biztonsági szint mellett az elrendezéseknél mutatkozott mind vizuális keresésnél (41. ábra), mind pedig a navigációs feladatoknál (42. ábra). Ezt követte, hogy a szövegkörnyezet értelmes volt-e vagy sem. A legkisebb eltérés a szó hosszából eredeztethető. Navigáció esetében sokkal kisebb hatása volt a szó hosszának. A navigációs feladatoknál mindössze egy esetben fordult elő (2-es elrendezés (30 pixeles betűméret, 4 oszlop, 12sor); értelmes szövegkörnyezet), hogy a különböző szóhosszakra szignifikánsan eltérő értékeket kaptam; a többi esetben a (pl. 3-5 és 8 hosszú szavak) esetén nem mutatkozott jelentős eltérés.



41. ábra: Hierarchikus klaszterezés eredménye vizuális keresési feladatok esetén



42. ábra: Hierarchikus klaszterezés eredménye navigációs feladatok esetén

9.5.2 A regresszióanalízis eredményei vizuális keresési feladatoknál:

Az 10. ábra által bemutatott regressziós modellt alapul véve a következő eredményeket kaptam:

27. táblázat: a vizuális keresési modell együtthatóinak szignifikancia vizsgálata

	Sztenderdizált együtthatók		df	F	Sig.
	Beta	Std. hiba			
Szín	-,113	,012	2	86,856	,000
Elrendezés	-,348	,019	1	352,837	,000
Szóhossz	-,103	,013	3	67,088	,000
Értelmesség	-,303	,013	2	587,608	,000
Obj. vízsz.koord.	,153	,024	3	40,751	,000
Obj. függ.koord.	,130	,014	3	88,570	,000
Távolság	,066	,027	2	6,075	,002

Magyarázott változó: Megoldási idő

A korrigált R^2 értéke 0,186, mely mutatja a modell magyarázókéességét. Ez ugyan viszonylag kis érték, de meg kell azonban jegyeznünk, hogy a vizuális keresési feladatnál csak egy szót kellett megkeresni, így a megoldási időkben is csak kis különbségek fedezhetők fel.

A 27. táblázat mutatja, hogy valamennyi magyarázó is szignifikáns. A Béta értékek előjele mutatja minden egyes magyarázó változó esetében, hogy „merre dől” a regressziós egyenes. A magyarázott változó a megoldási idő volt. Itt a negatív Béta érték tehát azt jelenti, hogy minél nagyobb volt a magyarázó változó értéke, annál kevesebb idő alatt oldották meg a felhasználók a feladatot. Óvatosan kell azonban értelmeznünk az adatokat, mivel itt csak lineáris kapcsolatot mérünk.

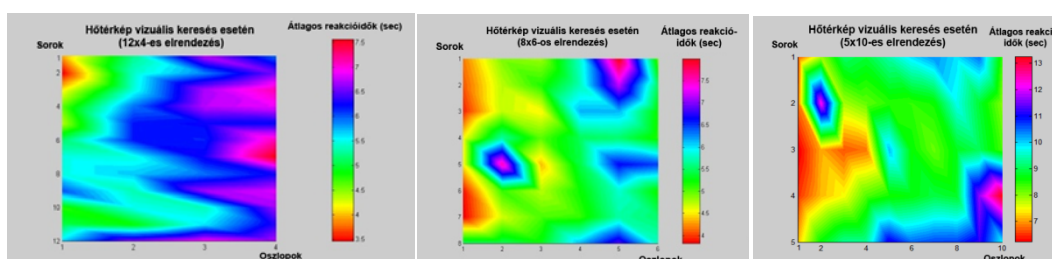
Az eredmények elemzése során kitűnik, hogy minél közelebb van a kiinduló kezdés gombtól a keresendő objektum (ld. Távoltság változó értéke), annál tovább tart ennek megtalálása. Ez azért lehetséges, mert a felhasználók először balról jobbra próbáltak keresni. A kezdés gomb pedig a képernyő jobb oldalán alul volt.

A regresszió-analízis eredményeiből az tűnik ki, hogy minél több betűt tartalmaz a keresendő objektum, annál kevesebb ideig tart ennek megtalálása (27. táblázat, Szóhossz változó). Az eredményekből az is látszik, hogy a pozitív kontrasztértékek jobban segítik a felhasználót az objektumok megtalálásában (a Szín nevű változót úgy kódoltam, hogy kontrasztértékek szerint legyenek növekvő sorrendbe rendezve). Ha értelmes a szövegkörnyezet, ez is nagymértékben segítheti a felhasználót abban, hogy megtalálja a

keresett objektumot. A legnagyobb hatása a keresés idejében azonban a keresett szó térbeli elhelyezkedésének van.

9.5.3 A keresendő objektum pozíciójának hatása annak megtalálási idejére

Az egyes elrendezések közötti különbségeket hő térképen szemléltetem (43. ábra). Látható, hogy bár a balról jobbra történő keresés domináns, de vannak olyan pozíciók, melyek megtalálása több időt vesz igénybe. Érdekes, hogy mind a 8x6-os, mind pedig az 5x10-es elrendezés esetén a bal oldalon található egy „sötétebb folt”; abban a pozíciókban lévő szavak megtalálása több időt vesz igénybe, ugyanakkor a balról jobbra történő keresés mindkét esetben ugyanúgy megfigyelhető.



43. ábra: Vizuális keresés reagálási időinek átlaga rendre a 12x4-es, 8x6-os valamint 5x10-es elrendezés esetén

9.5.4 A varianciaanalízis eredményei a vizuális keresési feladatoknál

Az alacsony korrigált R^2 érték arra utal, hogy lineáris függvénykapcsolat nem feltételezhető, így a mélyebb összefüggések kiderítése érdekében variancia-analízissel elemeztem tovább az egyes paraméterek értékeinek hatását a megoldási időre.

Az átlagos megoldási idő 6,1 mp volt (std.hiba: 0,04). Ez az érték az 5 sor 10 oszlopos elrendezésnél (betűméret: 12pt) 6,8 mp volt, és csak 5,1 mp a 8 sor 6 oszlopos elrendezésnél (betűméret: 20pt), ami 33%-kal kisebb értéket jelent. A 12 sor 4 oszlopos elrendezésnél (betűméret: 30pt) ez az érték valamivel nagyobb lett: 5,7 mp. Ez azt jelenti, hogy a kis betűkkel 10 oszlopban elrendezett szövegek közt sokkal nehezebben kerestek a felhasználók, mint a másik két elrendezésnél. Ugyanakkor, az is nehezítette a feladatot, hogyha a szavak – nagyobb betűméret következtében – kevesebb oszlopban jelentek meg a teljes képernyőt beborítva; ez ellentmond kezdeti feltételezésemnek, mely szerint ha nagyobb területet kell pásztázni, akkor a keresési idő is nagyobb lesz, hiszen éppen a 8 soros elrendezésnél kaptam a legalacsonyabb megoldási időket, valamivel nagyobb a 12 soros elrendezésre, a leghosszabb ideig azonban az 5 soros elrendezésű feladatok tartottak.

A szóhossz megoldási időre gyakorolt hatásának elemzésénél sem azt kaptam, amit előzetesen vártam. Nem teljesült az a feltételezésem, mely szerint minél hosszabb szavak között kell keresnie a felhasználóknak, annál hosszabb ideig tart megtalálni. A legalacsonyabb megoldási időket valóban a 3 betűs szavaknál kaptam, amely 5,7 mp volt, s valamivel nagyobb, 6 mp átlagértéket mértem a 8 betűs szavaknál, a legtöbb ideig, átlagosan 6,4 mp-ig az 5 betűs szavak között tartott a keresés. A jelenség magyarázatát annak tulajdonítom, hogy a 8 betűs szavak több jellemvonással, több karakterisztikával rendelkeznek, mint az 5 betűsek, ezért könnyebben megakad a keresett szón a szemünk.

Az előtér- és háttérszínek hatásának elemzésénél kitűnt, hogy – előzetes várakozásomnak megfelelően – a fekete háttér esetén tart a legtovább a keresés, itt átlagosan 6,6 mp-et mértem. A sötétkék háttér és a fehér háttér viszont érdekes módon ugyanakkora megoldási időt eredményezett, átlagosan 6,1 mp-et, ami 5 %-kal kevesebb, mint a fekete háttér esetén mért átlagos megoldási idő. További 5%-os javulást érhető el a vörös háttér esetén (6 mp), a legkevesebb ideig pedig a világos zöldes háttérű feladatlapok tartottak, ahol átlagosan 5,5 mp elegendőnek bizonyult a feladat megoldásához. A fekete háttérű feladatlapokhoz képest ez 15 %-os javulást jelent. Nem ott kaptam tehát a legalacsonyabb megoldási időket, ahol a legvilágosabb volt a háttér; feltehetőleg a megfelelő színi kontrasztok segítették jobban a felhasználókat.

Az is kiderült, hogy ha a szöveggörnyezet értelmes, az úgyszintén segíti a felhasználókat a keresésben: 5,5 mp átlagértéket mértem értelmes, és 7 mp átlagértéket értelmetlen szöveggörnyezet esetén. Feltételezésemnek megfelelően az értelmetlen szöveggörnyezet nehezítette a keresést, amely az agyunkban lévő mentális lexikonnal magyarázható: az ismert szavakat gyorsabban felismerjük, melynek következtében gyorsabban felismerjük azt is, hogyha egy nemkeresett szón akadt meg a szemünk, és hamarabb továbbsiklunk a szövegen.

A legnagyobb hatása a keresési időre azonban a keresett szó pozíciójának volt: ha a keresett szó bal oldalt az első oszlopban volt, mindössze 4 mp elegendő volt felleléséhez, míg ha a jobb oldali oszlopok valamelyikében helyezkedett el, több mint 6 mp-re volt szükség. Tisztán látható tehát a felhasználók balról jobbra haladása.

A felhasználók a leggyorsabban azokat a feladatlapokat oldották meg, ahol a beállítások a következők voltak: a szavak elrendezése 8 sorban és 6 oszlopban történt, 20 pt-os betűmérettel; a szavak 3 betűsek voltak, a szöveggörnyezet értelmes volt, a háttér pedig világos zöldes volt. Ekkor az átlagos megoldási idő 4,3 mp-re csökkent. Ezeket a beállításokat

fogom a későbbiekben „legjobb beállítás”-nak nevezni. „Legrosszabb beállítás” pedig a következő értékeket jelenti: 5 soros 10 oszlopos elrendezés, 12 pt-os betűmérettel; 5 betűs szavak; értelmetlen szövegkörnyezet; fekete háttér. Ezen beállítások mellett mért átlagos megoldási idő 7,8 mp, ami 80%-kal rosszabb érték, mint a legjobb beállítás esetén.

9.5.5 A regresszióanalízis eredményei navigációs feladatoknál

Hasonlóan a vizuális kereséshez, a navigáció esetében is elvégeztem a regresszió-analízist. A vizuális kereséshez képest itt a magyarázóképeség valamivel magasabb, 0,249. Ebben az esetben is valamennyi változó szignifikáns értéket mutat. A paraméterek értékeinek hatása a megoldási időre hasonlóképpen jelentkezik, mint a vizuális keresési feladatokban.

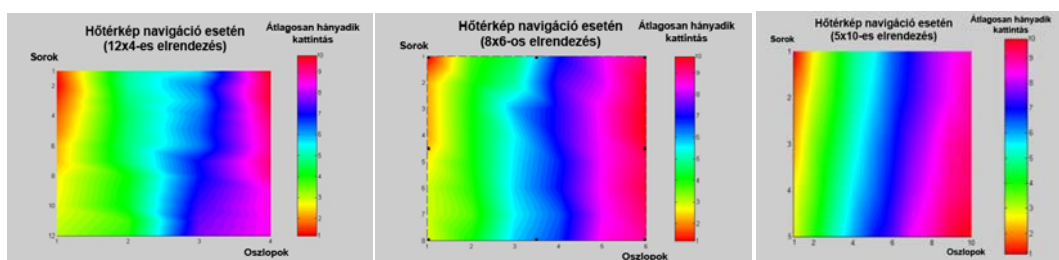
28. táblázat: navigációs modell paramétereinek szignifikancia vizsgálata

	Sztenderdizált együtthatók		Szabadság-fok	F statisztika	Szignifikancia
	Béta	Std. hiba			
Szín	-,141	,012	2	146,598	,000
Elrendezés	-,418	,014	1	900,505	,000
Szóhossz	-,073	,012	3	35,607	,000
Értelmesség	-,259	,012	2	448,939	,000
Stratégia	-,089	,012	1	52,072	,000
Útvonalhossz	,257	,014	4	317,158	,000

Magyarázott változó: Megoldási idő

9.5.6 A keresendő objektumok pozícióinak hatása a kattintási sorrendre

Navigáció esetén a balról jobbra történő keresés még szembetűnőbb. Itt azt vizsgáltuk, hogy az egyes szavakat átlagosan hányadikként találják meg, és ez hogyan függ a keresendő szó pozíciójától.



44. ábra: Átlagos kiválasztási sorrend hő térképe navigációs feladatokban a 12x4-es, 8x6-os valamint 5x10-es elrendezés esetén

A kiválasztási sorrend hő térképe egyértelmű balról jobbra történő kiválasztást mutat, mely a reagálási időkben is megmutatkozott ugyan (lásd 44. ábra), azonban ez a kapcsolat nem lineáris; azaz, ha valaki rövidebb útvonalon haladt végig, ez nem jelenti azt, hogy előbb is oldotta meg a feladatot. A második kísérlet kapcsán ezt még részletesebben vizsgáltam.

9.5.7 A varianciaanalízis eredményei a navigációs kísérletben

Az átlagos megoldási idő 15,1 mp volt (std. hiba: 0,06), amely majdnem két és félszerese a vizuális keresési feladatban mért eredménynek. 10 objektum megtalálása tehát nem tartott 10-szer annyi ideig. Az átlagos megoldási idő 16,3 mp volt az 5 sor 10 oszlopos elrendezésnél, 14,5 mp a 12 soros 4 oszlopos elrendezésnél, s csak 13,3 mp a 8 sor 6 oszlopos elrendezésnél, amely 20%-os javulást jelent az 5 soros elrendezéshez képest.

A 3 betűs szavaknál 14,5 mp is elegendőnek bizonyult a feladatok megoldásához, ami jóval az átlagos megoldási idő alatt van. A 8 betűs szavakat tartalmazó feladatlapokban 15 mp, míg az 5 betűs feladatlapokban 15,4 mp volt átlagosan szükséges a feladatok megoldásához.

Az értelmetlen szöveggörnyezet 16,4 mp átlagos megoldási időt eredményezett, míg az értelmes szöveggörnyezetnél 15%-kal jobb eredmény született: 14,2 mp.

Az előtér- és háttérszínek is hasonlóképpen befolyásolták a keresési időt, mint a vizuális keresési feladatok esetében. A fekete háttérnél mértem a legnagyobb megoldási időt: 16,2 mp-et, míg a világos zöldes háttér kedvezett a leginkább a felhasználóknak, ahol 13,8 mp-et mértem. A sötétkék és a fehér háttérű feladatlapok megoldási idejei között ez esetben sem találtam eltérést (15,4 mp). A vörös háttér esetén a megoldási idő 14,7 mp volt.

Összefoglalva, a legjobb és a legrosszabb beállításokat a navigációs feladatban is ugyanazokkal a paraméterértékekkel érhetjük el. Az átlagos megoldási idő a legjobb beállítás esetén 12,4 mp, míg a legrosszabb beállítás esetén 18,4 mp, ami körülbelül 50%-kal rosszabb eredmény, mint a legjobb beállításnál.

A paraméterek hatásainak elemzése után azt vizsgáltam, hogy mennyi idő alatt találták meg és kattintottak rá minden egyes keresendő szóra. A 45. ábra mutatja, hogy átlagosan mennyi idő múlva kattintottak rá az elsőnek megtalált szóra, mennyi idő múlva a másodiknak megtalált szóra stb.



45. ábra: Átlagos kattintási idők a legjobb/legrosszabb beállítások illetve navigációs stratégiák esetén

Megfigyelhető, hogy amíg a vizuális keresési feladatban 5-6 mp-re is szükség volt, mire megtalálták a felhasználók a keresett szót, addig a navigációs feladatokban az elsőként megtalált szóra már 1-2 mp alatt rákattintottak. Ez annak tudható be, hogy a navigációs feladatoknál 10-szer volt elrejtve a keresendő szó, és 10 közül egyet könnyebb megtalálni, mint hogyha csak egyszer rejtőzött volna el a keresendő szó a keresési térben. A kattintási idők elemzése is érdekes eredményre vezetett. A lineáris trend egészen a 9. objektumig megfigyelhető. Csak a 10. objektumnál találunk „törést” a grafikonon. Azaz, a 9. objektumig „egyenletes sebességgel” kattintottak a felhasználók az egyes objektumokra, s csak ezután volt szükségük több gondolkodási időre. Ez azt jelenti, hogy a több hasábos elrendezés segíti a felhasználókat a keresésben.

A navigációs stratégiák elemzése kapcsán a következő eredményekre jutottam. Az esetek 14%-ában a felhasználók globális stratégiát követtek; ezen esetekben átlagosan 14,3 mp a feladatmegoldási idő. Kétszer akkora mértékben, 28%-ban lokális stratégia volt megfigyelhető, a megoldási idő viszont nem sokkal volt magasabb (14,7 mp), mint globális stratégia esetében. Leggyakrabban, az esetek 34%-ában a felhasználók az oszlopok szerinti stratégiát követtek; ekkor átlagosan 15,3 mp volt szükséges a feladatok megoldásához, míg ad-hoc stratégia esetén 16,7 mp-re, amely az esetek 24%-ában fordult elő.

9.5.8 Az útelemzés eredménye a navigációs kísérletben

Érdekes kérdés, hogy a paraméterek értékei hogyan befolyásolják a felhasználók navigációs stratégiáját és a bejárt útvonal hosszát, és a navigációs stratégiák hogyan hatnak a bejárt útvonal hosszára. S vajon hogyan befolyásolják a paraméterek a megoldási időt a navigációs

stratégián és a bejárt útvonal hosszán (amely feltételezésem szerint a stratégiától is függ) keresztül?

Az útmodell kiértékelése során az alábbi eredményekre jutottam (29. táblázat).

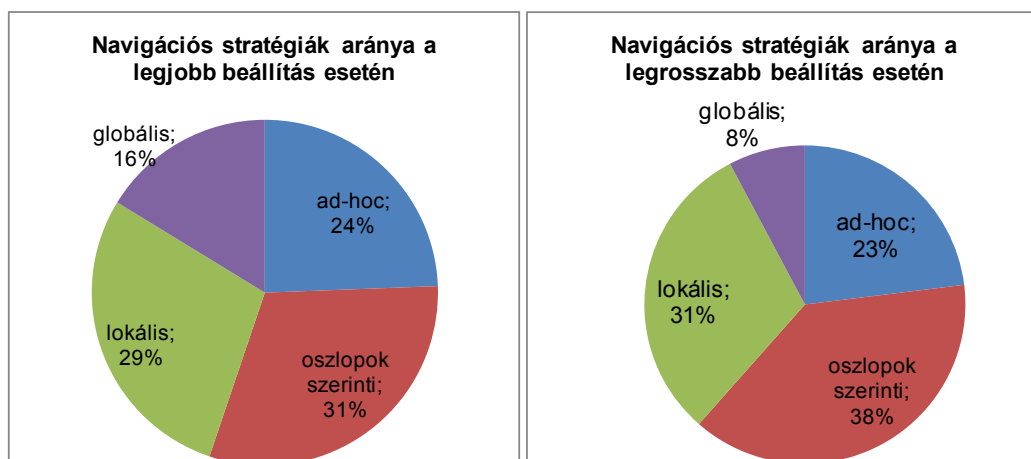
29. táblázat: Az útmodell kiértékelésének eredménye. A cellákban lévő Béta értékek az egyes paraméterek – közvetlen (direkt), közvetett (indirekt) és teljes (total) – hatását mutatják a különböző faktorokra.

	Vizuális keresés	Navigáció						
		Stratégia	Útvonal hossza				Megoldási idő	
		Direkt	Indirekt	Direkt	Total	Direkt	Indirekt	Total
Elrendezés	-0,125	-0,055	0,531	0,014	0,545	-0,065	0,204	0,139
Szóhossz	-0,041	-	-	-	-	-0,045	-	-0,045
Szín	-0,052	-0,017	0,100	0,004	0,104	0,087	0,039	0,126
Értelmesség	-0,140	0,012	-0,044	-0,003	-0,047	-0,173	-0,018	-0,191
Stratégia	-	-	-0,251	-	-0,251	-0,061	-0,092	-0,153
Úthossz	-	-	-	-	-	0,368	-	0,368

A szavak hosszának nem volt szignifikáns hatása sem a navigációs stratégiára, sem pedig az útvonal hosszára. Az értelmetlen szövegkörnyezet zavarta a felhasználók stratégiáját; ennek hatására rendezetlenebbé vált. A fekete háttér szintén rendezetlenebbé tette a navigációs struktúrát, akárcsak az 5 soros 10 oszlopos elrendezés.

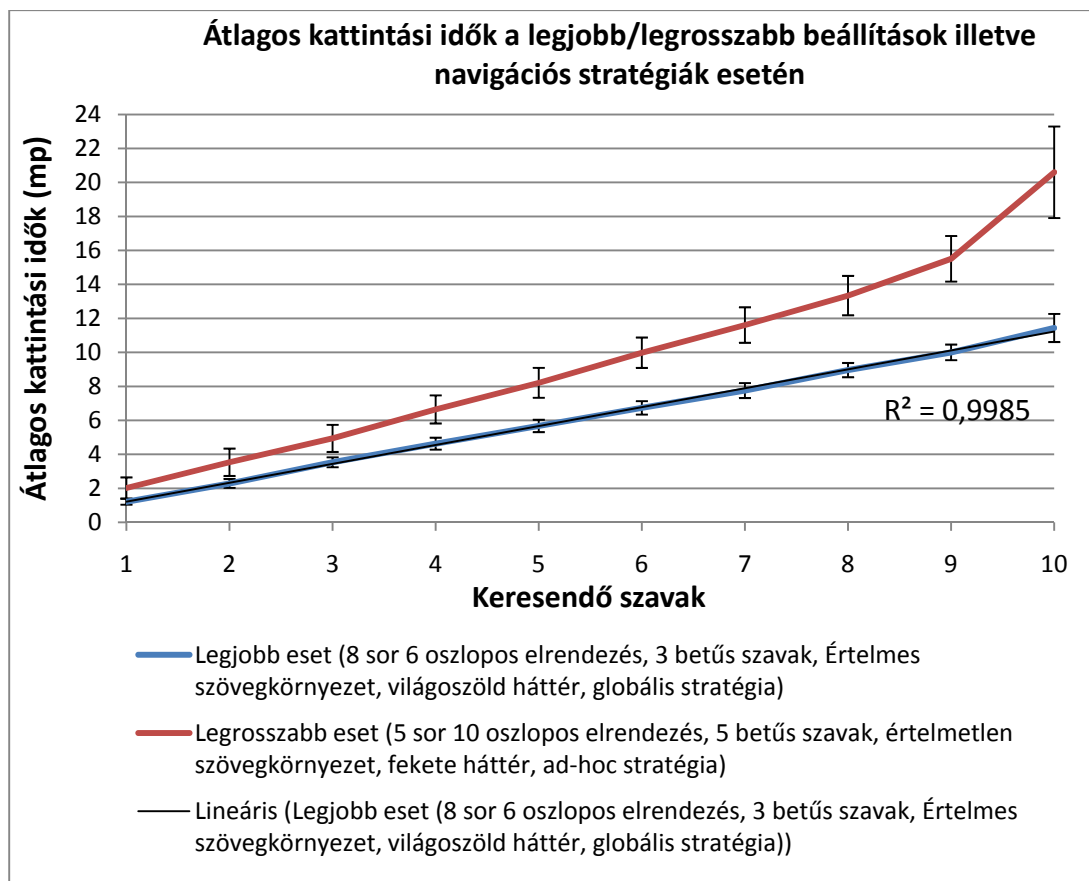
Kiderült az is, hogy minél rendezettebb a stratégia, annál rövidebb a megtett út hossza; továbbá minél rövidebb a megtett út hossza, annál kisebb a megoldási idő. A paraméterek tehát közvetlenül is és közvetve is hatnak a megoldási időre.

Látható, hogy ha csak egy paraméter értékét változtatjuk, már az változást okoz a megoldási időben és a stratégiában egyaránt. Nagy különbséget kapunk, ha összevetjük a navigációs stratégiák arányát a legjobb és a legrosszabb beállítás esetén. Míg a legjobb beállításnál az esetek 16%-ában figyelhető meg globális stratégia, addig a legrosszabb beállításnál már csak az esetek 8%-ában. Az oszlopok szerinti stratégia a legrosszabb beállításonál figyelhető meg többször: itt az esetek 38%-ában, míg a legjobb beállításonál az esetek 31%-ában. Lokális és ad-hoc stratégiák kb. azonos arányban fordulnak elő mindkét esetben (46. ábra).



46. ábra: Navigációs stratégiák aránya a legjobb/legrosszabb beállítások esetén

A legkisebb megoldási időket azokban az esetekben mértem, ahol a paraméterek a legjobb értékekre voltak beállítva, és a felhasználók globális stratégiát követve oldották meg a feladatlapot. A megoldási idők átlaga ezen esetekben 11,7 mp. A leghosszabb megoldási időket azokban az esetekben kaptam, amelyekben a legrosszabbak voltak a beállítások, és a felhasználók stratégiája ad-hoc jellegűnek mutatkozott. Az átlagos megoldási idő ezen esetekben 21,4 mp, ami majdnem kétszer akkora, mint a legjobb esetben (ld. 47. ábra). A konfidencia intervallumok szintén nagyobbak, ami a kattintási idők nagyobb bizonytalanságára utal. Már az első megtalált szó kattintási idejében is különbség mutatkozik.



47. ábra: Átlagos kattintási idők a legjobb/legrosszabb beállítások illetve navigációs stratégiák esetén

9.6 A kötött elrendezésű navigációs kísérlet eredményeinek részletes elemzése

9.6.1 A regresszióanalízis eredményei a kötött elrendezésű navigációs kísérletben

A következő kísérletben a keresendő szavak pozíciója kötött volt. A navigációs útvonalakon túl vizsgáltam az egyes paraméterek kiemelő hatását.

Az útmodellt kategorikus regresszió segítségével értékeltem ki, s a következő eredményekre jutottam. A paramétereknek nem volt hatása a navigációs stratégiára, amelyre a meglehetősen alacsony korrigált R^2 érték utal ($R^2=0,040$). A navigációs út hosszára ($R^2=0,466$) és a megoldási időre ($R^2=0,381$) nézve azonban egyaránt szignifikánsnak mutatkozott a modell. A megoldási időre nézve valamennyi paraméter szignifikáns volt (31. táblázat), míg a navigációs út hosszára nézve betűtípus, illetve a betűtípus-kiemelés nem volt szignifikáns (30. táblázat).

30. táblázat: Kategorikus regresszió eredménye, magyarázott változó a navigációs útvonal hosszára.

	Sztenderdizált együttműthetők		Szabadságfok	F statisztika	Szignifikancia
	Béta	Std. hiba			
Elrendezés megoldási idő szerint számozva	,616	,003	3	3,323E4	,000
Keresett szavak betűtípusa (0: Arial, 1: Courier New)	,002	,003	1	,222	,637
Betűtípus kiemelés (0:nincs, 1: van)	-,002	,003	2	,422	,655
Keresett szavak betűmérete (pt)	,018	,004	2	24,509	,000
Betűméret kiemelés	-,012	,004	1	11,349	,001
Háttérszín (0: sötétkék; 1: fehér)	-,026	,003	2	59,318	,000
Keresett szó betűszíné kiemelve (0: nincs; 1: van)	-,084	,003	2	607,606	,000
Stratégia (1: ad-hoc; 2:oszlopok szerinti; 3: lokális; 4: globális)	-,244	,003	2	5,028E3	,000

Magyarázott változó: Navigációs útvonal hossza (pixelben)

A regressziós egyenes meredekségére a Béta értékekből következtethetünk. Látható, hogy ha a keresett szó betűméretét kisebbre vettem, a megtett útvonal valamivel rövidebbé vált. Fehér háttérszín választása esetén szintén rövidebb lett a megtett út hossza, valamint – értelemszerűen – globális stratégia követése esetén is. A kiemelés – akár a betűk méretében, akár a betűk színében történt – minden esetben csökkentette a megtett út hosszát.

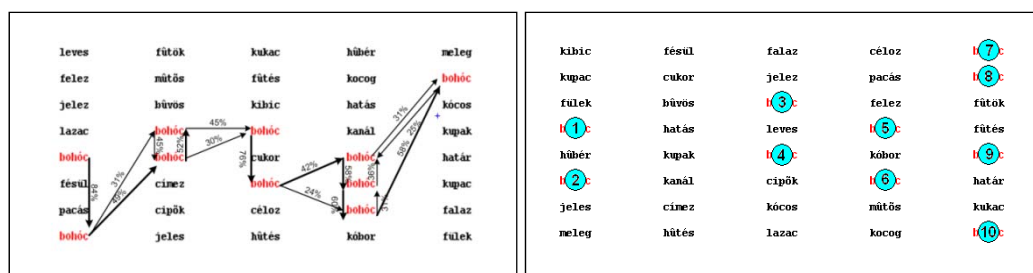
31. táblázat: Kategorikus regresszió eredménye, magyarázott változó a megoldási idő.

	Sztenderdizált együtthatók		Szabad- ságfok	F statisztika	Sznifí- kancia
	Béta	Std. hiba			
Elrendezés megoldási idő szerint számozva	-,038	,004	1	101,775	,000
Keresett szavak betűtípusa (0: Arial, 1: Courier New)	,053	,004	2	214,445	,000
Betűtípus kiemelés (0:nincs, 1: van)	-,028	,004	2	57,728	,000
Keresett szavak betűmérete (pt)	,138	,004	2	1,199E3	,000
Betűméret kiemelés	-,212	,004	2	2,804E3	,000
Háttérszín (0: sötétkék; 1: fehér)	-,106	,004	2	848,053	,000
Keresett szó betűszíné kiemelve (0: nincs; 1: van)	-,423	,004	2	1,317E4	,000
Stratégia (1: ad-hoc; 2:oszlopok szerinti; 3: lokális; 4: globális)	-,069	,004	2	323,358	,000
Navigációs útvonal hossza (pixelben)	,305	,004	4	5,973E3	,000

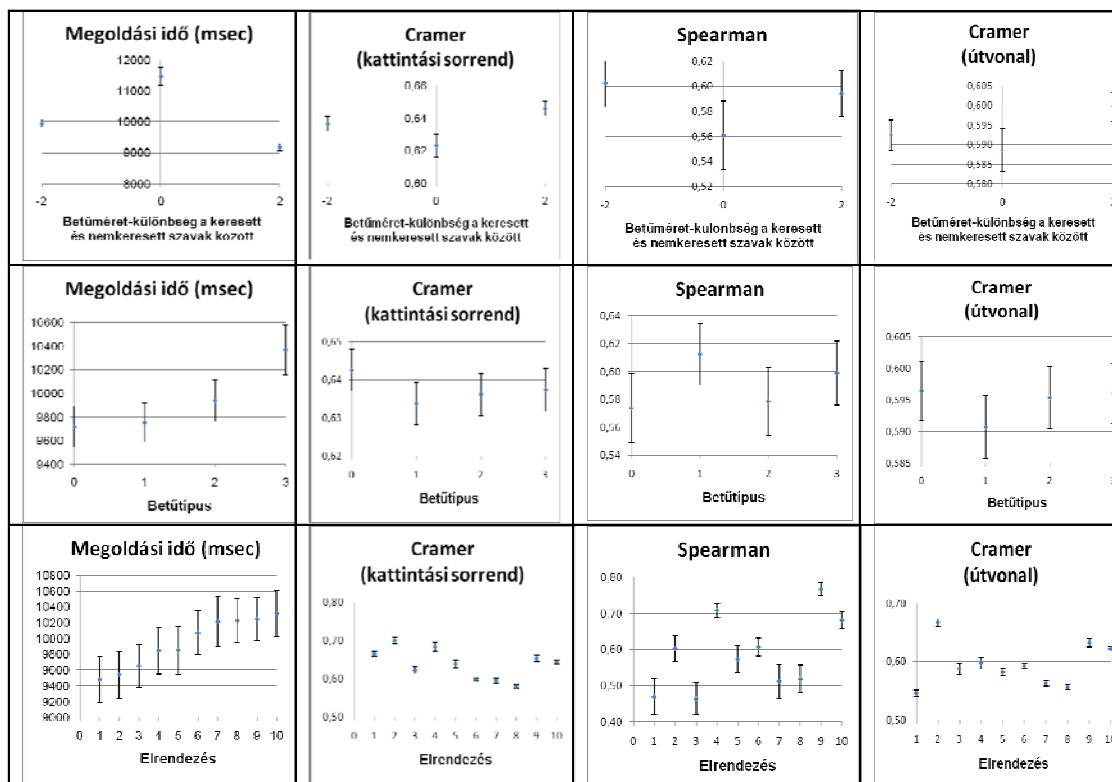
Magyarázott változó: Megoldási idő (mp)

A 31. táblázat alapján a következő paraméterértékek segítették a felhasználókat a feladat megoldásában: Arial betűtípus, kis betűméret, fehér háttér. Bármely paraméter szerinti kiemelés csökkentette a megoldási időt.

9.6.2 Kattintási sorrendek és navigációs útvonalak a kötött elrendezésű navigációs kísérletben



48. ábra: kontingencia-analízissel meghatározható útvonalak, Spearman-féle rangkorrelációval meghatározható szignifikáns sorrendek.



49. ábra: átlagos értékek és a hozzájuk tartozó 95%-os konfidencia intervallumok

A varianciaanalízis eredményeit a 49. ábra mutatja. Azt várnánk, hogy ha valamely betűméret-különbség / betűtípus-beállítás / elrendezés esetén kisebb reagálási időket kapunk, akkor az útvonalak között több hasonlóság lesz, következésképpen a Cramer és Spearman mutatók számításánál nagyobb értékeket kapunk. Azonban ha az ábrákat megfigyeljük, láthatjuk, hogy nem feltétlenül ott kapunk nagyobb értékeket ezen mutatókra, ahol a reagálási idők kisebbek voltak. Ez tehát azt jelenti, hogy ha egy kiemeléssel, illetve elrendezéssel segítjük a felhasználót abban, hogy gyorsabban végezze el a feladatot, az nem feltétlenül jelenti azt, hogy valamennyi felhasználó majd hasonló útvonalon fog navigálni. Hasonlóképpen igaz ez fordítva is: ha a felhasználónak segítünk abban, hogy egy adott útvonalon járja be a keresési teret, ez nem feltétlenül eredményezi, hogy gyorsabb lenne a megoldási idő. Az elrendezés és a kiemelés tehát befolyásolja mind a megoldási időt, mind pedig a navigációs útvonalat, de nem feltétlenül azonos módon.

A keresendő szavak betűméretének megváltoztatása gyorsabb feladatmegoldást eredményezett. Ahol a keresendő szavak betűmérete kisebb volt, ott a megoldási időben 13% javulást tapasztaltam, ahol nagyobb volt, ott pedig 20% volt a javulás mértéke. Célszerű tehát a 10pt vagy 12pt betűmérettel írt szövegekben a kiemelendő szavak nagyságát 2pt-vel

nagyobbnak választani, hiszen ebben az esetben a reagálási idő csökken, a Cramer/Spearman mutatók értéke pedig növekszik.

Nem érdemes azonban más betűtípust választani a keresett és a nemkeresett szavaknak, mert sem reagálási idő-csökkenést nem eredményez, sem pedig a navigációs útvonal/kattintási sorrend nem lesz nagyobb biztonsági szint mellett szignifikáns.

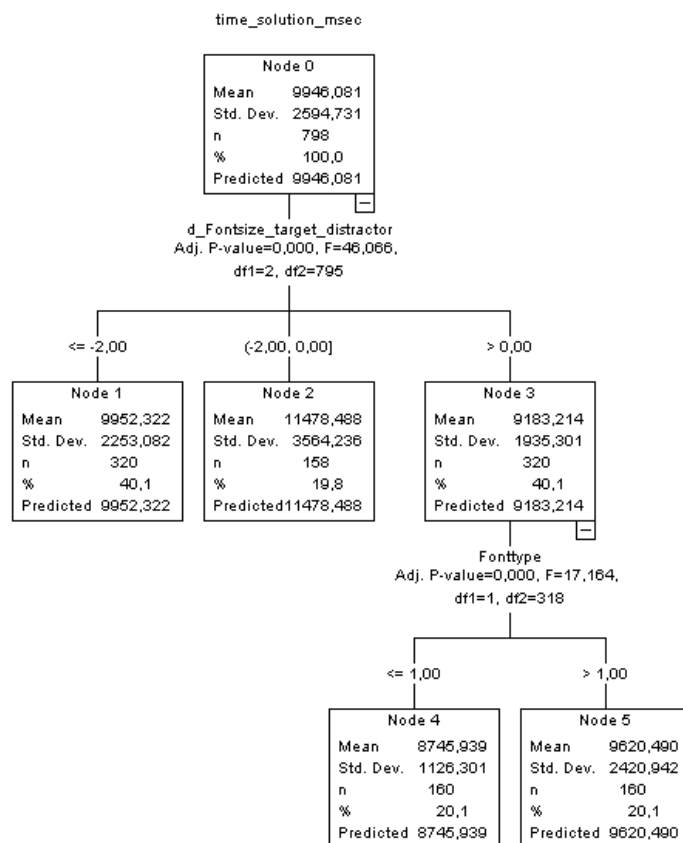
A keresett szavak elrendezésével csökkenthetők a reagálási idők (esetünkben a legnagyobb különbség 8% volt), de ez nem feltétlenül jelenti azt, hogy a navigációs útvonalak közt több lesz a hasonlóság.

9.6.3 Lényeges különbségek megtalálása

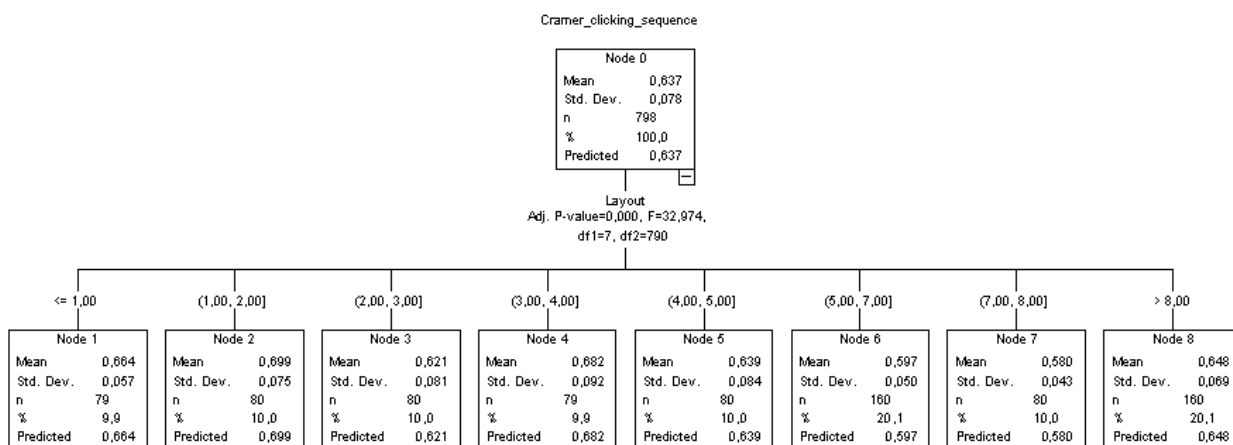
Az előző fejezetben regresszió- és variancia-analízis segítségével meghatároztam, hogy mely paraméterek szignifikánsak, illetve az együtthatóknak milyen előjelük van. Hierarchikus klaszterezés segítségével az is megvizsgálható, hogy mely paraméterértékek vonhatók össze. Valamennyi esetben a függő változók a betűméret-különbségek, a betűtípusok, valamint az elrendezések voltak. A független változók a reagálási idők, valamint a Cramer-, illetve Spearman-mutatók voltak.

A hierarchikus klaszterezés azt is megmutatja, hogy a nominális változók közül melyek a lényegesebb változók.

Ha a magyarázott változó a reagálási idő volt, akkor a legfontosabb csoportképző változók a betűméret-különbség és a betűtípus. Ha a magyarázott változó a kattintási sorrend vagy a navigációs útvonal, akkor a csoportképző változó az elrendezés. A csoportképzés szempontjából a betűtípus és a betűméret nem lényeges.

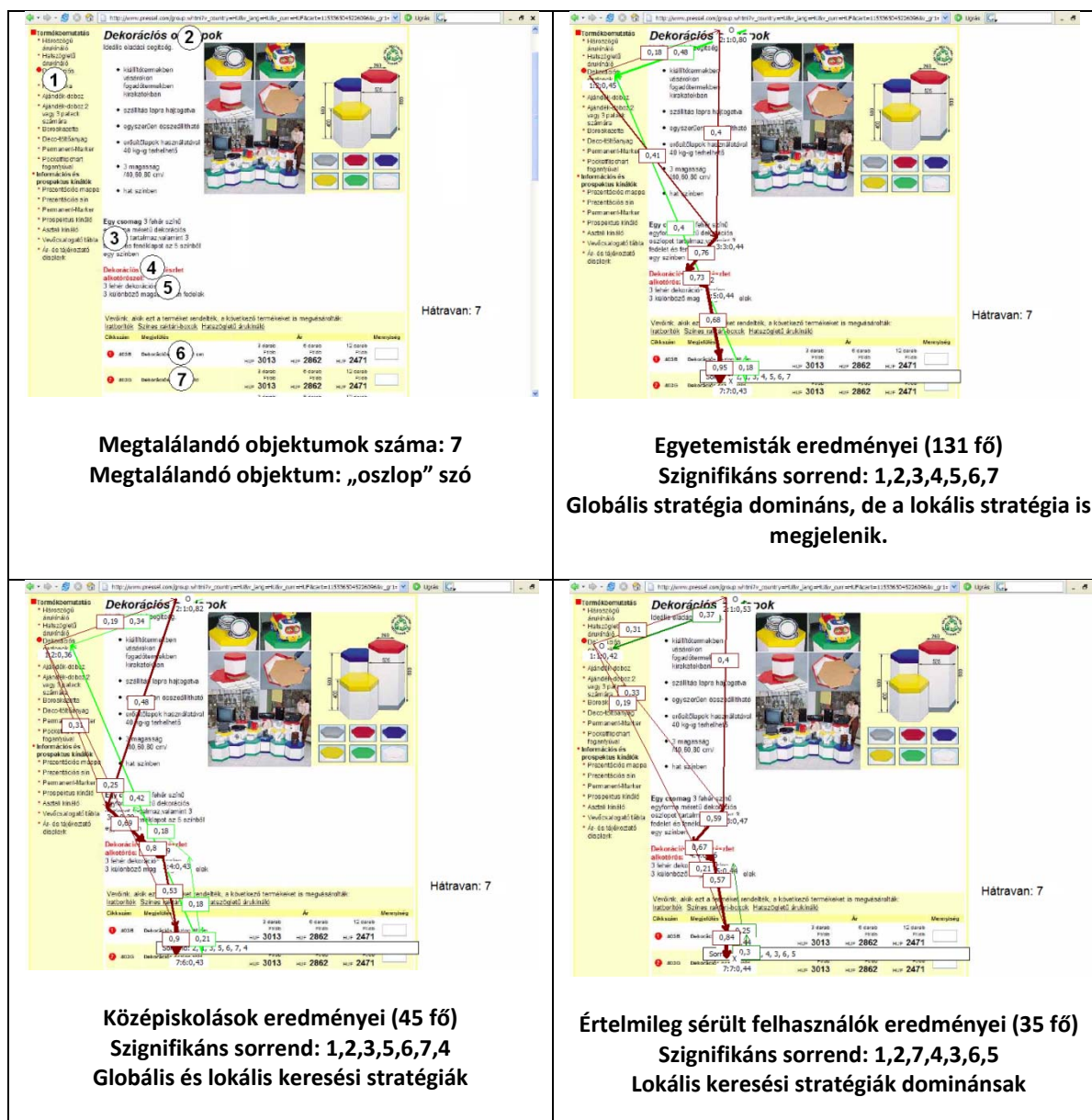


50. ábra: hierarchikus klaszterezés eredményei

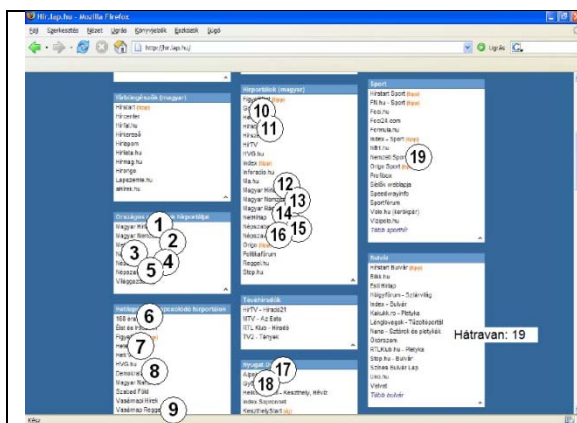


51. ábra: a hierarchikus klaszterezés eredményei

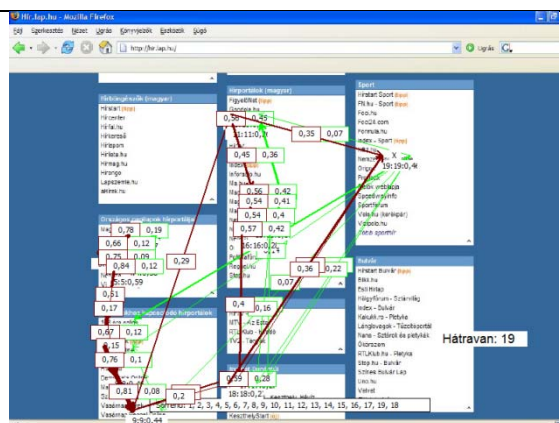
9.7 Honlapokon belüli keresések esetén meghatározott navigációs térképek



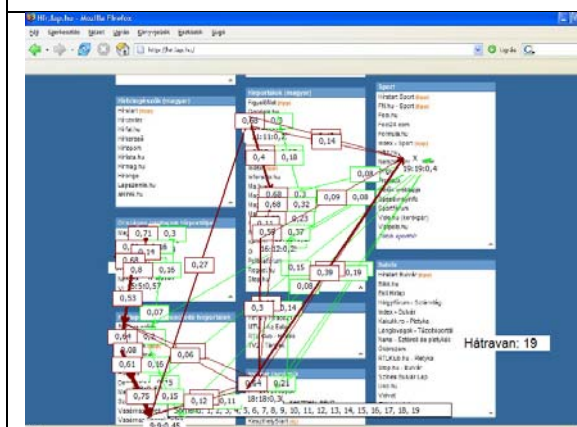
52. ábra: navigációs struktúrák összehasonlítása (vizsgált populációk: egyetemisták, középiskolások, értelmileg sérültek) (A keresendő objektumokat tekintve az inhomogenitás foka 1.)



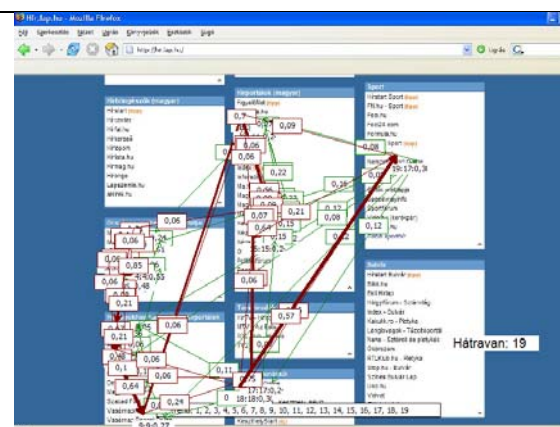
Megtalálandó objektumok száma: 19
Megtalálandó objektum: „online” szó
Értékelhető eredmények: (egyetemisták 135, középiskolások 44, értelmileg sérültek 23)



Egyetemisták eredményei (135 fő)
Szignifikáns sorrend:
1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,19,18
Lokális stratégia, „oszlopok szerinti irányultság”, de az ad-hoc stratégia is megjelenik.



Középiskolák eredményei (44 fő)
Szignifikáns sorrend:
1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19
Lokális stratégia, „oszlopok szerinti irányultság”, de az ad-hoc stratégia is megjelenik.



Értelmileg sérültek eredményei (23 fő)
Szignifikáns sorrend:
1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19
Lokális stratégia, „oszlopok szerinti irányultság”, de az ad-hoc stratégia is megjelenik.

53. ábra: Navigációs struktúrák, stratégiák a vizsgált célcsoportra vonatkozóan. (A keresendő objektumokat tekintve az inhomogenitás foka 0).



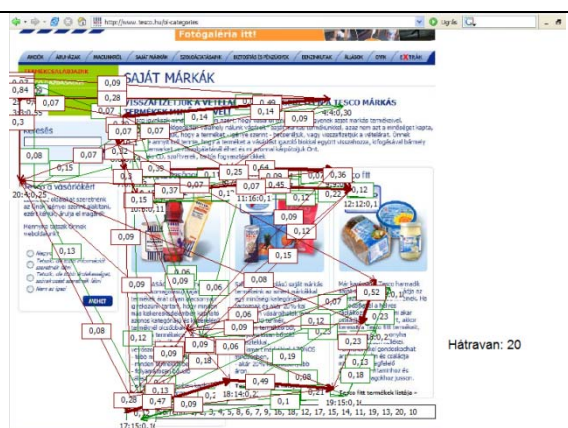
Megtalálható objektumok száma: 20
Megtalálható objektum: „Tesco” szó
Értékelhető eredmények: (egyetemisták 135, középiskolások 45, értelmileg sérültek 34)



Egyetemisták eredményei
Legvalószínűbb, de nem szignifikáns sorrend:
1,2,3,11,9,7,12,8,20,10,5,15,6,13,14,18,16,19,17,4
Ad-hoc stratégia dominanciája, de a lokális stratégia is megjelenik (pl. 1,2,3;17,18,19).

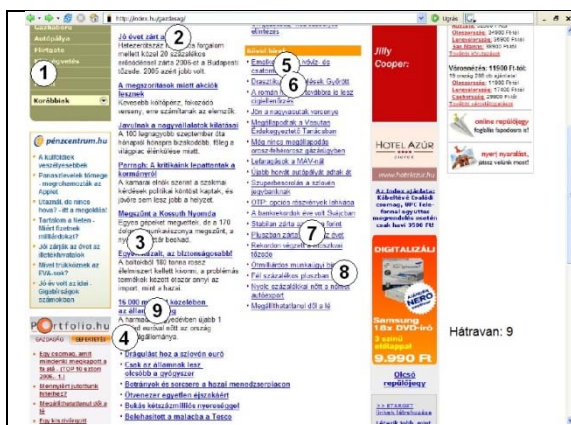


Középiskolások eredményei
Legvalószínűbb, de nem szignifikáns sorrend:
5,7,9,18,10,8,11,2,15,20,14,17,19,13,6,16,12,1,4,3
Ad-hoc stratégia dominanciája.

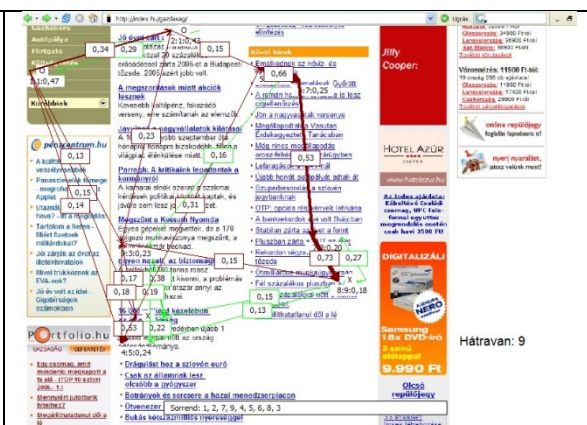


Értelmileg sérültek eredményei
Legvalószínűbb, de nem szignifikáns sorrend:
1,2,3,4,5,12,6,7,9,11,17,15,8,20,14,18,19,13,16,10
Ad-hoc stratégia.

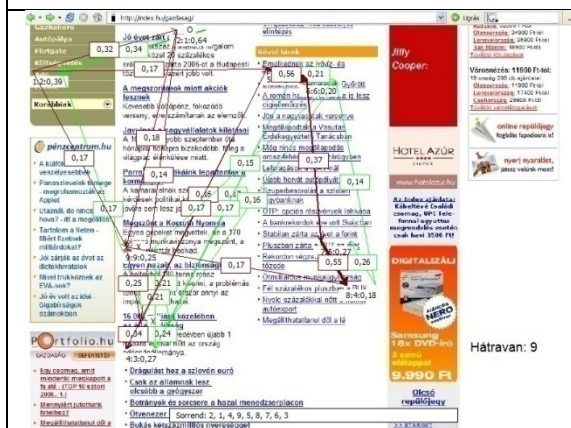
54. ábra: navigációs struktúrák vizsgálata (keresendő szó a „Tesco”)



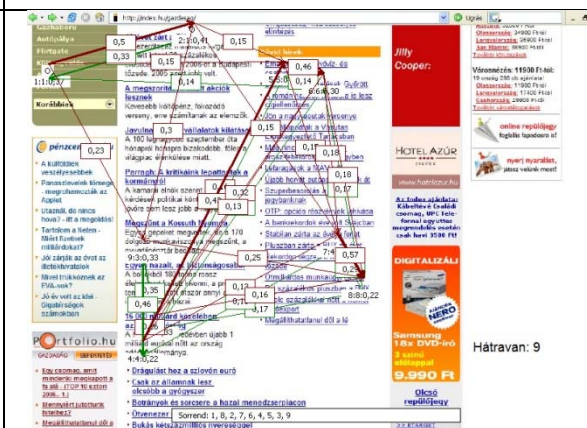
Megtalálható objektumok száma: 9
Megtalálható objektumok: „díj”, „adó”, „BUX”
szavak
Értékelhető eredmények: (egyetemisták 132,
középiskolások 44, értelmileg sérültek 21)



Egyetemisták eredményei
Legvalószínűbb, de nem szignifikáns sorrend:
1,2,7,9,4,5,6,8,3
Oszlopok szerinti lokális stratégia dominanciája, de
az ad-hoc stratégia is megjelenik.



Középiskolások eredményei
Legvalószínűbb, de nem szignifikáns sorrend:
2,1,4,9,5,8,7,6,3
Oszlopok szerinti lokális stratégia dominanciája, de
az ad-hoc stratégia is megjelenik.



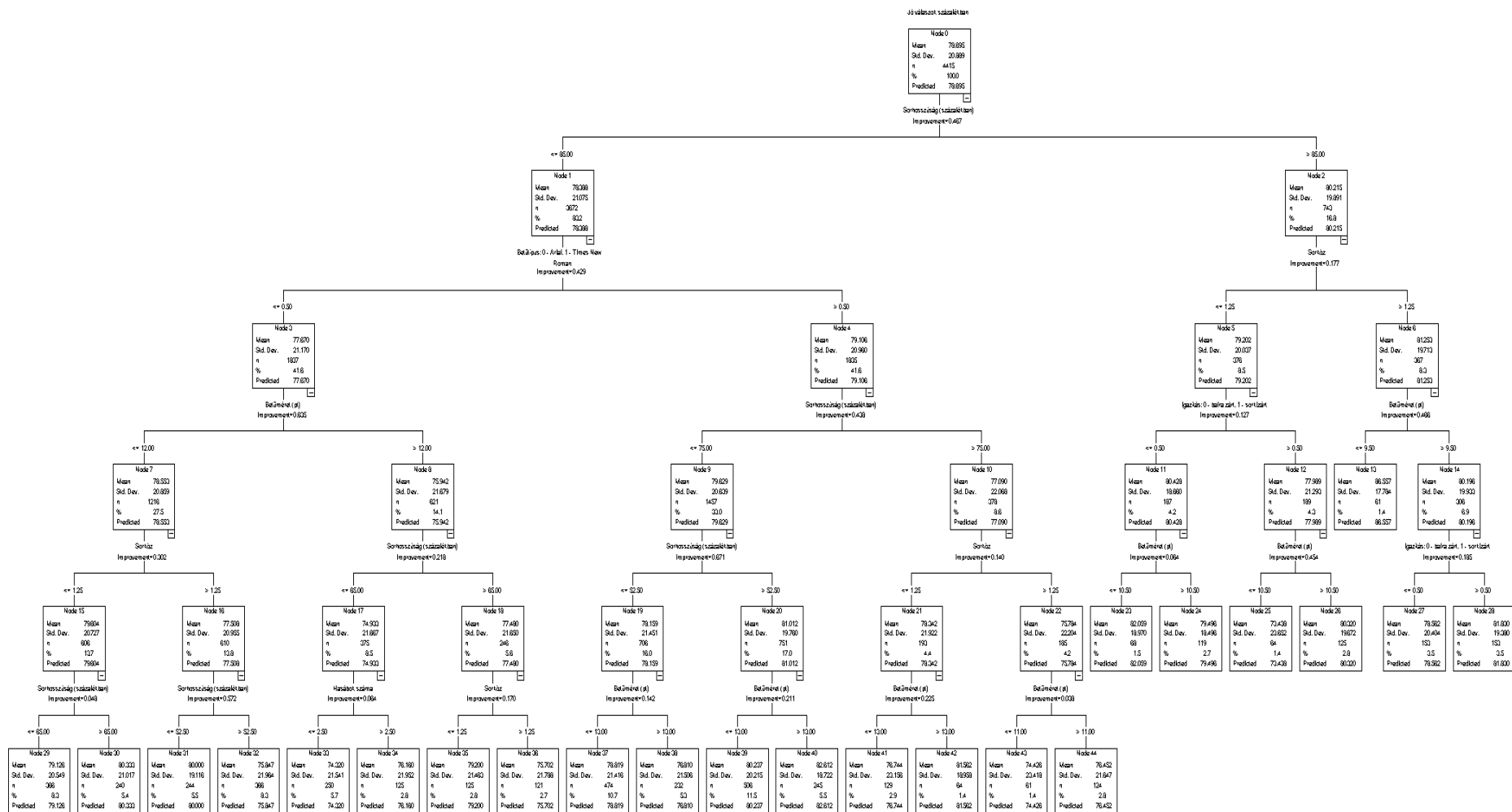
Értelmileg sérültek eredményei
Legvalószínűbb, de nem szignifikáns sorrend:
1,2,8,6,7,4,5,3,9
Ad-hoc stratégia dominanciája.

55. ábra: Navigációs struktúrák vizsgálata (keresendő szavak: „díj”, „adó”, „BUX”).



56. ábra: navigációs struktúrák vizsgálata (keresendő szavak: „foci”-val kapcsolatos szavak)

9.8 A szövegértés kísérlet eredményeinek részletes elemzése



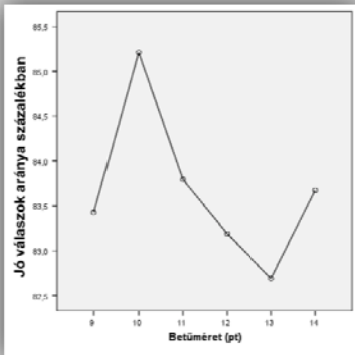
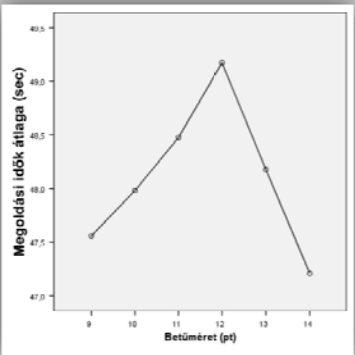
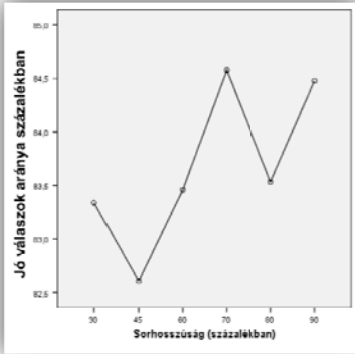
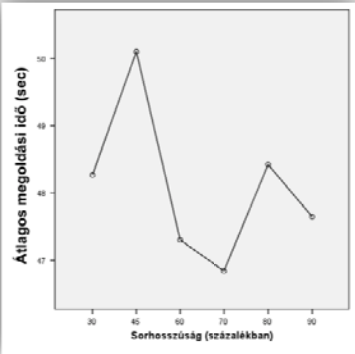
Ha azokat a feladatokat értékeltem, ahol a helyes válaszok száma legalább 60% volt, akkor az alábbi regressziós együtthatókat kaptam.

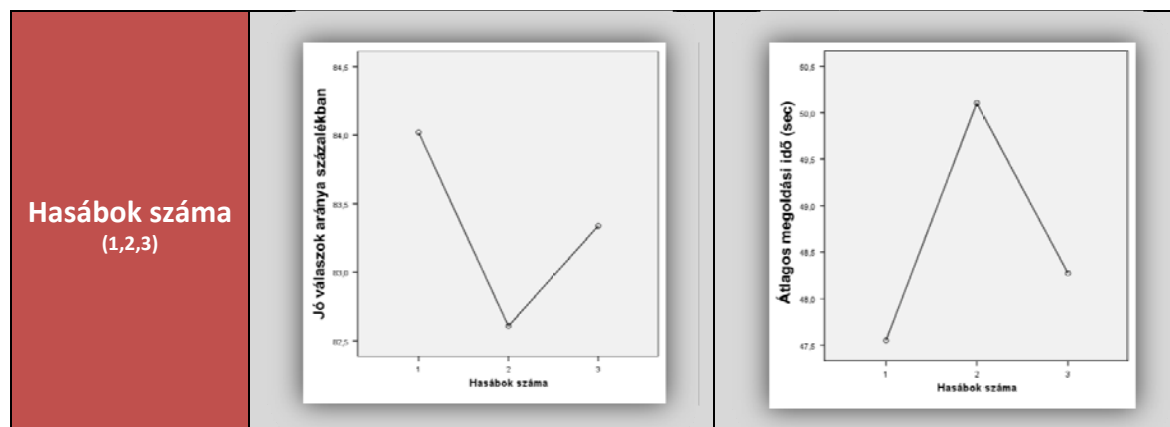
32. táblázat: regresszió-analízis eredménye, ahol a jó válaszok aránya nagyobb, mint 60% (magyarázott változók: jó válaszok aránya, megoldási idő; magyarázó változó: betűtípus, betűméret, sorhosszúság, sorköz, hasábok száma, igazítás) (*-al jelölt értékek nem szignifikánsak)

Magyarázó\magyarázott változó	Jó válaszok aránya	Megoldási idő
Betűtípus (0 Arial, 1 Times New Roman)	0,033	0,002*
Betűméret (9-14 pt)	-0,032	-0,001*
Sorhosszúság (3 hasáb esetén 30%; 2 hasáb esetén 45%; 1 hasáb esetén 60%, 70%, 80%, 90%)	0,031	0,000*
Sorköz (1-1,5)	-0,022*	0,016*
Hasábok száma (1,2,3)	0,011*	0,020*
Igazítás (0 balra zárt, 1 sorkizárt)	0,005*	-0,016*

Az alábbi nominális változókat, amelyek nem csak két értéket vehetnek fel (betűméret, sorhosszúság, hasábok száma), variancia-analízissel is vizsgáltam.

33. táblázat: variancia-analízis eredményei (*-al jelölt értékek nem szignifikánsak)

x\y	Jó válaszok aránya	Megoldási idő
Betűméret (9,11,13 pt Arial, 10,12,14 pt Times New Roman)		
Sorhosszúság (3 hasáb esetén 30%; 2 hasáb esetén 45%; 1 hasáb esetén 60%, 70%, 80%, 90%)		



A variancia-analízis szerint a hasábok száma is szignifikáns mind a jó válaszokat, mind pedig a megoldási időt tekintve.

Bár külön-külön ezek faktorok nem mindegyike szignifikáns, de egyes beállítások akár 15%-al is növelhetik a jó válaszok átlagát. A jó válaszok arányát vizsgálva a legjobb beállításnak a következők bizonyultak.

34. táblázat: a variancia- és regresszió-analízis alapján ajánlott beállítások átlagos eredményei (jó válaszok és megoldási idő tekintetében) (css a beállításokat tartalmazó file száma, *m* az értékelhető eredmények száma)

		Jó válaszok %-ban		Megoldási idő (msec)		Beállítások értékei					
css	m	átlag	std. hiba	átlag	std. hiba	Betűtípus	Igazítás	Betűméret	Sor-köz	Sor-hossz	Hasáb
142	33	69,70	4,00	49,94	4,02	Arial	Balra zárt	13	1,5	45	2
3	33	85,45	2,50	47,00	4,74	Times New Roman	Sorkizárt	10	1	70	1

3 hasábos elrendezés esetén (ahogyan ezt korábbi kísérleteim alapján vártam) a megoldási idő csökkenthető.

35. táblázat: legkisebb megvalósítási időt szolgáltató 3 hasábos elrendezés

		Jó válaszok %-ban		Megoldási idő (msec)		Beállítások értékei					
css	m	átlag	std. hiba	átlag	std. hiba	Betűtípus	Igazítás	Betűméret	Sor-köz	Sor-hossz	Hasáb
104	24	77,70	4,50	39,83	2,11	Times New Roman	Sorkizárt	12	1,5	30	3

A preferált beállítások vizsgálatánál 99 értékelhető eredmény született. A legtöbben, 7-en az alábbi két beállítást preferálták:

36. táblázat: Preferált beállítások (a CSS szám a .css fájl számára utal)

CSS	Betűtípus	Betűméret	Igazítás	Sormagasság	Hasáb
30	Times	12	Sorkizárt	1,5	80%
93	Arial	13	Sorkizárt	1,5	90%

A paraméterek hatását a preferáltságra nézve regresszió-elemzéssel (37. táblázat) és variancia-analízissel (38. táblázat) egyaránt vizsgáltam. Mindkét esetben a sorigazítás és a sorköz paraméter mutatkozott szignifikánsnak.

37. táblázat: Regresszióanalízis eredménye. Magyarózott változó: preferáltság.

Paraméterek	Nem sztenderdizált együtthatók		Sztenderdizált együtthatók	t	Szignifikancia
	β	Std. hiba	β		
(Konstans)	-4,978	3,770		-1,320	,195
1=Times New Roman, 0=Arial	,106	,529	,029	,201	,842
Betűméret	,216	,252	,123	,857	,397
1=Balra, 0=Sorkizárt	-1,603	,508	-,424	-3,154	,003
Sorköz	3,630	1,170	,428	3,102	,004
Hasábméret	,003	,007	,070	,498	,622

38. táblázat: A variancia-analízis eredménye. Magyarózott változó: preferáltság.

Stílusparaméter	Kapcsolat	Eltérés négyzetek	Szabadságfok	Átl. elt.	F statisztika	Szignifikancia
Betűtípus	Csoportok között	,212	1	,212	,061	,806
	Csoportokon belül	135,739	39	3,480		
	Összesen	135,951	40			
Betűméret	Csoportok között	2,474	3	,825	,229	,876
	Csoportokon belül	133,477	37	3,607		
	Összesen	135,951	40			
Sorigazítás	Csoportok között	27,656	1	27,656	9,960	,003
	Csoportokon belül	108,295	39	2,777		
	Összesen	135,951	40			
Sortávolság	Csoportok között	22,858	1	22,858	7,882	,008

	Csoportokon belül	113,094	39	2,900		
	Összesen	135,951	40			
Hasábméret	Csoportok között	8,514	5	1,703	,468	,798
	Csoportokon belül	127,437	35	3,641		
	Összesen	135,951	40			

A variancia-analízis azt mutatta meg, hogy melyik paraméter hogyan hat a preferáltságra. Vajon ha preferált egy adott beállítás, akkor abból mennyire tudunk következtetni az egyes paraméterek értékeire? A két szignifikáns paramétert (sorigazítás, sorköz) diszkriminancia-analízissel tovább vizsgáltam, mellyel az a 39. táblázatban látható eredményre jutottam.

39. táblázat: Diszkriminancia—analízis eredménye. Magyarázott változó: preferáltság.

	Függvény(ek) tesztje	Wilks' Lambda	Khi-négyzet	d	Szignifi- kancia
Sorigazítás	1	,797	8,756	1	,003
Sorköz	1	,832	7,087	1	,008

A Wilks's Lambda értéke azt mutatja, hogy ezek a változók nem csak szignifikánsak, hanem relevánsak is. Ez egy jóval erősebb állítás, mint amit a varianciaanalízis eredményénél kaptunk. A varianciaanalízis eredménye alapján azt mondhatjuk, hogy ha ezeket a stílusparamétereket megfelelően állítjuk be, akkor a felhasználók preferálni fogják. A diszkriminancia-analízis eredménye viszont arra enged következtetni, hogy a felhasználók ezeket az értékeket preferálták.

Az útelemzés során az (1)-es útmodell kiértékelésénél az alábbi eredményeket kaptam:

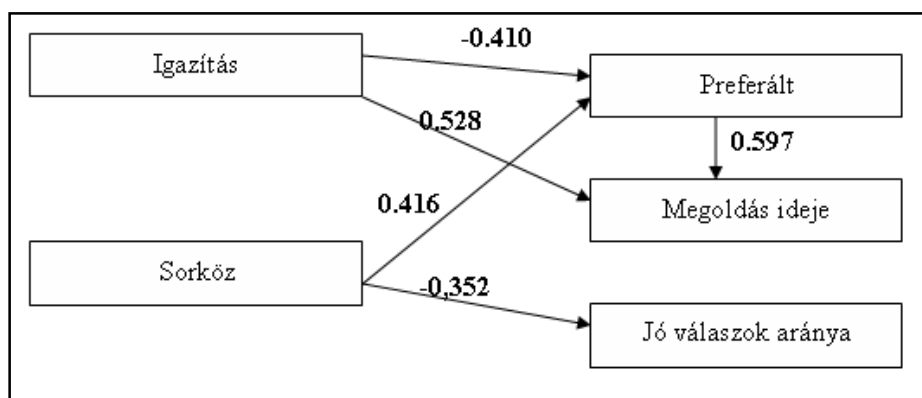
40. táblázat: Az útelemzés eredménye. A *-gal jelölt értékek szignifikánsak.

Magyarázott változók	Ok-okozat iránya	Magyarázó változók	Szignifi- kancia- szint
Preferált	<---	Igazítás (1=Balra, 0= Sorkizárt)	,002 (*)
Preferált	<---	Hasábméret / sorhossz	,441
Preferált	<---	Sorköz	,002 (*)
Preferált	<---	Betűméret (1=11,12pt 0=13,14pt)	,443
Preferált	<---	Betűtípus (1=Times New Roman, 0=Arial)	,635
Jó válaszok aránya	<---	Igazítás (1=Balra, 0= Sorkizárt)	,272
Jó válaszok aránya	<---	Hasábméret / sorhossz	,708
Jó válaszok aránya	<---	Sorköz	,042 (*)

Jó válaszok aránya	<---	Betűméret (1=11,12pt 0=13,14pt)	,166
Jó válaszok aránya	<---	Betűtípus (1=Times New Roman, 0=Arial)	,874
Megoldás ideje	<---	Betűméret (1=11,12pt 0=13,14pt)	,142
Megoldás ideje	<---	Igazítás (1=Balra, 0= Sorkizárt)	0,000 (*)
Megoldás ideje	<---	Betűtípus (1=Times New Roman, 0=Arial)	,352
Megoldás ideje	<---	Hasábméret / sorhossz	,204
Megoldás ideje	<---	Sorköz	,209
Jó válaszok aránya	<---	Preferált	,900
Megoldás ideje	<---	Preferált	0,000 (*)

A preferáltságra a sorigazítás és a sorköz változók hatottak. A jó válaszok arányára csak a sorköz mutatkozott szignifikánsan befolyásoló faktornak. A megoldás idejére a sorigazítás és a preferáltság is hatott.

Az (1)-es útmodell tehát a következőképpen módosítható (58. ábra).



58. ábra: Útmodell (1) csak a szignifikáns paraméterek feltüntetésével. A nyilakon szereplő számértékek a regresszióelemzés során számított β értékeket mutatják.

A β értékek alapján – az eddigi eredményekhez hasonlóan – elmondhatjuk, hogy

- a sorigazítás esetén, a sorkizárt igazítás preferáltabb a balra zártnál;
- balra zárt szöveg esetén növekszik a megoldás ideje;
- a 1,5-es sorköz a preferáltabb az 1-es sorközzel szemben;
- a 1,5-es sorköz esetén csökken a jó válaszok aránya.

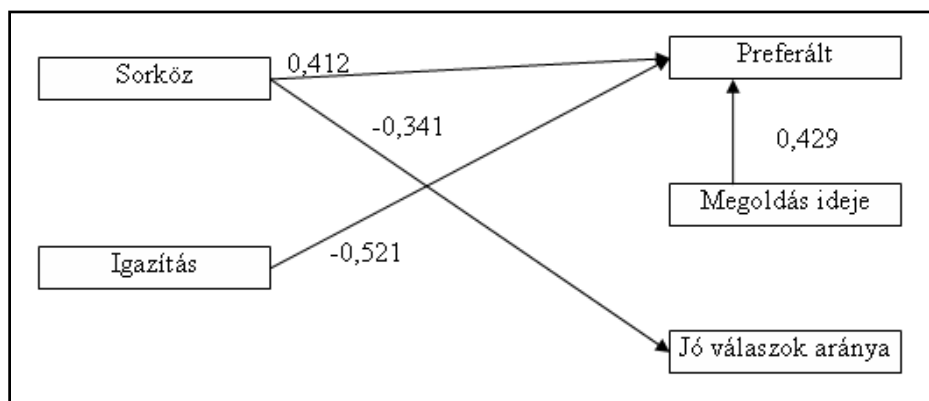
A preferáltság nem volt hatással a jó válaszok arányára, viszont a megoldási idő – talán meglepően is – annál jobban növekedett, minél inkább preferáltabb volt a stíluslap.

A (2)-es útmodell kiértékelésénél az 41. táblázatban látható eredményeket kaptam.

41. táblázat: A (2)-es útmodell kiértékelésének eredménye.

Magyarázott változók	Ok-okozat iránya	Magyarázó változók	Szignifikanciaszint
Jó válaszok aránya	<---	Igazítás (0=Sorkizárt, 1=Balra zárt)	0,197
Jó válaszok aránya	<---	Hasábméret / sorhossz	0,694
Megoldás ideje	<---	Hasábméret / sorhossz	0,473
Jó válaszok aránya	<---	Sorköz	0,029 (*)
Megoldás ideje	<---	Sorköz	0,749
Jó válaszok aránya	<---	Betűméret (1=11,12pt 0=13,14pt)	0,167
Megoldás ideje	<---	Betűméret (1=11,12pt 0=13,14pt)	0,372
Megoldás ideje	<---	Igazítás (0=Sorkizárt, 1=Balra zárt)	0,065
Megoldás ideje	<---	Betűtípus (1=Times New Roman, 0=Arial)	0,57
Jó válaszok aránya	<---	Betűtípus (1=Times New Roman, 0=Arial)	0,866
Preferált	<---	Igazítás (0=Sorkizárt, 1=Balra zárt)	*** (*)
Preferált	<---	Hasábméret / sorhossz	0,201
Preferált	<---	Sorköz	0,001 (*)
Preferált	<---	Betűméret (1=11,12pt 0=13,14pt)	0,142
Preferált	<---	Betűtípus (1=Times New Roman, 0=Arial)	0,384
Preferált	<---	Megoldás ideje	*** (*)
Preferált	<---	Jó válaszok aránya	0,65

A (2)-es útmodell a következőképpen egyszerűsíthető ().



59. ábra: A (2)-es útmodell csak a szignifikáns paraméterek feltüntetésével. A nyilakon szereplő számértékek a regresszióelemzés során számított β értékeket mutatják.

A regresszióanalízis eredményéből arra következtethetünk, hogy

- a 1,5-es sorköz esetén a jó válaszok aránya csökken;
- a sorkizárt szövegek preferáltabbak a balra zárttal szemben;
- a 1,5-es sorköz preferáltabb a szimplával szemben;

valamint minél hosszabb a megoldási idő, annál preferáltabb az adott stílus.

Az eredmények összehasonlítása alapján tehát elmondható, hogy nem minden esetben a felhasználók által preferált beállítás segíti az olvasókat a szövegértésben.

9.9 Két további navigációs kísérletem

9.9.1 Honnét indulunk?

Egy sorban elhelyeztem – azonos nagyságú – köröket, négyzeteket, háromszögeket. Valahol a sor közepén zöld színnel megjelöltem két objektumot, például egy négyzetet és egy háromszöget, amelyek nincsenek egymás mellett. (60. ábra). Ezeket az objektumokat neveztem *viszonyítási objektumoknak*. A feladat első részében – a „Kezdés”-gomb megnyomása után – a zöld négyzettől balra elhelyezkedő objektumokra kellett rákattintani (ekkor színük pirosra változott), majd pedig a „Tovább”- gombra kattintás után a zöld háromszögtől jobbra lévő formákat kellett mind megtalálni (színük ekkor kékre változott). Vajon felülírja-e az uralkodó balról jobbra haladást a feladat első részében megjelölt viszonyítási objektum? Honnét indulnak a felhasználók?

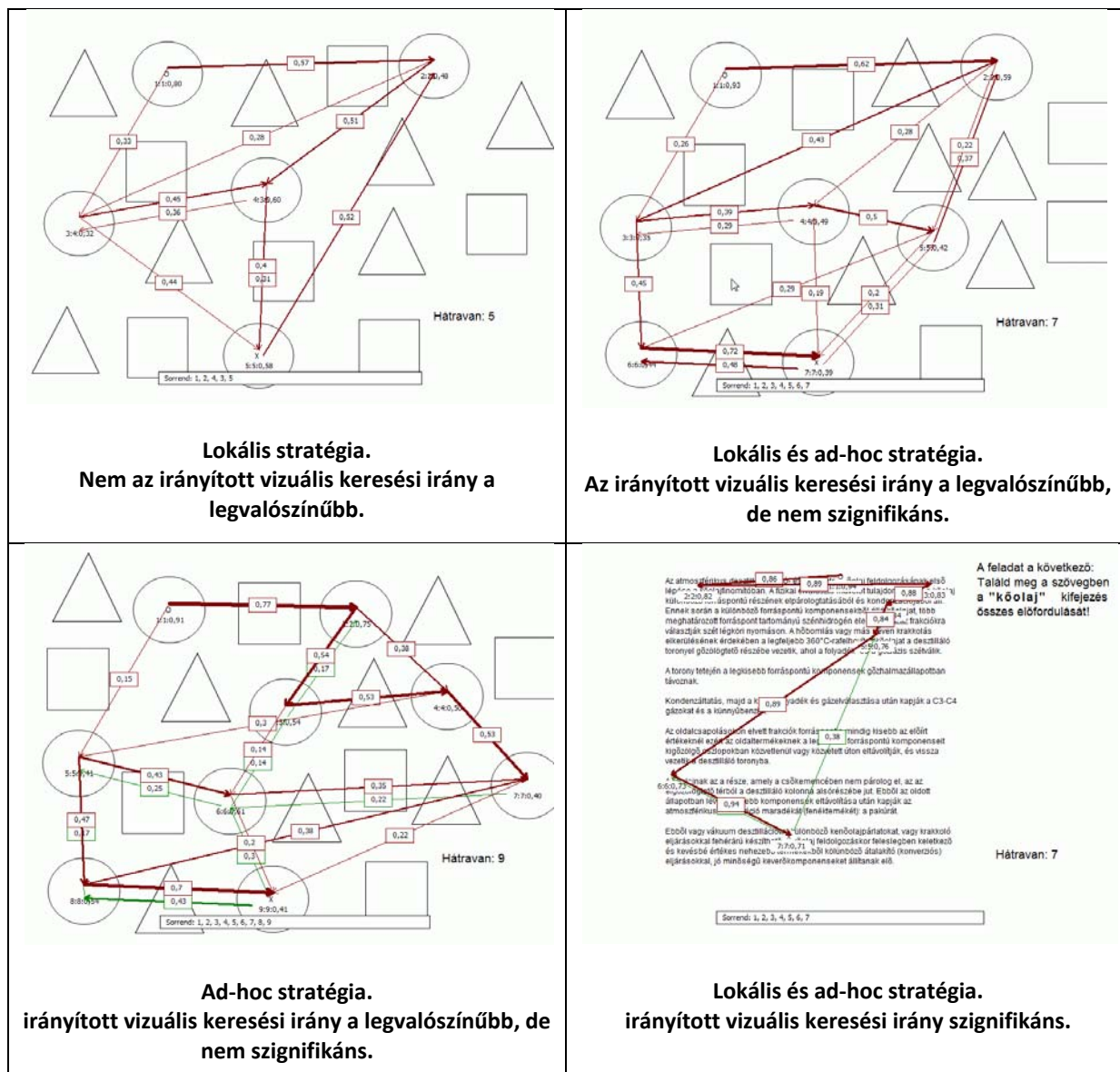


60. ábra: Keresés a viszonyítási objektumokhoz képest.

Az eredmények egyértelműen rámutatnak arra, hogy ha a felhasználónak valamilyen „támpontot” adunk, hogy mely objektumhoz képest keressen, ez az uralkodó balról-jobbra tartó keresését befolyásolja. Ha ez a haladási irány érvényesülne, akkor a legtöbbször előforduló navigációs útvonal a képernyő bal szélén lévő objektumtól indult volna, és haladt volna egészen a zöld színnel megjelölt alakzatig. Ehhez képest valamennyi felhasználói csoportban, az esetek 90%-ában éppen fordított volt az objektumokra való kattintások sorrendje. Ez a jelenség a bonyolultabb elrendezésű feladatlapon is megfigyelhető.

9.9.2 Vizuális kereséstől a navigációig

Ha a navigáció nem tekinthető a vizuális keresések sorozatának, akkor vajon a reagálási idő csökkenthető-e azáltal, hogy a felhasználónak mindig csak a következő objektumot kell megtalálnia? Vagyis, ha a navigációs struktúrát „irányítjuk”, akkor vajon csökkenthető-e a reagálási idő?



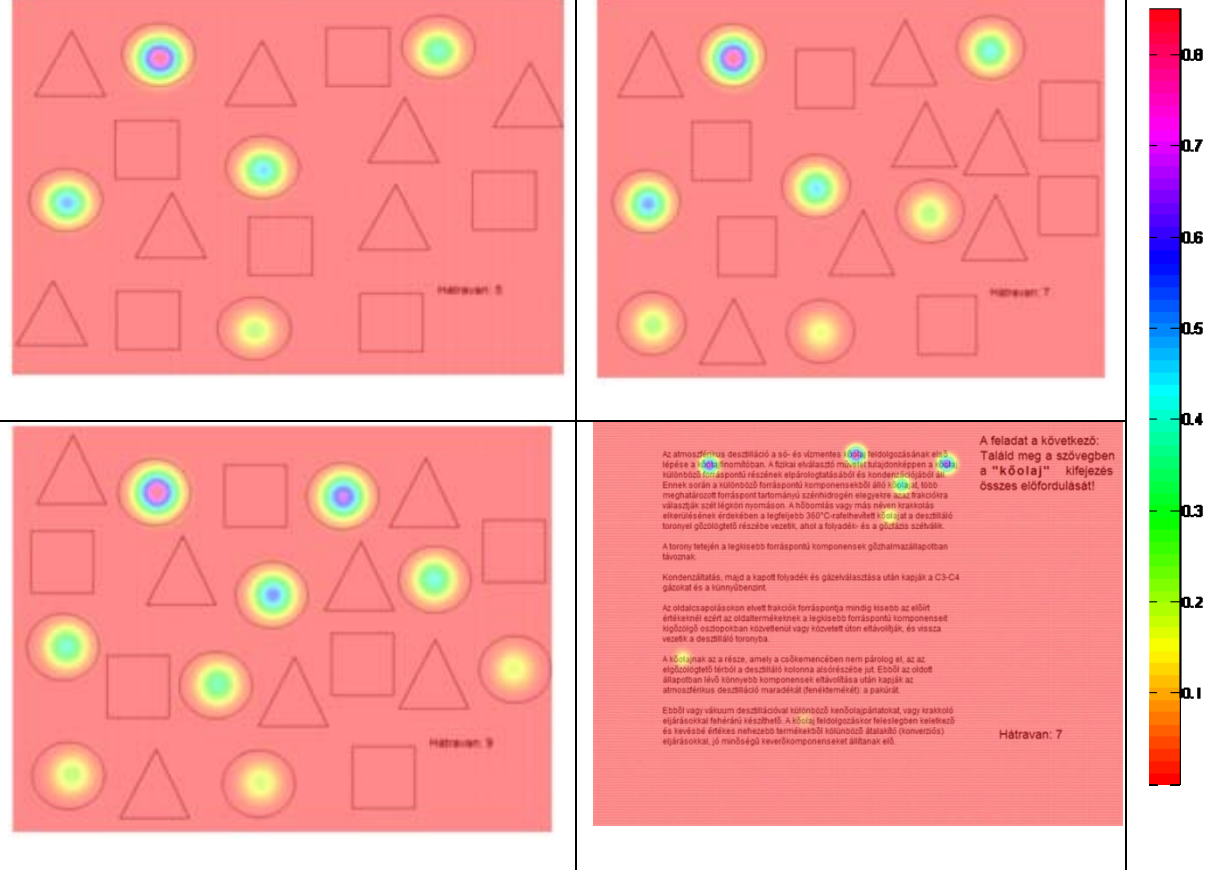
61. ábra: navigációs struktúrák összehasonlítása különböző számú célobjektum keresése esetén (az inhomogenitás foka (a keresendő objektumokat tekintve) valamennyi esetben 0, vagyis a keresési tér (a keresendő objektumokat tekintve) homogén)

A megtalálendő objektumok száma 5, 7 illetve 9 volt. Három feladat esetén egyszerű objektumokat (köröket) kellett megkeresni, míg egy esetben szavakat egy összefüggő szövegben. Mind a négy esetben az objektumokat úgy számoztam, hogy az a szövegolvasás szerinti haladási irányt feltételezze. Egy-egy feladatot úgy kellett megoldani, hogy először valamennyi objektum látszódot (navigációs feladat), majd a feladatot úgy kellett elvégezni,

hogy mindig csak a soron következő objektum jelent meg (vizuális keresési feladatok sorozata).

Az a feltételezés, hogy a navigáció a vizuális keresések sorozata, két szempontból is megkérdőjelezendő. Egyrészt, a keresési stratégiák az objektumszámok növelésével itt is az ad-hoc keresési stratégia irányába mutatnak még akkor is, ha az olvasási irány sok esetben a legvalószínűbb sorrend volt. Azonban, ha a felhasználók preferenciáit vizsgáljuk, akkor már egyáltalán nem ez a preferencia-sorrend fog szerepelni. Tehát nem mondható el az, hogy az irányított vizuális keresési feladat által kijelölt útvonal mentén preferálnák a megtalálándó objektumokat. Vagyis nem feltétlenül fogják hamarabb megtalálni ezeket az objektumokat, mint ahogyan azt az „irányított” vizuális keresések esetén várnám.

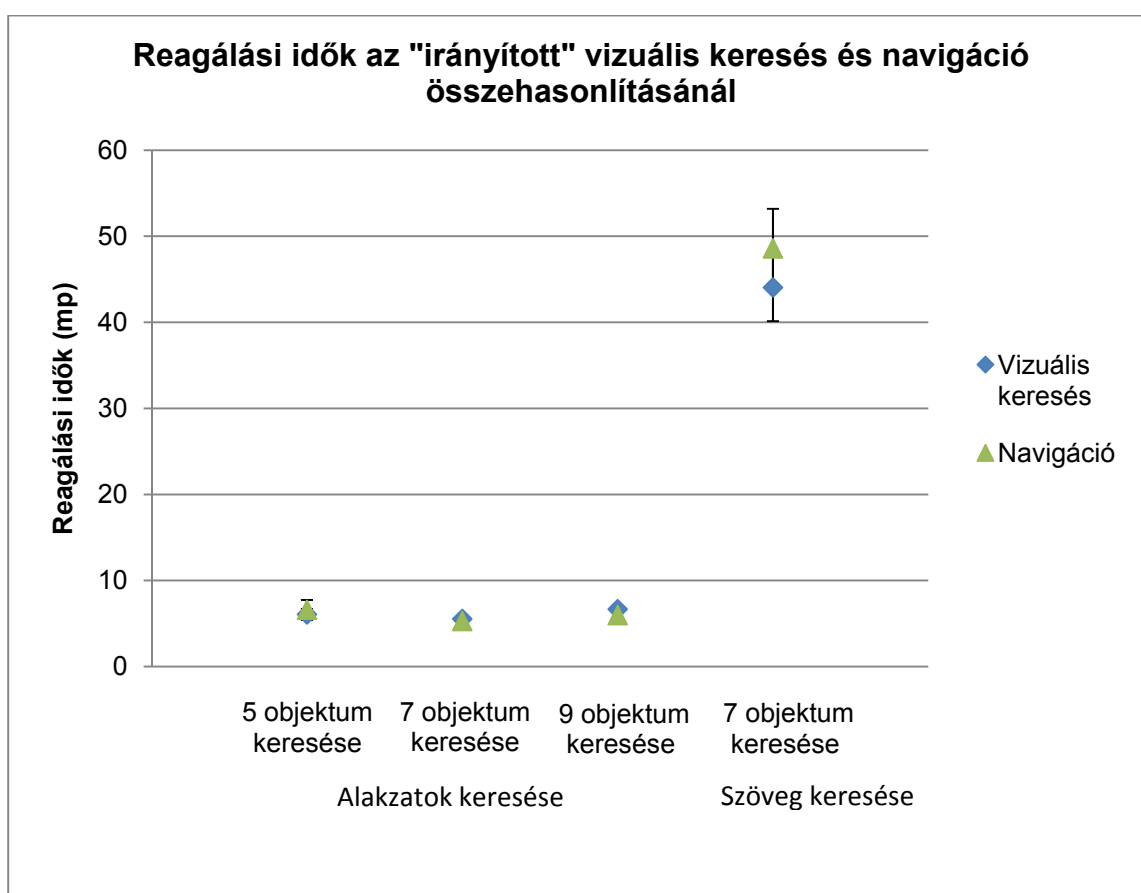
Ha a kattintási preferenciákat tekintjük, akkor a felhasználók által inkább a képernyő bal felső negyede preferált. Csak a szöveges keresésnél látszik egyértelműen, hogy a navigációjuk az olvasási irányt követi. Ha nem kellett a szöveget olvasni, akkor különösen 5 és 7 keresendő objektumnál egyértelműen megfigyelhető, hogy a bal felső sarokban lévő objektumokat előbb megtalálták. A felhasználók a bal felső sarokhoz képest a legnagyobb távolságra lévő objektumokat pedig sokkal később találták meg, mint a többi objektumot.



Segíthetjük-e a felhasználót a feladatmegoldásban, ha mindig csak a következő objektumra kell koncentrálnia.

43. táblázat: „Irányított” vizuális keresés és navigáció reagálási időinek vizsgálata. (Egyetemisták: 104 fő. Az eredmények másodpercben értendők.)

Reakcióidők vizsgálata (mp)			Vizuális keresés	Navigáció
Alakzatok keresése	5 objektum keresése	Átlag	6,07	6,60
		Std.hiba	0,31	0,57
	7 objektum keresése	Átlag	5,54	5,29
		Std.hiba	0,11	0,19
	9 objektum keresése	Átlag	6,68	5,97
		Std.hiba	0,15	0,15
Szöveges keresési feladat	7 objektum keresése	Átlag	44,06	48,59
		Std.hiba	1,98	2,32

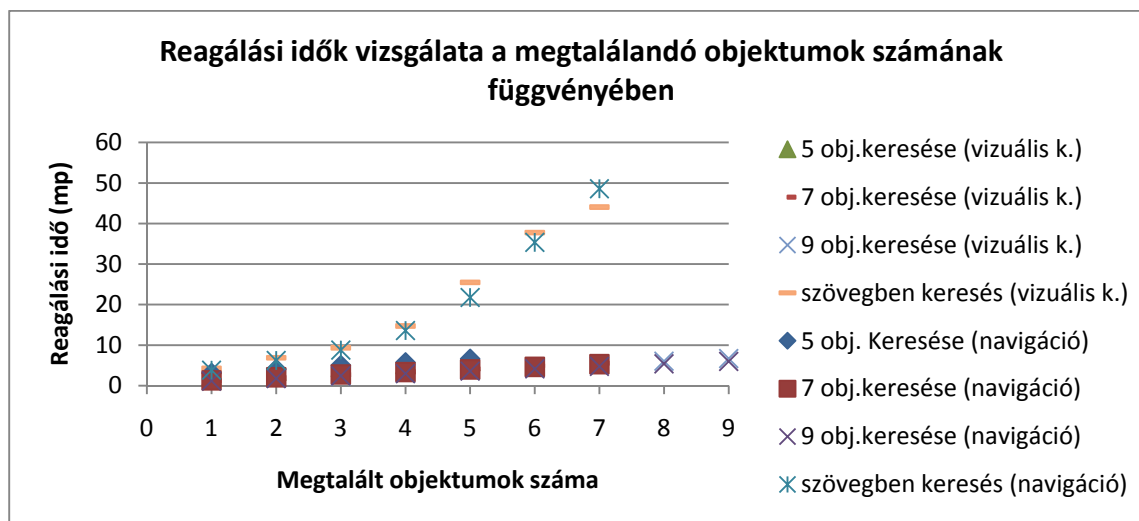


62. ábra: reagálási idők összehasonlítása „irányított” vizuális keresési és navigációs feladatok esetén

Látható, hogy nincs szignifikáns különbség az eredményekben. Ez azt jelenti, hogy érdemben nem tudjuk segíteni a felhasználót azáltal, hogy csak egy-egy objektumra kell koncentrálnia. Ugyanis ekkor a vizuális keresési feladat során az objektum keresése újraindul. A navigáció esetén pedig főleg lokális stratégia esetén nem csak az adott objektumot keressük meg, hanem ekkor már azt is látjuk, hogy mely másik objektumra fogunk rákattintani.

44. táblázat: Reagálási idők összehasonlítása a megtalált objektumok függvényében (Egyetemisták: 104 fő. Az eredmények másodpercben értendők.)

Reakcióidők (mp)		vizuális keresés									navigáció								
Objektumok száma		1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
alakzatok keresése	5	átlag	2,32	3,57	4,53	5,31	6,07				3,09	4,08	5,03	5,73	6,60				
	obj.	std.hiba	0,28	0,30	0,30	0,30	0,31				0,41	0,46	0,57	0,57	0,57				
	7	átlag	1,17	1,97	2,77	3,42	4,12	4,90	5,54		1,30	2,06	2,76	3,35	3,99	4,64	5,29		
	obj.	std.hiba	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11		0,10	0,12	0,12	0,13	0,17	0,18	0,19		
	9	átlag	1,07	1,73	2,33	3,01	3,79	4,39	5,21	6,03	6,68	1,19	1,80	2,42	2,97	3,58	4,16	4,74	5,39
	obj.	std.hiba	0,03	0,04	0,05	0,07	0,09	0,10	0,11	0,13	0,15	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,11	0,12	0,14
szóv. ker.	7	átlag	4,25	6,88	9,34	14,71	25,48	37,75	44,06		3,81	6,20	8,77	13,59	21,75	35,36	48,59		
	obj.	std.hiba	0,35	0,44	0,65	0,81	1,79	1,82	1,98		0,21	0,26	0,32	0,48	0,77	1,28	2,32		



63. ábra: Reagálási idők összehasonlítása a megtalált objektumok számának függvényében.

A 63. ábra, illetve a 44. táblázat jól mutatja, hogy nem csak a megoldási időben, hanem az objektumok megtalálási sorrendjében sincs szignifikáns különbség a reagálási időket tekintve az „irányított” vizuális keresés és a navigáció között. **Ez tehát azt jelenti, hogy az átlagos populációba tartozó felhasználó nem fogja rövidebb idő alatt elvégezni a feladatot azáltal, hogy kevesebb objektumot mutatunk meg számára egyszerre.**

Következtetések:

Bár a navigációs feladatokban a bejárt útvonalak nem feltétlenül követik a vizuális keresés sorozataként meghatározott útvonalat, a reagálási idő szignifikánsan nem változik. Az az időnyereség, melyben csak egy következő objektumra kell a felhasználónak koncentrálnia, elvész azáltal, hogy a lokális stratégiát követő felhasználó a következő megtalálható objektumot is látja, így a vizuális kereséssel ellentétben nem kell újra megkeresnie az objektumokat.

Az atmoszférikus desztilláció a só- és vízmentes kőolaj feldolgozásának első lépése a kőolajfinomítóban. A fizikai elválasztó művelet tulajdonképpen a kőolaj különböző forráspontú részének elpárolgatásából és kondenzációjából áll. Ennek során a különböző forráspontú komponensekből álló kőolajat, több meghatározott forráspont tartományú szénhidrogén elegyekre azaz frakciókra választják szét légköri nyomáson. A hőbomlás vagy más néven krakkolás elkerülésének érdekében a legfeljebb 360°C-ra felhevített kőolajat a desztilláló toronnyal gőzölögtető részébe vezetik, ahol a folyadék- és a gőzfázis szétválik.

A torony tetején a legkisebb forráspontú komponensek gőzhalmazállapotban távoznak.

Kondenzáltatás, majd a kapott folyadék és gázválasztása után kapják a C3-C4 gázokat és a könnyűbenzint.

Az oldalcsapolásokon elvett frakciók forráspontja mindig kisebb az előírt értékeknél ezért az oldaltermékeknek a legkisebb forráspontú komponenseit gőzölögő oszlopokban közvetlenül vagy közvetett úton eltávolítják, és vissza vezetik a desztilláló toronyba.

A kőolajnak az a része, amely a csökemencében nem párolog el, az az elgőzölögtető térből a desztilláló kolonna alsó részébe jut. Ebből az oldott állapotban lévő könnyebb komponensek eltávolítása után kapják az atmoszférikus desztilláció maradékát (fenéktemékét): a pakúrát.

Ebből vagy vákuum desztillációval különböző kenőolajpárlatokat, vagy krakkoló eljárásokkal fehérárú készíthető. A kőolaj feldolgozásakor feleslegben keletkező és kevésbé értékes nehezebb termékekből különböző átalakító (konverziós) eljárásokkal, jó minőségű keverőkomponenseket állítanak elő.

**A feladat a következő:
Találd meg a szövegben
a "kőolaj" kifejezés
összes előfordulását!**

Hátravan: 7

64. ábra: Navigáció és vizuális keresés vizsgálata szöveges oldalon.