

# **Rinnakkaiskoordinaattien visuaalinen havainnointi**

Tuuli Laivo

Tampereen yliopisto  
Tietojenkäsittelytieteiden laitos  
Vuorovaikutteinen teknologia  
Pro gradu -tutkielma  
Ohjaaja: Harri Siirtola  
Huhtikuu 2010

Tampereen yliopisto

Tietojenkäsittelytieteiden laitos

Vuorovaikutteinen teknologia

Tuuli Laivo: Rinnakkaiskoordinaattien visuaalinen havainnointi

Pro gradu -tutkielma, 58 sivua, 20 liitesivua

Huhtikuu 2010

---

Moniulotteisen tiedon esittämisessä käytettäviä rinnakkaiskoordinaatteja pidetään yleisesti abstraktina ja kokemattomille käyttäjille vaikeasti ymmärrettävänä visualisointimenetelmänä. Tässä tutkimuksessa hyödynnettiin ensimmäistä kertaa katseenseurantaa rinnakkaiskoordinaattien visuaalisen havainnoinnin tutkimisessa. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, miten kokemattomat käyttäjät selviytyvät heille annetuista tehtävistä käyttäen rinnakkaiskoordinaatteihin perustuvaa visualisointisovellusta. Yhteensä yhdeksän tehtävää sisältäneen katseenseurantatestin suoritti seitsemän testihenkilöä. Saadut tulokset eivät tue yleistä näkemystä rinnakkaiskoordinaattien ymmärtämisen vaikeudesta: käyttäjät katsovat oikeisiin kohtiin visualisointia ja suoriutuvat annetuista tehtävistä keskimäärin hyvin.

Avainsanat ja -sanonnat: rinnakkaiskoordinaatit, katseenseuranta, käyttäjättestaus.

## Sisältö

1. Johdanto.....	1
2. Rinnakkaiskoordinaatit .....	2
2.1. Moniulotteisen aineiston visualisointimenetelmiä.....	2
2.2. Rinnakkaiskoordinaattivisualisoinnin yleiskuvaus .....	6
2.3. Rinnakkaiskoordinaattivisualisoinnin ongelmia.....	9
3. Visuaalinen havainnointi ja sen tutkiminen .....	12
3.1. Katse ja visuaalinen ajattelu .....	12
3.2. Katseenseuranta .....	13
3.3. Katsetutkimuksessa käytettyjä metriikoita ja termejä.....	14
4. Parallel Coordinate Explorer -sovellus .....	16
4.1. Yleiskuvaus.....	16
4.2. Cars-tietojoukko .....	17
4.3. Toiminnot .....	17
4.4. Käytettävyysongelmat .....	23
5. Suoritetut katseenseurantatestit .....	27
5.1. Testiympäristö.....	27
5.2. Testin kulku .....	28
5.3. Osallistujat .....	29
6. Testitehtävät ja niiden suorittaminen.....	31
6.1. Tehtävä 1 .....	34
6.2. Tehtävä 2 .....	35
6.3. Tehtävä 3 .....	36
6.4. Tehtävä 4 .....	37
6.5. Tehtävä 5 .....	38
6.6. Tehtävä 6 .....	40
6.7. Tehtävä 7 .....	41
6.8. Tehtävä 8 .....	42
7. Tulokset.....	44
7.1. Testauksesta saadun aineiston esikäsittely.....	44
7.2. Osallistujien ensireaktiot .....	45
7.3. Kriittisiin alueisiin katsominen .....	46
7.4. Tehtävien suoritusajat ja tehtävistä suoriutuminen.....	50
7.5. Osallistujien subjektiiviset kokemukset .....	53
8. Yhteenveto ja johtopäätökset.....	54
Viiteluettelo .....	56

## Liitteet

1: Taustatietolomake .....	59
2: Testihenkilöille esitetty materiaali .....	61
3: Loppukyselylomake.....	64
4: Tehtäväkohtaiset kuvaajat tuloksista.....	65

## Taulukot

1. Kuvitteellinen 10 attribuutin tietoaineisto 10 henkilöstä.....	2
2. Tehtäväkohtaiset kriittiset AOI:t.....	47
3. Onnistuneiden suoritusten osuudet tehtäväkohtaisesti .....	51

## Kuvat

1. Hajontakuviomatriisiesimerkki.....	3
2. Permutaatiomatriisi hotellin toimintaan liittyvistä attribuuteista .....	4
3. Rinnakkaiskoordinaattien perusajatus .....	4
4. Rinnakkaiskoordinaatti- ja permutaatiomatriisinäkymät linkitettynä toisiinsa .....	5
5. Tähtikoordinaatisto ja pisteen sijoitus .....	6
6. Suorakulmainen koordinaatisto ja rinnakkaiskoordinaatisto.....	7
7. Esimerkki hevosvoimien ja kiihtyvyyden suhteesta .....	8
8. Viiva kaksiulotteisessa suorakulmaisessa koordinaatistossa on leikkauspiste rinnakkaiskoordinaatistossa .....	8
9. Viivojen kasaantuminen vaikeuttaa tietyn tilastoyksikön arvojen havainnointia .....	9
10. Rinnakkaiskoordinaattinäkö, jossa käytetään kaareutuvia viivoja vähentämään viivojen kasaantumista .....	10
11. Ihmisen katse seuraa visuaalisia ärsykeitä ja tällöin esimerkiksi yhteneväiset viivat ymmärretään kuvioina .....	10
12. Samanlaisuuden lain mukaan muun muassa värinsä puolesta samanlaiset kohteet mielletään yhteenkuuluviksi.....	11
13. Parallel Coordinate Explorer -sovelluksen yleisnäkö .....	16
14. Valinta ja sen muokkaaminen PCE-sovelluksessa.....	19
15. Valintojen yhdistäminen.....	20
16. PCE-sovelluksen toimintovalinnat.....	21
17. PCE-sovelluksen tunnuslukutoiminnot.....	23
18. Yhden tilastoyksikön valinnan helpottaminen .....	26
19. Tobii T60 .....	27
20. Latinainen neliö .....	32
21. Tehtävän 0 kriittiset alueet.....	33
22. Tehtävän 1 kriittiset alueet.....	34
23. Tehtävän 2 kriittiset alueet.....	35

24. Tehtävän 3 kriittiset alueet.....	36
25. Tehtävän 4 kriittiset alueet.....	37
26. Tehtävän 5 kriittiset alueet.....	38
27. Tehtävän 6 kriittiset alueet.....	40
28. Tehtävän 7 kriittiset alueet.....	41
29. Tehtävän 8 kriittiset alueet.....	42
30. Määritellyt tarkkailualueet eli AOI:t.....	45
31. Lämpökarttavisualisointi fiksaatioiden lukumääristä tehtävässä 0. ....	48
32. Lämpökarttavisualisointi fiksaatioiden kestoista tehtävässä 0. ....	49
33. Lämpökarttavisualisointi fiksaatioiden lukumääristä tehtävässä 8. ....	49
34. Siirtolan ja Rähän [2006] tutkimuksen ja tämän tutkimuksen tehtäväkohtaisten suoritusaikojen vertailu.....	50
35. Testihenkilöiden kokemusten mediaanit. ....	53

#### Liite 4:

36. Fiksaatioiden yhteenlaskettujen lukumäärien mediaanit ennen tietyille alueille katsomista tehtävässä 0 .....	65
37. Fiksaatioiden yhteenlaskettujen kestojen mediaanit sekunneissa alueittain tehtävässä 0.....	65
38. Fiksaatioiden yhteenlaskettujen lukumäärien mediaanit alueittain tehtävässä 0.....	66
39. Fiksaatioiden yhteenlaskettujen lukumäärien mediaanit ennen tietyille alueille katsomista tehtävässä 1 .....	66
40. Fiksaatioiden yhteenlaskettujen kestojen mediaanit sekunneissa alueittain tehtävässä 1.....	67
41. Fiksaatioiden yhteenlaskettujen lukumäärien mediaanit alueittain tehtävässä 1.....	67
42. Fiksaatioiden yhteenlaskettujen lukumäärien mediaanit ennen tietyille alueille katsomista tehtävässä 2 .....	68
43. Fiksaatioiden yhteenlaskettujen kestojen mediaanit sekunneissa alueittain tehtävässä 2.....	68
44. Fiksaatioiden yhteenlaskettujen lukumäärien mediaanit alueittain tehtävässä 2.....	69
45. Fiksaatioiden yhteenlaskettujen lukumäärien mediaanit ennen tietyille alueille katsomista tehtävässä 3 .....	69
46. Fiksaatioiden yhteenlaskettujen kestojen mediaanit sekunneissa alueittain tehtävässä 3.....	70
47. Fiksaatioiden yhteenlaskettujen lukumäärien mediaanit alueittain tehtävässä 3.....	70
48. Fiksaatioiden yhteenlaskettujen lukumäärien mediaanit ennen tietyille alueille katsomista tehtävässä 4 .....	71
49. Fiksaatioiden yhteenlaskettujen kestojen mediaanit sekunneissa alueittain tehtävässä 4.....	71

50. Fiksaatioiden yhteenlaskettujen lukumäärien mediaanit alueittain tehtävässä 4.....	72
51. Fiksaatioiden yhteenlaskettujen lukumäärien mediaanit ennen tietyille alueille katsomista tehtävässä 5 .....	72
52. Fiksaatioiden yhteenlaskettujen kestojen mediaanit sekunneissa alueittain tehtävässä 5.....	73
53. Fiksaatioiden yhteenlaskettujen lukumäärien mediaanit alueittain tehtävässä 5.....	73
54. Fiksaatioiden yhteenlaskettujen lukumäärien mediaanit ennen tietyille alueille katsomista tehtävässä 6 .....	74
55. Fiksaatioiden yhteenlaskettujen kestojen mediaanit sekunneissa alueittain tehtävässä 6.....	74
56. Fiksaatioiden yhteenlaskettujen lukumäärien mediaanit alueittain tehtävässä 6.....	75
57. Fiksaatioiden yhteenlaskettujen lukumäärien mediaanit ennen tietyille alueille katsomista tehtävässä 7 .....	75
58. Fiksaatioiden yhteenlaskettujen kestojen mediaanit sekunneissa alueittain tehtävässä 7.....	76
59. Fiksaatioiden yhteenlaskettujen lukumäärien mediaanit alueittain tehtävässä 7.....	76
60. Fiksaatioiden yhteenlaskettujen lukumäärien mediaanit ennen tietyille alueille katsomista tehtävässä 8 .....	77
61. Fiksaatioiden yhteenlaskettujen kestojen mediaanit sekunneissa alueittain tehtävässä 8.....	77
62. Fiksaatioiden yhteenlaskettujen lukumäärien mediaanit alueittain tehtävässä 8.....	78

## 1. Johdanto

Rinnakkaiskoordinaatit on moniulotteisen tiedon visualisointitapa, jota pidetään vaikeasti ymmärrettävänä ja opittavana kokemattomille käyttäjille [mm. Shneiderman, 1996, p. 338; Shneiderman, 1998, p. 530; Kandogan, 2000, p. 4; Siirtola and Rähä, 2006, p. 1279; Siirtola *et al.*, 2009, p. 8]. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, pitääkö tämä yleinen näkemys paikkansa. Rinnakkaiskoordinaattivisualisoinnin havainnoinnin tutkimisen kannalta merkittävää on se, mihin kohtiin visualisointia käyttäjät katsovat ja miten he suoriutuvat tiedonhausta. Erityisen mielenkiintoista on se, ovatko käyttäjät pullassa tämän abstraktin esitystavan kanssa. Vaikka rinnakkaiskoordinaattien käyttämistä on tutkittu jonkin verran, tutkimuksen apuna ei ole hyödynnetty katseenseurantaa. Katseenseuranta antaa kiistatonta tietoa siitä, mihin käyttäjät katsovat. Tässä tutkimuksessa käytettiin ensimmäistä kertaa katseenseurantaa hyväksi tutkittaessa rinnakkaiskoordinaattien visuaalista havainnointia. Tutkimuksen tarkoituksena oli siis selvittää, miten kokemattomat käyttäjät selviytyvät heille annetuista tehtävistä käyttäen rinnakkaiskoordinaatteihin perustuvaa visualisointisovellusta.

Tutkimuksessa järjestettiin katseenseurantatellit seitsemälle käyttäjälle. Saatujen tulosten mukaan testihenkilöiden ensireaktiot tukevat täysin edellä esitettyä näkemystä siitä, että kokemattoman käyttäjän on vaikea ymmärtää rinnakkaiskoordinaattivisualisointia. Saadut tulokset osoittavat kuitenkin edelleen, että käyttäjien ensireaktiot ja yleinen näkemys ovat ristiriidassa käyttäjien tehtävistä suoriutumisen kanssa: käyttäjät katsovat sinne, minne pitääkin, ja suoriutuvat tehtävistä alusta alkaen melko hyvin. Tutkimuksen vertailukohtana käytettiin erityisesti suoritusajojen kohdalla Siirtolan ja Rähän [2006] saamia tuloksia. He tutkivat, onko rinnakkaiskoordinaattien ja SQL-kyselykielen käytössä eroja kokeneiden SQL-käyttäjien keskuudessa. Vertailu kohdistettiin luonnollisesti vain rinnakkaiskoordinaatteja koskevaan osaan heidän tutkimustaan.

Tässä tutkielmassa esitellään ensin luvussa 2 rinnakkaiskoordinaattivisualisoinnin perusteet ja kyseisen visualisointimenetelmän ongelmia. Tämän jälkeen luvussa 3 kerrotaan katseesta ja visuaalisesta ajattelusta sekä katseenseurannasta ja katseenseurantatutkimuksesta. Luvussa 4 esitellään tutkimuksessa käytetty sovellus ominaisuuksineen ja ongelmineen. Luvut 5 ja 6 käsittelevät järjestettyjä katseenseurantatestejä ja niissä suoritettuja tehtäviä. Luvussa 7 esitetään testeistä saadut tärkeimmät tulokset ja vihdoin luvussa 8 kootaan tutkimuksen merkittävimmät huomiot ja johtopäätökset.

## 2. Rinnakkaiskoordinaatit

Tässä luvussa esitellään lyhyesti muutamia moniulotteisen aineiston visualisointimenetelmiä ja perehdytään tarkemmin rinnakkaiskoordinaatteihin.

### 2.1. Moniulotteisen aineiston visualisointimenetelmiä

Taulukko 1 esittää kuvitteellisen tietoaineiston koskien henkilöitä. Koska aineisto esitetään taulukkomuodossa numeerisena, siitä on vaikea havaita attribuuttien välisiä suhteita, vaikka esimerkkiaineisto on varsin suppea käsittäen 10 attribuuttia ja 10 tilastoyksikköä. Tällaisia ja merkittävästi laajempia tietoaineistoja on hyvin paljon, joten niiden esittäminen havainnollistavammassa muodossa on tärkeää. Moniulotteisen – eli useampiulotteisen kuin kolmiulotteisen [Siirtola, 2007, pp. 31–32] – aineiston ja attribuuttien suhteiden esittäminen ymmärrettävänä kaksiulotteisena visualisointina on kuitenkin haastavaa. Näiden päämäärien saavuttamiseen pyrkivät muun muassa *hajontakuviomatriisi*, *permutaatiomatriisi*, *tähtikoordinaatit* ja *rinnakkaiskoordinaatit*, joita käsitellään seuraavassa tarkemmin.

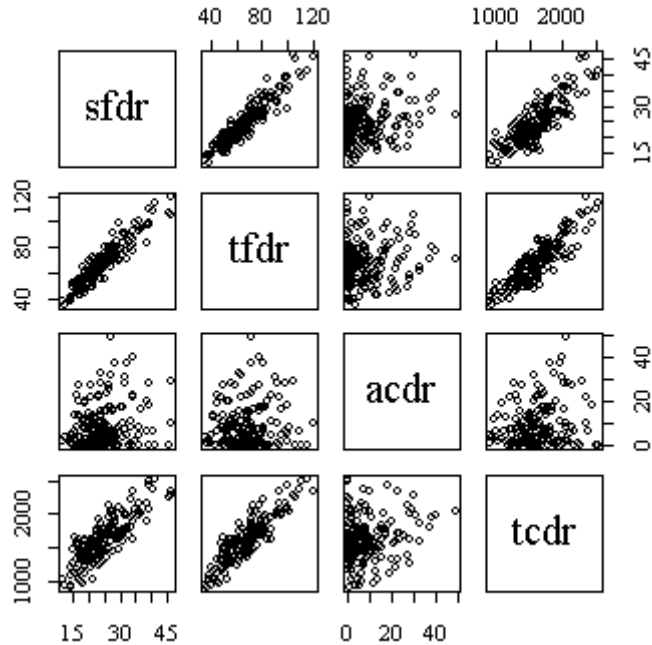
**Taulukko 1.** Kuvitteellinen 10 attribuutin tietoaineisto 10 henkilöstä.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
<b>SUKUPUOLI</b>	1	1	2	1	2	2	2	1	2	1
<b>IKÄ</b>	24	56	43	30	62	29	37	40	51	60
<b>SIIVILISÄÄTY</b>	1	2	2	3	5	2	1	1	2	4
<b>LASTEN LKM</b>	0	3	2	0	4	1	0	0	2	3
<b>PITUUS (cm)</b>	175	168	191	171	183	179	185	167	181	172
<b>PAINO (kg)</b>	73	70	95	67	80	75	109	63	78	68
<b>AMMATTI</b>	35	23	98	55	11	19	65	17	87	33
<b>PALKKA (€/kk)</b>	2200	2500	2800	3500	2000	1400	2100	2900	1800	1600
<b>TUPAKOINTI</b>	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0
<b>LEPOSYKE</b>	58	67	60	75	65	74	78	71	69	62

Hajontakuviota eli korrelaatiodiagrammi esittää kahden attribuutin tilastoyksiköiden arvot kaksiulotteisessa koordinaatistossa pisteinä, jolloin attribuuttien välistä korrelaatiota on mahdollista havainnoida silmämääräisesti. Hajontakuviota käyttäen voidaan visualisoida järkevästi ainoastaan kvantitatiivisia attribuutteja. Hajontakuviomatriisi (engl. *scatterplot matrix*, *pairs plot*) puolestaan muodostuu useasta yksittäisestä hajontakuviosta, mikä mahdollistaa myös moniulotteisen aineiston visualisoinnin (kuva 1). Hajontakuviomatriisi ei kuitenkaan pysty kuvaamaan useamman kuin kahden attribuutin välisiä suhteita ja ilman vuorovaikutusmahdollisuuksia sen tarkoituksena onkin tarjota yleiskuva aineistosta [Siirtola, 2007, p. 34]. Kun kuvasta 1 poiketen attribuuttien nimien kohdalla esitetään kyseisen attribuutin arvot kuvaava pylväsdiagrammi, käyttäjät eivät hyödynnä

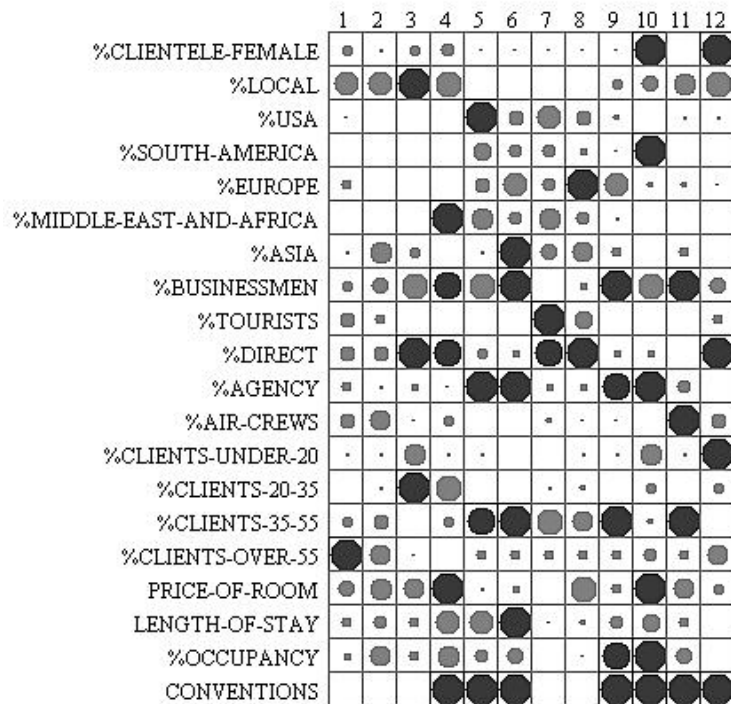


esimerkiksi Tannisen [2005, s. 60] saamien tulosten mukaan edes yksittäisiä hajontakuviota valittaessa autoa vuorovaikutteisella hajontakuviomatriisisovelluksella: käyttäjät hakivat edullista sekä tehokasta autoa tarkkailemalla näitä ominaisuuksia vastaavien attribuuttien pylväsdiagrammeja eivätkä hyödyntäneet suoraan hinnan ja tehon arvoit yhdistävää hajontakuviota.



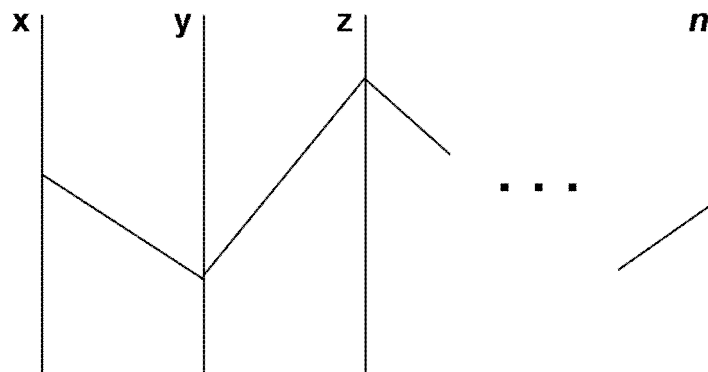
**Kuva 1.** Hajontakuviomatriisiesimerkki. Matriisissa tyydyttyneiden rasvojen kulutus (sldr), kokonaisrasvankulutus (tfdr), alkoholikulutus (acdr) ja kokonaiskalorit (tcdr).[Macdonald, 2001]

Jacques Bertinin [1981] vuonna 1977 kehittämä permutaatiomatriisi (engl. *reorderable matrix, permutation matrix*) on vuorovaikutteinen visualisointimenetelmä, jossa taulukkomuotoisen aineiston yksittäiset arvot kuvataan symboleina. Yksittäisen symbolin koko määräytyy kyseisen arvon suhteesta muihin arvoihin (kuva 2). Symboleina voidaan käyttää esimerkiksi palloja tai suorakulmioita. Vuorovaikutteisen menetelmästä tekee se, että sarakkeiden ja rivien järjestystä voidaan muuttaa. Lisäksi sarakkeet ja rivit voidaan järjestää laskevaan tai nousevaan järjestykseen. Taulukon alkioden sisältö ei kuitenkaan muutu rivien ja sarakkeiden järjestyksiä muokattaessa, joten käyttäjä voi havainnoida aineistossa esiintyviä attribuuttien välisiä suhteita. Siirtolan [1999a, pp. 274–275] permutaatiomatriisia koskeneesta käyttäjätestauksesta saamien tulosten mukaan käyttäjät suhtautuivat permutaatiomatriisiin pääsääntöisesti positiivisesti. Lisäksi käyttäjät löysivät noin kolmanneksen korrelaatioista, joiden korrelaatiokertoimen itseisarvo oli 0,7 tai enemmän, vaikka aineisto oli tuntematon ja testiaika oli melko lyhyt. [Siirtola, 1999a; Siirtola, 2007, p. 39]



**Kuva 2.** Permutaatiomatriisi hotellin toimintaan liittyvistä attribuuteista. [Siirtola, 1999b]

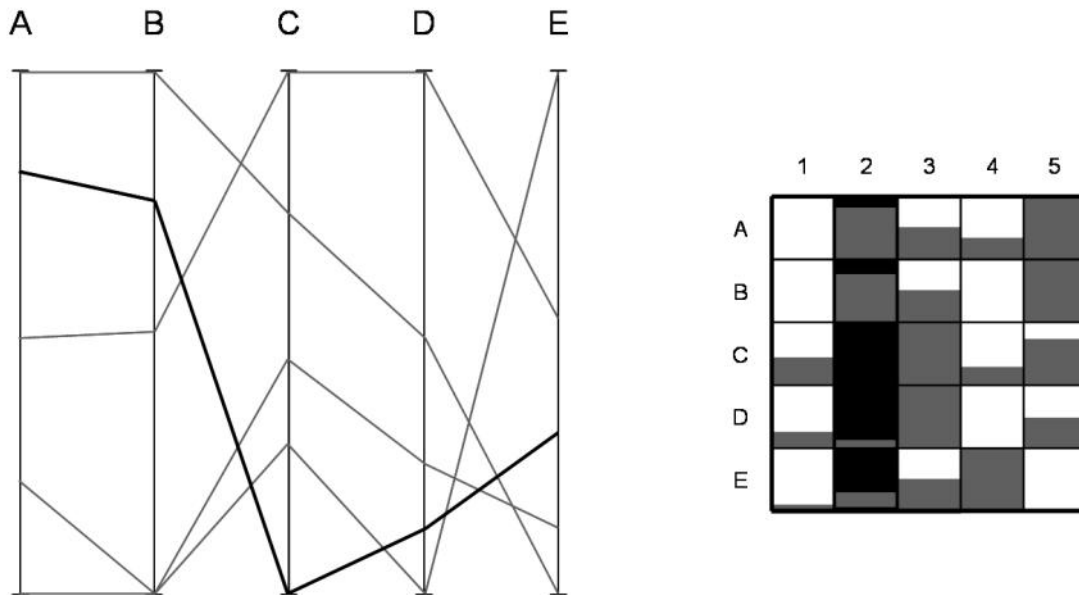
Rinnakkaiskoordinaateissa (engl. *parallel coordinates*) attributit kuvataan rinnakkaisina pystysuorina akseleina ja tilastoyksiköt akselien välillä olevina perättäisinä viivoina, joiden leikkauspisteet akseleilla kuvaavat kyseisen tilastoyksikön arvoa kyseisen akselin eli attribuutin osalta (kuva 3). Rinnakkaiskoordinaattien ominaisuuksista kerrotaan lisää jäljempänä tässä luvussa.



**Kuva 3.** Rinnakkaiskoordinaattien perusajatus. Pystysuorat akselit ovat attribuutteja ja yhtenäiset viivajonot tilastoyksiköitä.

Myös permutaatiomatriisin ja rinnakkaiskoordinaattien käyttämistä yhdessä on tutkittu. Siirtolan [2003] käyttäjätestauksessa osallistujat suorittivat 20 tehtävää, joista 10:ssä permutaatiomatriisi- ja rinnakkaiskoordinaattinäkömää oli linkitetty toisiinsa ja

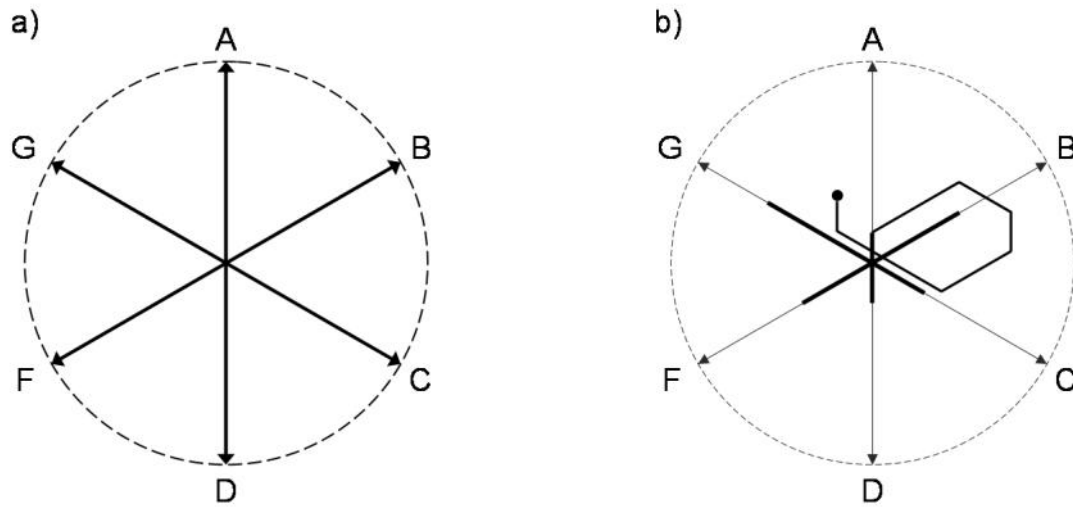
10:ssä ei. Puolet osallistujista suoritti ensimmäiset 10 tehtävää linkitetyllä versiolla ja seuraavat 10 tehtävää ei-linkitetyllä versiolla, ja puolet osallistujista päinvastoin. Kuvassa 4 näkyy esimerkki toisiinsa linkitetyistä näkymistä. Saatujen tulosten mukaan suoritusajat olivat hieman parempia ei-linkitettyä versiota käytettäessä. Kuitenkin osallistujat, jotka suorittivat ensimmäiset 10 tehtävää linkitetyllä versiolla, suoriutuivat tehokkaammin loppuista tehtävistä kuin toiset osallistujat. Osallistujien mielestä näkymien linkittäminen helpotti tehtävien suorittamista.



**Kuva 4.** Rinnakkaiskoordinaatti- ja permutaatiomatriisinäkymät linkitettyinä toisiinsa. Kuvitteellisen tietojoukon yksi tilastoyksikkö valittuna vasemmalla rinnakkaiskoordinaatinäkymässä ja linkityksen seurauksena myös oikealla permutaatiomatriisinäkymässä.

Tähtikoordinaatit on Eser Kandoganin [2000] permutaatiomatriisin ja rinnakkaiskoordinaattien innoittamana kehittämä visualisointimenetelmä, jossa akseleiden pää on ympyrän keskellä ja toinen pää ympyrän kehällä. Kaikki akselit ovat yhtä pitkiä ja niiden väliset kulmat ovat yhtä suuria (kuva 5(a)). Jokaista tilastoyksikköä vastaavan pisteen sijainti määritellään asettamalla yksittäiset attribuuttien arvoja kuvaavat viivat peräkkäin muuttamatta niiden kulmaa – pisteen sijainti on viimeisen viivan päässä (kuva 5(b)). Tannisen [2005, s. 60–61] saamien tulosten mukaan käyttäjät arvostivat visualisointimenetelmän selkeyttä ja yksinkertaisuutta valittaessa autoa vuorovaikutteisella tähtikoordinaattisovelluksella. Hän kuitenkin uskoo, että aineiston ollessa käyttäjille vieras yleiskuvan puute olisi vaikuttanut mielipiteisiin negatiivisesti. Yleiskuvan hahmottaminen tähtikoordinaatistosta on vaikeaa, koska kuten Tanninenkin [2005, s. 60] toteaa, pisteiden sijainti koordinaatistossa ei kerro käyttäjälle varsinaisesti mitään – pisteen sijoittaminen koordinaatistoon tapahtuu usean viivan avulla, jolloin samaan päätepisteeseen voidaan päätyä monin erilaisin arvoyhdistelmin. Erilaisia rajausmahdollisuuksia sisältävää vuoro-

vaikutteista sovellusta käyttäen tähtikoordinaatisto näyttäisi kuitenkin olevan kohtalainen visualisointimenetelmä [Tanninen, 2005, s. 60].



**Kuva 5.** Tähtikoordinaatisto ja pisteen sijoitus. Kohdassa a) tähtikoordinaatiston muodostus attribuuteille A–G ja kohdassa b) yhtä tilastoyksikköä kuvaavan pisteen sijoitus koordinaatistoon. [Kandogan, 2000, p. 5]

Tutkittavaksi visualisointimenetelmäksi on valittu rinnakkaiskoordinaatit, joista kerrotaan tarkemmin seuraavaksi.

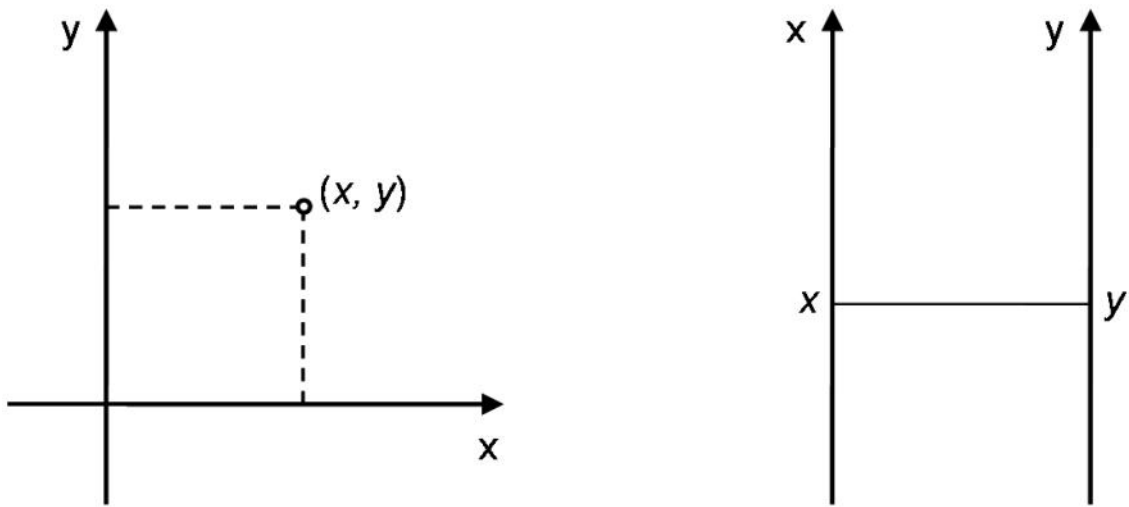
## 2.2. Rinnakkaiskoordinaattivisualisoinnin yleiskuvaus

Rinnakkaiskoordinaatit on alun perin Alfred Inselbergin vuonna 1959 ideoima ja myöhemmin Inselbergin ja Bernard Dimsdalen [1990] edelleen kehittämä visualisointitapa moniulotteiselle datalle [Inselberg, 2009].

Kuten edellä on kerrottu, rinnakkaiskoordinaatisto muodostuu rinnakkaisista pystysuorista akseleista, jotka kuvaavat attribuutteja.  $N$ -ulotteisessa rinnakkaiskoordinaatinäkymässä on  $n$  kappaletta pystysuoria akseleita. Kaksiulotteisesta suorakulmaisesta koordinaatistosta poiketen rinnakkaiskoordinaatisto mahdollistaa siis moniulotteisen datan esittämisen yhdessä näkymässä – ainoana rajoitteena ulottuvuuksien määrälle on esitysalueen fyysinen tila. Tilastoyksiköt kuvataan siis perättäisinä viivoina akselien välillä, kuten kuvasta 3 edellä nähdään. Viivan leikkauspiste akselilla kuvaa kyseisen tilastoyksikön arvoa kyseisen attribuutin osalta.

Kuten Siirtola [2007, p. 45] toteaa, rinnakkaiskoordinaatistossa tietyn tilastoyksikön eri arvojen suhde toisiinsa pitää osoittaa viivalla, koska arvot esitetään akselilla. Toisaalta kaksiulotteisessa suorakulmaisessa koordinaatistossa tietyn tilastoyksikön eri arvot esitetään aina samassa pisteessä, mutta arvojen suhteen selvittämiseksi katsojan tulee tarkistaa arvot akselilta kuvan 6 osoittamalla tavalla. Inselbergin ja Dimsdalen [1990] mu-

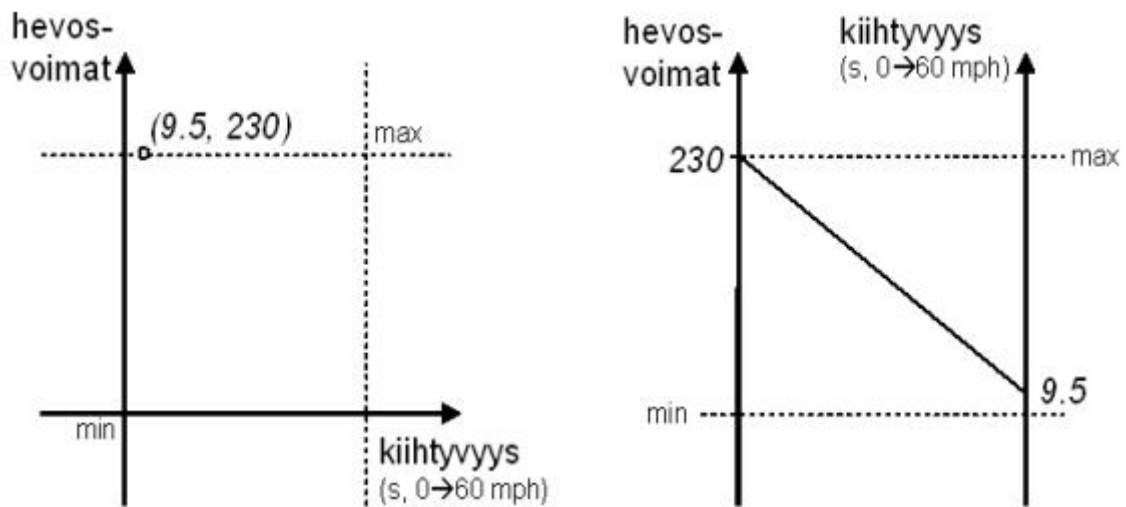
kaan rinnakkaiskoordinaatisto eroakin muista visualisointitavoista siinä, että se esittää graafisesti enemmän moniulotteisia suhteita kuin vain rajallisia pistejoukkoja.



**Kuva 6.** Suorakulmainen koordinaatisto ja rinnakkaiskoordinaatisto. Vasemmalla piste  $(x, y)$  kaksiulotteisessa suorakulmaisessa koordinaatistossa ja oikealla piste  $(x, y)$  rinnakkaiskoordinaatistossa.

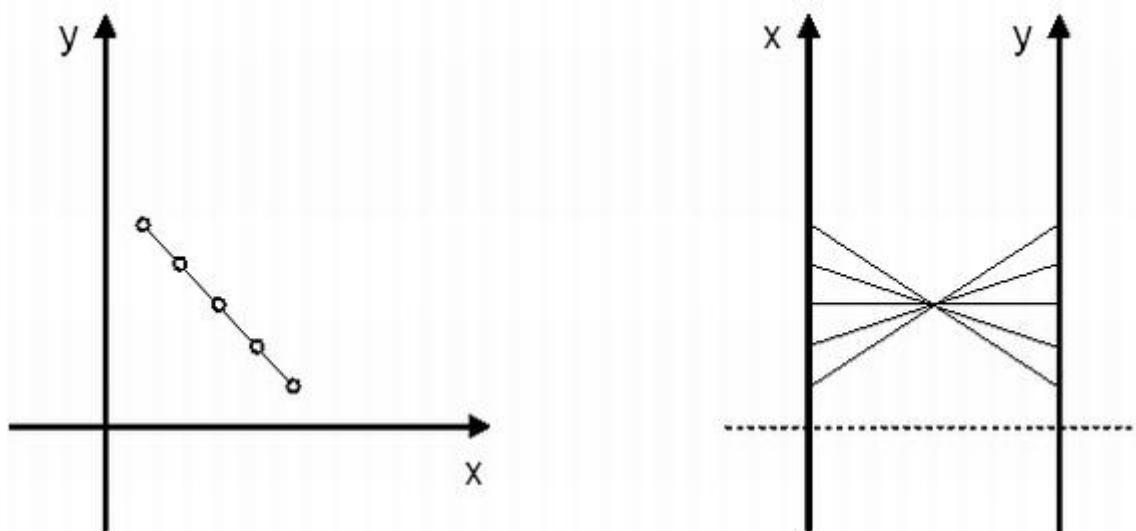
Kuvasta 7 nähdään, että rinnakkaiskoordinaatiston avulla pystytään kuvaamaan kahden eri arvon suhdetta toisiinsa paremmin kuin suorakulmaisen koordinaatiston avulla. Kyseinen esimerkki esittää tietyn auton hevosvoimat ja kiihtyvyyden sekä kaksiulotteisessa suorakulmaisessa koordinaatistossa että rinnakkaiskoordinaatistossa. Rinnakkaiskoordinaatistossa hevosvoimien ja kiihtyvyyden suhde on selkeämmin havaittavissa: paljon hevosvoimia ja hyvä kiihtyvyys – tämä on nähtävissä suoraan yhdysviivan kulmasta. Tällaista päätelmää ei luonnollisesti voi tehdä vain yhden tilastoyksikön perusteella, mutta havainnollistamisen selkiyttämiseksi esimerkissä on mukana vain yksi tilastoyksikkö. Jos korreloivien kvantitatiivisten attribuuttien akselit esitetään vierekkäin ja molempien akselien asteikko on samanlainen – tässä tapauksessa  $[min, max]$  – voimakas korrelaatio on toisinaan havaittavissa yhdysviivojen yhtenäisestä asennosta. Kaksiulotteisessa suorakulmaisessa koordinaatistossa taas molempia arvoja kuvaava piste kuvaa myös arvojen suhteen toisiinsa, jolloin suhteen ymmärtämiseksi pitää huomioida myös pisteen suhde akseleihin ja sitä kautta edelleen eri arvojen suhde toisiinsa. Siirtolan [2007, p. 45] mukaan pisteen välimatkojen vertailu kaksiulotteisessa suorakulmaisessa koordinaatistossa voidaan suorittaa ”suoraan suorakulmaisessa tilassa”, kun taas rinnakkaiskoordinaatistossa eri arvojen vertailu pitää suorittaa seuraamalla viivaa ja tarkistamalla arvon sijainti akseliin nähden. Mielestäni kaksiulotteisessa suorakulmaisessa koordinaatistossa on kuitenkin myös aina tarkistettava pisteen sijainti akseliin nähden, jolloin myös pisteen välimatkojen vertailu ei ole sen helpompaa kuin rinnakkaiskoordinaatistossa tapahtuva arvon tarkastus akseliin nähden. Sekä kaksiulotteisessa suorakulmaisessa koordinaatis-

tossa että rinnakkaiskoordinaatistossa attribuutin arvon todelliseksi havaitsemiseksi vaaditaan siis arvon suhteellistamista akselin arvoasteikkoon.



**Kuva 7.** Esimerkki hevosvoimien ja kiihtyvyyden suhteesta. Vuoden 1973 Pontiac Grand Prix -autossa on 230 hevosvoimaa ja se kiihtyy nolasta 60 mailiin tunnissa 9,5 sekunnissa [Ramos and Donoho, 1983]. Vasemmalla arvot esitetty kaksiulotteisessa suorakulmaisessa koordinaatistossa ja oikealla rinnakkaiskoordinaatistossa.

Tutuista esitysmuodoista poiketen kaksiulotteisessa suorakulmaisessa koordinaatistossa esiintyvä yhdistettyjen pisteiden muodostama jana on rinnakkaiskoordinaatistossa viivojen joukko, jonka sisältämät viivat leikkaavat toisiaan akselien välillä (kuva 8) [Siirtola, 2007, p. 45].

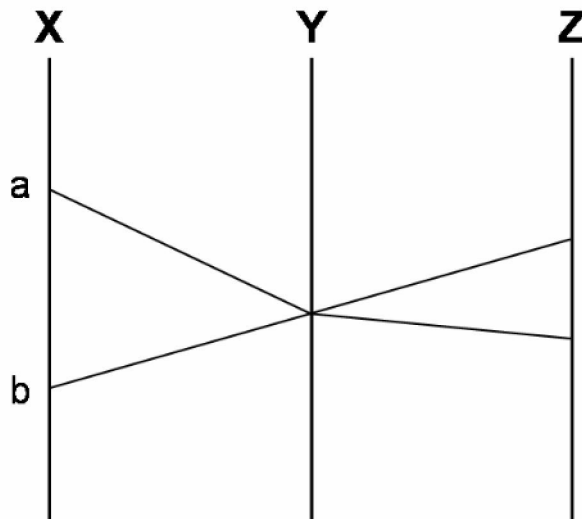


**Kuva 8.** Viiva kaksiulotteisessa suorakulmaisessa koordinaatistossa on leikkauspiste rinnakkaiskoordinaatistossa. [Siirtola, 2007, p. 45]

### 2.3. Rinnakkaiskoordinaattivisualisoinnin ongelmia

Yksi rinnakkaiskoordinaattivisualisoinnin ongelmista on viivojen sotkeutuminen (engl. *occlusion*, *clutter*, *overplotting*) [Siirtola, 2007, p. 46]. Visualisoitaessa todella suuria tietoaaineistoja rinnakkaiskoordinaattinäkömääränä tilastoyksiköitä kuvaavia viivoja on niin paljon, ettei niitä pysty erottamaan silmämääräisesti eli viivat sotkeutuvat toisiinsa. Esimerkiksi Fua ja muut [1999, p. 43] ovat määritelleet suureksi tietoaaineistoksi yli  $10^6$  tilastoyksikköä sisältävät aineistot. Heidän ratkaisunsa viivojen sotkeutumiseen on hierarkkinen ryhmittäminen (engl. *hierarchical clustering*), jossa toisiaan lähellä olevia tilastoyksiköitä kuvaavia viivoja abstrahoidaan eri keinoin, kuten ryhmittämällä ja korostamalla ryhmittymiä värein. Novotnyn [2004] ratkaisussa viivat abstrahoidaan myös ryhmittämällä ja korostamalla edelleen eri ryhmittymiä värein. Wegman ja Luo [1997] hyödynsivät ryhmittämistä ja värikorostusta jo ennen Fuaa ja muita [1999] sekä Novotnya [2004]. Lisäksi Wegmanin ja Luon ratkaisussa käytettiin viivojen läpinäkyvyyden säätelyä.

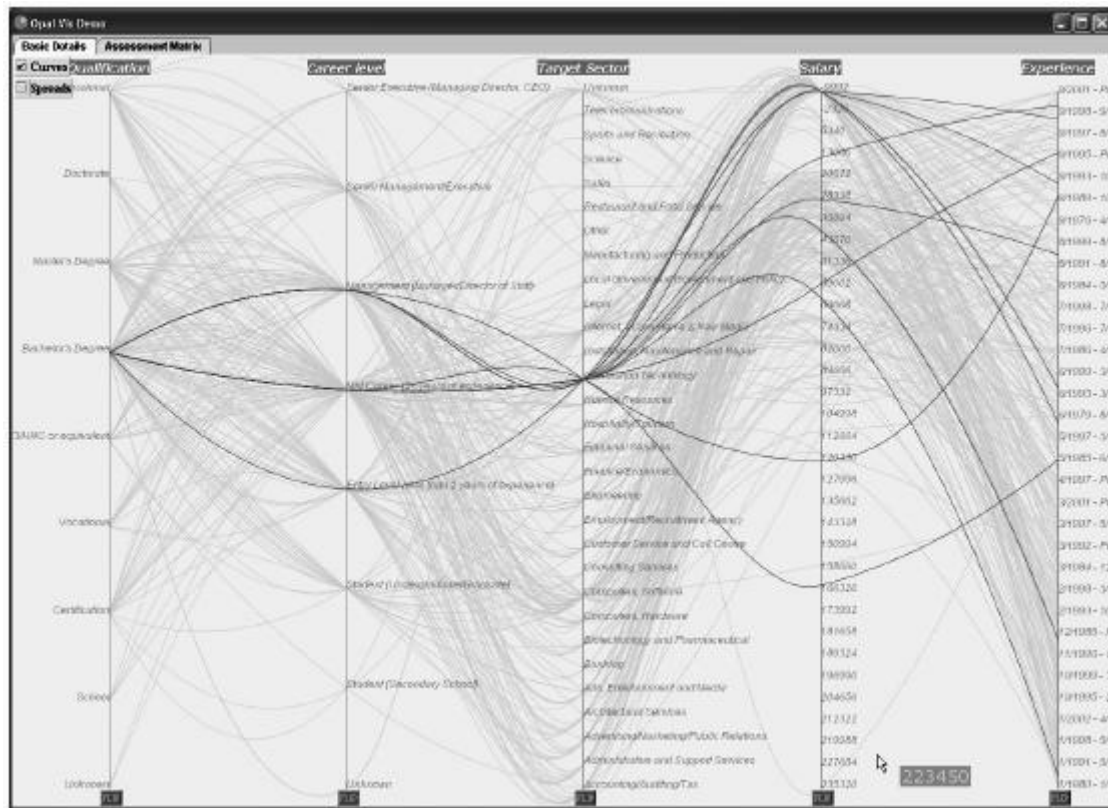
Toinen rinnakkaiskoordinaattivisualisoinnin ongelmista on viivojen kasaantuminen. Kuten kuvasta 9 voidaan havaita, käyttäjän on mahdotonta tietää kummalla tilastoyksiköistä, a:lla vai b:llä, on suurempi arvo attribuutissa Z. Kuvasta voidaan myös tehdä se johtopäätös, ettei viivojen kasaantuminen ole missään nimessä vain suurten tietoaaineistojen ongelma. Ongelma voi esiintyä siis jo 3x2-kokoisessa aineistossa, jota ei voida kutsua kaikkien määritelmien mukaan vielä edes moniulotteiseksi.



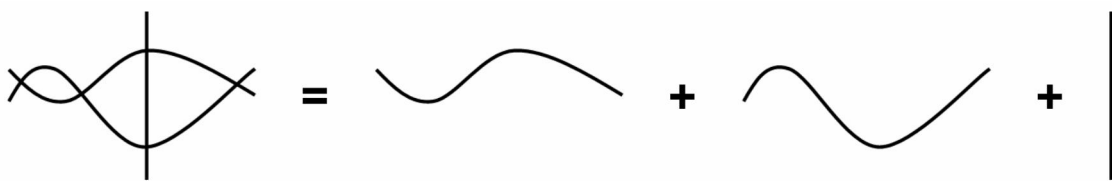
**Kuva 9.** Viivojen kasaantuminen vaikeuttaa tietyn tilastoyksikön arvojen havainnointia. Käyttäjä ei voi tietää visualisoinnin perusteella kummalla tilastoyksiköistä a vai b on suurempi arvo attribuutissa Z.

Ratkaisuksi viivojen kasaantumiseen on esitetty muun muassa kaareutuvia viivoja [Graham and Kennedy, 2003] (kuva 10) ja yhden tilastoyksikköä kuvaavan viivan korostamista [Siirtola, 2000a; 2000b]. Grahamin ja Kennedyn [2003] ratkaisu hyödyntää jatku-

vuuden hahmolakia (engl. *law of continuation*), jonka mukaan katse seuraa jotakin visuaalista ärsykettä, kuten viivaa [Chang *et al.*, 2002]. Tällöin yhteneväiset ja jatkuvat viivat mielletään kuvioina (kuva 11). Tannisen [2005, s. 14] pilottitestauksessa tekemien havaintojen perusteella kaareutuvien viivojen käyttö kuitenkin ”heikentää visualisoinnin omaksumista verrattuna alkuperäiseen esitysmuotoon”.



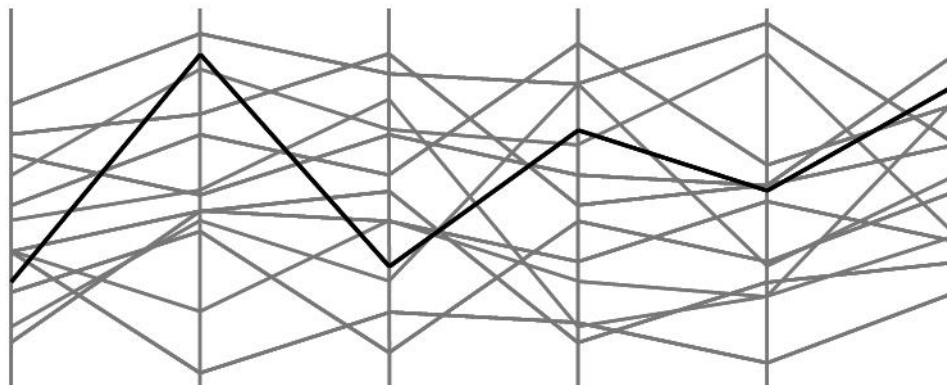
**Kuva 10.** Rinnakkaiskoordinaattinäkömää, jossa käytetään kaareutuvia viivoja vähentämään viivojen kasaantumista. [Graham and Kennedy, 2003, p. 13, Figure 5]



**Kuva 11.** Ihmisen katse seuraa visuaalisia ärsykeitä ja tällöin esimerkiksi yhteneväiset viivat ymmärretään kuvioina.

Siirtolan [2000a, 2000b] ratkaisu puolestaan hyödyntää ainakin sekä samanlaisuuden hahmolakia (engl. *law of similarity*) [mm. Chang *et al.*, 2002; Laine, 2004] että jatkuvuuden lakia. Kuten kuvasta 12 nähdään, yhden tilastoyksikköä kuvaavan viivan korostaminen värillä yhdistää viivan akselien väliset osat yhtenäiseksi kuvioksi ja käyttäjä myös mieltää ne yhteenkuuluviksi.





**Kuva 12.** *Samanlaisuuden lain mukaan muun muassa värinsä puolesta samanlaiset kohteet mielletään yhteenkuuluviksi.*

Rinnakkaiskoordinaattivisualisoinnin ongelmana on myös se, että mahdollisia attribuuttien välisiä suhteita voi olla mahdotonta havaita, jos kyseisiä attribuutteja vastaavat akselit eivät ole vierekkäin [Siirtola and Rähä, 2006, p. 1286]. Yksinkertaisena ratkaisuna ongelmaan toimii akselien uudelleenjärjestämisen mahdollistaminen [Siirtola and Rähä, 2006, p. 1294], jolloin käyttäjä voi siirtää haluamansa akselit vierekkäin tarkastellakseen mahdollisia korrelaatioita. Lisäksi suhteiden havainnollistamista voidaan tehostaa kääntämällä akselien suuntia tai piilottamalla ja paljastamalla haluttuja akseleita [Siirtola and Rähä, 2006, p. 1294].

### 3. Visuaalinen havainnointi ja sen tutkiminen

Tässä luvussa kuvataan perusteet ihmisen katseen toiminnasta ja visuaalisesta ajattelusta sekä esitellään lyhyesti katseenseuranta ja katseenseurantatutkimuksessa käytettäviä metriikoita. Metriikoiden eli mittalukujen osalta keskitytään tämän tutkimuksen kannalta tärkeisiin metriikoihin.

#### 3.1. Katse ja visuaalinen ajattelu

Ihmisen silmän etuosassa linssi ja sarveiskalvo tarkentavat verkkokalvolle heijastuvan kuvan maailmasta. Silmän takaosassa sijaitsevassa verkkokalvossa on noin 100 miljoonaa valoherkkää reseptorisolua: tappisoluja on punaisen, vihreän ja sinisen havaitsemiseen ja sauvasolut reagoivat ärsykkeisiin lähinnä vain hämärissä olosuhteissa eivätkä havaitse värejä. Reseptorisolut ovat keskittyneet verkkokalvon keskikuoppaan ja tämän vuoksi ihminen näkee tarkasti vain hyvin pienellä osalla näkökentästään: yli puolet visuaalisesta prosessointikyvystä kattaa alle viisi prosenttia koko näkökentästä. Reseptorisolut muuttavat havaitun visuaalisen informaation signaaleiksi ja ne siirtyvät verkkokalvolta edelleen aivojen kahteen näkökeskukseen näköhermoa pitkin. [Ware, 2008, pp. 5–6]

Hetkeä, jolloin silmä on kohdistettu katsomaan tiettyyn kohteeseen, ja jolloin silmä on myös suhteellisen paikallaan, kutsutaan *fiksaatioksi*. Fiksaatiot kestävät yleensä noin 100–200 millisekuntia [Jacob and Karn, 2003, p. 581]. Koska ihminen näkee tarkasti siis vain fiksoituun kohteeseen, hänen tulee liikuttaa silmiään saavuttaakseen kokonaiskuvan ympäristöstään. Fiksaatioiden välillä tapahtuvia silmänliikkeitä kutsutaan *sakkadeiksi*, joiden aikana ihminen ei näe tarkasti eli silmä ei tarkenna mihinkään kohteeseen. Sakkadit saavuttavat enimmillään nopeuden 900 astetta sekunnissa. [Ware, 2008, p. 7]

Visuaalinen havaitseminen voidaan jakaa ”osista kokonaisuuteen” (engl. *bottom-up*) ja ”kokonaisuudesta osiin” (engl. *top-down*) tapahtuvaan prosessointiin. Osista kokonaisuuteen tapahtuvassa havaitsemisessa aivot etsivät verkkokalvolle heijastuneesta kuvasta erilaisia matalan tason piirteitä (engl. *feature*), pyrkivät muodostamaan piirteistä edelleen malleja (engl. *pattern*) ja malleista edelleen objekteja. Osista kokonaisuuteen suuntautuvassa prosessoinnissa pyritään siis löytämään visuaalisesta tilasta jotakin merkityksellistä, kun kokonaisuudesta osiin tapahtuvassa havaitsemisessa puolestaan pyritään löytämään ratkaisu johonkin tehtävään tai ongelmaan. Kokonaisuudesta osiin tapahtuvassa havaitsemisessa ihmisen tarkkaavaisuus on ”ohjelmoitu” havaitsemaan tietyt ehdot täyttäviä objekteja ja matalan tason piirteitä. Jos henkilön tulee esimerkiksi etsiä todella pitkä ystävänsä väkijoukosta, aivojen havaitessa keskivertoa pidemmän henkilön ”pitkän henkilön havaittajat” lähettävät voimakkaampaa signaalia. Tämän jälkeen ystävänsä etsivä henkilö voi liikuttaa katseensa kohdehenkilön ylähuuleen tarkistaakseen onko kohdehenkilöllä viikset, kuten hänen ystävällään. Jälleen ”viiksien havaittajat” lähettävät voimak-

kaampaa signaalia, jos kohdehenkilöllä on viikset. Tosin kohdehenkilön ollessa tarpeeksi lähellä henkilö voi jo tunnistaa kohdehenkilön ystäväkseen. [Ware, 2008, pp. 8–14]

Visuaalinen havaitseminen perustuu siis erilaisten matalan tason piirteiden, mallien ja objektien havainnointiin ja etsimiseen ja edelleen halutun piirteen, mallin tai objektin löytämiseen. Visuaalisen havaitsemisen tavoitteena on löytää visuaalisesta tilasta jotakin merkityksellistä tai ratkaisu johonkin tehtävään tai ongelmaan.

### 3.2. Katseenseuranta

Katseenseurannassa käyttäjän silmänliikkeitä mitataan siten, että katseen kohdistuminen visuaaliseen näkymään voidaan paikantaa. Silmänliikkeitä on Jacobin ja Karnin [2003, p. 574] mukaan tutkittu jo 1870-luvun lopulta asti. Ensimmäiset tekniikat oli toteutettu silmää fyysisesti koskettavin menetelmin, mutta jo 1900-luvun alussa Dodge ja Cline [1901] kehittivät menetelmän, jossa valo heijastettiin sarveiskalvolle. Jacobin ja Karnin [2003, p. 574] mukaan Fitts ja muut [1950] olivat ensimmäisiä, jotka yhdistivät katseenseurannan ja käytettävyytustutkimuksen. He tutkivat lentäjien katseen kohdistumista kontrollilaitteisiin laskeutumistilanteessa. Mackworth ja Mackworth [1958] heijastivat ensimmäisen kerran käyttäjän katseen visuaaliseen näkymään. Jacobin ja Karnin [2003, p. 574] mukaan 1970-luvulla alettiin yhdistää katseenseurantaa ja psykologiaa, minkä seurauksena voitiin tutkia katseen ja kognitiivisten prosessien yhteyttä. 1980-luvulla alettiin käyttää reaaliaikaista katseenseurantaa, jota pystyttiin hyödyntämään myös ihmisen ja tietokoneen vuorovaikutuksen tutkimisessa [Jacob and Karn, 2003, pp. 575–576]. Nykyään katseenseurantaa käytetään erilaisten käyttöliittymien käytettävyyden ja muiden ominaisuuksien tutkimisessa sekä syöttölaitteena ihmisen ja tietokoneen vuorovaikutuksessa [Jacob and Karn, 2003, p. 576].

Katseenseuranta toteutetaan nykyään useimmiten heijastamalla infrapunavalon käyttäjän silmiin. Katseenseurantalaite laskee tallentamastaan videokuvasta edelleen pupillin keskipisteen ja sarveiskalvolta heijastuvan valon paikan perusteella käyttäjän katseen sijainnin esimerkiksi tietokoneen näytöllä. Katseenseurantalaite voi olla erillinen tietokoneen näytöstä tai se voi olla integroituna näyttöön. Lisäksi on olemassa käyttäjän päähän kiinnitettäviä katseenseurantalaiteita, jotka mahdollistavat käyttäjän vapaan liikkumisen katseenseurannan aikana. Katseenseurannan alkuaikoina käyttäjän piti olla täysin liikkumatta, joten yli sadan vuoden aikana on tapahtunut paljon kehitystä myös tämän ominaisuuden suhteen. Näyttöihin integroitujen katseenseurantalaiteiden sallima käyttäjän liikkuminen vaihtelee, mutta esimerkiksi tässä tutkimuksessa käytetty *Tobii T60* -katseenseurantalaite sallii käyttäjän pään liikkumisen 44x22 senttimetrin kokoisella alueella pään ollessa 70 senttimetrin etäisyydellä näytöstä [Tobii, 2009].

Jotta katseenseurantalaite pystyy laskemaan käyttäjän katseen sijainnin näytöllä, täytyy jokaisen käyttäjän katsekohdan ja katseenseurantalaiteen tallentamasta kuvasta laskettujen pisteiden suhde kalibroida. Kalibrointi tapahtuu esimerkiksi siten, että käyttäjä katsoo näytölle ilmestyviä objekteja, jolloin katseenseurantalaite tallentaa sarveiskalvolta

heijastuvan valon paikan suhteessa pupillin keskipisteeseen yhdistäen sen näytön tiettyssä kohdassa olevaan objektiin. Tässä tutkimuksessa kalibrointi suoritettiin esittämällä yhdeksän palloa näytön eri kohdissa.

Katseenseurannan ongelmia ovat esimerkiksi katseenseurantalaitteen tarkkuus, viive katseensijainnin laskemisessa ja silmän jatkuva liike fiksoidessa [Ashmore *et al.*, 2005, p. 203]. Lisäksi kaikkien käyttäjien katsetta ei pystytä seuraamaan luotettavasti – Jacobin ja Karnin [2003, p. 578] mukaan noin 10–20 prosenttia käyttäjistä on tällaisia.

Katseenseurannan avulla pystytään tutkimaan käyttäjän katseen kohdistumista esimerkiksi tietokoneen näytölle. Menetelmä on mullistava sekä käytettävyydestä tutkimuksen että ihmisen ja tietokoneen vuorovaikutuksen tutkimisen kannalta. Testin valvoja ei voi seurata katseen kohdistumista näytölle eikä käyttäjä voi selostaa, mihin hän katsoo, koska hänen koko huomionsa menisi siihen eikä varsinaisten tehtävien suorittaminen onnistuisi. Lisäksi katseenseurannan avulla saadaan selville sellaista tietoa käyttäjän katseesta, jota hän ei välttämättä itse edes tiedosta. Katseenseuranta on siis todella merkittävä apuväline tutkimuksessa.

### 3.3. Katsetutkimuksessa käytettyjä metriikoita ja termejä

Käytettävät metriikat tulee päättää tutkimuskohtaisesti, koska eri metriikoiden avulla voidaan tarkastella eri asioita. Tässä tutkimuksessa on käytetty seuraavia termejä ja metriikoita:

- **Tarkkailualue eli AOI (Area Of Interest)**

Katseenseurantatutkimuksessa tulosten analysointia varten määritellään usein tarkkailualueita eli AOI-elementtejä (Areas Of Interest) esimerkiksi sovellusnäkyvästä. Koska AOI:den määrittelyssä sovellus tai muu tutkittava kohde jaetaan alueisiin, pystytään fiksaatioita tarkastelemaan yksittäisellä alueella tai useilla eri AOI-elementeillä yhteensä. AOI-elementteihin perustuen voidaan edelleen tutkia erilaisia metriikoita (muun muassa seuraavat kohdat).

- **Fiksaatioiden lukumäärän mediaani ennen tiettyyn AOI:hin fiksoimista**

Metriikalla tarkoitetaan ennen tietylle AOI:lle fiksoimista tapahtuneiden fiksaatioiden yhteenlasketun lukumäärän mediaania. Selvittämällä, kuinka monta kertaa käyttäjä fiksoi koko tutkittavaan näkymään ennen tietylle alueelle fiksoimista, saadaan tietoa siitä, miten nopeasti käyttäjä katsoo haluttuun kohtaan. Jacob ja Karn [2003, p. 586] ovat raportoineet lupaavaksi katsemetriikaksi ”ajan ennen ensimmäistä fiksaatiota tietylle AOI:lle” – erona näissä metriikoissa on mittaamistapa eli toista mitataan ajallisesti ja toista fiksaatioiden lukumäärällä. Jos ennen halutulle alueelle fiksoimista on tapahtunut runsaasti fiksaatioita, haluttu alue on sijoitettu huonosti, sitä ei ole korostettu tarpeeksi tai käyttäjällä on muuten vaikeuksia ”löytää” sitä. Luonnollisesti metriikan avulla voidaan tutkia myös sitä, miten nopeasti käyttäjä kat-

soo ei-haluttuun kohtaan. Jos käyttäjä fiksoi vain harvoja kertoja ennen ei-halutulle alueelle fiksoimista, ei-haluttu alue tai kohde voi olla jälleen huonosti sijoitettu, liian korostettu tai toisaalta jokin halutuista kohteista voi olla huonosti sijoitettu tai liian heikosti korostettu.

- **Fiksaatioiden lukumäärän mediaani tietyllä AOI:lla**

Metriikalla tarkoitetaan tietylle AOI:lle kohdistuneiden fiksaatioiden yhteenlasketun lukumäärän mediaania. Aluetta, jolle fiksoidaan useita kertoja, voidaan pitää tärkeänä ja käyttäjän kannalta mielenkiintoisena. Toisaalta alue voi olla myös esimerkiksi liian korostettu tai se voi sisältää liikkuvaa materiaalia, jolloin käyttäjän katse suuntautuu sille automaattisesti. Fittsin ja muiden [1950] mukaan tärkeille alueille katsotaan useasti.

- **Fiksaatioiden keston mediaani tietyllä AOI:lla**

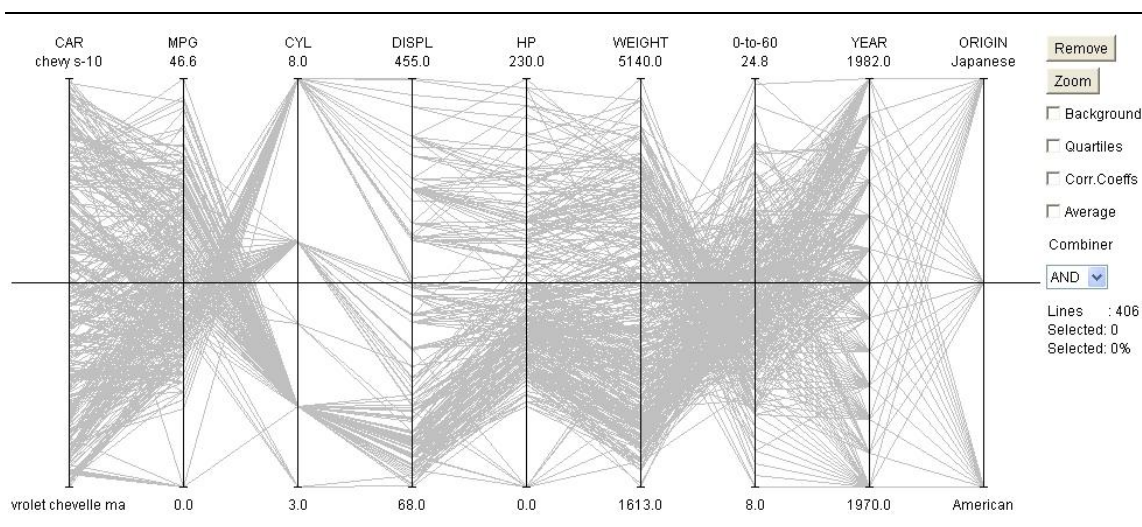
Metriikalla tarkoitetaan tietylle AOI:lle kohdistuneiden fiksaatioiden yhteenlasketun keston mediaania sekunneissa. Se kertoo, kuinka kauan käyttäjä on keskimäärin katsonut koko tehtävän aikana alueelle. Katseenseurantaa hyödyntävissä tutkimuksissa tarkastellaan usein yksittäisten fiksaatioiden keskimääräisiä kestoja [mm. Jacob and Karn, 2003, pp. 582–584]. Tässä tutkimuksessa kyse ei kuitenkaan ole siitä, että tärkeälle alueelle fiksoitaisiin vain jonkin tiedon tai asian tarkistamiseksi, vaan käyttäjän fiksoidessa oikealle alueelle hänen tulee useimmiten suorittaa toimenpiteitä kyseisellä alueella. Tärkeälle alueelle kohdistetun katseen kesto verrattuna muihin alueisiin kertoo siis siitä, että käyttäjä on suorittanut toimenpiteitään oikealla alueella. Tällöin myös käyttäjän tietylle alueelle kohdistama katse on kestoaltaan pidempi kuin ei-tärkeille alueille. Fittsin ja muiden [1950] mukaan tärkeille alueille ei katsota kauan, vaikka niihin katsottaisiinkin useasti. Heidän mukaansa pitkäkestoinen katsominen tietylle alueelle kertoo käyttäjän vaikeuksista hahmottaa informaatiota. Kuten myöhemmin aliluvussa 7.3 kerrotaan, asia ei kuitenkaan aina ole näin. Myös Goldberg ja Kotval [1999, p. 643] ovat sitä mieltä, että pitkiä fiksaatioita vaativat esitykset eivät ole selkeitä käyttäjälle. He käsittelevät siis yksittäisten fiksaatioiden keskimääräisiä kestoja, mutta näkemys lienee pätevä myös fiksaatioiden kokonaiskestosta keskusteltaessa.

## 4. Parallel Coordinate Explorer -sovellus

Tässä luvussa kerrotaan tutkimuksessa käytetystä Parallel Coordinate Explorer -sovelluksesta (PCE) [Siirtola, 2000a, 2000b: <http://www.cs.uta.fi/~hs/pce/>].

### 4.1. Yleiskuvaus

PCE on vuorovaikutteinen sovellus, jolla voidaan esittää moniulotteista dataa sisältäviä tietoaineistoja rinnakkaiskoordinaatistonäkymänä (kuva 13). Sovellus mahdollistaa visuaaliset haut ja sen toiminta perustuu suorakäyttöön (engl. *direct manipulation*). Ben Shneidermanin [1983, pp. 64–65] määrittelemä suorakäyttö tarkoittaa Siirtolan ja Rähän [2006, p. 1280] mukaan informaatiovisualisoinneissa aineistonäkymän muokkausta hallitsemalla suoraan visualisointielementtejä ilman erillisiä ohjaimia. Suorakäytön ominaispiirteiden [Shneiderman, 1997, p. 33] mukaisesti sovellus antaa käyttäjälle jatkuvaa palautetta päivittäen esimerkiksi valittuja tilastoyksiköitä kuvaavia viivoja samanaikaisesti valinnan muokkauksen kanssa. PCE:n toiminta noudattaa myös Shneidermanin [1996] kehittämää ohjenuoraa visuaalisen tiedonetsinnän tukemisesta: yleiskuva ensin, zoomaus ja suodatus, sitten yksityiskohtia niitä pyydettyessä (engl. *”Overview first, zoom and filter, then details-on-demand”*).



**Kuva 13.** *Parallel Coordinate Explorer* -sovelluksen yleisnäkymä. [Siirtola, 2000b]

PCE-sovellus mahdollistaa tilastoyksiköiden valitsemisen akseleilta ”maalaamalla”, useiden valintojen yhdistämisen eri ehdoin sekä yksittäisen tilastoyksikön tarkastelun. Lisäksi PCE sisältää muutamia tunnuslukutoimintoja ja valittuja tilastoyksiköitä koskevan zoomaustoiminnon. Näistä kerrotaan tarkemmin aliluvussa 4.3.

PCE-sovelluksessa attribuutit esitetään omilla akseleillaan, joiden asteikko on [minimi, maksimi]. Akseleilla ei siis ole yhteistä nollapistettä, vaikka kuvassa 13 näkyvästä vaakaviivasta näin voisi päätellä. Perusnäkymässä jokaisesta attribuutista esitetään nimi ja maksimiarvo akselin yläpuolella sekä minimiarvo akselin alapuolella. Rosarion ja mui-

den [2003, p. 113] mukaan rinnakkaiskoordinaatistossa esitettävien arvojen on oltava numeerisia ja niiden tulee olla järjestyksessä sekä erillään toisistaan. Tämän vuoksi nominaaliasteikollisten attribuuttien (CAR ja ORIGIN) arvot on muunnettu kokonaisluvuiksi ja näin arvot on pystytty sijoittamaan akseleilleen PCE-sovelluksessa.

#### 4.2. Cars-tietojoukko

Tutkimuksessa käytetty versio PCE-sovelluksesta [Siirtola, 2000b] on toteutettu Javalla ja siihen on ”ohjelmoitu sisään” tietoaainestoksi *The 1983 ASA data exposition dataset: Cars* -tietojoukko [Ramos and Donoho, 1983]. American Statistical Association -yhdistys (ASA) on käyttänyt *Cars*-tietojoukkoa tilastollista esitysteknologiaa koskevissa näyttelyissään [Siirtola, 2000a, p. 374]: esimerkiksi vuoden 1983 näyttelyn yhteydessä osallistujia kehoitettiin analysoimaan tietojoukkoa tilastollisilla grafiikkaohjelmillaan ja esittämään merkityksellisiä visualisointeja tietojoukosta [ASA, 1983].

Aineisto sisältää nimen ja kahdeksan muuta attribuuttia 406 autosta vuosilta 1970–82. Attribuutit ovat (sitien kuin ne on nimetty PCE-sovelluksessa):

CAR	auton nimi: valmistaja ja malli
MPG	polttoaineen kulutus maileina gallonaa kohti (1 mi = 1,6 km; 1 gal = 3,785 l)
CYL	sylinterien lukumäärä
DISPL	moottorin tilavuus kuutiotuuma (1 kuutiotuuma = 0,016 l)
HP	hevosvoimien lukumäärä
WEIGHT	paino paunoina (1 lb = 0,454 kg)
0-to-60	kiihtyvyys sekunteina nolasta 60 mailiin tunnissa (1 mph = 1,609 km/h)
YEAR	vuosimalli
ORIGIN	alkuperä (Japanese, European tai American)

#### 4.3. Toiminnot

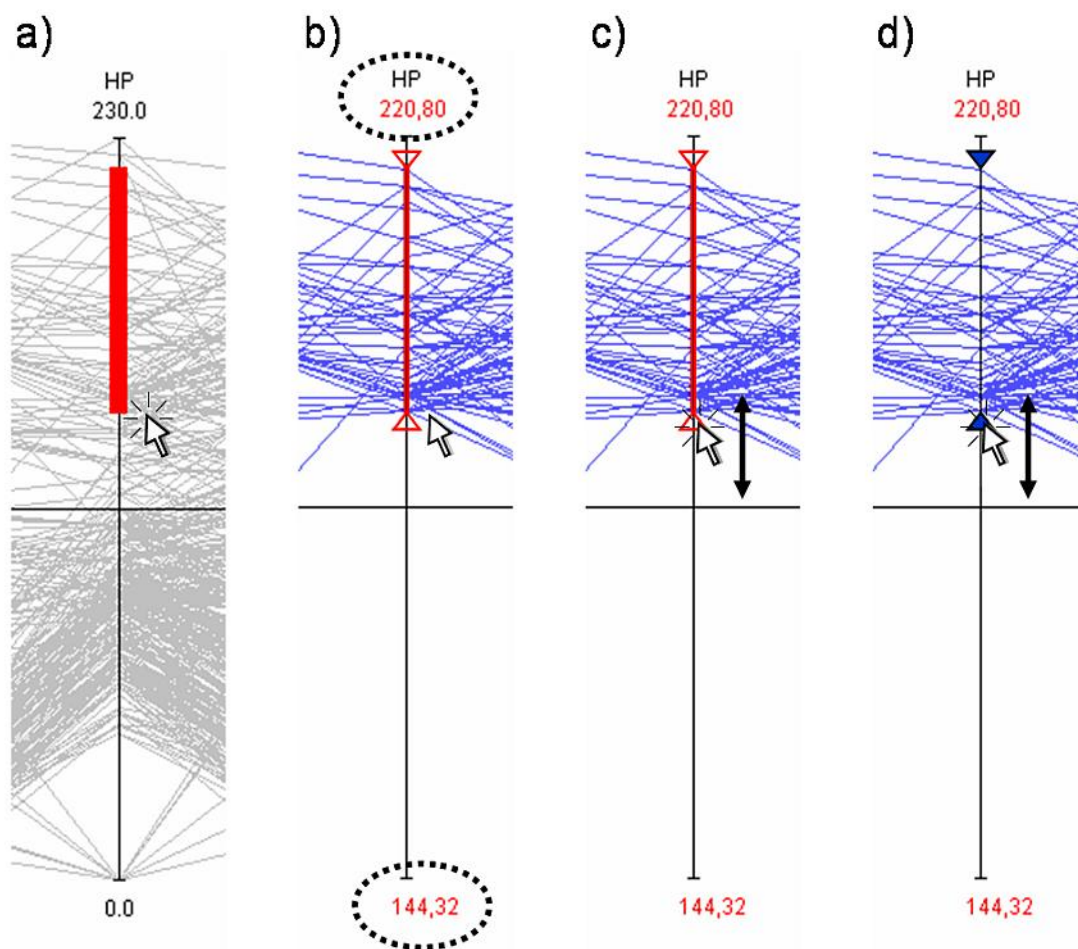
PCE-sovellus mahdollistaa käytetyn tietojoukon tutkimisen yksinkertaisilla toiminnoilla. Tässä aliluvussa esitellään sovelluksen sisältämät toiminnot.

##### *Yksittäinen valinta ja siihen liittyvä toiminnallisuus*

Yksittäinen valinta tehdään PCE-sovelluksessa ”maalaamalla” hiirellä haluttu alue akselilta (kuva 14(a)). Tehdyn valinnan ala- ja yläarvot ovat nähtävissä kyseisen akselin ala- ja yläpuolella (kuva 14(b)). Tehtyä valintaa voidaan liikuttaa ”raahaamalla” valinnan päissä olevista punareunaisista kolmioista (kuva 14(c)). Valinnan ala- ja yläarvoja voi-

daan muokata painamalla hiiren vasenta painiketta osoittimen ollessa valinnan ulkopuolella ja ”raahaamalla” sen jälkeen valinnan päihin ilmestyviä sinisiä kolmioita (kuva 14(d)). Jos ala- ja ylärajojen muokkaamisesta halutaan vaihtaa takaisin koko valinnan liikuttamiseen, painetaan hiiren vasemmalla painikkeella toista sinistä kolmiota, jolloin valinnan rajat yhdistyvät ja sen päihin tulee jälleen näkyviin punareunaiset kolmiot. Akselin päissä näkyvät valinnan ala- ja yläarvot päivittyvät samanaikaisesti sekä valintaa liikuttaessa että sen rajoja muokattaessa. Valittujen tilastoyksiköiden määrä ja osuus koko tietojoukosta esitetään sovelluksen oikeassa alareunassa Selected-kohdissa. Lisäksi valintaan sisältyvästä yksittäisestä tilastoyksiköstä on mahdollista saada tarkempaa tietoa painamalla kyseistä tilastoyksikköä kuvaavaa viivaa hiiren vasemmalla painikkeella. Tällöin kyseinen tilastoyksikkö korostetaan punaisella viivalla ja sen attribuuttien arvot esitetään kunkin akselin alapuolella punaisella tekstillä. Yksittäisiä valintoja voidaan tehdä useita siten, että valinta muutetaan ala- ja yläarvojen muokkaamistilaan eli painetaan hiiren vasemmalla painikkeella valinnan ulkopuolella, jolloin valinnan päihin ilmestyvät siniset kolmiot, ja tämän jälkeen tehdään uusi valinta. Tällöin valinnat korostetaan eri värein: ensimmäinen valinta on sininen, toinen vihreä, kolmas fuksianpunainen, neljäs oranssi, viides turkoosi, kuudes keltainen ja näistä seuraavat valinnat ovat mustia. Jos yksittäisten valintojen sisältämiä tilastoyksiköitä kuuluu kahteen tai useampaan valintaan, korostetaan kyseisiä tilastoyksiköitä kuvaavat viivat viimeisenä tehdyn valinnan värillä. Ala- ja yläarvojen muokkaamistilassa valinnan päissä olevat kolmiot ovat aina valinnan värin mukaiset eli ensimmäisen valinnan kolmiot ovat siniset, toisen vihreät, kolmannen fuksianpunaiset ja niin edelleen.





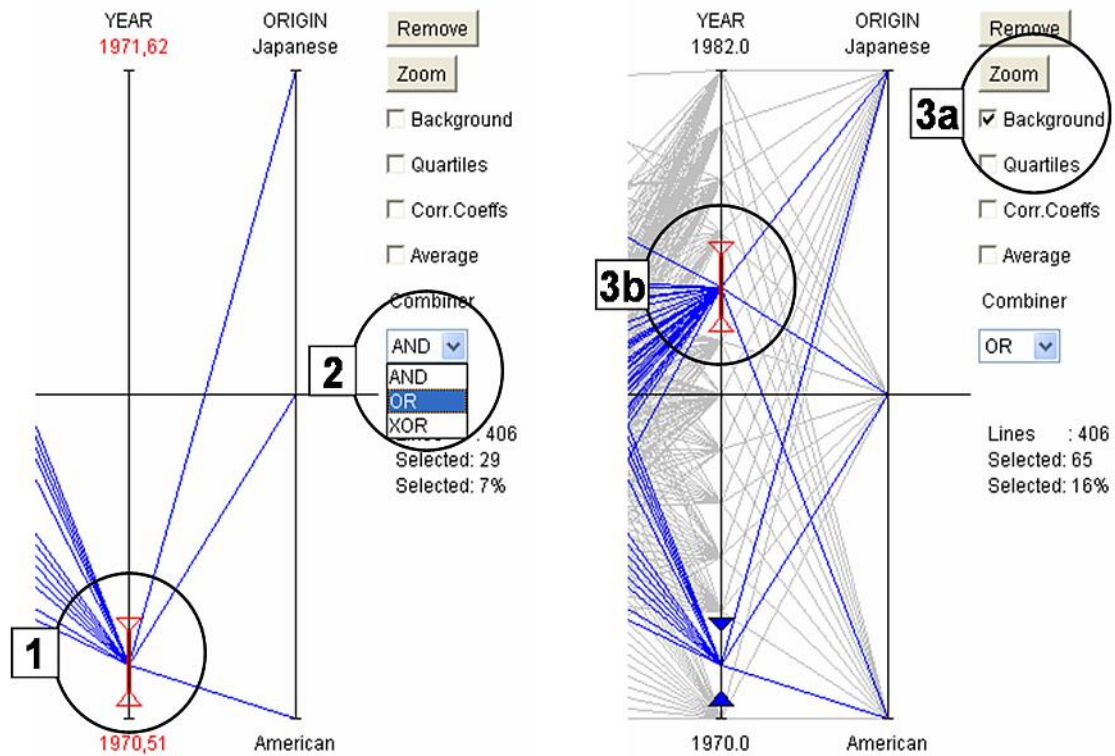
**Kuva 14.** Valinta ja sen muokkaaminen PCE-sovelluksessa: **a)** valinnan tekeminen ”maalaamalla”; **b)** valinnan ala- ja yläarvot näkyvät akselin päissä; **c)** valintaa voi liikuttaa ”rahaamalla” sen päissä olevista punareunaisista kolmioista; ja **d)** valinnan rajoja voi muokata ”rahaamalla” sinisistä kolmioista.

### Valintojen yhdistäminen

Useimmiten tietojoukkoja tutkittaessa halutaan valita useita eri ehtoja täyttäviä tilastoyksiköitä eikä tällöin vain yhden valinnan tekeminen riitä. PCE-sovelluksessa valintoja voi yhdistää kolmella eri ehdolla:

- **AND** eli JA-operaattori: jättää valituiksi tilastoyksiköt, joiden arvot sijoittuvat tehtyjä valintoja koskevien attribuuttien osalta *kaikkien* valintojen rajoihin
- **OR** eli TAI-operaattori: jättää valituiksi tilastoyksiköt, joiden arvot sijoittuvat tehtyjä valintoja koskevien attribuuttien osalta *vähintään yhden* valinnan rajoihin
- **XOR** eli POISSULKEVA TAI -operaattori: jättää valituiksi tilastoyksiköt, joiden arvot sijoittuvat tehtyjä valintoja koskevien attribuuttien osalta *ainoastaan yhden* valinnan rajoihin

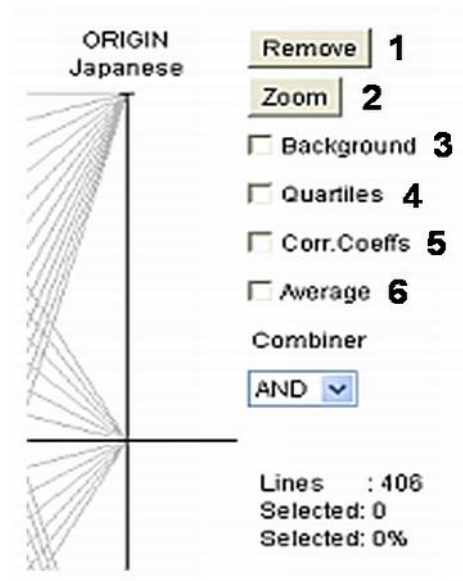
Valintojen yhdistäminen suoritetaan sovelluksessa seuraavasti (vastaavat askeleet kuvassa 15): 1) valitaan haluttu alue akselilta ”maalaamalla”; 2) valitaan haluttu yhdistämisoperaattori (AND, OR tai XOR) Combiner-valikosta; 3a) valitaan tarvittaessa Background-toiminto, jolloin saadaan myös voimassa olevan valinnan ulkopuoliset tilastoyksiköt näkyviin; ja 3b) valitaan seuraava haluttu alue. Valitut alueet voivat olla myös samalla akselilla ja niitä voi olla useita. Kuvassa 15 on valittuna tilastoyksiköt, joiden YEAR-attribuutin arvo on 1971 tai 1978.



**Kuva 15.** Valintojen yhdistäminen: 1) valitaan alue; 2) valitaan haluttu yhdistämisoperaattori; 3a) paljastetaan myös valitsemattomat tilastoyksiköt Background-toiminnolla; ja 3b) valitaan seuraava alue. Askel 3a ei ole pakollinen ja askel 3b voidaan toistaa useasti.

### ***Muu toiminnallisuus***

Valintojen tekemisen ja niiden yhdistämisen lisäksi PCE-sovelluksessa voi muokata näkymää kuvassa 16 näkyvillä toiminnoilla.



**Kuva 16.** PCE-sovelluksen toimintovalinnat. Sovelluksen muut toiminnot ovat: **1)** valintojen poistaminen, **2)** valintoihin zoomaaminen, **3)** valitsemattomien tilastoyksiköiden näyttäminen, **4)** kvartiilit, **5)** korrelaatiokertoimet ja **6)** keskiarvo.

Toimintojen kuvaukset ja erityispiirteet (suluissa kuvien 16 ja 17 vastaavat kohdat):

- **Remove-toiminto (1)**

Poistaa kaikki tilastoyksikkövalinnat, mutta jättää muut mahdolliset valinnat voimaan, kuten Combiner-valikossa valitun operaattorin ja Average-toiminnon.

- **Zoom-toiminto (2)**

Siirtää (liikuttamistilassa olevan) valinnan ulkopuoliset tilastoyksiköt kyseisen akselin päihin (valintojen yläpuolella olevat tilastoyksiköt akselin yläpäähän ja vastaavasti valinnan alapuolella olevat akselin alapäähän) ja ”zoomaa” valittuihin tilastoyksiköihin sijoittamalla ne uudelleen akselin päiden väliin jäävälle alueelle. Jos attribuutin suurin tai pienin arvo sisältyy zoomattavaan valintaan, sijoitetaan tilastoyksiköt akselille aloittaen vastaavasti akselin ylä- tai alapäästä. Zoomauksen seurauksena akselin päissä näkyvät ala- ja yläarvot päivitetään vastaamaan zoomatun valinnan ala- ja yläarvoja eikä näiden arvojen ulkopuolelle jääviä attribuutteja ole mahdollista valita, vaikka niitä kuvaavat viivat jäävätkin näkyviin. Toiminnon avulla saadaan siirrettyä tarpeettomat tilastoyksiköt ”pois tieltä” ja jaettua tarkasteltavat tilastoyksiköt laajemmalle alueelle, vaikkakaan toiminto ei, nimensä vastaisesti, varsinaisesti zoomaa valintaan sisältyviä tilastoyksiköitä suuremmaksi, vaan se zoomaa akselia.

- **Background**-toiminto (3)

Tuo näkyviin myös valitsemattomia tilastoyksiköitä kuvaavat viivat. Kuten edellä on mainittu, toiminto mahdollistaa esimerkiksi OR-operaattoria käytettäessä valitsemattomien tilastoyksiköiden valitsemisen tuomalla ne näkyviin. Jos valittuna ovat esimerkiksi 6-sylinteriset autot, on valinnan yhdistäminen OR-operaattorilla 4-sylinterisiin autoihin hyvin hankalaa käyttämättä Background-toimintoa. Toisaalta tarpeettomat tilastoyksiköt on selkeyden kannalta hyvä saada myös pois näkyvistä.

- **Quartiles**-toiminto (4)

Esittää kunkin suhde- ja intervalliasteikollisen attribuutin osalta laatikkojanakuviona kvartiilit eli rajat, joissa tilastoyksiköiden määrä saavuttaa 25 (4a), 50 (4b) ja 75 (4c) prosenttia kaikista tilastoyksiköistä. Toiminto esittää rajat suhteessa kaikkiin tietojoukon tilastoyksiköihin riippumatta siitä, onko valintoja tehty vai ei.

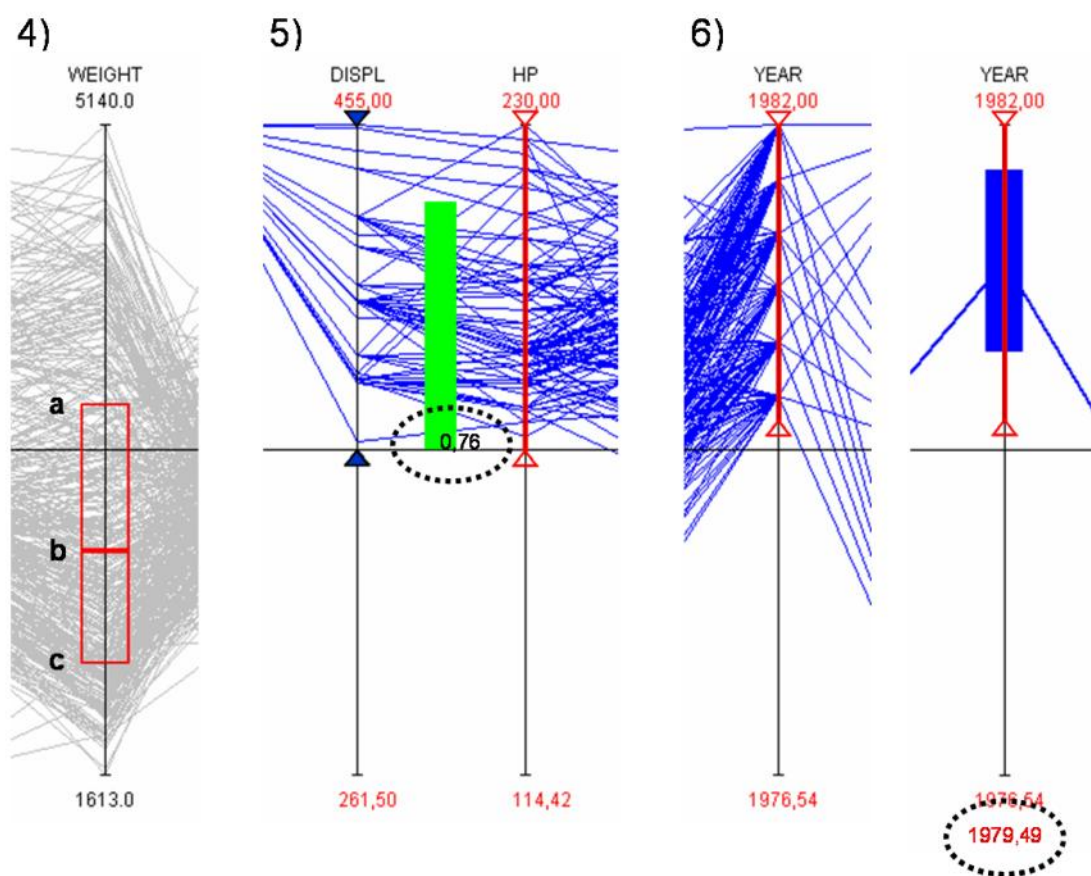
- **Correlation coefficients** -toiminto (5)

Esittää kahdella tai useammalla akselilla tehtyjen valintojen välisen korrelaatiokerroimen. Positiivinen korrelaatio kuvataan lisäksi suhteellisenä, vihreänä, vaakaviivasta nousevana pylväänä ja negatiivinen korrelaatio suhteellisenä, punaisena, vaakaviivasta laskevana pylväänä. Kun valintoja on tehty useammalla kuin kahdella akselilla, korrelaatiokerroin ja pylväs esitetään toisiinsa lähimpänä olevien akselien välillä. Jos valintoja on tehty esimerkiksi kolmella akselilla, esitetään korrelaatiot ensimmäisen ja toisen sekä toisen ja kolmannen valinnan välillä – ensimmäisen ja kolmannen valinnan välistä korrelaatiota ei ole tällä toiminnolla mahdollista selvittää. Jotta toimintoa voi käyttää, on tehtävä vähintään kaksi valintaa eri akseleilta. On myös syytä huomioda, että alun perin nominaaliasteikollisen attribuutin (CAR ja ORIGIN) ja suhdeasteikollisen attribuutin välistä korrelaatiokerrointa ei voida laskea

- **Average**-toiminto (6)

Esittää valittujen tilastoyksiköiden keskiarvon attribuuttikohtaisesti kunkin akselin alapuolella sekä sinisen pylväskuvion, joka kuvaa keskihajontaa noudeten yhden normalisoidun keskihajonnan keskiarvon yläpuolelle ja laskien yhden normalisoidun keskihajonnan keskiarvon alapuolelle [Siirtola, 2000a, p. 375]. Keskiarvo esitetään akselien alapuolella olevien lukujen lisäksi akselien väleissä olevien yhdysviivojen avulla: yhdysviivan leikkauskohta akselilla on kyseisen attribuutin valittujen tilastoyksiköiden keskiarvo. Jotta toimintoa voi käyttää, on tehtävä vähintään yksi valinta. Toimintoa käytettäessä on

huomioitava, etteivät alun perin nominaaliasteikollisille attribuuteille (CAR ja ORIGIN) lasketut keskiarvot ole merkityksellisiä [Siirtola, 2000a, p. 363].



**Kuva 17.** PCE-sovelluksen tunnuslukutoiminnot: **4)** kvartiilit ( a) yläkvartiili, b) mediaani ja c) alakvartiili ), **5)** korrelaatiokerroin ja **6)** keskiarvo.

#### 4.4. Käytettävyysongelmat

PCE-sovelluksessa on käytettävyysongelmia, joilla voi olla vaikutusta käyttäjien suoriin ja joiden ratkaiseminen parantaisi sovelluksen käytettävyyttä. Tällaisia käytettävyysongelmia ovat muun muassa:

- **Raja-arvojen asettaminen**

Koska PCE-sovellusta käytetään hiirellä, valintaa tehtäessä tai valintaa muokattaessa on vaikea osua tiettyihin raja-arvoihin. Ratkaisuna ongelmaan toimisivat tekstikentät, joihin käyttäjä voisi syöttää halutut raja-arvot valinta-kohtaisesti.

- **Raja-arvojen sijainti**

Valinnan ala- ja yläarvot esitetään sovelluksessa akselin päissä eli kaukana varsinaisesta valinnasta. Tällöin liikutettaessa valintaa tai muokattaessa sen raja-arvoja käyttäjän tulee katsoa joko akselin ala- tai yläpuolelle riippuen sii-

tä, haluaako hän muuttaa valinnan ala- vai yläarvoa. Käyttäjän tulee siis jakaa huomionsa kahteen eri kohteeseen: valinnan liikuttamiseen (tai sen raja-arvon muokkaamiseen) hiirellä ja toisaalta akselin päissä sijaitseviin raja-arvoihin. Tämä on ongelmallista ja raja-arvojen esittäminen valinnan yhteydessä helpottaisi muokkaustilanteita selkeästi.

- **Viivojen kasaantuminen**

Kuten aliluvussa 2.2 on kerrottu, rinnakkaiskoordinaattien yleisenä ongelmana on tilastoyksiköitä kuvaavien viivojen kasaantuminen. Valittaessa esimerkiksi vuoden 1973 autot 8-sylinterisiä autoja on silmämääräisesti 10 laskettuna CYL- ja DISPL-akselien välisistä viivoista, vaikka niitä todellisuudessa on 20. Todellinen määrä 20 on sen sijaan laskettavissa esimerkiksi HP- ja WEIGHT-akselien välisistä viivoista. Tällainen toiminta on käyttäjän kannalta ongelmallista, koska hän ei voi tietää, minkä akselien välisistä viivoista laskettu määrä on todellinen tilastoyksiköiden määrä. Koska käyttäjä kuitenkin voi selvittää todellisen tilastoyksiköiden määrän sovelluksen oikeassa alalaidassa sijaitsevasta Selected-arvosta, viivojen kasaantumisen erityinen ongelma on yksittäistä tilastoyksikköä kuvaavan viivan seuraamisen vaikeus. PCE-sovelluksessa yksittäisen tilastoyksikköä kuvaavan viivan voi korostaa ja tämä helpottaa käyttäjää, kuten aliluvussa 2.2 on esitetty. Jotta käyttäjän toimintaa helpotettaisiin lisää, tilastoyksiköitä kuvaavat viivat voisivat olla kaareutuvia [Graham and Kennedy, 2003], kuten myös aliluvussa 2.2 on esitetty.

- **Zoomaamisen ehdot**

Jotta valittuihin tilastoyksiköihin voi zoomata, tulee yhden valinnan olla liikuttamistilassa eli tilassa, jossa valinnan päiden punareunaisia kolmioita yhdistää punainen viiva. On myös huomioitava, että sovellus zoomaa vain tähän yhteen valintaan – vaikka valintoja olisi enemmän kuin yksi, sovellus siis ei zoomaa kaikkiin valittuihin tilastoyksiköihin. Tämä on erittäin ongelmallista käyttäjän kannalta: hän ei pysty zoomaamaan kaikkiin tilastoyksiköihin eikä hän voi tietää, että valinnan tulee olla liikuttamistilassa, jotta zoomaaminen on ylipäättään mahdollista. Näihin rajoituksiin liittyen käyttäjän voi olla vaikeaa hahmottaa Zoom-toiminnon toimintaa. Ratkaisuna zoomaamisen ongelmiin sovellus voisi zoomata kaikkiin valittuihin tilastoyksiköihin riippumatta siitä, missä tilassa kukin valinta on.

- **Useiden yksittäisten valintojen tekeminen**

Kuten aliluvun 4.3 kohdassa *Yksittäinen valinta ja siihen liittyvä toiminnallisuus* on kerrottu, useita yksittäisiä valintoja voi tehdä asettamalla valinnan ala- ja yläarvojen muokkaamistilaan ja tekemällä sen jälkeen uuden valinnan.

Tämä on käyttäjän toiminnan kannalta ongelmallista, koska sille, että uuden yksittäisen valinnan tekemiseksi edellisen valinnan tulee olla tiettyssä tilassa, ei ole erityistä tai selvää syytä. Käyttäjälle ei myöskään tarjota tietoa tästä rajoituksesta, joten kyseessä on käytettävyysongelma. Ratkaisuna ongelmaan sovellus voisi sisältää esimerkiksi Combiner-valikossa olevan ”Ei yhdistetä” eli ”No combining” -vaihtoehdon tai sovelluksen oikeassa laidassa sijaitsevan ”Independent selections” -toiminnon. Tällöin käyttäjä tietäisi selkeästi tekevänsä yksittäisiä valintoja eikä hänen myöskään tarvitsisi asettaa valintoja tiettyyn tilaan ennen seuraavan valinnan tekemistä.

- **Ei Peruuta-toimintoa**

Käyttäjän ei ole mahdollista peruuttaa vain yhtä tai useampaa suorittamaansa toimintoa, vaan virheen sattuessa hän voi ainoastaan poistaa kaikki valinnat Remove-toiminnolla. Tämä on ongelmallista erityisesti siinä tapauksessa, että valinta tehdään väärällä akselilla. Jos valinta tehdään oikealla akselilla, virhe ei ole täysin peruuttamaton, koska yksittäisiä valintoja voi muokata kyseisellä akselilla. On kuitenkin syytä huomioida, että Shneidermanin [1997, p. 33] suorakäytölle esittämien suositusten mukaisesti toimintojen tulisi olla nopeita ja myös nopeasti peruutettavissa. Ongelman ratkaisi yksinkertaisesti Peruuta-painikkeen lisääminen sovellukseen.

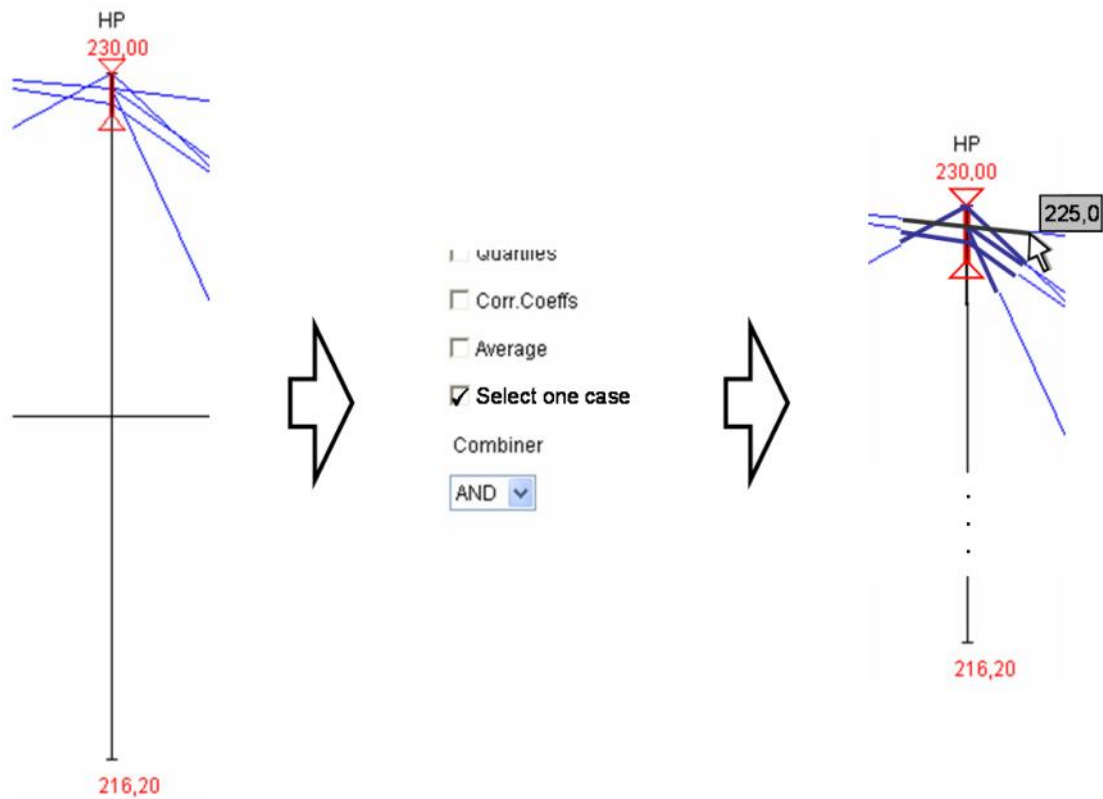
- **Akselien järjestyksen muuttaminen**

Sovellus ei mahdollista akselien järjestyksen muuttamista. Kuitenkin, kuten aliluvussa 2.2 on kerrottu, tarkasteltaessa attribuuttien välisiä suhteita arvokkaita seikkoja voi jäädä huomaamatta akselien järjestyksestä johtuen. PCE-sovellus tukisi paremmin eri attribuuttien välisten suhteiden hahmottamista, jos akselien järjestystä voisi muuttaa. Tämän toiminnallisuuden voisi toteuttaa yksinkertaisesti toiminnolla, joka muuntaisi akselit raahattaviksi elementeiksi.

- **Yksittäisen tilastoyksikön valitseminen hiirellä**

Yksittäisen tilastoyksikön attribuuttien arvot saadaan esille valitsemalla kyseistä tilastoyksikköä kuvaava viiva hiiren vasemmalla painikkeella. Koska viivat ovat hyvin ohuita ja niitä voi olla kasautuneena pienelläkin alueella useita kymmeniä, yksittäiseen viivaan osuminen hiirellä on todella hankalaa. Ratkaisuna ongelmaan voisi toimia esimerkiksi jonkinlainen zoomaamistoiminto, jonka käyttäjä voisi asettaa päälle. Tämän jälkeen liikutettaessa hiirtä jonkin akselin ja valittujen tilastoyksiköiden päälle hiiren cursorin läheisyydessä olevat tilastoyksiköiden viivat näytettäisiin zoomattuna eli paksumpina ja kauempana toisistaan. Myös zoomattujen tilastoyksiköiden arvot kyseisen

attribuutin suhteen voitaisiin esittää selitetekstinä hiiren kursorin ollessa tietyn viivan päällä (kuva 18).



**Kuva 18.** *Yhden tilastoyksikön valinnan helpottaminen.* Valintaa voisi helpottaa ”Valitse yksi tilastoyksikkö” -toiminnolla (engl. *Select one case*), jonka seurauksena hiiren kursorin lähellä olevat tilastoyksiköt kuvaavat viivat korostettaisiin ja kursorin alla olevan viivan tilastoyksikön arvo näytettäisiin selitetekstinä kursorin vieressä.



## 5. Suoritetut katseenseurantatestit

Tässä luvussa kuvataan tutkimuksessa suoritettu käyttäjättestaus yksityiskohtaisesti. Testauksen tarkoituksena oli tutkia katseenseurannan avulla, miten käyttäjät etsivät tietoa rinnakkaiskoordinaateista ja miten nopeasti he oppivat lukemaan kyseistä visualisointia.

### 5.1. Testiympäristö

Käyttäjättestaus suoritettiin Tampereen yliopiston tietojenkäsittelytieteiden laitoksen katselaboratoriossa kesäkuussa 2008. Testihenkilön lisäksi laboratoriossa oli testin valvoja, joka opasti testihenkilöä, huolehti testin etenemisestä suunnitellusti sekä tarkkaili suoritusta – muita henkilöitä ei osallistunut testitilanteeseen.

Testauksessa käytettiin *Tobii T60 Eye Tracker* -katseenseurantalaitteistoa integroituna 17-tuumaiseen TFT-näyttöön (kuva 19). Näytön resoluutio oli 1280x1024 pikseliä. Testin luomisessa, suorittamisessa ja analysoinnissa käytettiin *Tobii Studio 1.1.25* -ohjelmistoa. Kyseisen Tobii Studio -ohjelmiston oletusarvojen mukaisesti fiksaation enimmäissäde oli 50 pikseliä ja vähimmäiskesto 100 millisekuntia. Käyttöjärjestelmänä oli *Microsoft Windows XP* ja Internet-selaimena *Windows Internet Explorer 7.0.5730.13*. Lisäksi käytössä oli *Logitech*-merkkinen webkamera, jonka avulla tallennettiin testihenkilön puhe, sekä kaksipainikkeinen mekaaninen hiiri. Näppäimistöä ei testissä tarvittu.



---

**Kuva 19.** *Tobii T60*. Tobii T60 -katseenseurantalaite, joka on integroitu 17-tuumaiseen TFT-näyttöön. [Tobii, 2009]

## 5.2. Testin kulku

Testin alussa testin valvoja kertoi testin tarkoituksesta ja kulusta. Tämän jälkeen testihenkilö täytti videotilupalomakkeen sekä taustatietolomakkeen (liite 1). Lisäksi testihenkilölle kerrottiin tässä vaiheessa, että testissä käytetty aineisto sisältää tietoja 406 autosta vuosilta 1970–82.

Alkuvalmistelujen jälkeen katseenseurantalaite kalibroitiin mittaamaan testihenkilön katsetta. Sekä kalibroinnin että koko testin ajan huolehdittiin siitä, että testihenkilön pää oli noin 50 senttimetrin etäisyydellä näytöstä ja katseenseurantalaitteesta. Kalibrointi suoritettiin Tobii Studion sisältämällä toiminnolla, jossa testihenkilö katsoo yksitellen näytölle ilmestyviä yhdeksää palloa. Toimenpide toistettiin tarvittaessa kunnes laite seurasi testihenkilön katsetta onnistuneesti. Kalibroinnin jälkeen näytölle avautui Parallel Coordinate Explorer -sovellus selainikkunassa ja testihenkilöä pyydettiin kuvailemaan näkemäänsä. Kuvailun jälkeen testihenkilölle annettiin mahdollisuus kokeilla sovellusta hiirtä käyttäen korkeintaan kolmen minuutin ajan. Tämän jälkeen testihenkilölle kerrottiin rinnakkaiskoordinaateista seuraavaa:

”Rinnakkaiskoordinaatisto on graafinen tapa esittää tietoaaineistoja. Siinä tilastoyksikön attribuutit eli yksittäiset ominaisuudet on esitetty omina pystysuorina akseleinaan. Toisin kuin tavallinen koordinaatisto, rinnakkaiskoordinaatisto mahdollistaa moniulotteisen tiedon esittämisen eli käytännössä yhdestä tilastoyksiköstä voidaan esittää samassa näkymässä monen eri ominaisuuden arvot.”

Lisäksi testihenkilölle näytettiin suorakulmaisen koordinaatiston ja rinnakkaiskoordinaatiston eroja selventävää ohjeistusta (liite 2). Testihenkilön tutustuttua ohjeistukseen hänelle näytettiin kuvaa PCE-sovelluksesta (liite 2) ja kerrottiin seuraavat asiat:

- Sovelluksessa valitaan alueita akseleilta ”maalaamalla” ja valintoja voi siirtää raa haamalla ja rajauksia voi muuttaa valinnan rajoilla näkyvistä kolmioista.
- Aineistossa on käytetty polttoaineen kulutuksen yksikkönä MPG:tä ja se kertoo, miten monta mailia pääsee gallonalla polttoainetta.
- Background-valinnalla saa myös valitsemattomat tiedot näkyviin.
- Remove-painikkeella saa sovelluksen alkutilaan eli kaikki valinnat pois.
- Combiner-valikossa voi määritellä eri valintojen yhdistämisperusteita, esimerkiksi JA ja TAI.
- Zoomausta, neljänneksiä tai korrelaatiokerrointa ei tarvita testissä.

Testihenkilölle korostettiin, ettei tehtävien suorittamisessa tarvitse kiirehtiä ja ettei testissä testata testihenkilöä vaan sovellusta. Lisäksi testihenkilölle kerrottiin mahdollisuudesta lopettaa yksittäinen tehtävä tai koko testi milloin tahansa mikäli olo on millään tavoin

epämukava. Tässä vaiheessa testihenkilölle annettiin mahdollisuus esittää kysymyksiä ja hänelle kerrottiin, ettei tehtävien ratkaisemiseen liittyviin kysymyksiin voitaisi vastata varsinaisen testin aikana.

Testihenkilöä ohjeistettiin lukemaan tehtävä ääneen ennen sen suorittamisen aloittamista ja kertomaan myös vastaus ääneen. Samoin häntä ohjeistettiin painamaan Seuraava tehtävä -painiketta, kun hän tunsu suorittaneensa tehtävän. Tämän jälkeen testihenkilölle annettiin attribuutilista (liite 2), jonka testihenkilö sai pitää itsellään koko testin ajan ja jota hän näin ollen sai myös katsoa milloin tahansa.

Ohjeistuksen jälkeen testihenkilö aloitti varsinaisen testin suorittamisen. Testihenkilön painettua hiiren painiketta näytölle avautui selainikkuna, johon oli listattuna kahdeksan linkkiä testitehtäviin. Tehtävien järjestys oli jokaisella testihenkilöllä erilainen, kuten aliluvussa 7.1 tarkemmin kuvataan. Testihenkilöä pyydettiin valitsemaan tietty testi: ensimmäiseen testiin osallistunut valitsi testin 1, toiseen testiin osallistunut valitsi testin 2 ja niin edelleen. Tämän jälkeen näytölle avautui PCE-sovellus sekä tehtävänanto, ja testihenkilö suoritti tehtävät 0–8. Tehtävien suorittamisen jälkeen testihenkilöä pyydettiin täyttämään kyselylomake (liite 3) koskien sovellusta, rinnakkaiskoordinaatistoa yleisesti ja testitehtäviä. Tämän jälkeen testihenkilön kanssa käytiin lyhyesti läpi ongelmalliset tehtävät ja hänen mahdollisesti esittämiinsä kysymyksiin vastattiin. Lopuksi testihenkilöä kiitettiin testiin osallistumisesta ja hänelle annettiin korvauksena aiemmin luvatut kaksi elokuvalippua.

### 5.3. Osallistujat

Käyttäjätestaukseen osallistumiseen ei vaadittu muuta kuin vähäistä kokemusta graafisista esityksistä, kuten erilaisista kuvaajista ja kaavioista: kokemukseksi katsottiin esimerkiksi *Microsoft Excelin* tai jonkin muun taulukkolaskentaohjelman grafiikkaominaisuuksien käyttö. Minkäänlaista kokemusta rinnakkaiskoordinaateista ei edellytetty. Testaukseen osallistui yhteensä yhdeksän henkilöä. Kahden osallistujan testiaineisto jouduttiin kuitenkin jättämään kokonaan pois analyysistä teknisten ongelmien aiheuttamien puutteiden vuoksi: toisen testihenkilön kohdalla testi jouduttiin keskeyttämään tietokoneen muistin täytyttyä virheellisten tallennusasetusten seurauksena ja toisen testihenkilön kohdalla katsedata ei tallentunut, koska testihenkilön pää oli liian lähellä katseenseurantalaitetta, minkä seurauksena hänen silmänsä eivät olleet laitteiston havaitsemalla alueella. Jatkossa käsitellään vain seitsemää onnistunutta testiä.

Käyttäjätestaukseen osallistui neljä miestä ja kolme naista iältään 24–30-vuotiaita. Kaksi henkilöä ilmoitti toimenkuvakseen tutkijan ja muut opiskelijan. Testihenkilöt ilmoittivat tarkastelevansa (tai tarkastelleensa) numeerisesta tiedosta tehtyjä graafisia esityksiä keskimäärin kerran viikossa tai harvemmin. Testihenkilöt ilmoittivat muodostavansa (tai muodostaneensa) graafisia esityksiä numeerisesta tiedosta keskimäärin muutamana kerran kuukaudessa tai harvemmin. Ainoastaan yksi testihenkilö ilmoitti tietävänsä, mitä rinnakkaiskoordinaatistolla tarkoitetaan. Kaikilla osallistujilla oli ajokortti ja he

ilmoittivat ajavansa autolla keskimäärin viikoittain. Kaikki osallistujat ilmoittivat käyttävänsä tietokonetta useita kertoja päivässä tai työskentelevänsä tietokoneella. Kysyttäessä, mitä osallistujat tekevät tietokoneella, kaikki ilmoittivat lukevansa/lähehtävänsä sähköpostia tai käyttävänsä muita Internetin palveluja, kolme osallistujaa ilmoitti käyttävänsä tekstin- ja kuvankäsittelyohjelmia, viisi osallistujaa ilmoitti ohjelmoivansa ja kaksi suorittavansa ylläpitotoimenpiteitä.

## 6. Testitehtävät ja niiden suorittaminen

Tässä luvussa esitellään testeissä käytetyt tehtävät ensin yleisellä tasolla ja sitten tarkemmin kuvauksineen ja optimaalisine ratkaisuineen.

Testauksessa käytetyt tehtävät valittiin vertailun mahdollistamiseksi yhtä lukuun ottamatta (tehtävä 7) Siirtolan ja Rähän [2006] tutkimuksesta, jossa rinnakkaiskoordinaattien käyttöä tarkasteltiin vertailemalla tiedonhakunopeutta käyttäen Parallel Coordinate Explorer -sovellusta ja SQL-kyselykieltä. Kuten edellä aliluvussa 4.2 kerrottiin, testiaineistona käytettiin *Cars*-tietojoukkoa [Ramos and Donoho, 1983].

Lopulliset testitehtävät valittiin tehtävätyyppien perusteella: yksinkertaisia valintoja sisältävät, useita valintoja tai rajouksia sisältävät ja kuvailevat tehtävät. Tehtävä 7, jota ei ollut Siirtolan ja Rähän [2006] tutkimuksessa, luotiin tasapainottamaan eri tehtävätyyppien esiintymistä. Yksinkertaisia valintoja sisältävissä tehtävissä vaadittiin käytännössä valinnan tekeminen jollakin akselilla ja tuloksen katsominen joltakin toiselta alueelta, esimerkiksi sovelluksen oikeassa laidassa olevalta MENU-alueelta. Useita valintoja tai rajouksia sisältävissä tehtävissä testihenkilö joutui tekemään valintoja yhdellä tai useammalla akselilla ja mahdollisesti käyttämään sovelluksen tarjoamia rajausmahdollisuuksia. Tällaisia rajausmahdollisuuksia ovat muun muassa Average-toiminto, joka esittää siis akselikohtaiset keskiarvot kyseisellä hetkellä valittuina olevista tilastoyksiköistä lasketuina, ja Combiner-valikko, jonka sisältämillä operaattoreilla voi yhdistellä erillisiä valintoja tietyllä tavalla. Kuvailevissa tehtävissä vaadittiin valintojen tekemistä yhdellä tai useammalla akselilla ja vastauksena testihenkilö kuvaili valittuja tilastoyksiköitä haluamallaan tavalla ja laajuudella. Vaativuustasoltaan yksinkertaisia valintoja sisältävät tehtävät olivat helppoja ja useita valintoja tai rajouksia sisältävät tehtävät keskinkertaisia tai vaikeita huomioiden testihenkilöiden kokemattomuus rinnakkaiskoordinaattien suhteen. Kuvailevien tehtävien vaativuustasoa on mahdotonta määritellä, koska kyseisiin tehtäviin ei ollut vain yhtä oikeaa vastausta. Lopullisista testitehtävistä yksinkertaisia valintoja sisältäviä tehtäviä ovat 0 ja 7, useita valintoja tai rajouksia sisältäviä tehtäviä 1, 2, 4, 5 ja 8, ja kuvailevia tehtäviä 3 ja 6.

Lopulliset testitehtävät:

- 0) Kuinka monta amerikkalaista autoa aineistossa on?
- 1) Kuinka monessa autossa on 4- tai 6-sylinterinen moottori?
- 2) Kuinka monta mailia 6-sylinteriset autot keskimäärin kulkevat gallonalla polttoainetta?
- 3) Miten kuvailisit autoja, jotka painavat yli 4500 paunaa?
- 4) Mistä maasta vuonna 1971 valmistetut, 6-sylinteriset autot ovat peräisin?
- 5) Millä japanilaisilla autoilla on paras kiihtyvyyys?

- 6) Mitä muuta yhteistä on tehokkaimmilla, parhaiten kiihtyvillä ja raskaimmilla autoilla aineistossa?
- 7) Kuinka monta ei-amerikkalaista autoa aineistossa on?
- 8) Mikä on yleisin sylinterien määrä vuonna 1973 valmistetuissa autoissa?

Tehtävä 0 oli harjoitustehtävä ja jokainen testihenkilö suoritti kyseisen tehtävän ensimmäisenä. Testihenkilöt eivät kuitenkaan tienneet kyseisen tehtävän olevan harjoitustehtävä. Loput tehtävät 1–8 olivat tasapainotetussa järjestyksessä niin sanotun latinalaisen neliön mukaisesti eli kahden tehtävän tietty keskinäinen järjestys esiintyi testeissä suunnilleen yhtä monta kertaa kuin toisinpäinkin (kuva 20). Näin oppimisvaikutus saatiin minimoitua.

---

4	7	3	1	2	8	6	5
7	2	6	4	5	3	1	8
3	6	2	8	1	7	5	4
1	4	8	6	7	5	3	2
2	5	1	7	8	6	4	3
8	3	7	5	6	4	2	1
6	1	5	3	4	2	8	7
5	8	4	2	3	1	7	6

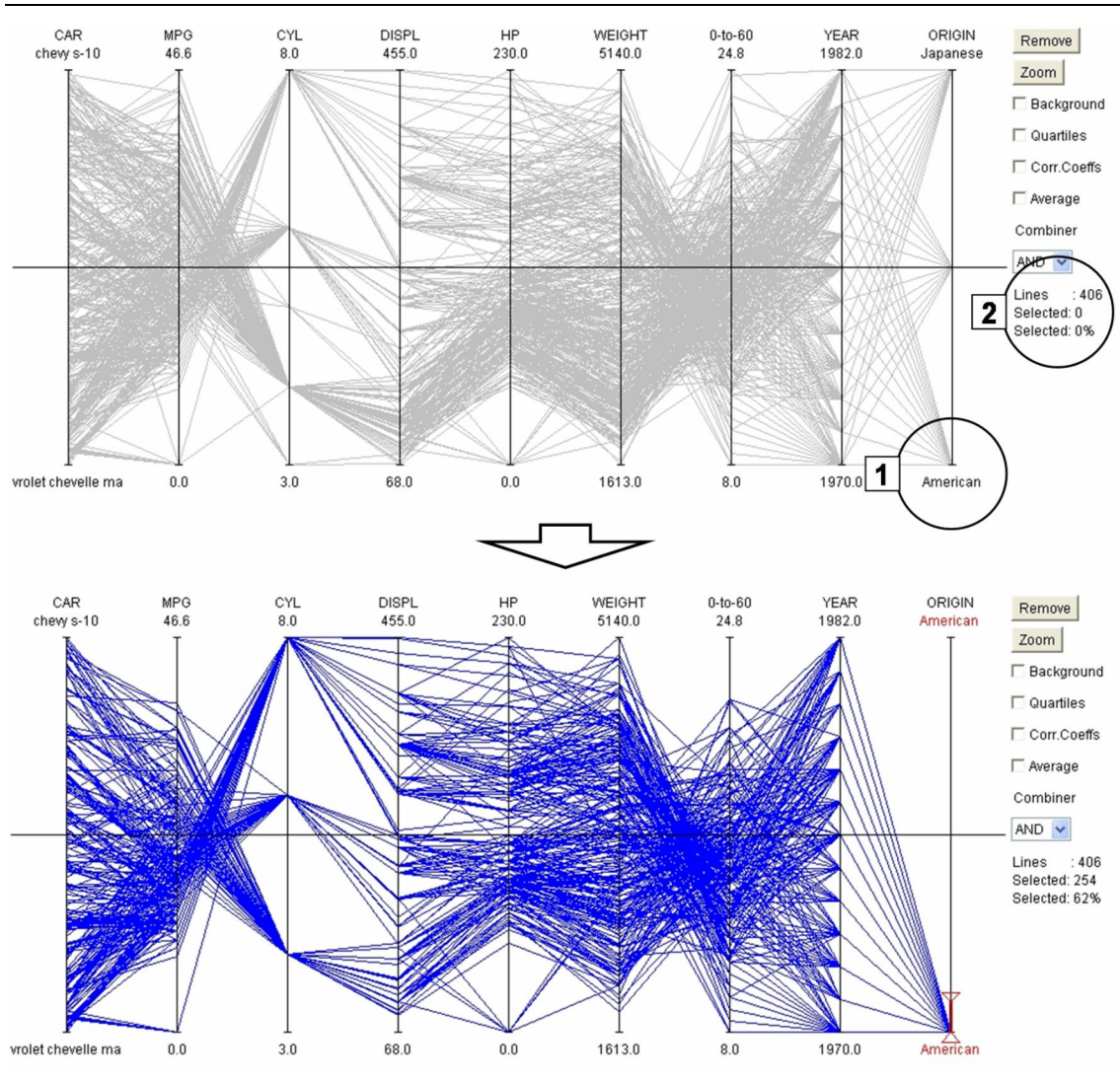
---

**Kuva 20.** *Latinalainen neliö.* Testitehtävät käytetyssä, latinalaisen neliön mukaisessa järjestyksessä: rivit kuvaavat testejä ja sarakkeet tehtäviä.

Tehtävät esitettiin testihenkilöille yksi kerrallaan Parallel Coordinate Explorer -sovelluksen yhteydessä www-sivun alalaidassa. Suoritettuaan tietyn tehtävän testihenkilö painoi Seuraava tehtävä -painiketta, jolloin näkymä päivittyi ja seuraava tehtävä tuli näkyviin. Analysointivaiheessa tehtävän katsottiin alkaneen heti, kun tehtäväteksti ja sovellus tulivat näkyviin ja päättyneen, kun testihenkilö painoi Seuraava tehtävä -painiketta.

Ensimmäinen tehtävä, tehtävä 0, oli siis harjoitustehtävä ja kaikki testihenkilöt suorittivat sen ensimmäisenä. Näin kaikki osallistujat saatiin kokeilemaan sovellusta riippumatta siitä, olivatko he kokeilleet esimerkiksi valinnan tekemistä akselilla aiemmassa vapaaehtoisessa kolmen minuutin kokeiluvaiheessa. Kuvassa 21 esitetään tehtävän 0, ”*Kuinka monta amerikkalaista autoa aineistossa on?*”, suorittamisen kannalta *kriittiset alueet* 1–2. Kriittisillä alueilla tarkoitetaan tässä ja jäljempänä niitä välttämättömiä sovelluksen alueita, joihin katsomatta käyttäjä ei voi suorittaa tehtävää onnistuneesti eli saada selville oikeaa vastausta. Alueella 1 käyttäjän tulee valita akselilta tilastoyksiköt, joiden ORIGIN-attribuutin arvo on American. Tämän jälkeen hänen tulee katsoa alueelta 2, kuinka monta tilastoyksikköä on valittuna (Selected). Tehtävän oikea vastaus on 254. Kuvassa 21 esitettyjen kriittisten alueiden lisäksi PCE-sovellusta ensi kertaa käyttävä

katsoo todennäköisesti myös ORIGIN-akselin otsikkoa akselin yläpuolella ensin silmäilyään muiden akselien otsikot läpi. Tehtävän 0 tarkoituksena oli tutustuttaa käyttäjä sovelluksen käytön perusteisiin eli valinnan tekemiseen ja valittujen tilastoyksiköiden määrän tarkistamiseen.



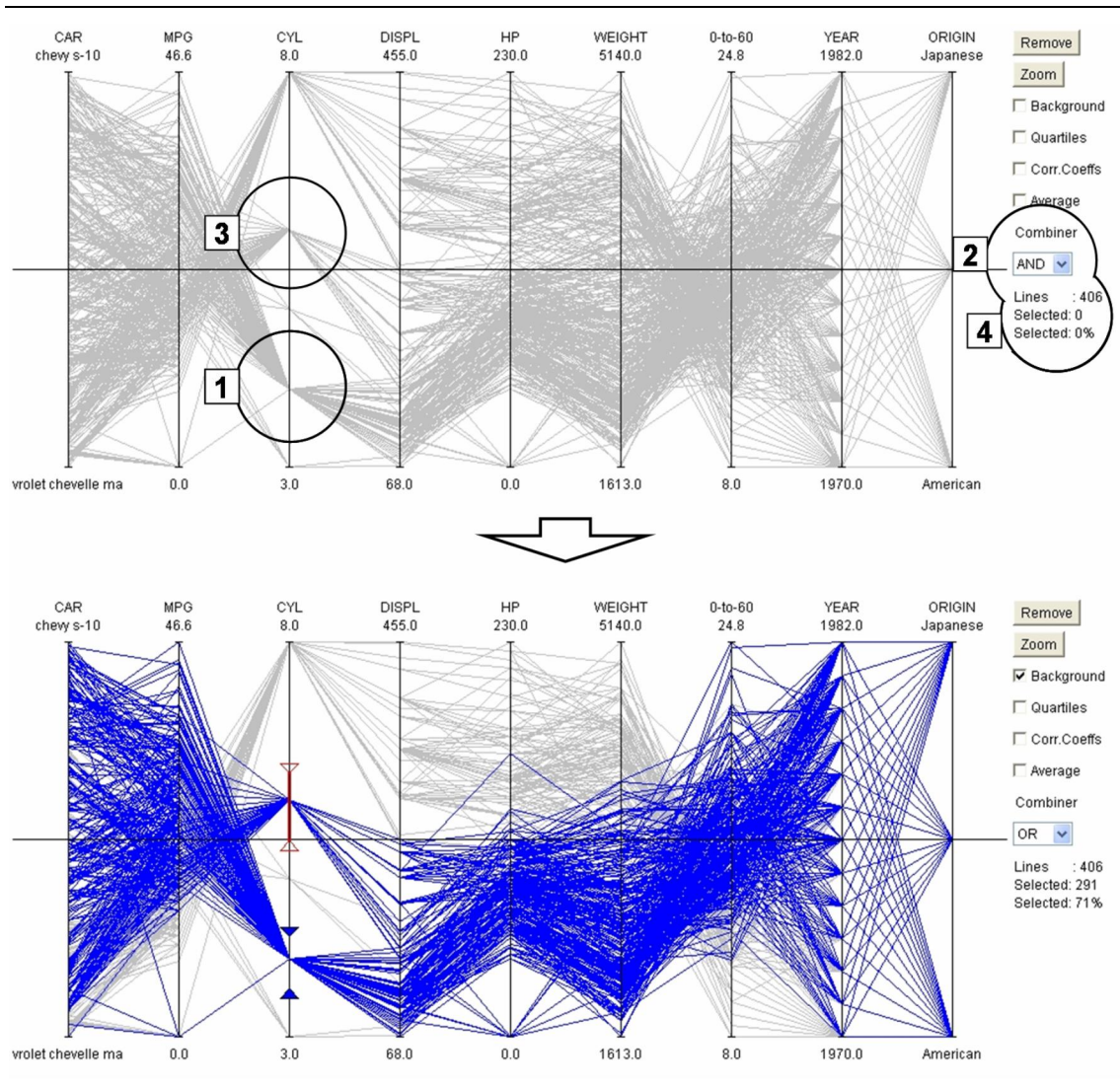
**Kuva 21.** Tehtävän 0 kriittiset alueet.

Seuraavaksi esitellään aliluvuissa 6.1–6.8 kuvina tehtävien 1–8 kriittiset alueet sovellusnäkyvässä ja näkymät valintojen jälkeen sekä tekstinä optimaaliset suoritustavat ja oikeat ratkaisut. Tekstiosuoksissa kuvataan eri vaiheissa suoritettavat toimenpiteet ja yhdistetään ne kuvien sisältämiin numeroituihin kohtiin. Kuvien numeroidut kohdat ovat sellaisia, joihin käyttäjän on välttämätöntä katsoa. Näihin kohtiin liittyvät toimenpiteet kuvataan tekstiosuoksissa sekä lisäksi kerrotaan näkymän kohdista, joihin kokematon käyttäjä todennäköisesti katsoo. On syytä huomioida, että useissa tehtävissä kuvattu suoritustapa ei ole ainut mahdollinen tapa suorittaa tehtävä onnistuneesti.



## 6.1. Tehtävä 1

*Kuinka monessa autossa on 4- tai 6-sylinterinen moottori?*



**Kuva 22.** Tehtävän 1 kriittiset alueet.

Alueella 1 käyttäjän tulee valita akselilta tilastoyksiköt, joiden CYL-attribuutin arvo on 4. Tämän jälkeen hänen tulee valita alueella 2 sijaitsevasta Combiner-valikosta vaihtoehto OR, ja edelleen alueelta 3 tilastoyksiköt, joiden CYL-attribuutin arvo on 6. Lopuksi käyttäjän tulee katsoa alueelta 4, kuinka monta tilastoyksikköä on valittuna (Selected). Tehtävän oikea vastaus on 291.

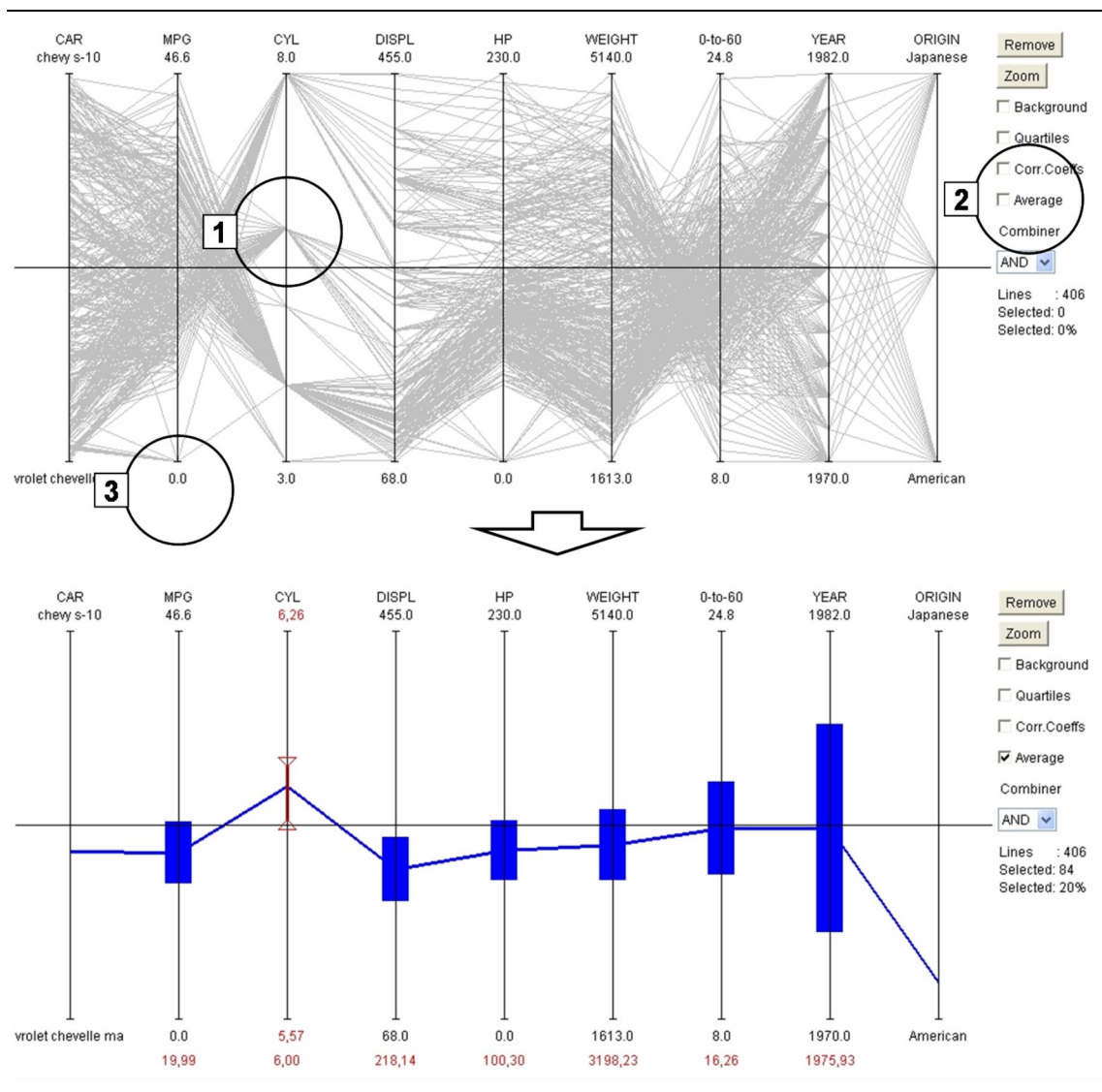
Käyttäjä katsoo kriittisten alueiden lisäksi todennäköisesti paitsi CYL-akselin otsikkoa myös aivan sen alapuolella olevaa sylinterien maksimimäärää ja toisaalta akselin alapuolella olevaa sylinterien minimimäärää selvittääkseen akselin asteikon ja edelleen akselilla esiintyvien ryhmittymien osoittamat arvot sylinterien lukumäärästä. Näiden lisäksi on oletettavaa, että käyttäjä katsoo Background-toimintoa ja valitsee sen ensimmäisen akselilta tehdyn valinnan jälkeen saadakseen valitsemattomatkin tilastoyksiköt näkyviin. Tehtävä poikkeaa vaativuudessaan tehtävästä 0, koska tässä tehtävässä vaadittiin ensinnäkin



kahden valinnan tekemistä akselilta ja toiseksi OR-operaattorin käyttöä: sovelluksen toteutuksesta johtuen OR on valittava ennen toisen valinnan tekemistä akselilta eikä sen valitseminen molempien tilastoyksikkövalintojen jälkeen vaikuta eli valintojen yhdistämisen perusteeksi ei muutu AND:n tilalle OR, mikä vaikeuttaa tehtävää entisestään. Jos käyttäjä ei jostain syystä käytä OR-operaattoria, tehtävän oikean ratkaisun voi selvittää myös siten, että valitsee ensin esimerkiksi 6-sylinteriset autot, tarkistaa niiden lukumäärän, siirtää valinnan sisältämään 4-sylinteriset autot ja tarkistaa niiden lukumäärän sekä laskee havaitut lukumäärät yhteen.

## 6.2. Tehtävä 2

*Kuinka monta mailia 6-sylinteriset autot keskimäärin kulkevat gallonalla polttoainetta?*



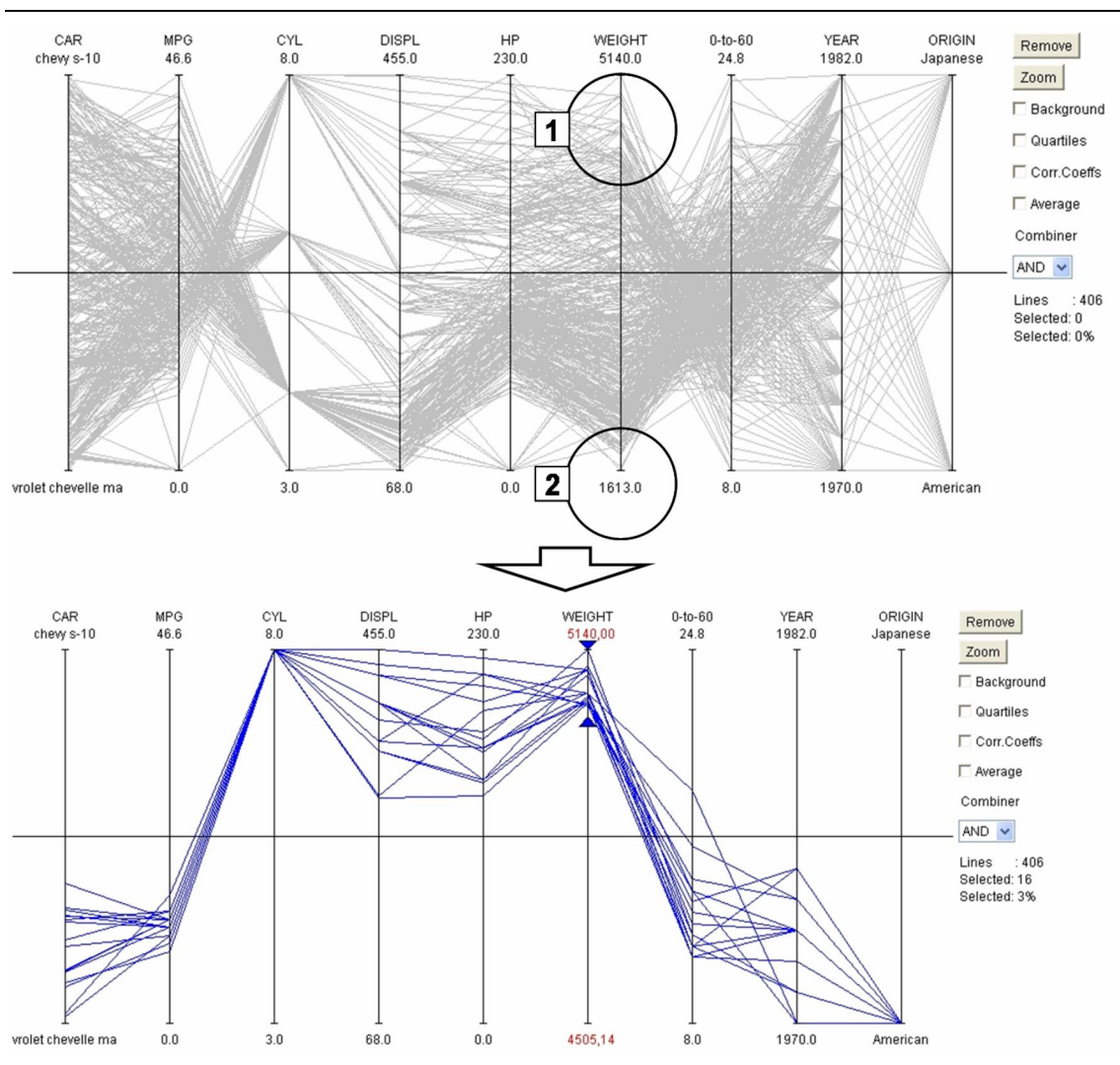
**Kuva 23.** Tehtävän 2 kriittiset alueet.

Alueella 1 käyttäjän tulee valita akselilta tilastoyksiköt, joiden CYL-attribuutin arvo on 6. Tämän jälkeen hänen tulee valita alueella 2 Average-toiminto ja edelleen katsoa alueelta 3 valittujen tilastoyksiköiden MPG-attribuutin keskiarvo 19,99.

Käyttäjä katsoo todennäköisesti myös CYL-akselin otsikkoa sekä akselin minimi- ja maksimiarvoja selvittääkseen arvon 6 sijainnin akselilla. Löytääkseen Average-toiminnon valitsemisen jälkeen MPG-akselin alapuolella sijaitsevan keskimääräisen MPG-arvon, käyttäjä katsoo luultavasti MPG-akselin otsikkoa. Tehtävän 0 tavoin käyttäjän ei tarvitse tehdä akseleilla kuin yksi valinta, mutta hänen tulee käyttää Average-toimintoa ja edelleen löytää valittujen tilastoyksiköiden keskimääräinen MPG-arvo kyseisen akselin alapuolelta. Lisäksi Suomessa polttoaineen kulutusta kuvataan yleisesti litroina sataa kilometriä kohden, joten kulutuksen ymmärtäminen maileina gallonaa kohden on yksi tehtävää vaikeuttavista tekijöistä.

### 6.3. Tehtävä 3

*Miten kuvailisit autoja, jotka painavat yli 4500 paunaa?*



**Kuva 24.** Tehtävän 3 kriittiset alueet.

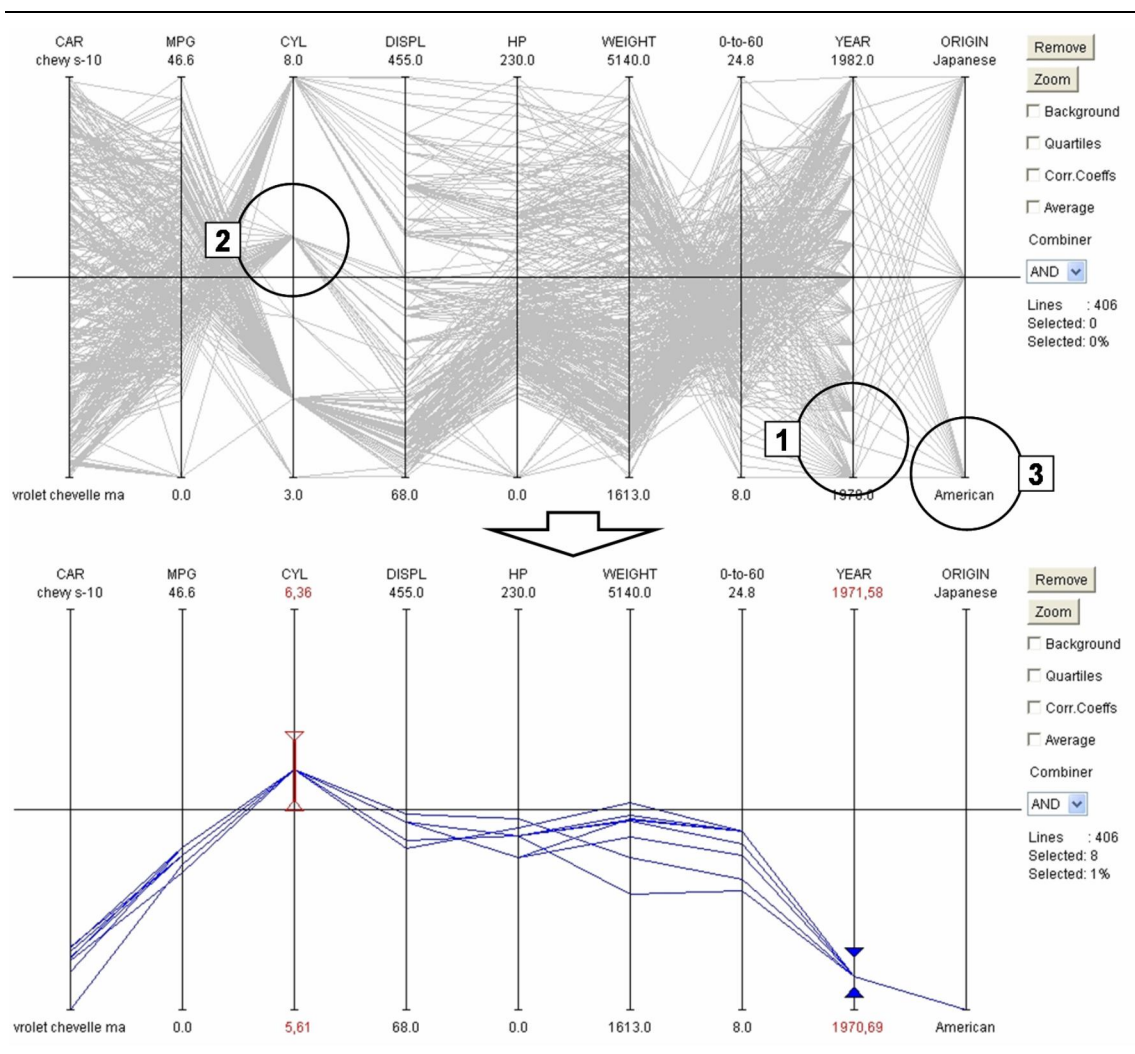
Alueella 1 käyttäjän tulee valita akselilta tilastoyksiköt, joiden WEIGHT-attribuutin arvo on yli 4500. Valinnan alarajan määrittämiseksi käyttäjän tulee jonkinlaisen valinnan tehdä painamalla hiiren painiketta valinnan ulkopuolella ja muokata valinnan alarajaa raahaamalla.

malla sitä kuvaavaa (sinistä) kolmiota – ellei käyttäjän alkuperäinen valinta sisällä akselin maksimiarvoa, tulee hänen vastaavasti siirtää valinnan ylärajaa. Muokatessaan valinnan alarajaa käyttäjän tulee katsoa alueella 2 kyseistä arvoa, ja liikuttaa alarajan kolmiota kunnes arvo on mahdollisimman vähän yli 4500 – käytännössä 4505,14. Tämän jälkeen käyttäjän tulee tarkastella valittuina olevien tilastoyksiköiden ominaisuuksia eri attribuutien osalta. Kyseiset autot ovat ainakin 8-sylinterisiä, amerikkalaisia, paljon kuluttavia, 1970-luvun alkupuolella valmistettuja, suurimoottorisia ja melko tehokkaita.

Käyttäjä katsoo todennäköisesti jo ennen valintaa WEIGHT-akselin otsikkoa. Tehdävän ollessa kuvaileva käyttäjä silmäilee todennäköisesti lähes kaikki akselit läpi ja myös suuren osan niiden otsikoista sekä minimi- ja maksimiarvoista hahmottaakseen asteikon.

#### 6.4. Tehtävä 4

*Mistä maasta vuonna 1971 valmistetut, 6-sylinteriset autot ovat peräisin?*



**Kuva 25.** Tehtävän 4 kriittiset alueet.

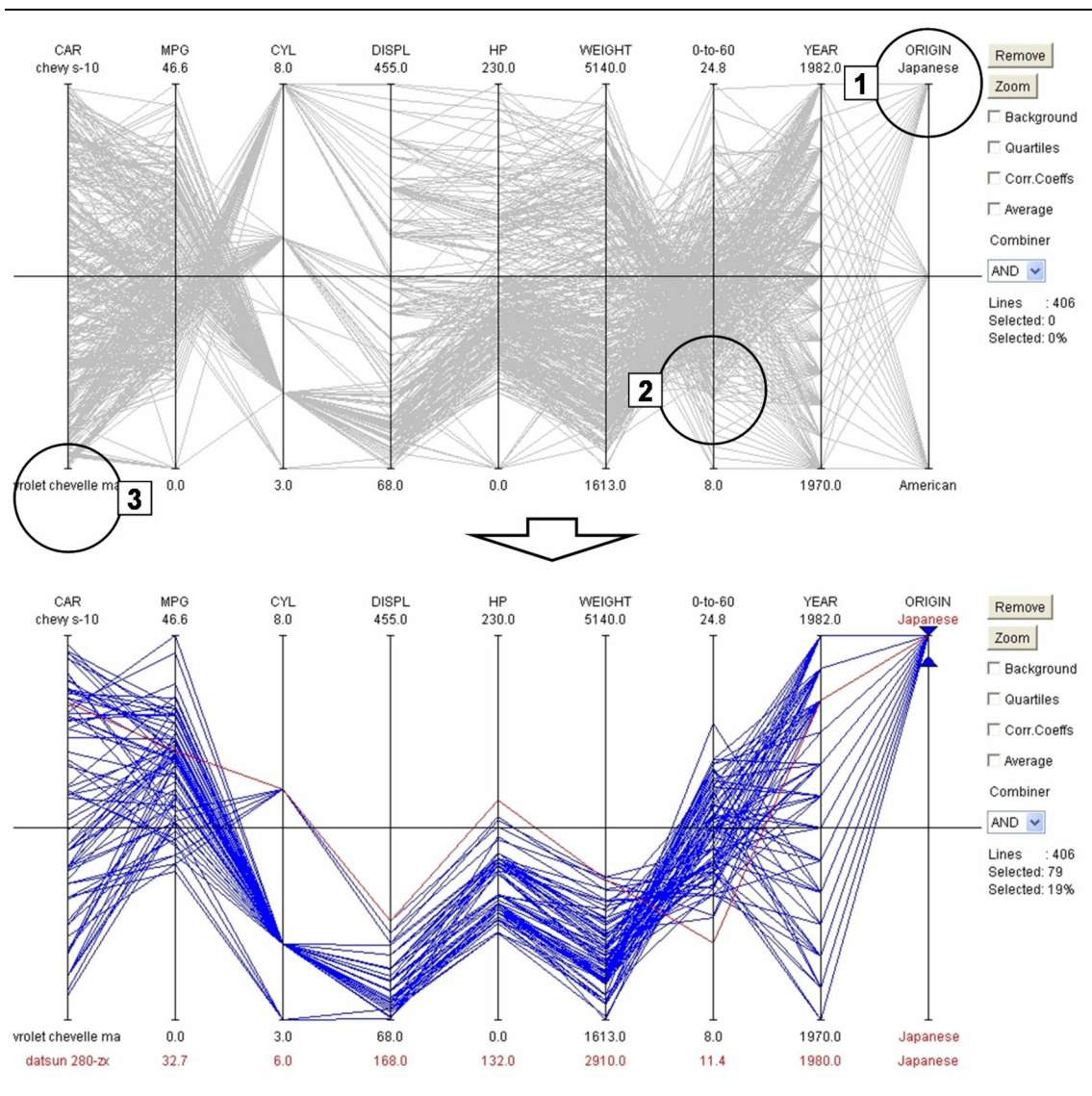
Alueella 1 käyttäjän tulee valita akselilta tilastoyksiköt, joiden YEAR-attribuutin arvo on 1971. Tämän jälkeen hänen tulee valita alueella 2 akselilta tilastoyksiköt, joiden CYL-

attribuutin arvo on 6, ja edelleen todeta alueelta 3, että kaikkien valittujen tilastoyksiköiden ORIGIN-attribuutin arvo on American.

Käyttäjä katsoo todennäköisesti myös YEAR- ja CYL-akselien otsikoihin sekä mini- ja maksimiarvoihin löytääkseen vuoden 1971 ja sylinterimäärän 6. Edelleen käyttäjä katsoo oletettavasti ORIGIN-akselin otsikkoa selvittäessään alkuperämaata. Aiemmistä tehtävistä poiketen tässä käyttäjä joutuu tekemään kaksi valintaa eri akseleilla. Koska AND-operaattori on sovelluksessa oletuksellisesti valittuna, käyttäjä ei joudu tekemään rajoituksia valintojen välillä – toisin kuin tehtävässä 1. Lisäksi koska tehtävässä on tarkoituksena valita tilastoyksiköt, joille on voimassa sekä valmistusvuosi 1971 että sylinterimäärä 6, jälkimmäinen valinta tehdään näkyvillä olevista tilastoyksiköistä eikä Background-toimintoa tarvitse käyttää.

## 6.5. Tehtävä 5

*Millä japanilaisilla autoilla on paras kiihtyvyys?*



**Kuva 26.** Tehtävän 5 kriittiset alueet.

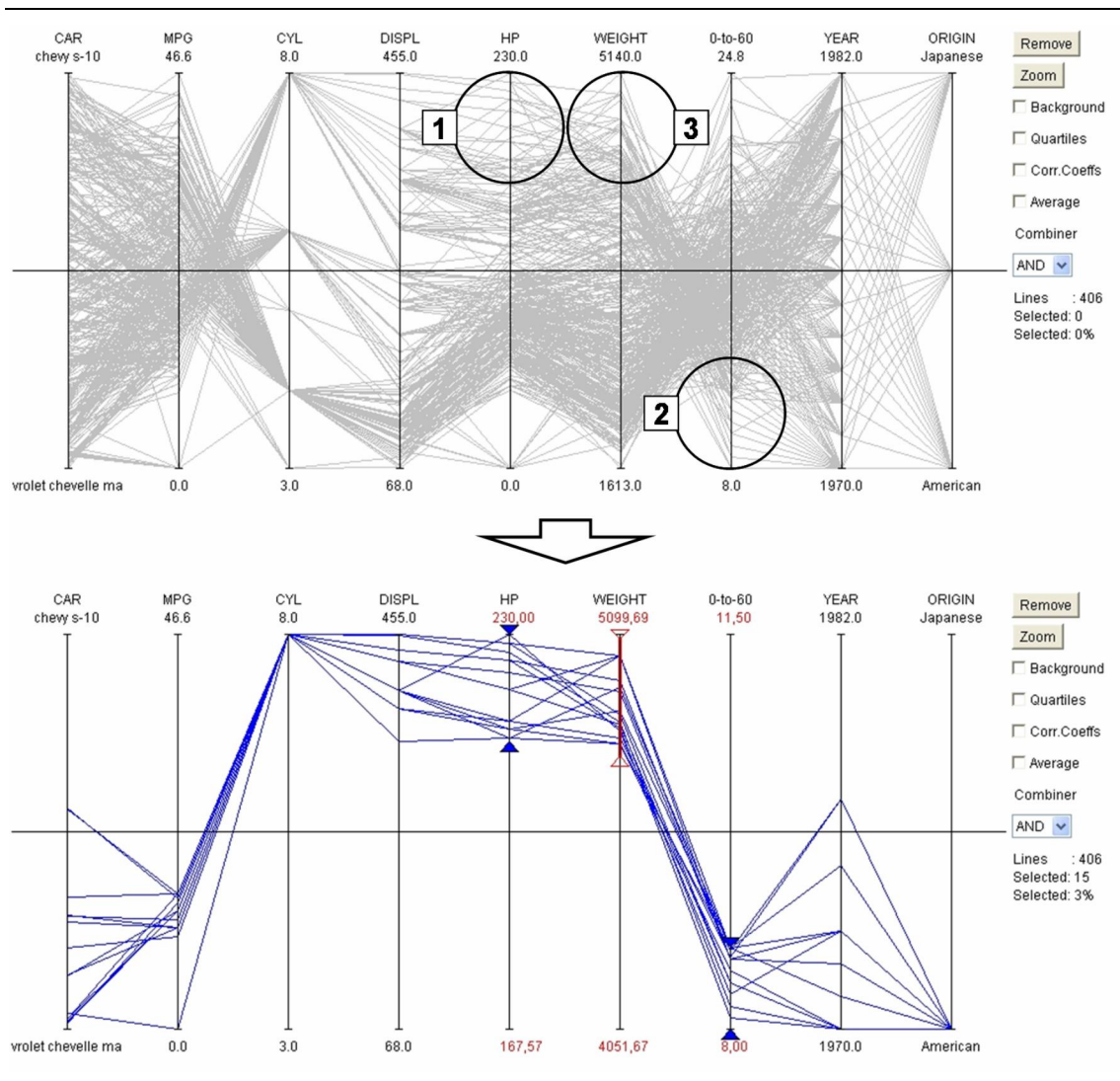


Alueella 1 käyttäjän tulee valita akselilta tilastoyksiköt, joiden ORIGIN-attribuutin arvo on Japanese. Tämän jälkeen hänen tulee valita alueella 2 se tilastoyksikkö, jonka kiihtyvyyden arvo on paras eli 0-to-60-attribuutin arvo on mahdollisimman pieni, painamalla kyseistä tilastoyksikköä kuvaavaa viivaa. Tämän jälkeen käyttäjän tulee katsoa valitun tilastoyksikön CAR-attribuutin arvo alueelta 3. Tehtävän oikea vastaus on Datsun 280ZX.

Kuvan 26 alue 1 on kriittinen, koska se sisältää arvon Japanese. Kyseisen alueen välittömässä läheisyydessä on kuitenkin myös ORIGIN-akselin otsikko ja onkin todennäköistä, että käyttäjä katsoo myös otsikkoa etsiessään oikeaa akselia maan valinnalle. Käyttäjä katsoo oletettavasti myös 0-to-60-akselin otsikkoa ja edelleen minimi- ja maksimiarvoja akselin päissä. Auton kiihtyvyyttä kuvaava 0-to-60-attribuutti voi aiheuttaa käyttäjässä kuitenkin hämmennystä: Ensinnäkin Suomen kilometreihin perustuvassa järjestelmässä käytetään kiihtyvyydestä puhuttaessa ilmausta ”nollasta sataan kilometriin tunnissa”, kun taas testauksessa käytetty aineisto perustuu maileihin ja ”nollasta kuu-teenkymmeneen mailiin tunnissa”. Toiseksi käyttäjä voi epähuomiossa ajatella kiihtyvyyden olevan sitä parempi mitä korkeampi arvo on ja valita ylimmän tilastoyksikön alimman sijasta. Tehtävä on tällöin suoritettu teknisesti oikein, mutta tehtävän vastaus ei voi olla oikein. Valittuaan joko virheellisesti 0-to-60-akselin ylimmän tilastoyksikön tai oikein alimman hän katsoo todennäköisesti CAR-akselin otsikkoa etsiessään valitun tilastoyksikön eli auton nimeä.

## 6.6. Tehtävä 6

Mitä muuta yhteistä on tehokkaimmilla, parhaiten kiihtyvillä ja raskaimmilla autoilla aineistossa?



**Kuva 27.** Tehtävän 6 kriittiset alueet.

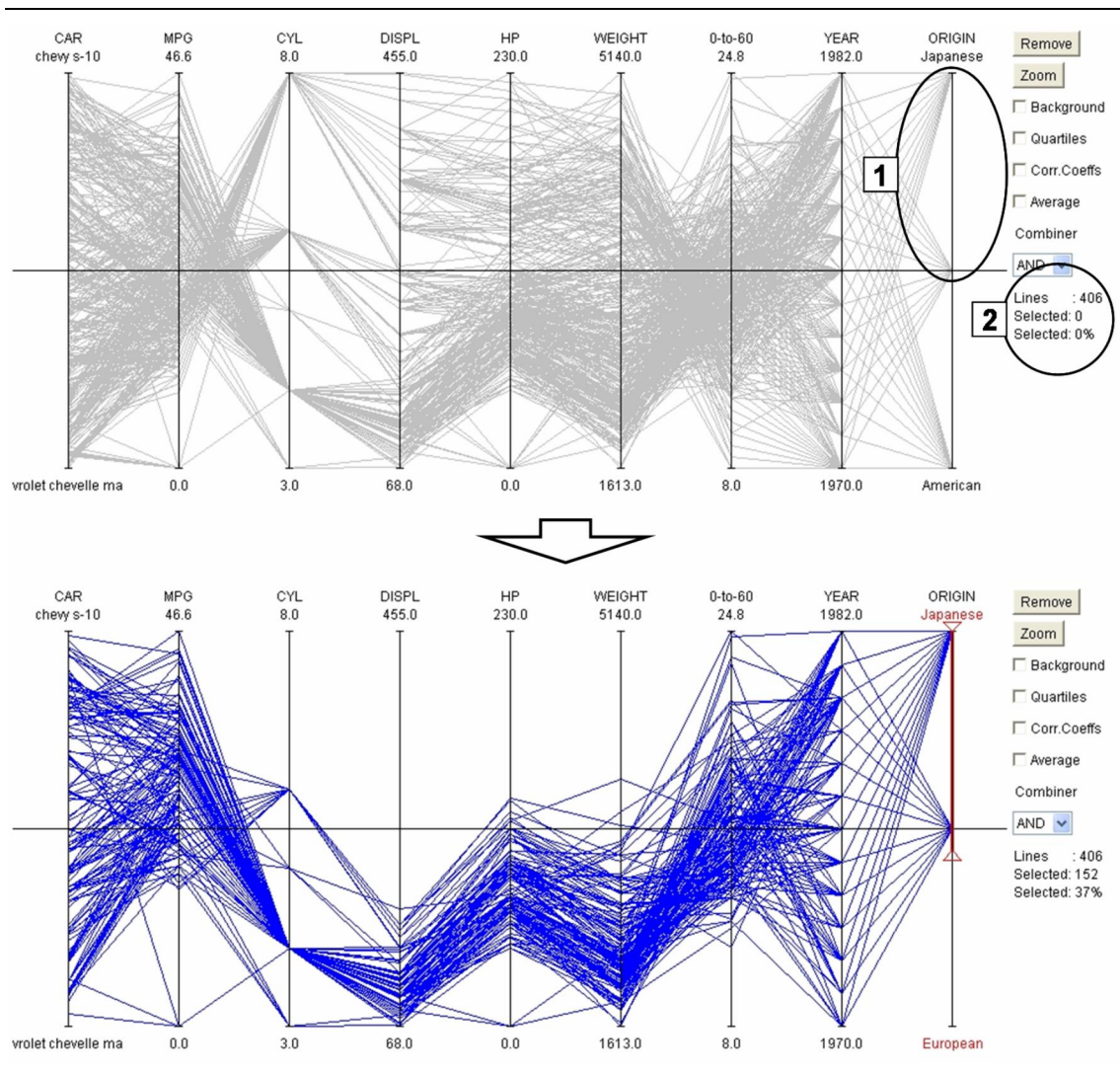
Alueella 1 käyttäjän tulee valita akselilta tilastoyksiköt, joiden HP-attribuutin arvo on suuri. Tämän jälkeen hänen tulee valita alueella 2 tilastoyksiköt, joiden 0-to-60-attribuutin arvo on pieni, ja edelleen kohdassa 3 ne tilastoyksiköt, joiden WEIGHT-attribuutin arvo on suuri. Tämän jälkeen käyttäjän tulee tarkastella valintojen seurauksena valittuina olevien tilastoyksiköiden ominaisuuksia eri attribuuttien osalta. Koska tehtävä on kuvaileva, tarkkaa oikeaa vastausta ei ole, mutta valittuja tilastoyksiköitä vastaavat autot ovat ainakin 8-sylinterisiä, amerikkalaisia, paljon kuluttavia, suurimoottorisia ja pääasiallisesti 1970-luvun alkupuolella valmistettuja.

On todennäköistä, että käyttäjä katsoo kriittisten alueiden lisäksi akselien HP, WEIGHT ja 0-to-60 otsikoita jo tehdessään valintoja. Kuten edellisessäkin tehtävässä, 0-to-60-attribuutti voi aiheuttaa hämmennystä ja johtaa virheelliseen valintaan. Koska teh-

tävä on tehtävän 3 kaltaisesti kuvaileva, käyttäjä silmäilee todennäköisesti jälleen eri akselien otsikot ja minimi- sekä maksimiarvot.

## 6.7. Tehtävä 7

*Kuinka monta ei-amerikkalaista autoa aineistossa on?*



**Kuva 28.** Tehtävän 7 kriittiset alueet.

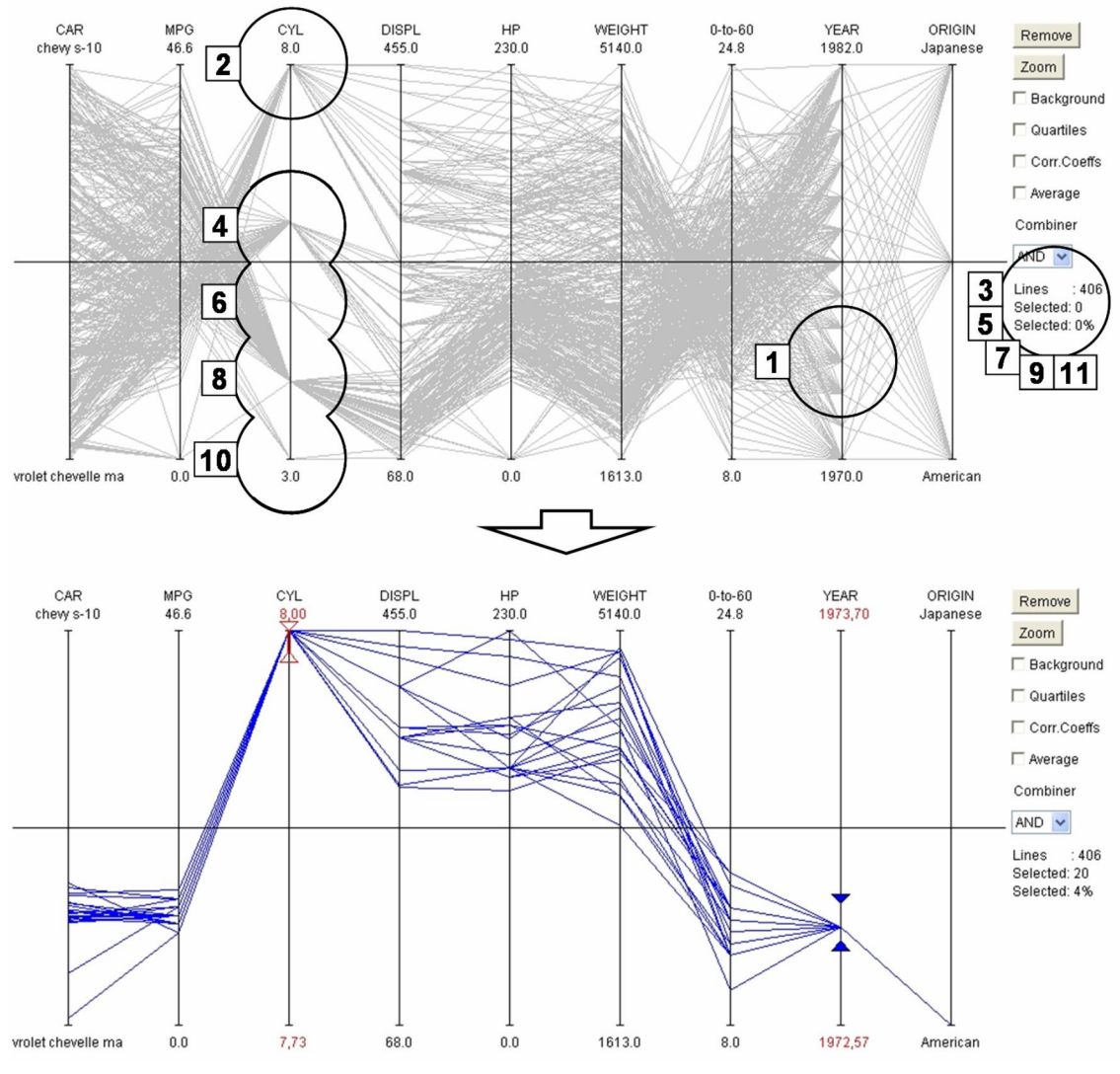
Alueella 1 käyttäjän tulee valita akselilta tilastoyksiköt, joiden ORIGIN-attribuutin arvo on Japanese tai European. Tämän jälkeen hänen tulee katsoa alueelta 2, kuinka monta tilastoyksikköä on valittuna (Selected). Tehtävän oikea vastaus on 152.

Tehtävä on käännetty tehtävä 0 ja täten on todennäköistä, että käyttäjä katsoo myös tässä tehtävässä kriittisten alueiden lisäksi ORIGIN-akselin otsikkoa. ORIGIN-akselin arvo European ei ole näkyvässä, mikä osaltaan vaikeuttaa tehtävää verrattuna esimerkiksi tehtäviin, joissa attribuutin arvot ovat numeerisia ja tällöin asteikon ja sen sisältämien arvojen tulkinta on helpompaa. Tehtävän suorittamisen tehokkuuden kannalta käyttäjän on tärkeää ymmärtää, että koska tehtävässä 0 etsittiin amerikkalaisia autoja, tässä tehtävässä ei tarvitse kuin valita akselilta kaikki muut tilastoyksiköt kuin American-arvon

omaavat. Tehtävän voi suorittaa myös esimerkiksi siten, että valitsee vain amerikkalaiset autot ja vähentää havaitun lukumäärän tilastoyksiköiden kokonaismäärästä. Tämä ei kuitenkaan ole tehokkain eikä helpoin tapa oikean ratkaisun selvittämiseksi.

## 6.8. Tehtävä 8

*Mikä on yleisin sylinterien määrä vuonna 1973 valmistetuissa autoissa?*



**Kuva 29.** Tehtävän 8 kriittiset alueet.

Kohdassa 1 käyttäjän tulee valita akselilta tilastoyksiköt, joiden YEAR-attribuutin arvo on 1973. Tämän jälkeen hänen tulee valita tilastoyksiköt, joiden CYL-attribuutin arvo on 8 ja edelleen katsoa alueelta 3, kuinka monta tilastoyksikköä on valittuna (Selected). Käyttäjän tulee tehdä tämä sama tarkistus myös muille sylinterimäärille eli 6-sylinterisille autoille alueilla 4 ja 5, 5-sylinterisille alueilla 6 ja 7, 4-sylinterisille alueilla 8 ja 9 sekä 3-sylinterisille alueilla 10 ja 11. Tehtävän oikea vastaus on kahdeksan – vuonna 1973 valmistettuja 8-sylinterisiä autoja on aineistossa 20.



Käyttäjä katsoo kriittisten alueiden lisäksi todennäköisesti myös YEAR-akselin otsikkoa sekä sen minimi- ja maksimiarvoja. Edelleen on oletettavaa, että hän katsoo CYL-akselin otsikkoa. Kaikista muista tehtävistä poiketen käyttäjän on tarkoitus liikuttaa akselilla tekemäänsä valintaa saadakseen selville sen sylinterimäärän, jonka omaavia autoja on aineistossa eniten. Tässä esitelty suoritustapa ei ole ainoa mahdollinen.

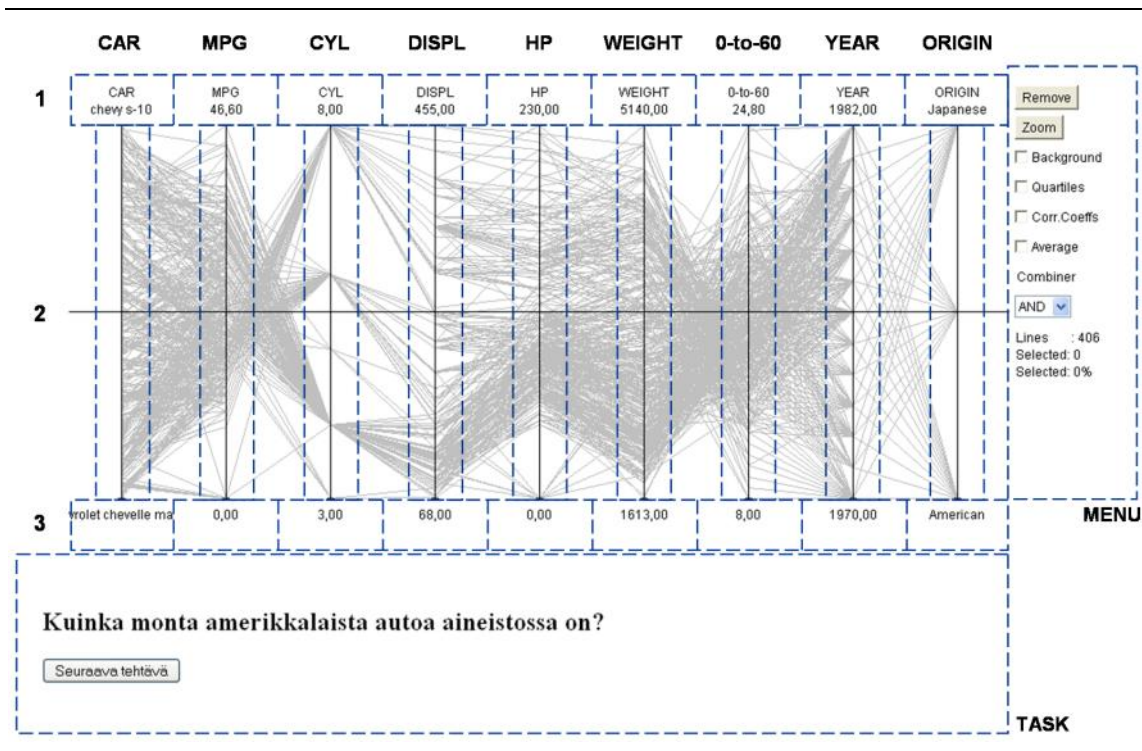
## 7. Tulokset

Tässä luvussa esitetään käyttäjätestauksesta saadut tulokset ja niiden pohjalta tehtyjä päätelmiä.

### 7.1. Testauksesta saadun aineiston esikäsittely

Tobii Studioissa (versio 1.1.25) jokaista testisessiota eli yhden osallistujan suoritusta koskevaa aineistoa kutsutaan tallenteeksi (engl. *recording*). Testi-termi puolestaan kattaa luodun testiasetelman eli ohjenäkymät, tietyille www-sivuille siirtymisen, mahdolliset kuvanäkymät ja niin edelleen. Jotta eri osallistujien suorituksista saatu aineisto olisi mahdollisimman helposti vertailtavissa, tutkimuksessa käytettiin samaa testiasetelmaa kaikille osallistujille. Jotta jokaiselle osallistujalle pystyttiin kuitenkin tarjoamaan eri tehtäväjärjestystä noudattava testin eteneminen, jouduttiin käyttämään myös aiemmin aliluvussa 5.2 mainittua www-sivua, joka listaa eri tehtäväjärjestyksen sisältävät ”testit”. Tehtäväjärjestyksen hallitseminen toteutettiin osallistujien välisen ja yhteisen vertailun mahdollistamiseksi siis vasta www-sivulla, jolle siirryttiin Tobii Studioissa luodun testiasetelman mukaisesti. Jokaisella testitehtävällä oli oma URL:nsa (*Uniform Resource Locator*). Näin tallenteiden ”pilkkomisessa” pystyttiin hyödyntämään Tobii Studion ominaisuutta, joka lisää aikajanalle aikaleiman muun muassa URL:n avaamisesta ja sulkemisesta. Aikaleimojen perusteella luotiin automaattisesti lohkot (engl. *segment*), jotka sisälsivät karkeasti yhtä tehtävää koskevan ääni-, video- ja katsedatan. Lohkojen alku- ja loppukohtat tarkistettiin vielä manuaalisesti ja niitä säädettiin tarvittaessa, koska automaattinen lohkojen luonti ei jokaisessa tapauksessa rajannut dataa juuri haluttuihin kohtiin perustuen: tehtävän katsottiin alkaneen heti, kun tehtäväteksti ja sovellus tulivat näkyviin ja päättyneen, kun testihenkilö painoi Seuraava tehtävä -painiketta. Lohkoista luotiin edelleen kohtaukset (engl. *scene*), jotka nimettiin tehtäväkohtaisesti. Nämä askeleet suoritettiin jokaiselle tallenteelle eli yksittäisen osallistujan suorituksesta saadulle datalle. Näin eri tallenteiden sisältämiä tehtäväkohtaisia lohkoja pystyttiin tarkastelemaan myöhemmin analysointi- ja visualisointityökaluja käyttäen kaikkien osallistujien suoritukset kattaen.

Jotta pystyttäisiin edes osittain automatisoidusti selvittämään, mihin kohtiin sovellusta ja erityisesti sen esittämää rinnakkaiskoordinaatistoa käyttäjä katsoo, näkymä on luonnollisesti jaettava alueisiin. Kuvassa 30 on esitetty Tobii Studiolla määritellyt tarkkailualueet eli AOI:t. Kukin attribuuttikohtainen akseli on jaettu kolmeen osaan: akselin otsikon ja maksimiarvon sisältävä alue (esimerkiksi CAR.1), varsinaisen akselin sisältävä alue (esimerkiksi CAR.2) sekä akselin minimiarvon ja valittuja tilastoyksiköitä koskevan arvon sisältävä alue (esimerkiksi CAR.3). Akselikohtaisten alueiden lisäksi määriteltiin MENU-alue, joka sisältää toimintopainikkeet, rajaukset ja tiedot aineistosta sekä mahdollisesti valittujen tilastoyksiköiden määrystä. Edelleen TASK-alue sisältää tehtävänannon sekä Seuraava tehtävä -painikkeen.



Kuva 30. Määritellyt tarkkailualueet eli AOI:t.

## 7.2. Osallistujien ensireaktiot

Kuten edellä aliluvussa 5.2 on kerrottu, osallistujia pyydettiin kuvailemaan näkemäänsä sanallisesti heti, kun he näkivät PCE-sovelluksen testissä ensimmäistä kertaa. Alla on listattuna osallistujien vastaukset testin valvojan esittämään kysymykseen: ”Voisitko kuvailla näkemääsi?”.

1. ”Umm... Jonkinlainen taulukkohässäkki tää sinänsä on, koordinaatisto, jollekin pienelle... Tota... Katsotaas, tää on siis auton, öö, arvotaulukko, vois näin sanoa.”
2. ”Heh! Toi on joku sekasotku, mistä en tajuu mitään.”
3. ”No mun mielestä tästä ei ainakaan kovin helposti saa selvää, et mitä tää.. tai ei saa silleen nopeesti selvää tai semmost kokonaiskuva... Ilmeisesti noi tuol ylälaidas on sit niinku muuttujia ja sit toi aina tos viivan kohdal kertoo sen arvon.”
4. ”Ää, näyttäs jonkinlaiselta viivadiagrammilta, oisko tässä joidenkin... Ää... eri... tota... on se, että joku pysty- tai joku vaakaviiva on oma mittauksensa joltain asteikolta... Mmm... Näyttäis olevan näemmä autojen noita, tota, tietoja – ilmeisesti joku vaakaviiva on yhden auton tiedot... Tota ja sitten ylhäällä on noita, aina sitten joku pystykohta on listaus siitä, että...

sen auton kyseiset tiedot, että millä kohdalla se sijoittuu mihinkin sillä kyseisellä asteikolla.”

5. ”Öö... Siin on ilmeisesti piirretty jokaisesta autosta tommonen graafi tai yks auto on yks viiva ja sitte se menee tommottii ominaisuuksien mukaan.”
6. ”No, siinä on rinnakkaiskoordinaatisto... Autoja, varmaan malleja, kaikkia teknisiä tietoja autoista, mistä mä nyt en ihan hirveesti mitään ymmärrä.”
7. ”Aaa... mä oon kuullu tästä joskus luentoja, että tää on... Automerkit, että tietyt ominaisuudet, että voi sitten seurata, että mitä kuuluu mihinkin... Et tääl on näitä, no, sylinteritilavuutta ja hevosvoimia, painoa ynnä muuta tämmöstä, tavallaan valintakriteerejä.”

Kuten osallistujien vastauksista huomataan, kaksi osallistujaa (listan kohdat 6 ja 7) oli nähnyt rinnakkaiskoordinaatiston ennenkin. Muiden vastausten osalta erityisesti kohdat 1–3 kertovat selkeästi osallistujien hämmennyksestä: kohdassa 1 osallistuja viittaa näkemäänsä termillä ”taulukkohässäkkä”, kohdassa 2 osallistuja käyttää termiä ”sekasotku” ja kertoo, ettei tajua näkemästään mitään, ja edelleen kohdassa 3 osallistuja kertoo, ettei saa näkemästään nopeasti selvää tai muodostettua kokonaiskuvaa. Myös toisessa analyysin ulkopuolelle jätetyistä testisuorituksista osallistuja kuvasi näkemäänsä ”aika sekavaksi viivojen joukoksi”. Nämä löydökset tukevat Shneidermanin [1998, p. 530] näkemystä rinnakkaiskoordinaateista: rinnakkaiskoordinaatteja on vaikea ymmärtää ja niiden käytön opettelu vie aikaa. Seuraavaksi esiteltävät tulokset kriittisiin alueisiin katsomisen osalta ovat kuitenkin ristiriidassa Shneidermanin näkemyksen kanssa.

### 7.3. Kriittisiin alueisiin katsominen

Tässä aliluvussa esitetään fiksaatioiden määriä ja kestoja koskevat tulokset AOI:den avulla. Luvussa 6 esitellyt kunkin tehtävän suorittamisen kannalta kriittiset alueet kuvataan nyt kuvassa 30 olevan aluemäärittelyn mukaisesti.

Kriittisiin ja ei-kriittisiin alueisiin katsomisen vertailu on erityisen tärkeää, kun selvitetään, miten käyttäjät havainnoivat rinnakkaiskoordinaatteja tai mitä tahansa visualisointia. Tarkasteltaessa, onko käyttäjä katsonut välttämättömiin alueisiin, voidaan tehdä johtopäätöksiä siitä, katsovatko käyttäjät ylipäättään oikeisiin kohtiin visualisointia ja toisaalta siitä, miten nopeasti he löytävät nämä tärkeät kohdat. Toisin kuin Siirtolan ja muiden [2009] tuloksissa, tässä tutkielmassa keskitytään vain ehdottomasti kriittisiin alueisiin katsomiseen. Tämä lähestymistapa valittiin, jotta voidaan selvittää esimerkiksi, miten nopeasti käyttäjät katsovat ensimmäisen kerran aivan välttämättömille alueille niin sanottujen todennäköisten alueiden (luku 6) sotkematta tuloksia.

Liitteessä 4 on esitetty jokaisesta tehtävästä optimaalisessa katselujärjestyksessä kuvan 30 mukaan ne alueet, joiden katsominen on välttämätöntä tehtävän onnistuneen suo-

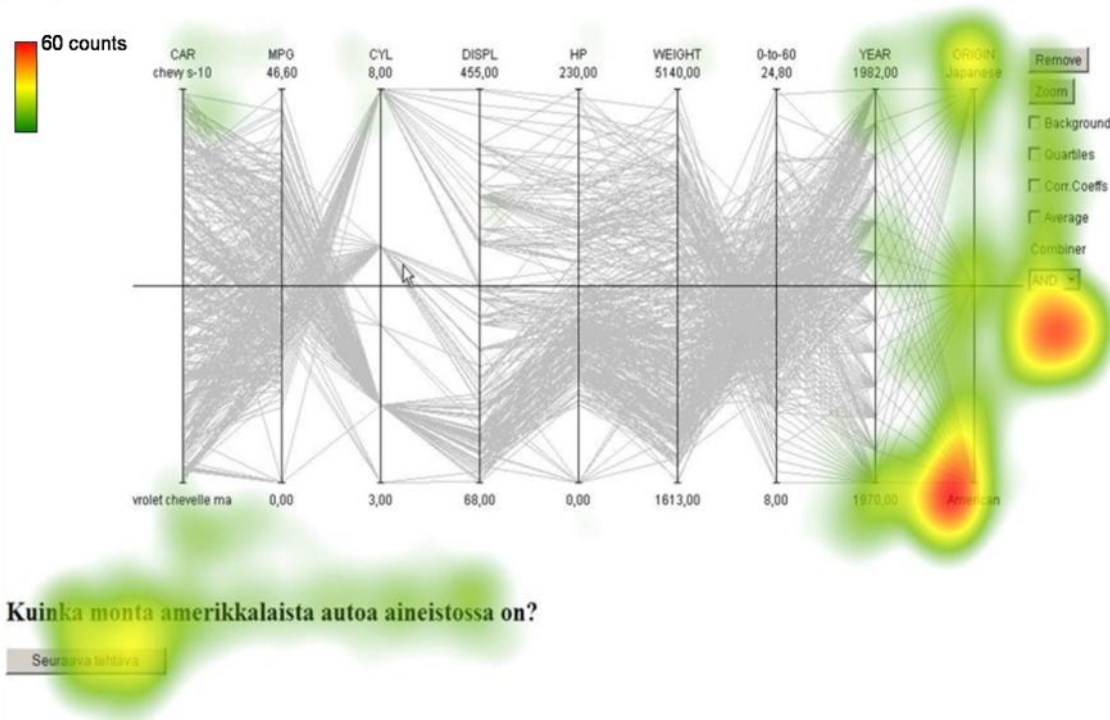
rituksen kannalta. Lisäksi liite 4 sisältää tehtäväkohtaiset kuvaajat fiksaatioiden lukumääristä jollekin määritellylle alueelle ennen tietylle alueelle katsomista, tietylle alueelle katsomisen kestoista ja tietylle alueelle katsomisen lukumääristä. Kuvaajat esittävät arvojen mediaanit ja kriittiset alueet on korostettu mustalla värillä vertailun helpottamiseksi. Seuraavaksi esitellään kyseiset tulokset kokoavasti.

**Taulukko 2.** *Tehtäväkohtaiset kriittiset AOI:t.* Tehtävät ovat riveillä ja AOI:t sarakkeissa. Tehtäväkohtaiset kriittiset AOI:t on esitetty mustina neliöinä. Tehtävänantoa on luonnollisesti katsottava jokaisessa tehtävässä, joten kyseinen AOI (TASK) on korostettu harmaalla neliöllä.

	CAR.			MPG.			CYL.			DISPL.			HP.			WEIGHT.			0-to-60.			YEAR.			ORIGIN.			MENU	TASK
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
T0																										n	n	n	n
T1								n																				n	n
T2						n		n																				n	n
T3														n	n														n
T4								n												n						n	n		n
T5		n																n					n	n					n
T6														n			n			n									n
T7																										n		n	n
T8								n												n								n	n

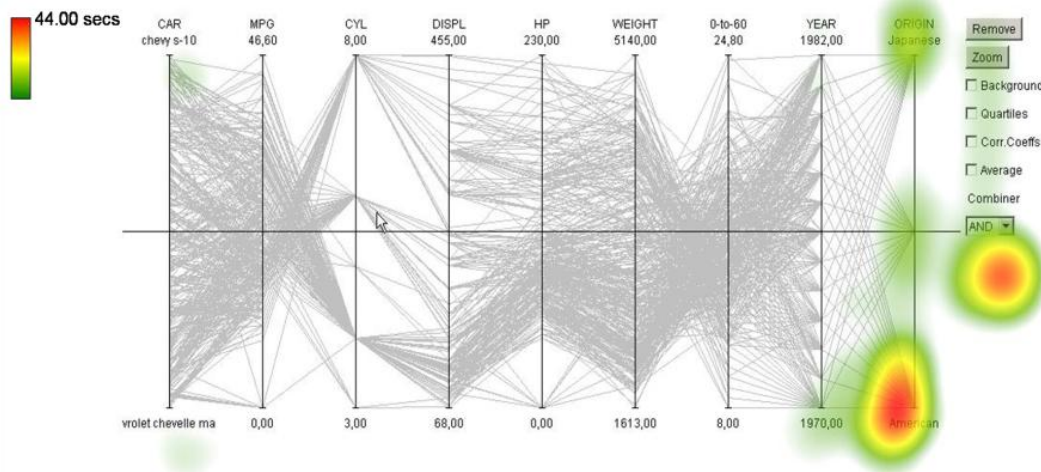
Taulukossa 2 on esitetty tehtäväkohtaiset kriittiset AOI:t, joihin käyttäjän on siis välttämätöntä katsoa suorittaakseen tehtävän onnistuneesti. Esimerkiksi tehtävässä 0 – *Kuinka monta amerikkalaista autoa aineistossa on?* – käyttäjän tulee katsoa alueisiin ORIGIN.2, ORIGIN.3 ja MENU. Kriittisiin alueisiin katsomisen tutkiminen on erityisen kiinnostavaa juuri tehtävän 0 kohdalla, koska kaikki osallistujat suorittivat kyseisen tehtävän ensimmäisenä, jolloin kokemus sekä sovelluksen että rinnakkaiskoordinaattien osalta oli hyvin vähäistä. Tulokset kuitenkin osoittavat, että osallistujat katsoivat oikeille alueille nopeasti jo tehtävää 0 suorittaessaan (liite 4, kuva 36). Lisäksi aluekohtaisten fiksaatioiden kestojen ja lukumäärien mukaan osallistujat katsoivat selkeästi enemmän kriittisille alueille kuin ei-kriittisille tehtävässä 0 (liite 4, kuvat 37 ja 38). Kuten edellä aliluvussa 3.3 on kerrottu, Fittsin ja muiden [1950] mukaan tärkeille alueille katsotaan useasti, mutta ei kauan. Näin ei kuitenkaan ole tämän tutkimuksen kohdalla: suorittaakseen tehtävät onnistuneesti käyttäjän pitää tehdä erilaisia valintoja muun muassa akseleilla, jolloin vastaaviin kohtiin pitää myös katsoa kauemmin. Tällöin fiksaation kokonaiskesto tietyllä alueella voi muodostua suureksikin, mutta se ei tässä tapauksessa kerro informaation tulkinnan vaikeudesta – ainakaan useimmiten.

Myös tehtävää 0 koskeva kuvan 31 lämpökarttavisualisointi (engl. *heatmap*) fiksaatioiden lukumääristä osoittaa, että osallistujat katsoivat tehtävässä oikeisiin kohtiin eli alueisiin ORIGIN.2, ORIGIN.3 ja MENU. Tässä tutkielmassa esitetyissä lämpökarttavisualisoinneissa punainen alue kuvaa kohtia, joihin on katsottu useimmin tai kauimmin, ja toisaalta vihreä kuvaa kohtia, joihin on katsottu harvimminkin tai lyhyimmän aikaa. Näiden ääripäiden välille jääviä kohtia korostetaan keltaisella.



**Kuva 31.** Lämpökarttavisualisointi fiksaatioiden lukumääristä tehtävässä 0.

Kuva 32 osoittaa edelleen, että fiksaatioiden kokonaiskestolla tarkasteltuna osallistujien fiksaatiot keskittyivät tehtävässä 0 kriittisille alueille ja muille alueille katsottiin vain satunnaisesti.

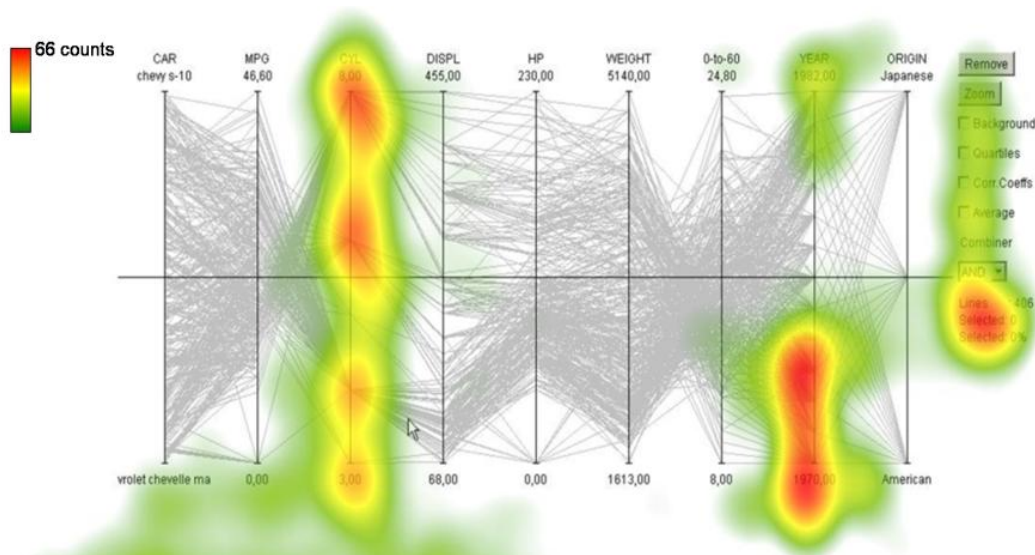


**Kuinka monta amerikkalaista autoa aineistossa on?**

Seuraava tehtävä

**Kuva 32.** Lämpökarttavisualisointi fiksaatioiden kestosta tehtävissä 0.

Tehtävän 0 tulokset ovat mielenkiintoisia, mutta oikeisiin kohtiin katsominen toistui myös muissa tehtävissä. Esimerkiksi tehtävissä 8 – *Mikä on yleisin sylinterien määrä vuonna 1973 valmistetuissa autoissa?* – osallistujat katsoivat eniten juuri kriittisiin alueisiin YEAR.2, CYL.2 ja MENU. Alueisiin pitää katsoa kunnes jokaisen sylinterimäärän omaavien autojen lukumäärä on tarkistettu. Kuten kuvasta 33 nähdään, vaadittaviin alueisiin on katsottu useasti: vuoden 1973 valinnan yhteydessä alueeseen YEAR.2, jokaisen sylinterimäärän kohdalle alueelle CYL.2 ja edelleen MENU-alueen Selected-kohtaan.



**Mikä on yleisin sylinterien määrä vuonna 1973 valmistetuissa autoissa?**

**Kiitokset, tässä olivat kaikki tehtävät!**

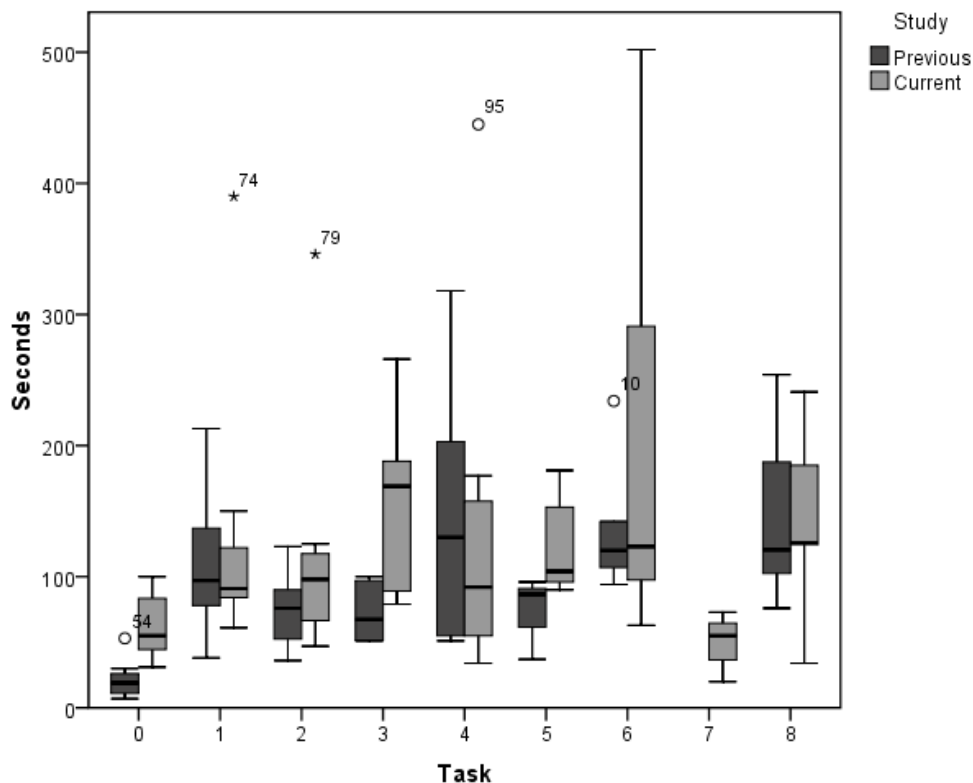
**Kuva 33.** Lämpökarttavisualisointi fiksaatioiden lukumääristä tehtävissä 8.



Kuten edellä esitetyistä visualisoinneista ja liitteen 4 kuvaajista voidaan päätellä, osallistujat katsoivat kriittisille alueille lähes poikkeuksetta useammin ja kauemmin kuin ei-kriittisille alueille. Voidaan siis todeta, että kokemattomankaan käyttäjän ei ole vaikea ymmärtää rinnakkaiskoordinaatteja eikä niiden käytön oppimiseen vaadita pitkää käyttökokemusta – vastoin Shneidermanin [1998, p. 530] näkemystä.

#### 7.4. Tehtävien suoritusajat ja tehtävistä suoriutuminen

Kuten edellä on kerrottu, tehtävän suoritusajan laskeminen aloitettiin tehtävätekstin ja sovelluksen ilmestymisestä ja se päättyi siihen, kun testihenkilö painoi Seuraava tehtävä -painiketta. Testitehtävät olivat siis yhtä lukuun ottamatta samoja kuin Siirtolan ja Rähän [2006] tutkimuksessa. Kuvassa 34 on esitetty laatikkojanavertailuna tämän ja Siirtolan ja Rähän [2006] tutkimuksen tehtävien suoritusajat. Kuten kuvasta voidaan havaita, suoritusajojen mediaanit ovat lähellä toisiaan – joissakin tehtävissä tässä tutkimuksessa saavutettiin jopa paremmat suoritusajat. On syytä huomioda, että Siirtolan ja Rähän [2006] tutkimuksessa testihenkilöitä kehoitettiin suorittamaan tehtävät mahdollisimman nopeasti, kun taas tässä tutkimuksessa testihenkilöille korostettiin, ettei tehtävien suorittamisessa tarvitse kiirehtiä. Nyt saavutetut suoritusajat ovat tässä suhteessa varsin hyviä.



**Kuva 34.** Siirtolan ja Rähän [2006] tutkimuksen ja tämän tutkimuksen tehtäväkohtaisten suoritusajojen vertailu. Vasemmanpuoleiset tummemmat palkit kuvaavat Siirtolan ja Rähän saamia tuloksia ja oikeanpuoleiset vaaleammat palkit kuvaavat nyt saatuja tuloksia. Tehtävässä 7 on ainoastaan tästä tutkimuksesta saadut suoritusajat, koska kyseinen tehtävä ei sisällynyt aiempaan Siirtolan ja Rähän tutkimukseen.



Tehtävän 0 suoritusaikojen ero nyt saatujen tulosten ja Siirtolan ja Rähän [2006] saamien tulosten välillä ei ole yllättävä, koska tässä tutkimuksessa kaikki testihenkilöt suorittivat kyseisen tehtävän ensimmäisenä. Siirtolan ja Rähän [2006] tutkimuksessa kyseinen tehtävä taas oli ”sekoitettuna” muiden tehtävien joukkoon.

Tehtävässä 1 tässä tutkimuksessa saavutettiin parempi suoritusajan mediaani kuin Siirtolan ja Rähän [2006] tutkimuksessa, mikä on yllättävää ottaen huomioon heidän kehoituksensa suorittaa tehtävät nopeasti. Tehtävässä 3 sen sijaan kehoitus suoriutua nopeasti näkyy suoritusaikojen vertailussa. Kyseinen tehtävä – *Miten kuvailisit autoja, jotka painavat yli 4500 paunaa?* – on kuitenkin ”luonteeltaan” täysin subjektiivinen: toiset voivat kuvailla autoja hyvinkin kauan.

Jälleen tehtävän 4 – *Mistä maasta vuonna 1971 valmistetut, 6-sylinteriset autot ovat peräisin?* – kohdalla suoritusaikojen ero on yllättävä: tässä tutkimuksessa saavutetut ”kiireettömät” suoritusajat ovat parempia. Sen sijaan kuvailevan tehtävän 6 suoritusajoissa näkyy jälleen ”kiireen” ja toisaalta ”kiireettömyyden” ero. Huomionarvoista on kuitenkin se, että kyseisen tehtävän osalta suoritusaikojen mediaanit tässä ja Siirtolan ja Rähän [2006] tutkimuksessa ovat käytännössä samat. Lopulta tehtävässä 8 ei suoritusaikojen välillä ole merkittävää eroa.

Taulukossa 3 on esitetty tehtäväkohtaiset onnistumisosuudet prosentteina. Tehtävä katsottiin onnistuneeksi, jos testihenkilö teki oikeat valinnat ja antoi oikean ratkaisun. Sen sijaan tehtävän suoritus katsottiin epäonnistuneeksi jo yhdestä väärästä valinnasta. Onnistumisen arvioinnissa noudatettiin siis varsin tiukkaa linjaa, joka poikkeaa esimerkiksi Siirtolan ja Rähän [2006] käyttämästä onnistumisen arvioinnista – tämän vuoksi vertailua onnistumisprosenttien osalta ei suoriteta näiden tutkimusten välillä.

**Taulukko 3.** *Onnistuneiden suoritusten osuudet tehtäväkohtaisesti.*

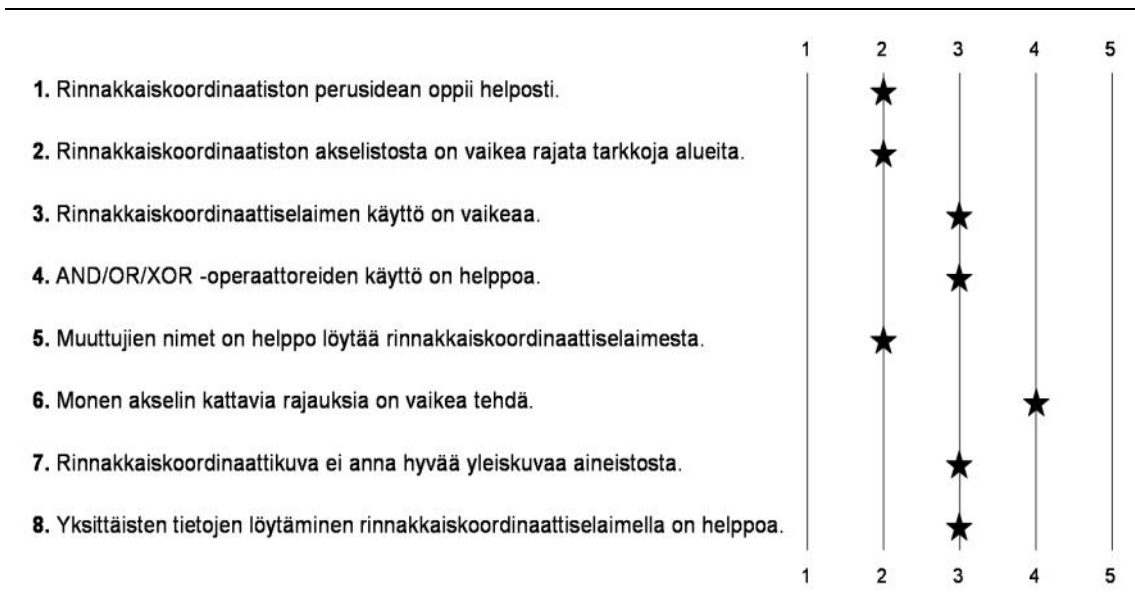
TEHTÄVÄ	ONNISTUNEET SUORITUKSET (%)
0 <i>Kuinka monta amerikkalaista autoa aineistossa on?</i>	71
1 <i>Kuinka monessa autossa on 4- tai 6-sylinterinen moottori?</i>	71
2 <i>Kuinka monta mailia 6-sylinteriset autot keskimäärin kulkevat gallonalla polttoainetta?</i>	86
3 <i>Miten kuvailisit autoja, jotka painavat yli 4500 paunaa?</i>	100
4 <i>Mistä maasta vuonna 1971 valmistetut, 6-sylinteriset autot ovat peräisin?</i>	71
5 <i>Millä japanilaisilla autoilla on paras kiihtyvyys?</i>	43
6 <i>Mitä muuta yhteistä on tehokkaimmilla, parhaiten kiihtyvillä ja raskaimmilla autoilla aineistossa?</i>	43

<b>7</b> <i>Kuinka monta ei-amerikkalaista autoa aineistossa on?</i>	86
<b>8</b> <i>Mikä on yleisin sylinterien määrä vuonna 1973 valmistetuissa autoissa?</i>	57

Kuten taulukosta 3 nähdään, vähintään viisi testihenkilöä seitsemästä suoriutui suurimmasta osasta tehtäviä onnistuneesti. Kaikki testihenkilöt onnistuivat tehtävässä 3, kuusi seitsemästä testihenkilöstä tehtävissä 2 ja 7 sekä viisi seitsemästä tehtävissä 0, 1 ja 4. Sen sijaan tehtävän 8 suoritti onnistuneesti neljä testihenkilöä seitsemästä. Kaksi tässä tehtävässä epäonnistuneista testihenkilöistä käytti yleisimmän arvon selvittämisessä keskiarvotoimintoa, minkä johdosta tehtävän tulkittiin epäonnistuneen. Tehtävien 5 ja 6 onnistuneita suorituksia oli ainoastaan kolme seitsemästä. Tähän tulokseen on kuitenkin syynsä: Tehtävässä 5 kolme epäonnistuneista suorituksista johtui kiihtyvyyttä kuvaavan 0-to-60-attribuutin tulkitsemisesta väärin päin, eli kyseiset testihenkilöt tarkastelivat todellisuudessa huonoiten kiihtyviä autoja, ja yksi epäonnistunut suoritus johtui tehtävän ymmärtämisestä täysin väärin. Tehtävässä 6 kaikki epäonnistuneet suoritukset johtuivat siitä, että testihenkilö tulkitsi jälleen kiihtyvyyttä kuvaavan 0-to-60-attribuutin väärin päin tai valitsi DISPL-attribuutin (moottoritulavuus) kuvaamaan tehokkuutta HP-attribuutin (hevosvoimat) sijasta. Epäonnistumisille tehtävien suorituksissa on siis järkevä selitys, eivätkä epäonnistumiset liity niinkään rinnakkaiskoordinaattien tulkinnan vaikeuteen, vaan lähinnä kysymysten asetteluun ja testihenkilöiden tulkintavirheisiin.

## 7.5. Osallistujien subjektiiviset kokemukset

Kuvassa 35 on esitetty tulokset testihenkilöille loppukyselylomakkeessa (liite 3) esitetyistä väittämistä vastausten mediaaneina.



**Kuva 35.** *Testihenkilöiden kokemusten mediaanit.* Testihenkilöiden mielipiteiden mediaanit kahdeksasta testin jälkeen esitetystä väittämästä. Asteikko on seuraavanlainen: 1 = Täysin samaa mieltä, 2 = Jokseenkin samaa mieltä, 3 = Ei samaa tai eri mieltä, 4 = Jokseenkin eri mieltä ja 5 = Täysin eri mieltä.

Suurin osa testihenkilöistä koki, että rinnakkaiskoordinaattien perusidean oppii helposti (väittämä 1). On myös syytä huomioida, että mediaanin ollessa 2 kaksi testihenkilöä oli asiasta täysin samaa mieltä. Lisäksi testihenkilöiden mielestä muuttujien nimet oli melko helppo löytää näkymästä (väittämä 5). Toisaalta testihenkilöiden mielipiteet hyvän yleiskuvan tarjoamisesta (väittämä 7) vaihtelivat neutraalin molemmin puolin. Muiden väittämien kohdalla tuloksiin vaikuttivat todennäköisesti sovelluksen toteutus ja siinä esiintyvät käytettävyysongelmat sekä toimintojen epäkohdat. Testihenkilöiden mielestä akselistosta on esimerkiksi melko vaikea rajata tarkkoja alueita (väittämä 2), mikä on todettu jo edellä tutkielmassa.

Loppukyselylomakkeessa (liite 3) esitettiin kysymyksiä myös helppoja ja vaikeita tehtäviä koskien. Vastaukset vaihtelivat melko paljon keskenään, mutta kaksi testihenkilöä ilmoitti lähes kaikkien tehtävien olleen helppoja ja toisaalta samat testihenkilöt kokivat esimerkiksi OR-operaattorin käytön haasteellisena.

## 8. Yhteenveto ja johtopäätökset

Tutkimuksessa tarkasteltiin rinnakkaiskoordinaattien visuaalista havainnointia katseen seurannan avulla. Tavoitteena oli selvittää, miten kokemattomien käyttäjien katse käyttäytyy tai mihin se kohdistuu heidän etsiessään tietoa rinnakkaiskoordinaatistosta, ja toisaalta, ovatko käyttäjät ymmällään käyttäessään rinnakkaiskoordinaatistonäkymään perustuvaa visualisointi- ja tiedonetsintäsovellusta.

Tutkimuksessa suoritettujen katseenseurantatestien tulosten mukaisesti kokemattomat käyttäjät hämmentyivät nähdessään rinnakkaiskoordinaattivisualisoinnin. Testihenkilöt suoriutuivat kuitenkin jo ensimmäisestä tehtävästä hyvin ja he katsoivat juuri oikeisiin ja odotettuihin kohtiin visualisointia, vaikka vain hetkeä ennen suuri osa heistä oli kuvailut näkemäänsä ”sekasotkuksi”. Tämä on merkittävä löydös, koska kaikki testihenkilöt suorittivat kyseisen tehtävän ensimmäisenä vain lyhyen vapaan kokeilun jälkeen. Tällöin heidän kokemuksensa rinnakkaiskoordinaattiselaimen käytöstä oli todella vähäistä. Loput tehtävistä suoritettiin sekoitetussa, tasapainotetussa järjestyksessä oppimisvaikutuksen minimoimiseksi. Myös näissä tehtävissä testihenkilöt katsoivat oikeisiin kohtiin – käytännössä yhdenkään tehtävän tuloksissa ei ole viitteitä selkeästi vääriin kohtiin katsomisesta ennen kriittisille alueille katsomista tapahtuneiden fiksaatioiden lukumäärän, kriittisille alueille fiksoimisen pituuden tai kriittisille alueille kohdistuneiden fiksaatioiden lukumäärän osalta (liite 4). Kuten Siirtola ja muut [2009, p. 8] toteavat, kriittisiin alueisiin katsomisen tuloksista voidaan havaita, että katse viipy kauemmin alueilla, joissa tapahtui vuorovaikutusta eli testihenkilö teki esimerkiksi valintoja, kun taas esimerkiksi valittujen aitojen määrä tarkistettiin nopeasti MENU-alueen Selected-kohdasta.

Saadut tulokset osoittavat selkeästi, että testihenkilöt eivät vain katsoneet oikeisiin kohtiin, vaan he katsoivat oikeisiin kohtiin nopeasti. Kuten aliluvussa 3.3 todettiin, Jacob ja Karn [2003, p. 586] kertovat ”ajan ennen ensimmäistä fiksaatiota tietylle AOI:lle” olevan lupaava katsemetriikka. Kyseisellä metriikalla saadaankin väistämättä tietoa siitä, miten nopeasti käyttäjä katsoo halutulle tai samoin ei-halutulle alueelle. Tässä tutkimuksessa käytetyn metriikan ”fiksaatioiden lukumäärä määritetyille alueille ennen tietylle AOI:lle katsomista” voidaan kuitenkin olettaa olevan vielä hieman tarkempi. Jälkimmäinen metriikka huomioi määritettyjen alueiden muodostamaan näkymään kohdistetun katseen ja kertoo, kuinka ”nopeasti” käyttäjä katsoo haluttuun alueeseen, kun taas ensimmäinen metriikka mittaa aikaa ennen tiettyyn alueeseen katsomista. Tällöin käyttäjä voi esimerkiksi fiksoida kerran ei-haluttuun alueeseen, katsoa sen jälkeen hetken seinää mietiskellessään ja jatkaa vasta sitten tietyn alueen visuaalista etsintää näkymästä. Kun huomioidaan vain todellisen visuaalisen etsinnän aikana tapahtuneet fiksaatiot, saadaan myös merkittävää tietoa siitä, miten moneen väärään kohtaan käyttäjä katsoo etsiessään sitä oikeaa.

Kriittisiin alueisiin katsomisen kautta arvioidun suoriutumisen lisäksi testihenkilöt onnistuivat myös suoritusajallisesti sekä oikeiden valintojen ja vastausten valossa. Suoritusajat olivat lähes samanlaisia kuin Siirtolan ja Rähän [2006] tutkimuksessa saavutetut suoritusajat, vaikka tässä tutkimuksessa testihenkilöille korostettiin kiireettömyyttä, kun taas Siirtolan ja Rähän tutkimuksessa testihenkilöitä pyydettiin suorittamaan tehtävät mahdollisimman nopeasti keskittyen kuitenkin suoritusten oikeellisuuteen. Joissakin tehtävissä saavutettiin tässä tutkimuksessa jopa parempia suoritusajoja. Oikeiden valintojen ja vastausten mukaan määriteltynä vähintään viisi testihenkilöä seitsemästä onnistui 67 prosentissa tehtävistä. Lisäksi suurin osa epäonnistumisista selittyy sillä, että testihenkilöt tulkitsivat joko attribuutin ”luonteen” tai tehtävänannon väärin. Epäonnistuneilla suorituksilla ei siis voida todeta olevan suoraa yhteyttä rinnakkaiskoordinaatistoon visualisointimenetelmänä.

Tutkimustulosten perusteella voidaan todeta, että käyttäjät kokevat aluksi rinnakkaiskoordinaatiston hämmentävänä ja sekaisena visualisointina, mutta oltuaan vuorovaiikutuksessa visualisoinnin kanssa, he ymmärtävät sitä paremmin ja oppivat käytön varsin nopeasti – nämä löydökset ovat täysin samansuuntaisia Siirtolan ja Rähän [2006, p. 1305] tekemien johtopäätösten kanssa. Tässä tutkimuksessa pystyttiin katseenseurantaa hyödyntämällä todistamaan se, että käyttäjät todella katsovat rinnakkaiskoordinaatistossa oikeisiin kohtiin.

Koska rinnakkaiskoordinaattien suhteen täysin kokemattomat käyttäjät oppivat käyttämään rinnakkaiskoordinaattivisualisointia hyödykseen tiedonetsinnässä edellä osoitetulla menestyksellä, rinnakkaiskoordinaatteja voitaisiin hyvin hyödyntää aivan tavallisissa, kaikille ihmisille suunnatuissa ohjelmistoissa ja palveluissa. Testauksessa käytetyn tietoa-aineiston innoittamana voidaan todeta, että rinnakkaiskoordinaatistoon perustuvaa tiedonetsintäsovellusta voisi hyödyntää aivan hyvin vaikka juuri käytettyjen autojen myynnissä. Selkeyttämällä valintoja, tarjoamalla lisää palautetta sekä tarjoamalla pienen johdannon rinnakkaiskoordinaattiselaimen käyttöön, kyseisen visualisoinnin suhteen kokemattomatkin käyttäjät, kuluttajat, saataisiin siirrettyä uudelle aikakaudelle. Valintojen tekeminen ei perustuisi enää vain ”alasvetovalikoihin” ja valintaruutuihin. Lisäksi käyttäjä saisi koko ajan todellista visuaalista palautetta tekemiensä rajausten vaikutuksista ja voisi samanaikaisesti tarkkailla yleiskuvaa aineistosta rinnakkaiskoordinaattivisualisoinnin muodossa. Tällainen toiminnallisuus vastaa Shneidermanin [1994] kuvausta niin sanotuisista *dynaamisista kyselyistä* (engl. *dynamic query*). Hänen mukaansa dynaamiset kyselyt tarjoavat muun muassa jatkuvasti päivittyvän visuaalisen kokonaiskuvan informaatiosta, tehokkaita työkaluja kyselyn muodostamiseen ja muokkaukseen sekä mahdollisuuden palata toiminnoissa taaksepäin. Rinnakkaiskoordinaatisto visualisointimenetelmänä mahdollistaa kaikkien näiden toiminnallisuuksien toteutuksen. Tarkoituksenmukaiseen käyttöliittymään yhdistettynä rinnakkaiskoordinaattinäkyvä sopisikin erittäin hyvin arkipäiväisiin tiedonhakupalveluihin, joiden toiminta perustuu dynaamisiin kyselyihin.

## Viiteluettelo

- [ASA, 1983] American Statistical Association, “Invitation to participate the Second (1983) Exposition of Statistical Graphics Technology”. Available as <http://lib.stat.cmu.edu/datasets/cars.desc>. Checked 20 November 2009.
- [Ashmore *et al.*, 2005] Michael Ashmore, Andrew T. Duchowski, and Garth Shoemaker, Efficient eye pointing with a fisheye lens. In: *Proceedings of Graphics Interface 2005 (GI'05)*. Canadian Human-Computer Communications Society, 2005, 203–210.
- [Bertin, 1981] Jacques Bertin, *Graphics and Graphic Information-Processing*. Translated by William J. Berg and Paul Scott. De Gruyter, 1981. (Original book *La Graphique Et Le Traitement Graphique De L'information*, Flammarion, 1977.)
- [Chang *et al.*, 2002] Dempsey Chang, Laurence Dooley, and Juhani E. Tuovinen, Gestalt theory in visual screen design: a new look at an old subject. In: *Proceedings of the 7<sup>th</sup> world conference on computers in education: Australian topics*, 8. Australian Computer Society, 2002, 5–12.
- [Dodge and Cline, 1901] Raymond Dodge and Thomas S. Cline, The angle velocity of eye movements. *Psychological Review*, 8 (2), 1901, 145–157.
- [Fitts *et al.*, 1950] P. M. Fitts, R. E. Jones, and J. L. Milton, Eye movements of aircraft pilots during instrument-landing approaches. *Aeronautical Engineering Review* 9 (2), 1950, 24–29.
- [Fua *et al.*, 1999] Ying-Huey Fua, Matthew O. Ward, and Elke A. Rundensteiner, Hierarchical parallel coordinates for exploration of large datasets. In: *Proceedings of the conference on Visualization '99*. IEEE Computer Society, 1999, 43–50.
- [Goldberg and Kotval, 1999] Joseph H. Goldberg and Xerxes P. Kotval, Computer interface evaluation using eye movements: methods and constructs. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 24, 6 (Oct. 1999), 631–645.
- [Graham and Kennedy, 2003] Martin Graham and Jessie Kennedy, Using curves to enhance parallel coordinate visualizations. In: *Proceedings of the 7th International Conference on Information Visualization (IV'2003)*. IEEE Computer Society Press, 2003, 10–16.
- [Inselberg, 2009] Alfred Inselberg, *Home of Parallel Coordinates*. Alfred Inselberg's homepage <http://www.math.tau.ac.il/~aiisreal/>. Checked 20 November 2009.
- [Inselberg and Dimsdale, 1990] Alfred Inselberg and Bernard Dimsdale, Parallel coordinates: a tool for visualizing multi-dimensional geometry. In: *Proceedings of the 1<sup>st</sup> conference on Visualization '90*. IEEE Computer Society Press, 1990, 361–378.
- [Jacob and Karn, 2003] Robert J. K. Jacob and Keith S. Karn, Eye tracking in human-computer interaction and usability research: ready to deliver the promises (Commentary on section 4). In: Ralph Radach, Jukka Hyönä and Heiner Deubel (eds.),

*The Mind's Eye: Cognitive and Applied Aspects of Eye Movement Research*. Elsevier, 2003, 573–605.

- [Kandogan, 2000] Eser Kandogan, Star Coordinates: A Multi-dimensional Visualization Technique with Uniform Treatment of Dimensions. In: *Proceedings of IEEE Symposium on Information Visualization 2000 (InfoVis 2000), Hot Topics*. IEEE Computer Society, 2000, 4–8.
- [Laine, 2004] Anne Laine, Hahmolait käytettävyyden parantajina. *Jyväskylän Yliopisto, Tietotekniikan laitos*. Saatavilla osoitteessa <http://www.mit.jyu.fi/opetus/opinnayte/LuK/Hahmolait/>. Viitattu 20.11.2009.
- [Macdonald, 2001] Peter D. M. Macdonald, *Statistics 2MA3 assignment solutions*. McMaster University, Department of Mathematics and Statistics, 30<sup>th</sup> January 2001. Available as [http://www.math.mcmaster.ca/peter/s2ma3/s2ma3\\_0001/assignments/a01s.html](http://www.math.mcmaster.ca/peter/s2ma3/s2ma3_0001/assignments/a01s.html). Checked 20 November 2009.
- [Mackworth and Mackworth, 1958] J. F. Mackworth and N. H. Mackworth, Eye fixations recorded on changing visual scenes by the television eye-marker. *Journal of the Optical Society of America*, **48**, 1958, 439–445.
- [Novotny, 2004] Matej Novotny, Visually effective information visualization of large data. In: *8<sup>th</sup> Central European Seminar on Computer Graphics (CESCG 2004)*.
- [Ramos and Donoho, 1983] Ernesto Ramos and David Donoho, The 1983 ASA data exposition dataset: Cars. Available as <http://lib.stat.cmu.edu/datasets/cars.data>. Checked 20 November 2009.
- [Rosario *et al.*, 2003] Geraldine E. Rosario, Elke A. Rundensteiner, David C. Brown, and Matthew O. Ward, Mapping nominal values to numbers for effective visualization. In: *Proceedings of the IEEE Symposium on Information Visualization 2003 (InfoVis'03)*. IEEE Computer Society, 2003, 113–120.
- [Shneiderman, 1983] Ben Shneiderman, Direct manipulation: a step beyond programming languages. *IEEE Computer* **16** (8), 1983, 57–69.
- [Shneiderman, 1994] Ben Shneiderman, Dynamic queries for visual information seeking. *IEEE Software*, **11**, 6 (Nov. 1994), 70–77.
- [Shneiderman, 1996] Ben Shneiderman, The eyes have it: a task by data type taxonomy for information visualizations. In: *Proceedings of the 1996 IEEE Symposium in Visual Languages (VL'96)*. IEEE Computer Society, 1996, 336–343.
- [Shneiderman, 1997] Ben Shneiderman, Direct manipulation for comprehensible, predictable and controllable user interfaces. In: *Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Conference on Intelligent User interfaces*. ACM, 1997, 33–39.
- [Shneiderman, 1998] Ben Shneiderman, *Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction* (third ed.). Addison-Wesley, 1998.

- [Siirtola, 1999a] Harri Siirtola, Interaction with the reorderable matrix. In: *Proceedings of the International Conference on Information Visualization (IV'99)*. IEEE Computer Society, 1999, 272–277.
- [Siirtola, 1999b] Harri Siirtola, “The Reorderable Matrix”.  
<http://www.cs.uta.fi/~hs/iv99/>, 1999. Viitattu 20.11.2009.
- [Siirtola, 2000a] Harri Siirtola, Direct manipulation of parallel coordinates. In: *Proceedings of the International Conference on Information Visualization (IV'2000)*. IEEE Computer Society, 2000, 373–378.
- [Siirtola, 2000b] Harri Siirtola, “Parallel Coordinate Explorer”.  
<http://www.cs.uta.fi/~hs/pce/>, 2000. Viitattu 20.11.2009.
- [Siirtola, 2003] Harri Siirtola, Combining parallel coordinates with the reorderable matrix. In: *Proceedings of the International Conference on Coordinated and Multiple Views in Exploratory Visualization (CMV'03)*. IEEE Computer Society, 2003, 63–74.
- [Siirtola, 2007] Harri Siirtola, Interactive visualization of multidimensional data. University of Tampere, Dept. of Computer Sciences, Dissertations in Interactive Technology, Number 7, Tampere 2007. Available as <http://acta.uta.fi/pdf/978-951-44-6939-8.pdf>. Checked 20 November 2009.
- [Siirtola and Rähkä, 2006] Harri Siirtola and Kari-Jouko Rähkä, Interacting with parallel coordinates. *Interacting with Computers*, **18**, 6 (Dec. 2006), 1278–1309.
- [Siirtola *et al.*, 2009] Harri Siirtola, Tuuli Laivo, Tomi Heimonen, and Kari-Jouko Rähkä, Visual perception of parallel coordinate visualizations. In: *Proceedings of the 13<sup>th</sup> International Conference on Information Visualization*. IEEE Computer Society Press, 2009, 3–9.
- [Tanninen, 2005] Mika Tanninen, *Visualisointitekniikat käyttäjän vertailutilanteen apuna*. Helsingin yliopisto, Tietojenkäsittelytieteen laitos, 2005. Saatavilla osoitteessa <http://ethesis.helsinki.fi/julkaisut/mat/tieto/pg/tanninen/visualis.pdf>. Viitattu 20.11.2009.
- [Tobii, 2009] Tobii Technology’s homepage <http://www.tobii.com>. Checked 20 November 2009.
- [Ware, 2008] Colin Ware, *Visual Thinking for Design*. Morgan Kaufmann Publishers, 2008.
- [Wegman and Luo, 1997] Edward J. Wegman and Qiang Luo, High dimensional clustering using parallel coordinates and the grand tour. *Computing Science and Statistics*, **28**, 1997, 352–360.



## Taustatietolomake

1. Sukupuoli     mies     nainen

2. Ikä                \_\_\_\_\_ vuotta

3. Toimenkuva    \_\_\_\_\_

4. Onko sinulla ajokortti?     Kyllä     Ei

5. Jos sinulla on ajokortti, miten usein ajat autolla?

- Päivittäin.
- Viikoittain.
- Harvemmin.

6. Miten usein käytät tietokonetta?

- Useita kertoja päivässä / työskentelen tietokoneella.
- Päivittäin.
- Useita kertoja viikossa.
- Satunnaisesti.

7. Mitä teet yleensä tietokoneella? Voit valita useamman vaihtoehdon.

- Luen/lähetän sähköpostia tai käytän muita Internetin palveluja.
- Käytän tekstin- ja/tai kuvankäsittelyohjelmia.
- Ohjelmoin.
- Suoritan ylläpitotoimenpiteitä.

**8. Miten paljon tarkastelet** (tai olet tarkastellut) **numeerisesta tiedosta tehtyjä graafisia esityksiä** (esim. erilaiset kuvaajat, puu- tai verkkokaaviot) ?

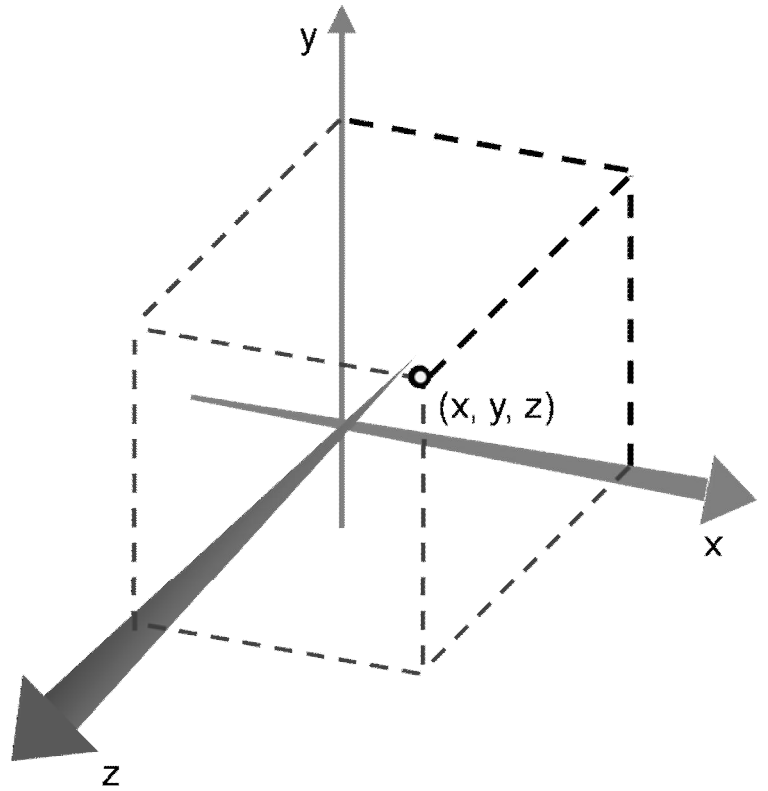
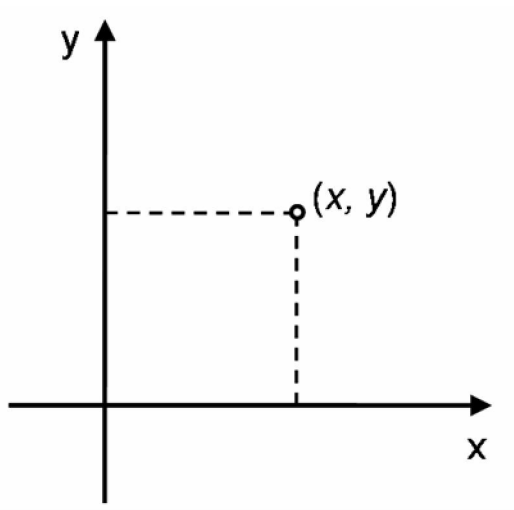
- .. Tarkastelen usein (*päivittäin tai lähes päivittäin*)
- .. Tarkastelen joskus (*kerran viikossa tai harvemmin*)
- .. Tarkastelen harvoin (*muutaman kerran kuukaudessa tai harvemmin*)
- .. En tarkastele lainkaan

**9. Miten paljon muodostat** (tai olet muodostanut) **numeerisesta tiedosta graafisia esityksiä** (esim. erilaiset kuvaajat, puu- tai verkkokaaviot) ?

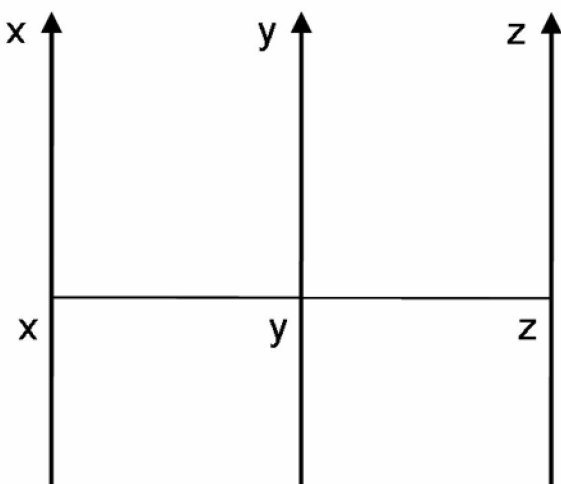
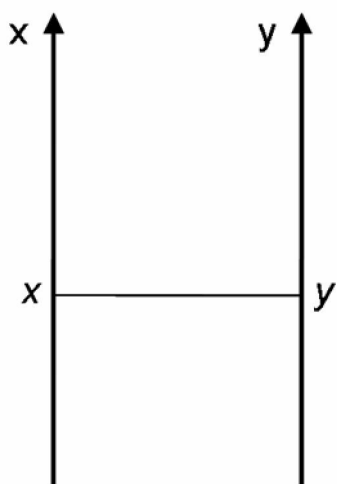
- .. Muodostan usein (*päivittäin tai lähes päivittäin*)
- .. Muodostan joskus (*kerran viikossa tai harvemmin*)
- .. Muodostan harvoin (*muutaman kerran kuukaudessa tai harvemmin*)
- .. En muodosta lainkaan

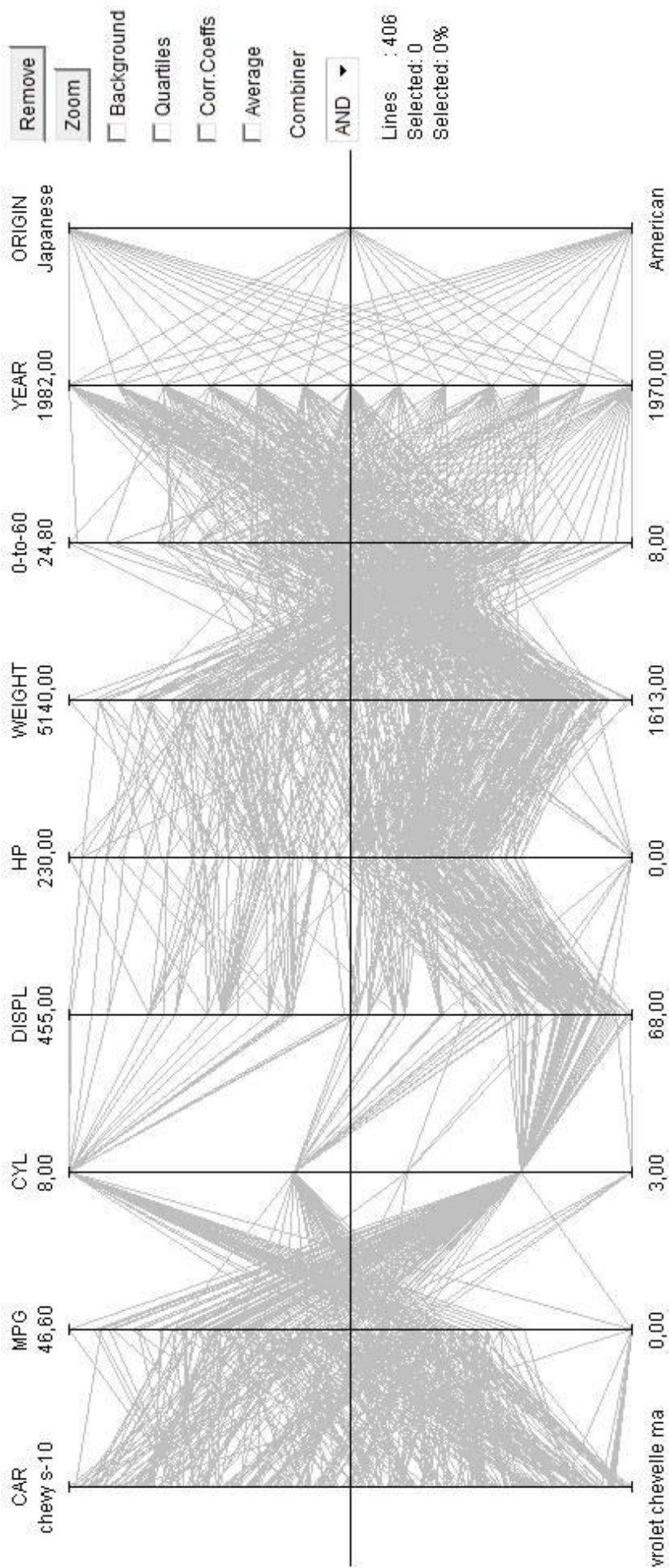
**10. Tiedätkö mitä tarkoitetaan rinnakkaiskoordinaatistolla?** .. Kyllä .. En

## SUORAKULMAINEN eli KARTEESINEN KOORDINAATISTO



## RINNAKKAISKOORDINAATISTO





## ATTRIBUUTIT eli OMINAISUUDET

<b>model</b>	automalli, esim. "volvo 245"
<b>mpg</b>	montako mailia auto kulkee gallonalla
<b>cyl</b>	sylinterien lukumäärä
<b>displ</b>	moottorin tilavuus kuutiotuumina
<b>hp</b>	hevosvoimien lukumäärä
<b>weight</b>	auton paino paunoina
<b>accel</b>	kiihtyvyys 0–60 mailiin tunnissa
<b>year</b>	vuosimalli
<b>origin</b>	alkuperä ('American', 'European', 'Japanese')

## Loppukyselylomake

	Täysin samaa mieltä	Jokseenkin samaa mieltä	Ei samaa tai eri mieltä	Jokseenkin eri mieltä	Täysin eri mieltä
1. Rinnakkaiskoordinaation perusidean oppii helposti.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Rinnakkaiskoordinaation akseleistosta on vaikea rajata tarkkoja alueita.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Rinnakkaiskoordinaation käyttö on vaikeaa.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. AND/OR/XOR -operaattoreiden käyttö on helppoa.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Muuttujien nimet on helppo löytää rinnakkaiskoordinaattiselaimesta.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Monen akselin kattavia rajoituksia on vaikea tehdä.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Rinnakkaiskoordinaattikuva ei anna hyvää yleiskuvaa aineistosta.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Yksittäisten tietojen löytäminen rinnakkaiskoordinaattiselaimella on helppoa.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

9. Mitkä tehtävät olivat mielestäsi helppoja? \_\_\_\_\_

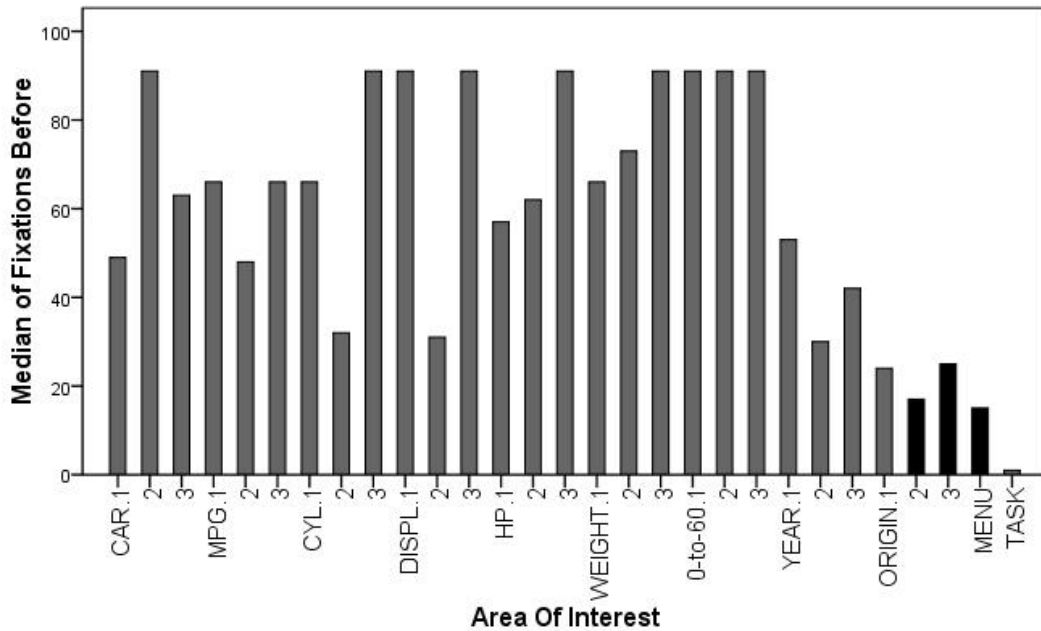
10. Mitkä tehtävät olivat mielestäsi vaikeita? \_\_\_\_\_

Miksi?

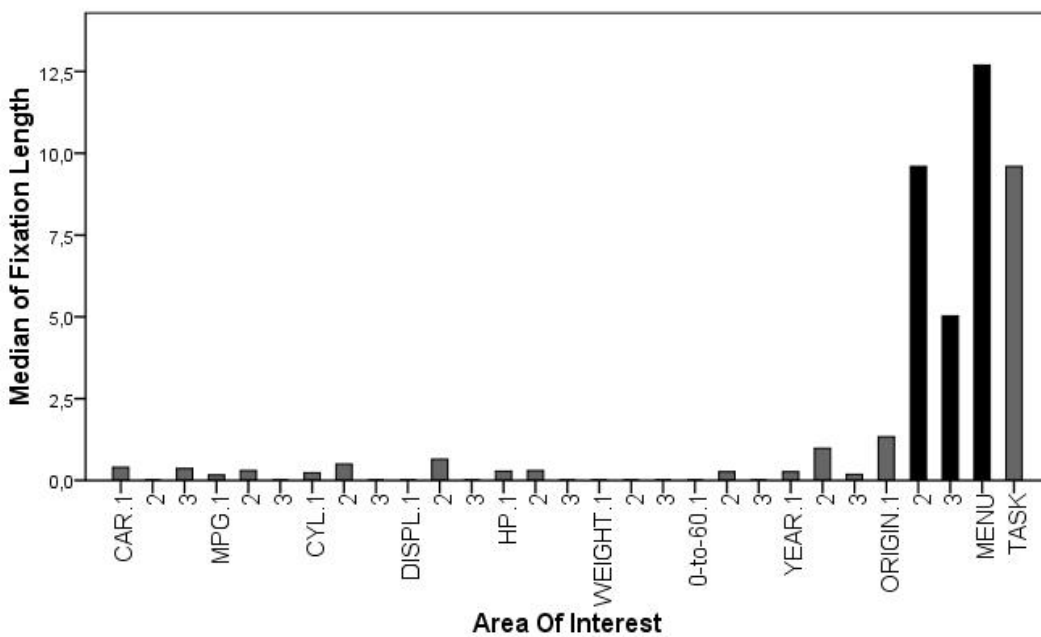
## Tehtäväkohtaiset kuvaajat tuloksista

### Tehtävä 0

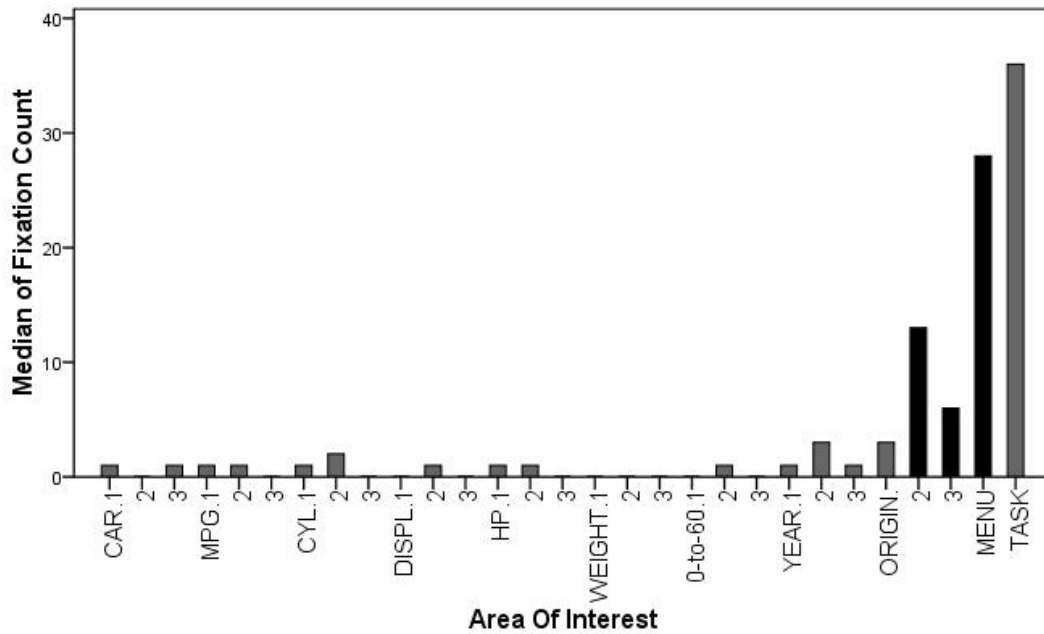
Tehtävän 0 kriittiset alueet katselujärjestyksessä ovat ORIGIN.3, ORIGIN.2 ja MENU.



**Kuva 36.** Fiksaatioiden yhteenlaskettujen lukumäärien mediaanit ennen tietyille alueille katsomista tehtävässä 0. Kriittiset alueet korostettu mustalla.



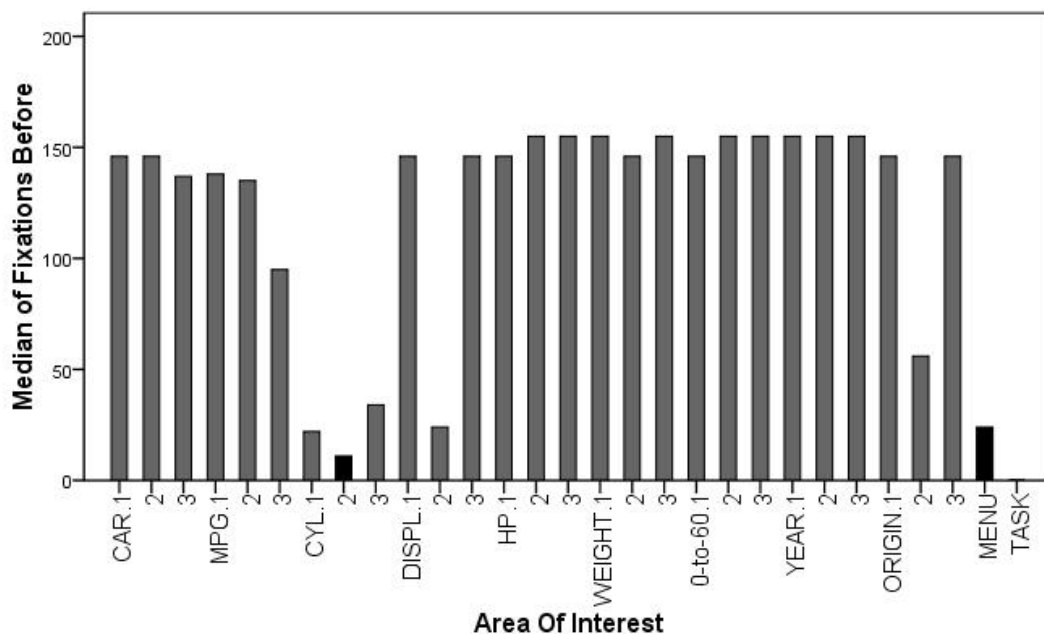
**Kuva 37.** Fiksaatioiden yhteenlaskettujen kestojen mediaanit sekunneissa alueittain tehtävässä 0. Kriittiset alueet korostettu mustalla.



**Kuva 38.** Fiksaatioiden yhteenlaskettujen lukumäärien mediaanit alueittain tehtävässä 0. Kriittiset alueet korostettu mustalla.

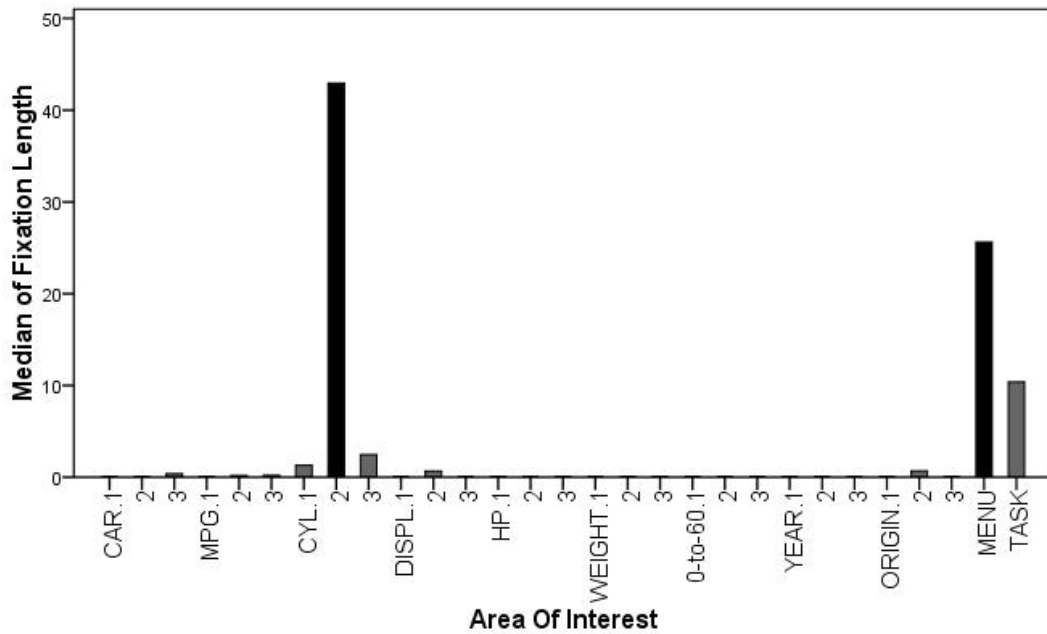
### Tehtävä 1

Tehtävän 1 kriittiset alueet katselujärjestyksessä ovat CYL.2 ja MENU (ja uudelleen CYL.2 ja MENU).

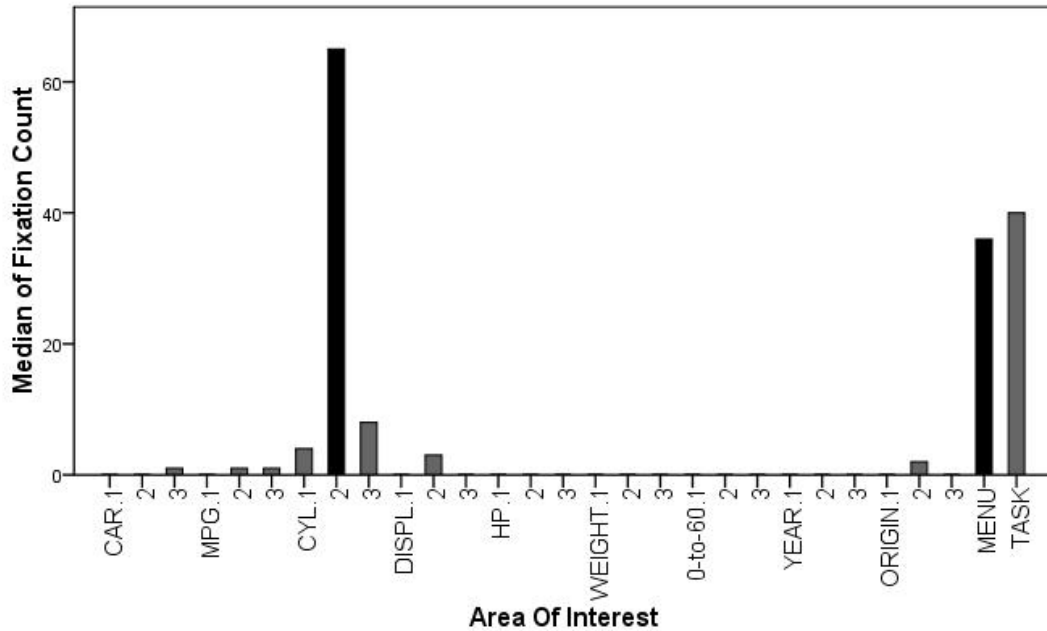


**Kuva 39.** Fiksaatioiden yhteenlaskettujen lukumäärien mediaanit ennen tietyille alueille katsomista tehtävässä 1. Kriittiset alueet korostettu mustalla.





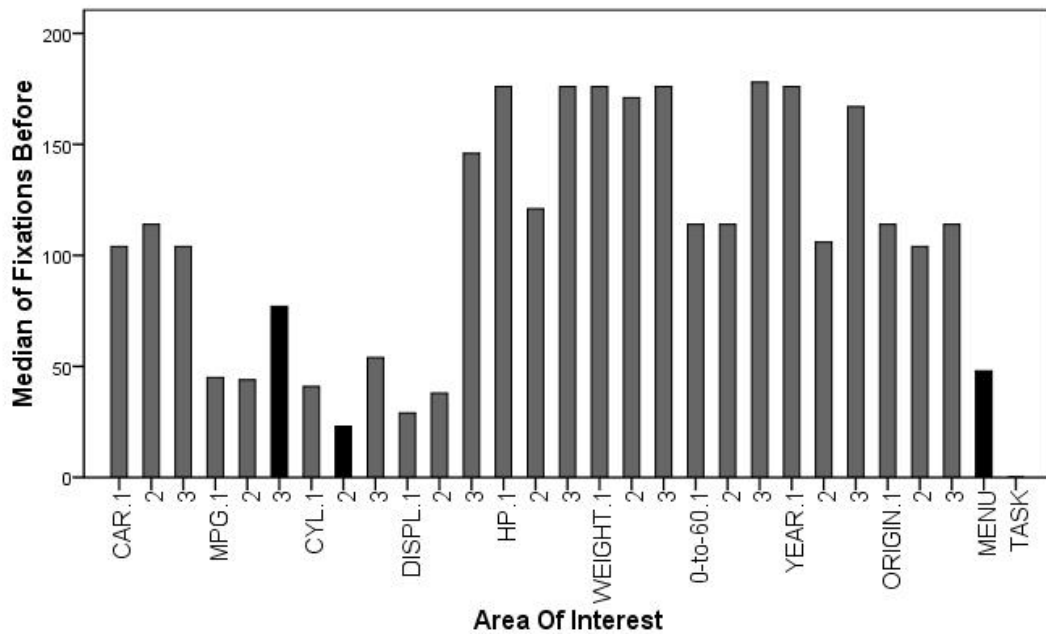
**Kuva 40.** Fiksaatioiden yhteenlaskettujen kestojen mediaanit sekunneissa alueittain tehtävässä 1. Kriittiset alueet korostettu mustalla..



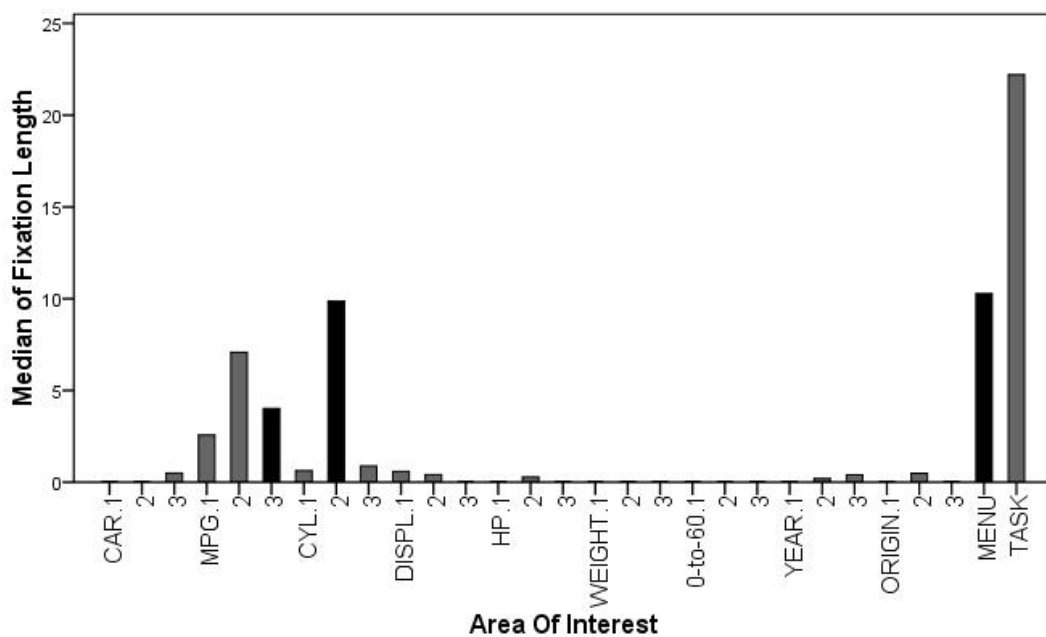
**Kuva 41.** Fiksaatioiden yhteenlaskettujen lukumäärien mediaanit alueittain tehtävässä 1. Kriittiset alueet korostettu mustalla.

**Tehtävä 2**

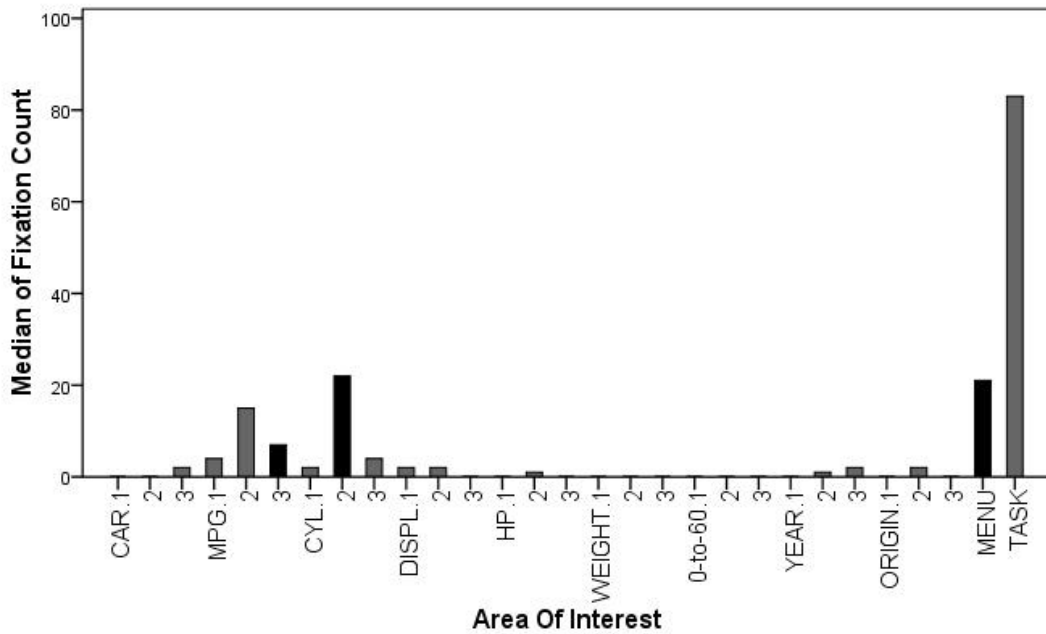
Tehtävän 2 kriittiset alueet katselujärjestyksessä ovat CYL.2, MENU ja MPG.3.



**Kuva 42.** Fiksaatioiden yhteenlaskettujen lukumäärien mediaanit ennen tietyille alueille katsomista tehtävässä 2. Kriittiset alueet korostettu mustalla.



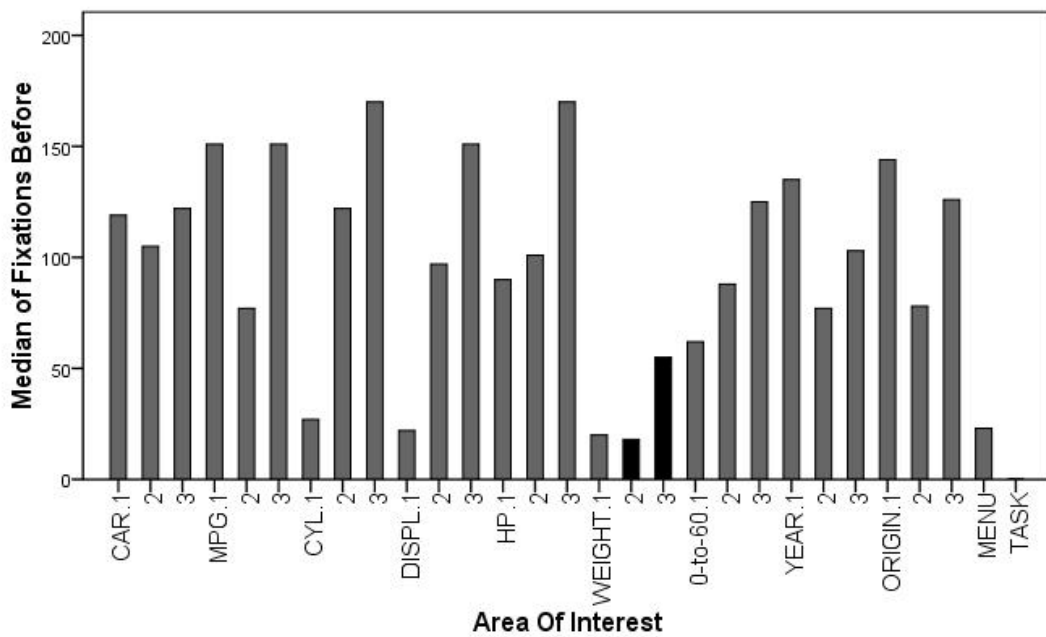
**Kuva 43.** Fiksaatioiden yhteenlaskettujen kestojen mediaanit sekunneissa alueittain tehtävässä 2. Kriittiset alueet korostettu mustalla.



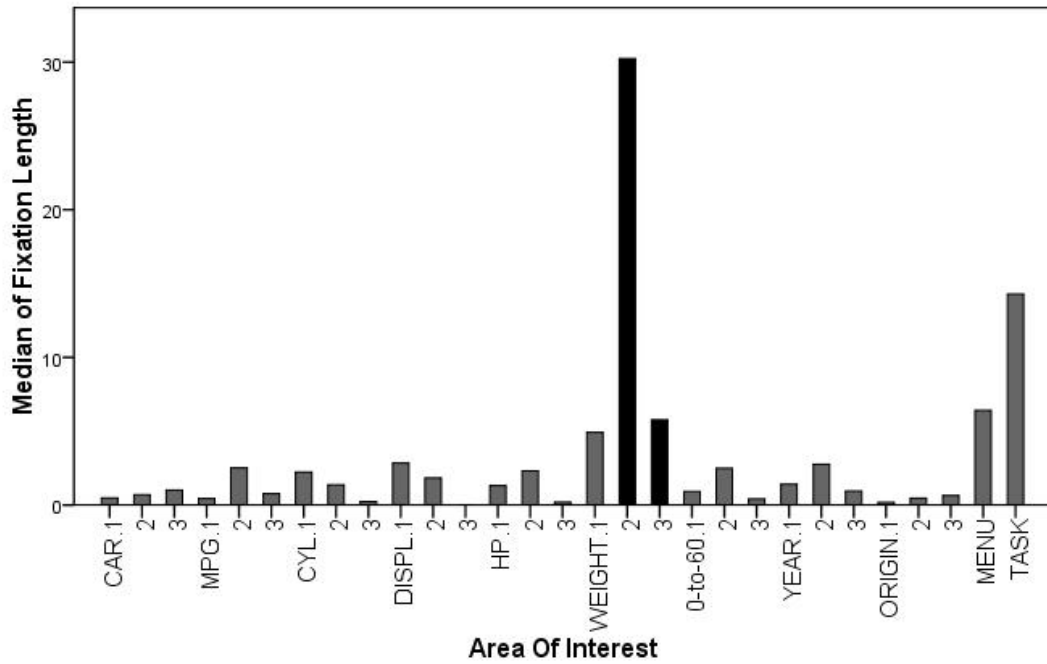
**Kuva 44.** Fiksaatioiden yhteenlaskettujen lukumäärien mediaanit alueittain tehtävässä 2. Kriittiset alueet korostettu mustalla.

### Tehtävä 3

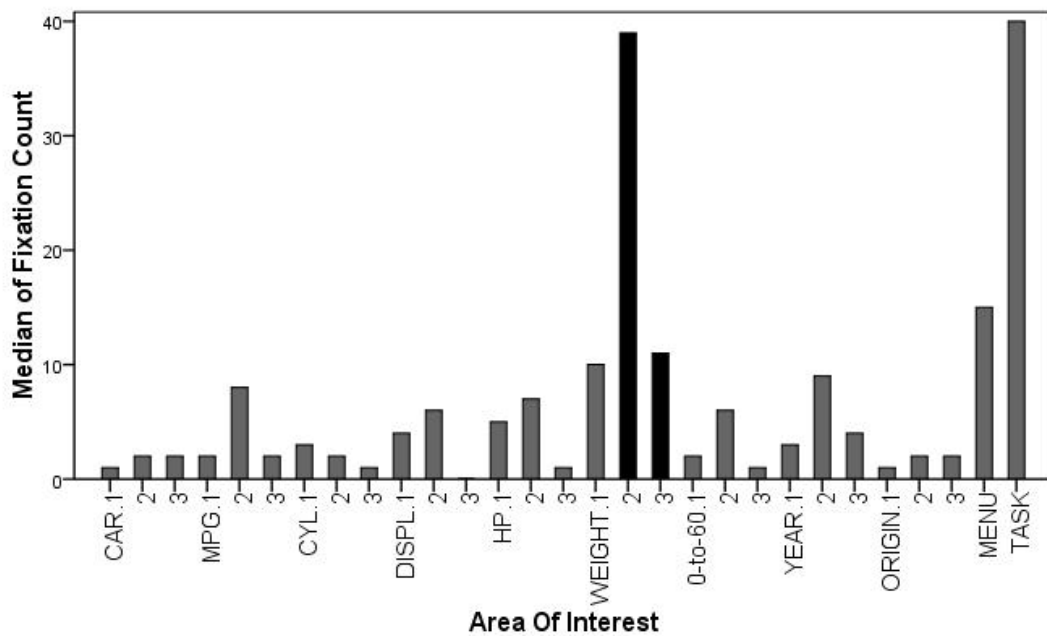
Tehtävän 3 kriittiset alueet katselujärjestyksessä ovat WEIGHT.2 ja WEIGHT.3.



**Kuva 45.** Fiksaatioiden yhteenlaskettujen lukumäärien mediaanit ennen tietyille alueille katsomista tehtävässä 3. Kriittiset alueet korostettu mustalla.



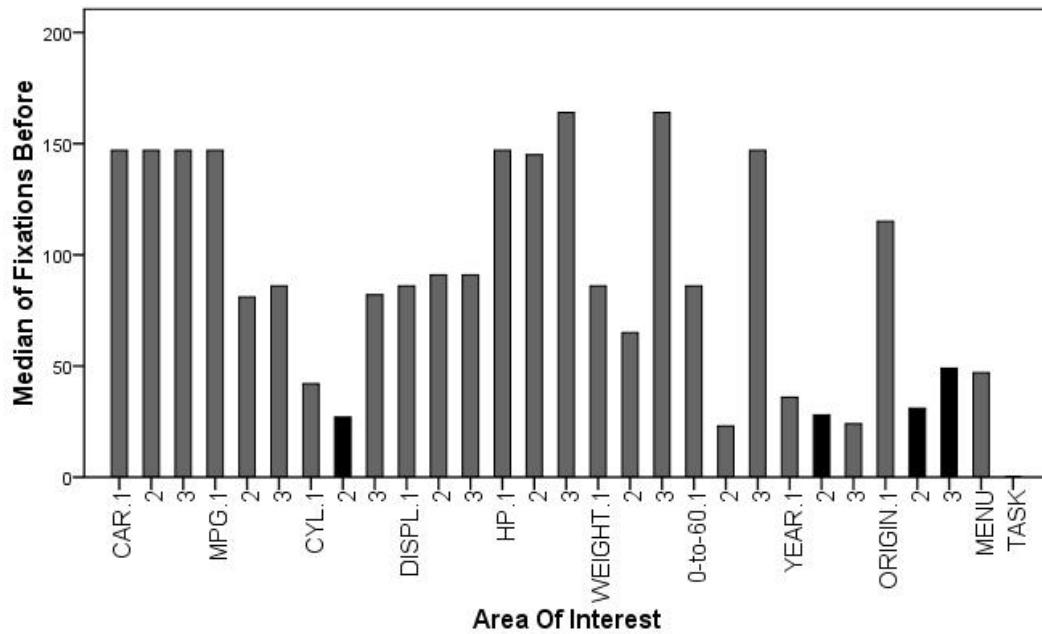
**Kuva 46.** Fiksaatioiden yhteenlaskettujen kestojen mediaanit sekunneissa alueittain tehtävässä 3. Kriittiset alueet korostettu mustalla.



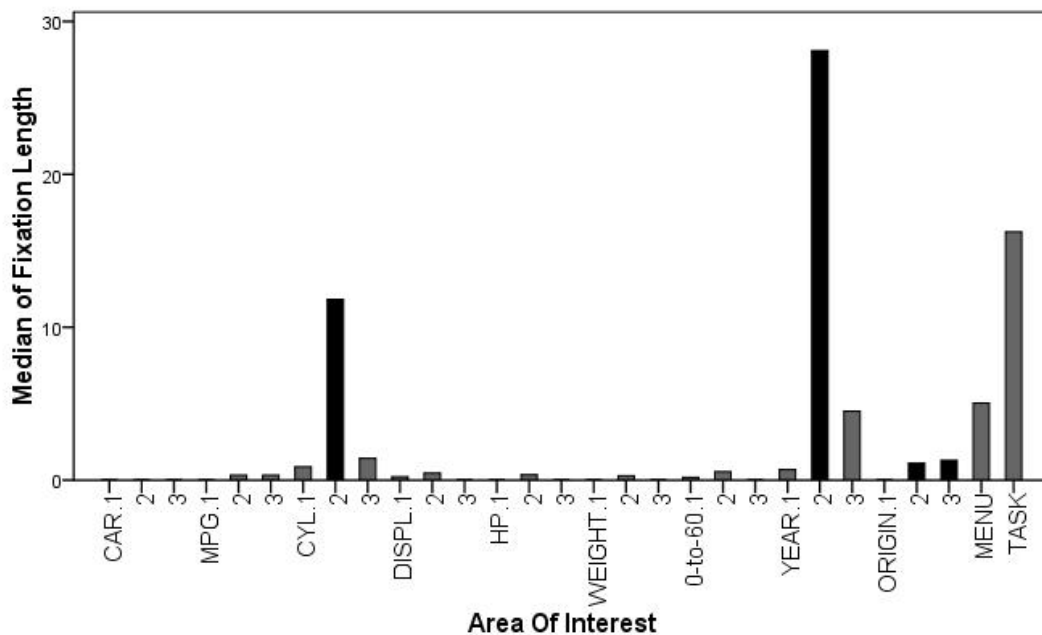
**Kuva 47.** Fiksaatioiden yhteenlaskettujen lukumäärien mediaanit alueittain tehtävässä 3. Kriittiset alueet korostettu mustalla.

**Tehtävä 4**

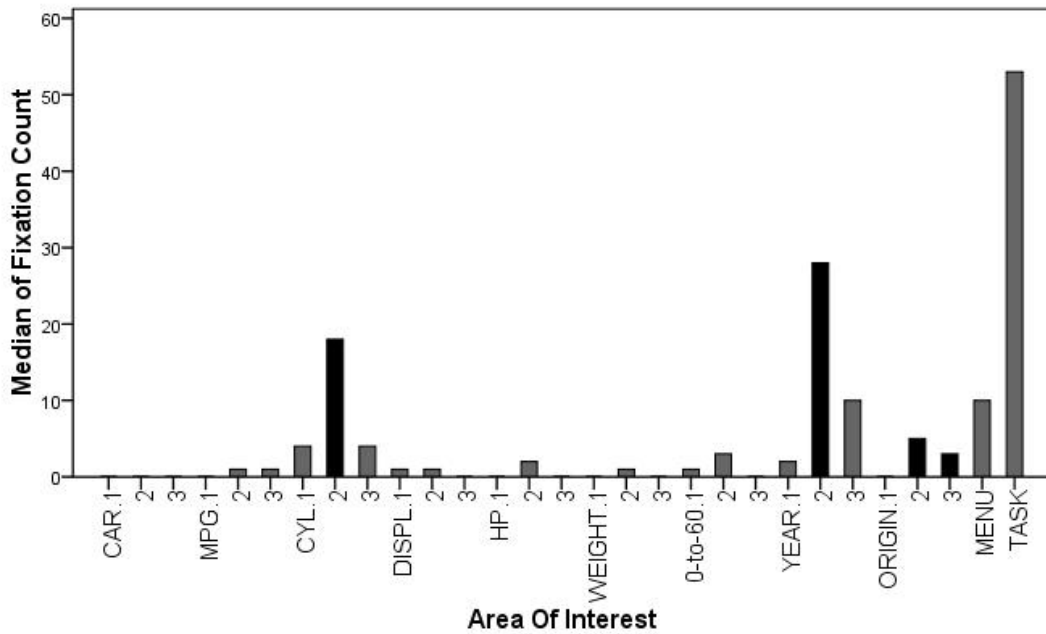
Tehtävän 4 kriittiset alueet optimaalinen katselujärjestyksessä ovat YEAR.2, CYL.2 ja ORIGIN.2/ORIGIN.3. Myös järjestys CYL.2, YEAR.2 ja ORIGIN.2/ORIGIN.3 on mahdollinen, koska sillä ei ole merkitystä, valitaanko ensin vuosi vai sylinterimäärä.



**Kuva 48.** Fiksaatioiden yhteenlaskettujen lukumäärien mediaanit ennen tietyille alueille katsomista tehtävässä 4. Kriittiset alueet korostettu mustalla.



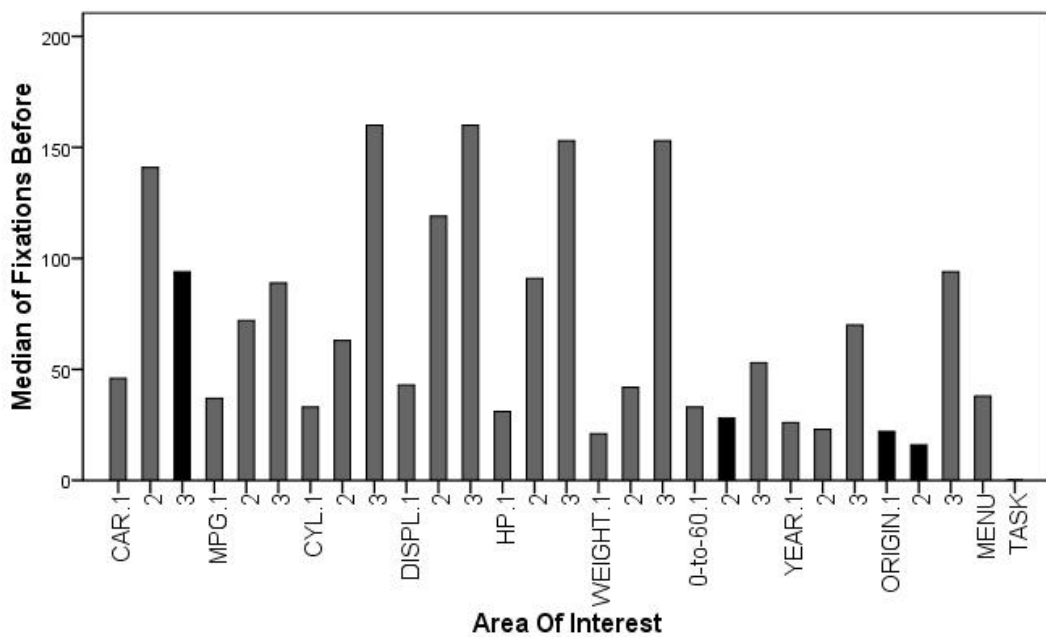
**Kuva 49.** Fiksaatioiden yhteenlaskettujen kestojen mediaanit sekunneissa alueittain tehtävässä 4. Kriittiset alueet korostettu mustalla.



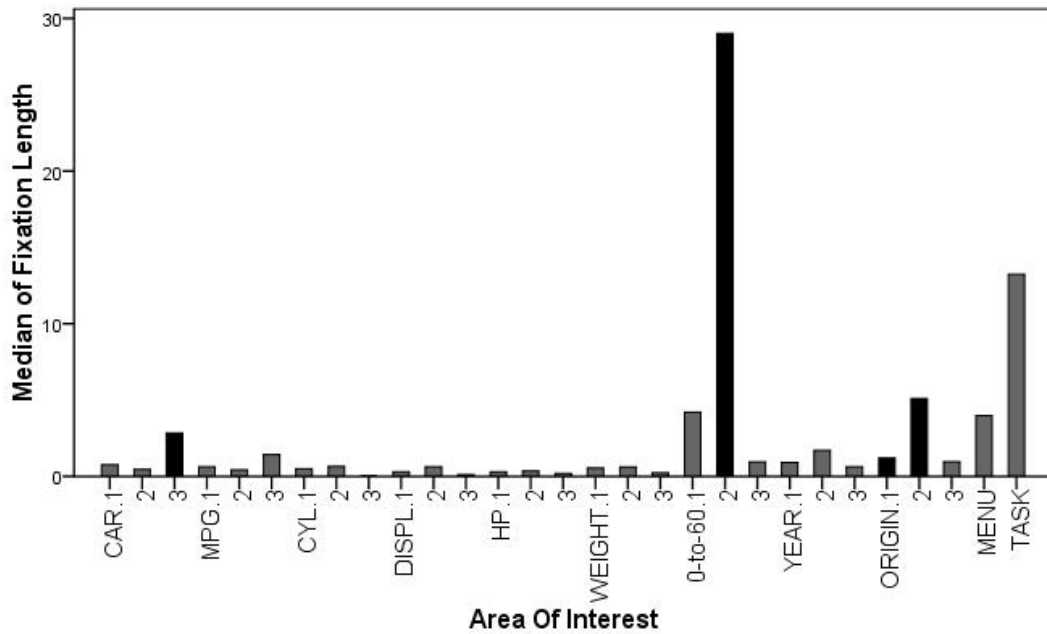
**Kuva 50.** Fiksaatioiden yhteenlaskettujen lukumäärien mediaanit alueittain tehtävässä 4. Kriittiset alueet korostettu mustalla.

### Tehtävä 5

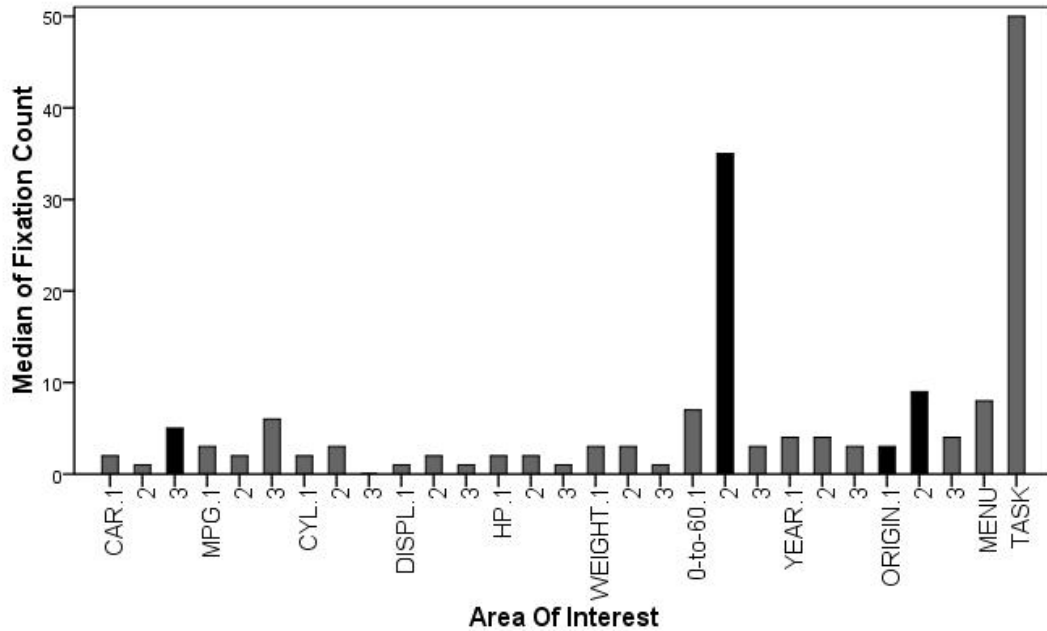
Tehtävän 5 kriittiset alueet katselujärjestyksessä ovat ORIGIN.1/ORIGIN.2, 0-to-60.2 ja CAR.3.



**Kuva 51.** Fiksaatioiden yhteenlaskettujen lukumäärien mediaanit ennen tietyille alueille katsomista tehtävässä 5. Kriittiset alueet korostettu mustalla.



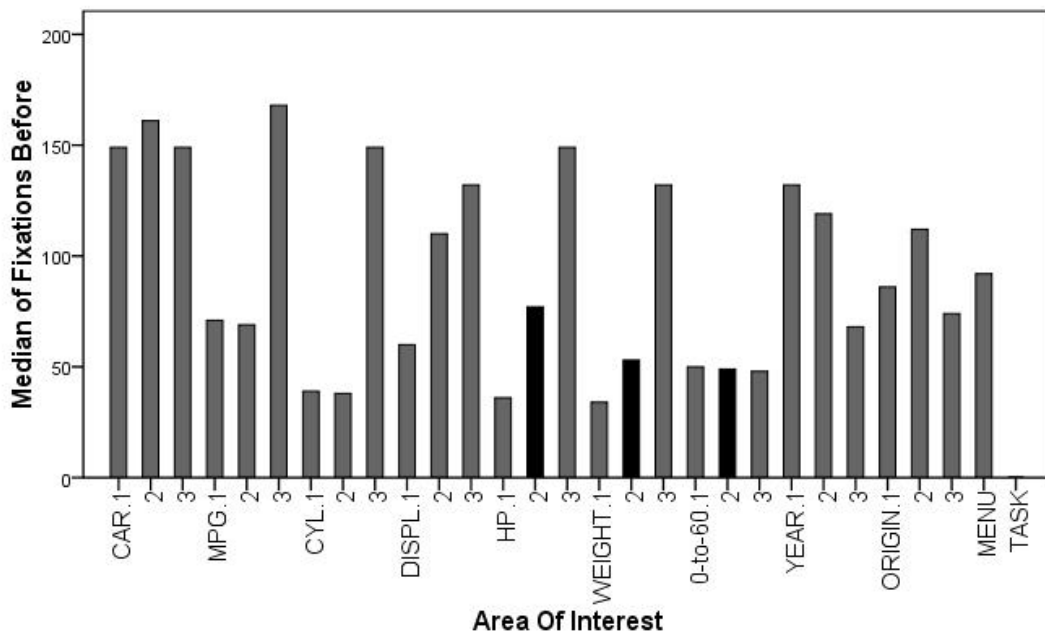
**Kuva 52.** Fiksaatioiden yhteenlaskettujen kestojen mediaanit sekunneissa alueittain tehtävässä 5. Kriittiset alueet korostettu mustalla.



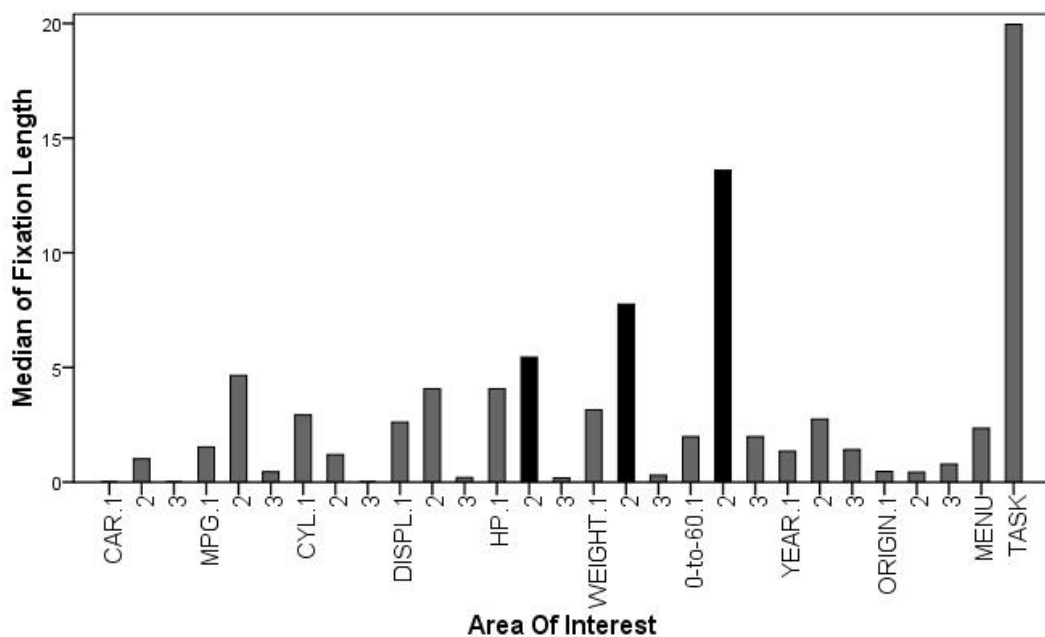
**Kuva 53.** Fiksaatioiden yhteenlaskettujen lukumäärien mediaanit alueittain tehtävässä 5. Kriittiset alueet korostettu mustalla.

**Tehtävä 6**

Tehtävän 6 kriittiset alueet ovat 0-to-60.2, HP.2 ja WEIGHT.2. Alueisiin voidaan katsoa missä järjestyksessä tahansa, koska sillä ei ole merkitystä, missä järjestyksessä tehtävän ehtojen mukaiset valinnat tehdään.

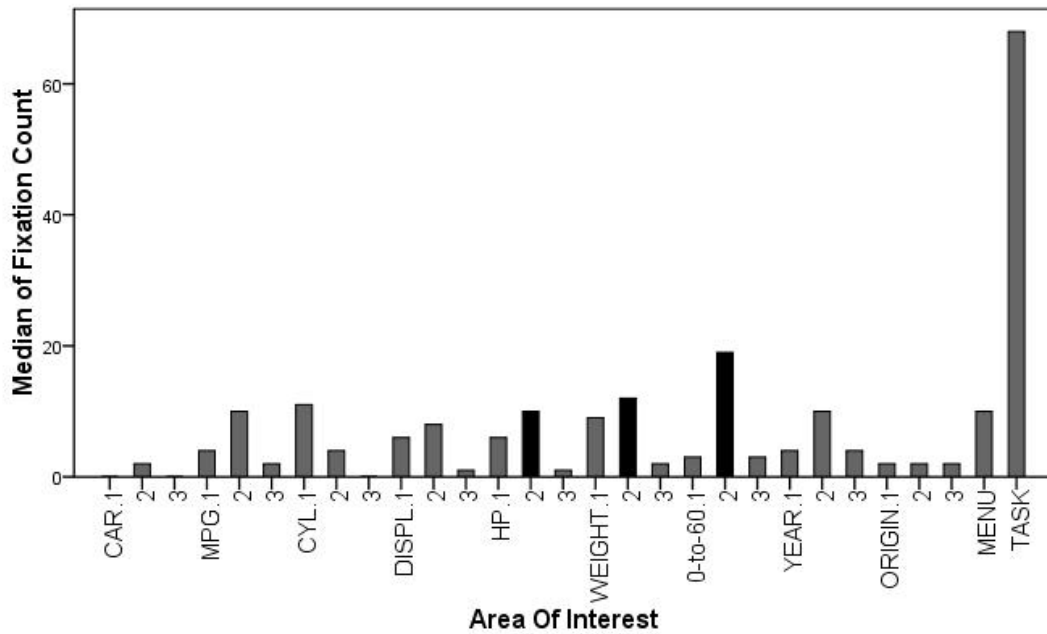


**Kuva 54.** Fiksaatioiden yhteenlaskettujen lukumäärien mediaanit ennen tietyille alueille katsomista tehtävässä 6. Kriittiset alueet korostettu mustalla.



**Kuva 55.** Fiksaatioiden yhteenlaskettujen kestojen mediaanit sekunneissa alueittain tehtävässä 6. Kriittiset alueet korostettu mustalla.

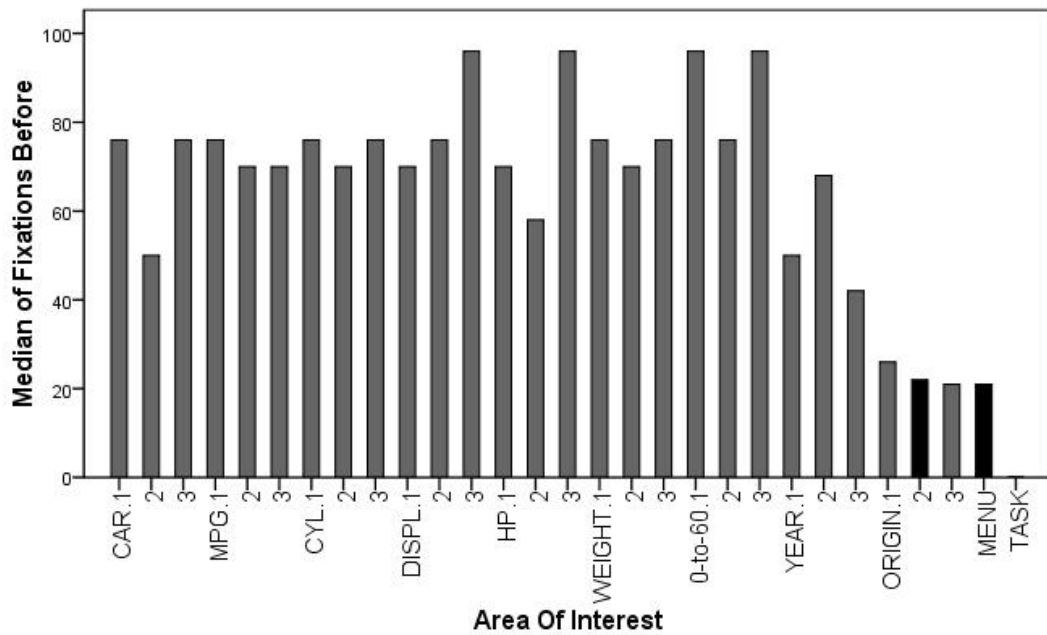




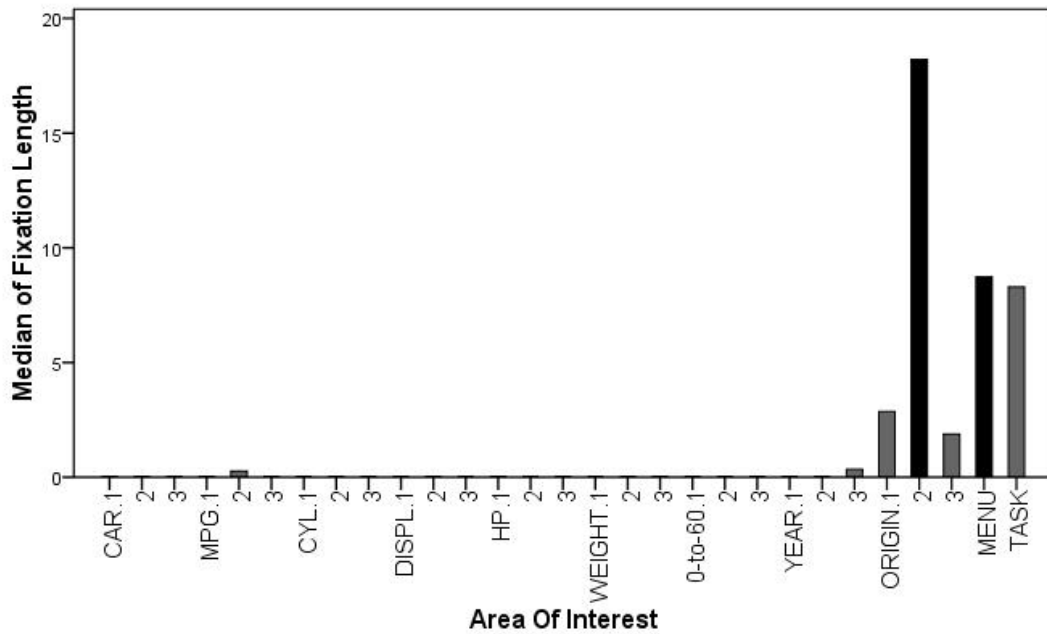
**Kuva 56.** Fiksaatioiden yhteenlaskettujen lukumäärien mediaanit alueittain tehtävässä 6. Kriittiset alueet korostettu mustalla.

### Tehtävä 7

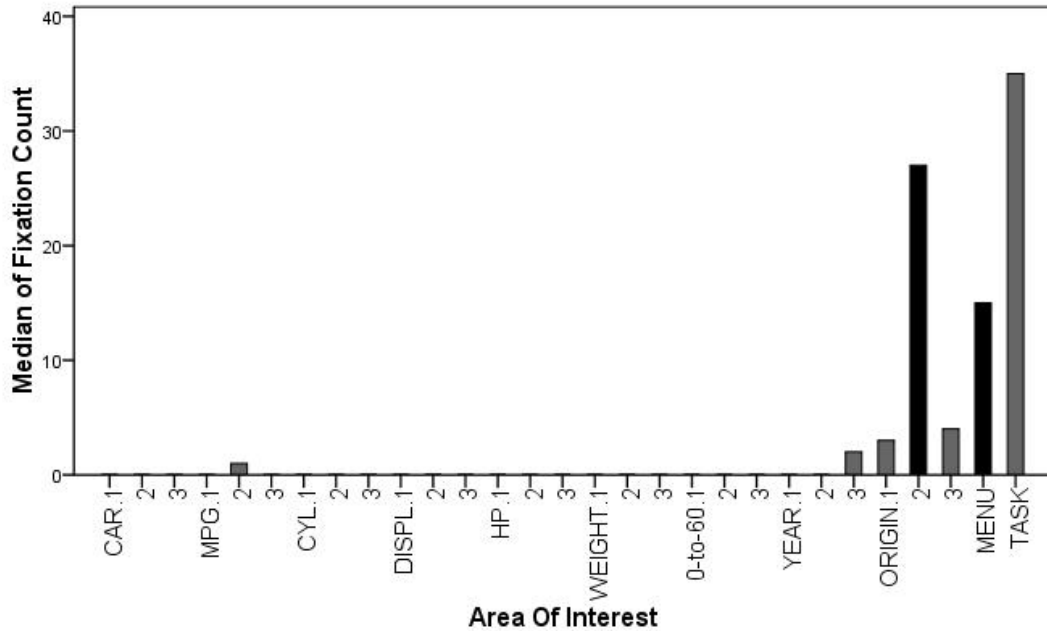
Tehtävän 7 kriittiset alueet katselujärjestyksessä ovat ORIGIN.2 ja MENU.



**Kuva 57.** Fiksaatioiden yhteenlaskettujen lukumäärien mediaanit ennen tietyille alueille katsomista tehtävässä 7. Kriittiset alueet korostettu mustalla.



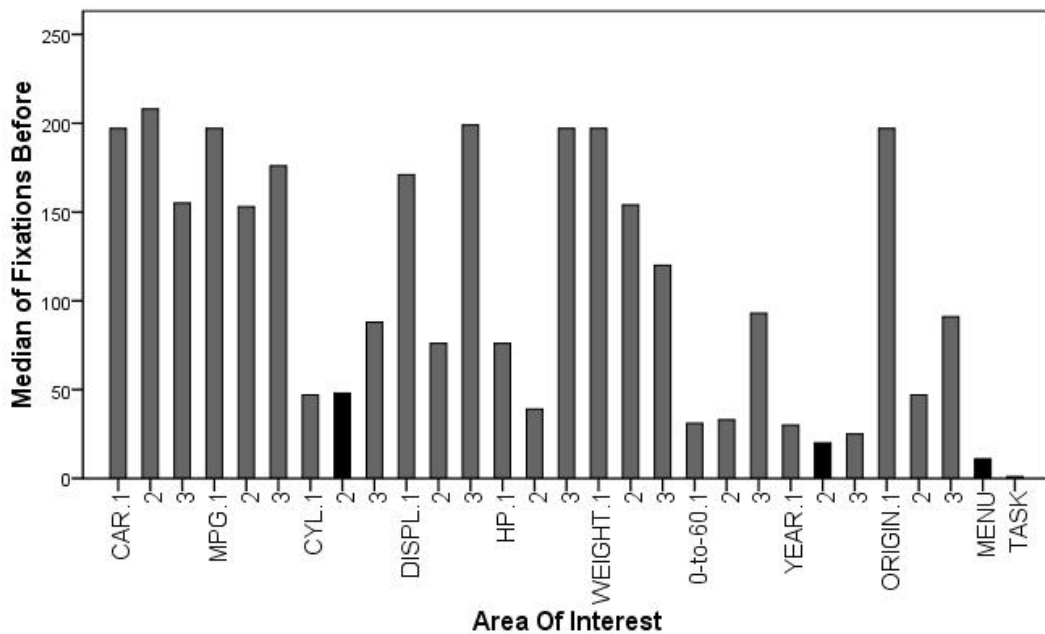
**Kuva 58.** Fiksaatioiden yhteenlaskettujen kestojen mediaanit sekunneissa alueittain tehtävässä 7. Kriittiset alueet korostettu mustalla.



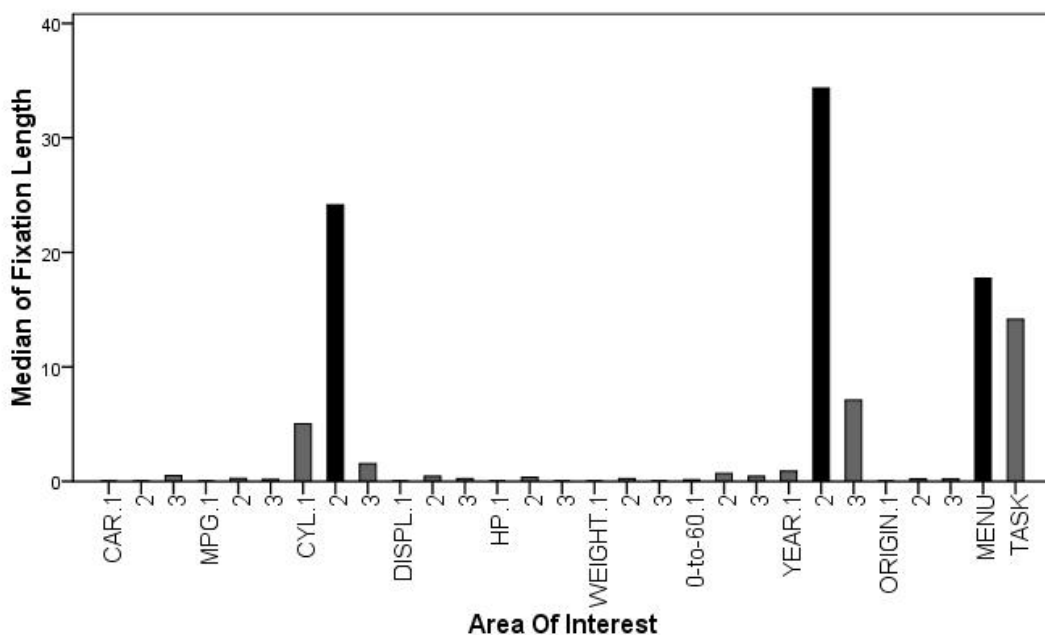
**Kuva 59.** Fiksaatioiden yhteenlaskettujen lukumäärien mediaanit alueittain tehtävässä 7. Kriittiset alueet korostettu mustalla.

**Tehtävä 8**

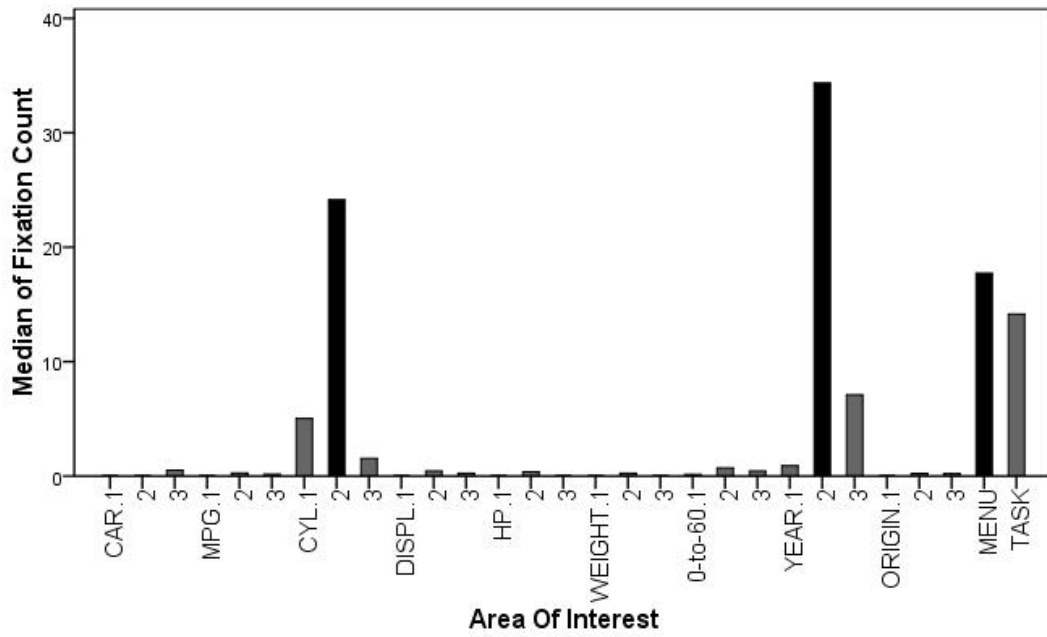
Tehtävän 8 kriittiset alueet katselujärjestyksessä ovat YEAR.2, CYL.2 ja MENU. Tämä sarja myös toistuu kunnes jokaisen sylinterimäärän omaavien autojen lukumäärä on tarkistettu.



**Kuva 60.** Fiksaatioiden yhteenlaskettujen lukumäärien mediaanit ennen tietyille alueille katsomista tehtävässä 8. Kriittiset alueet korostettu mustalla.



**Kuva 61.** Fiksaatioiden yhteenlaskettujen kestojen mediaanit sekunneissa alueittain tehtävässä 8. Kriittiset alueet korostettu mustalla.



**Kuva 62.** *Fiksaatioiden yhteenlaskettujen lukumäärien mediaanit alueittain tehtävissä 8. Kriittiset alueet korostettu mustalla.*