



## BME Ergonómia és Pszichológia Tanszék

### Szoftver-ergonómia

### Az emberi érzékelés alapjaiból következő tervezési irányelvek

Hercegfői Károly

## Az emberi információfeldolgozás 1.



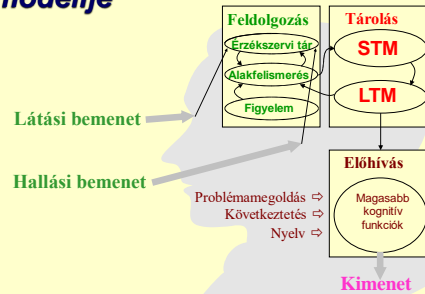
- Az emberi információfeldolgozás modellje
- Érzékelés
  - Az érzékelés általában
  - Kézmozgás-érzékelés
  - Látás

2



## Az emberi információfeldolgozás modellje

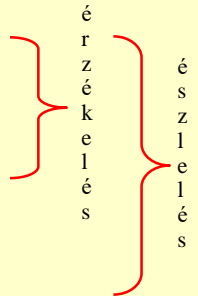
## Az emberi információfeldolgozás modellje



4

## Az emberi információfeldolgozás mechanizmusai

érzékelés  
 a küszöbök és az érzetfüggvény  
 látás  
 érzékszervi tár  
 alakfelismerés  
 figyelem  
 rövid idejű memória (STM)  
 hosszú idejű memória (LTM)  
 problémamegoldás



5

## Az érzékelés általában

## Érzékszervek és az inger típusa, amelyre specializálódtak

### Elektromágneses hullám

Látás

### Mechanikus hatás

Hallás

Érintés

Fájdalom

Kinesztétikus (testmozgás érzékelés)

### Gravitációs mező

Vesztibuláris (Helyzetérzékelés)

### Hőenergia

Hideg-meleg érző sejtek

### Kémiai energia

Ízlelés, szaglás

7

## Néhány megközelítő abszolút érzékelési küszöb

Látás: Gyertyaláng 5 km-ről nézve sötét, tiszta éjszakán

Hallás: Óraketyegés tökéletes csendben 6m-ről

Ízlelés: Egy kávéskanál oldott cukor 8 l vízben

Szaglás: Egy csepp parfüm elkeverve egy hámszobás lakás légtérébe

Érintés: Méh szárnya az arcra hullik 1 cm-ről

8

## Példa az érzékelhető különbségekre



### A különbségi küszöbök



24-bites  
színmélység



15-bites  
színmélység

9

## Példa az érzékelhető különbségekre



### A különbségi küszöbök



24-bites  
színmélység



15-bites  
színmélység

10

## A Weber-elv



A Weber-tört alakjai:  $lék(x)/x = c$ ,  $\Delta\Phi/\Phi = c$ ,  $\Delta I/I = c$   
 $c$  az egyes érzékelési területek diszkriminációs finomságát jellemzi.

A lék ( $jnd$ ) az inger megváltozásának

|             |                   |
|-------------|-------------------|
| legkisebb   | <i>Just</i>       |
| észrevehető | <i>Noticeable</i> |
| különbsége  | <i>Difference</i> |

$c$  pedig egy konstans érték.

$\Phi = I = x$  az inger aktuális „erőssége”, „intenzitása”,  
 $\Delta\Phi = \Delta I$  pedig az ahhoz tartozó LÉK ( $\Delta I = lék_p(x)$ ).

11

## A Fechner-elv



Ha van egy folytonos érzetfüggvényünk, akkor annak valamilyen egységben skálázva is kell lennie, és ennek a skálának a természetes egysége a LÉK.

$$\text{érzet}[x + lék_p(x)] - \text{érzet}(x) = 1$$

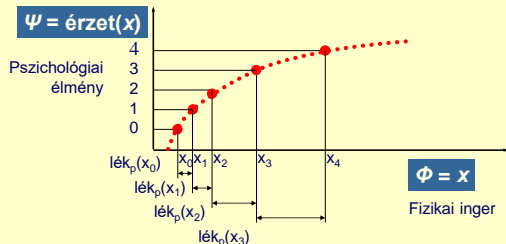
Precízebben: az  $X$  ingerkontinuum adott  $x$  eleméhez és egy adott  $p$  valószínűségi szinthez tartozó LÉK-nek nevezzük azt az  $y$  számot, amelyre az  $x+y$  inger az  $x$  ingertől éppen  $p$  valószínűséggel különböztethető meg:

$$y = lék_p(x)$$

Pl. ha  $p=0,8$ , az azt jelenti, hogy a személy a kísérletek 80% -ában érzekelte az inger megváltozását.

12

## Az érzetfüggvény megszerkesztése a Fechner-elv alapján



A Fechner-elv már mutat valami kapcsolatot a LÉK és az érzetfüggvény között, ennek alapján megszerkeszthetjük az érzetfüggvény egész értékű érzetekhez tartozó pontjait.

13

## Weber-törtek



### Ingerosztály

- Hangmagasság
- Vizuális világosság 1000 fotonnál
- Emelt súly 300 grammnál
- **Kéz mozgási pontosságának érzékelése**
- Hangerősség 1000 Hz-es rezgésszámnál és 100 decibelnél
- Szag, gumi, 200 olfactiánál
- Bőrre alkalmazott pontszerű nyomás (5 g/mm<sup>2</sup>)
- Ízlelés, 3 mól/l töménységű sóoldattal

### Weber-tört

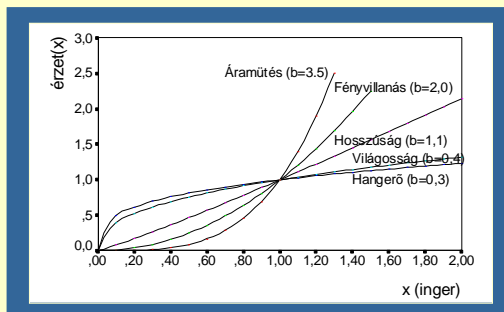
- 0.003
- 0.016
- 0.019
- 0.070**
- 0.088
- 0.104
- 0.136
- 0.200

14

## A Stevens-féle érzetfüggvény különböző ingerkontinuumokra



$$\text{érzet}(x) = cx^b$$



15

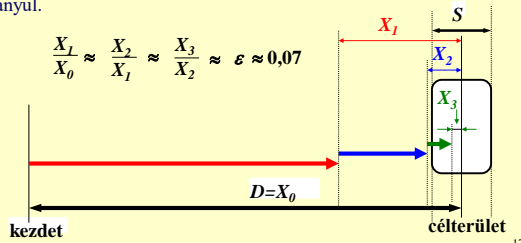


## A kinezetikus érzékelés csatornája - a Fitt törvény

## Fitt törvény (korrekciós iterációs lépések)



- Adott  $S$  méretű és  $D$  távolságra levő célterületet kell kézzel elérni: a kézmozgás a "kezdettől" indul és a "célterület" belsejének elérésére irányul.



17

## Fitt törvény (általános alak)



$$T_{pos} = I_M \log_2 \left( \frac{2D}{S} \right)$$

D/S hányados =  
relatív pontosság

- Fitt törvény: minél nagyobb relatív pontosságot igényel a mozgás, annál nagyobb az időigénye.
- $\varepsilon \sim 0.07$  → a konstansok behelyettesítése után  $I_M \approx 100$  ms (27 - 122)
- Módosított alakja:  
pontosabb eredmények  $T_{pos} = I_M \log_2 \left( \frac{D}{S} + 1 \right)$

18

## Az elérési idő csökkentése



- Példa:** mennyi időt nyer a felhasználó azzal, ha az eredeti 0.2 cm-es célterület (pl. menüsáv) helyett 0.5 cm-eset kell elérnie 10 cm-ről?
- $T_{0,5} = 100 \log_2(10/0.5+1) = 100 \log_2 21 = 100 \times 4.39 = 439$  ms
- $T_{0,2} = 100 \log_2(10/0.2+1) = 100 \log_2 51 = 100 \times 5.67 = 567$  ms
- Az így elérhető időnyereség tehát minden egyes pozicionálásnál  $567 - 439 = 128$  ms.

Ha ezt a műveletet 2000-szer kell egy nap elvégezni, az  $128 \times 2000 = 256.000$  ms  $\approx 4$  perc időnyereség naponta.

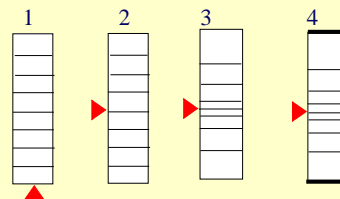
19

## Az elérési idő csökkentése

WALKER, SMELCER és NILSEN (1989)



- Menüsáv tervezési megoldások az egerrel történő elérési idők csökkentése érdekében.



20

### Az elérési idő csökkentése



- 1. Ez az elrendezés a távoli menüsávoknak meglehetősen lassú elérését teszi csak lehetővé.
- 2. Ez az elrendezés felére csökkenti ugyan az átlagos távolságokat, de többlet kognitív terhelést ró a felhasználóra, mivel dönteni kell a mozgás irányáról. A távolság csökkenésének a hatása a jelentősebb.

21

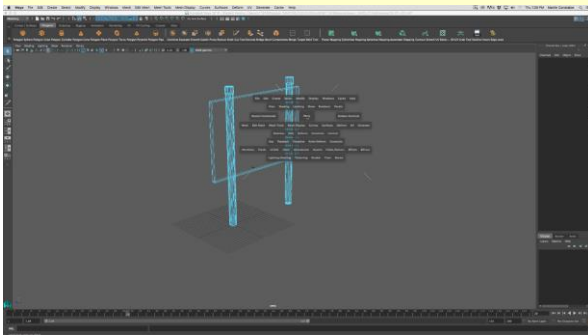
### Az elérési idő csökkentése



- 3. A távolabbi menüsávok szélesítésével csökkent azok elérési ideje, de - a Fitt törvénynek megfelelően - ez mindössze mintegy 80 ms nyereség (1800 ms  $\Rightarrow$  1720 ms).
- 4. Ez a megoldás sokszorosára növelte a célterületeknek a Fitt törvényben szereplő effektív méretét ( $S-t$ ).  
Az így kapott idő-megtakarítás már valóban jelentős: 25% (1800 ms  $\Rightarrow$  1450 ms).

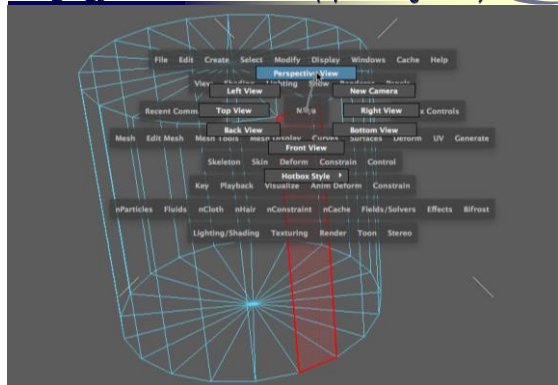
22

### Maya hotbox – kontextusfüggő menü körbe-körbe (Space)



23

### Maya hotbox 2.: View hotbox még egy menü körbe-körbe (Space + right click)



24

Radial menu – Counter-Strike



Radial menu – Tower Wars

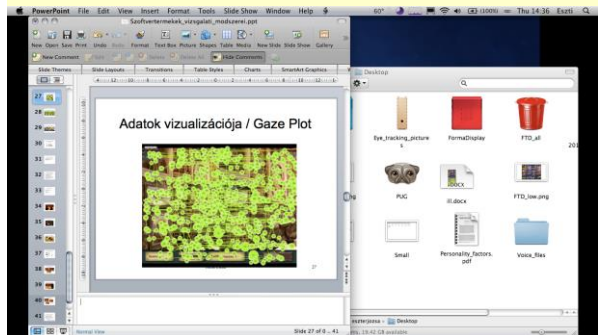


Példák a képernyő szélére optimalizálásra

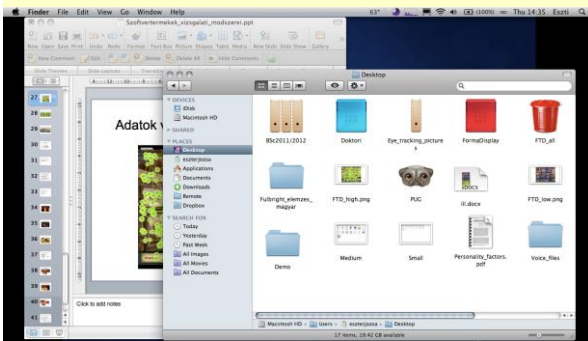


- Apple iOS menük vs. Windows ablakok főmenüi

Apple iOS menük nem az ablak, hanem a képernyő tetején



**Apple iOS menük nem az ablak, hanem a képernyő tetején**



**Példák a képernyő szélére optimalizálásra**



- Apple iOS menük vs. Windows ablakok főmenüi
- Microsoft Windows taskbar, start menü
- Microsoft Word 2007 óta gyorselérési eszköztár

**Menü design és Fitt törvénye**



**A látás érzékszervi csatornája**



## A látás érzékszervi csatornája



- A szemmozgások és a receptorok fotokémiai kifáradása
- Mozgásérzékelés
- Kontrasztérzékelés
- Színlátás

33

## Receptorok, szemmozgások, a receptorok fotokémiai kifáradása



## Szemmozgások



### •Szökellő (szakkadikus) gyors szemmozgás:

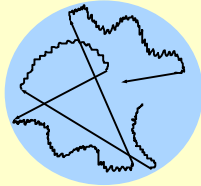
szerepe a fixáció átvitele egyik helyről a másikra (másodpercenként kb. 4)

### •Sikló szemmozgás (pursuit):

lassúbbak; a fejhez viszonyítva mozgásban lévő tárgyakra való fixáció fenntartását szolgálja; ha a tárgy mozog, **követő**, ha a fej mozog, **kompenzáló** szemmozgásról beszélünk

### •Tremor:

szerepe az éles kontrasztok helyének folyamatos változtatása a retinán a receptorok fotokémiai kifáradásának elkerülése érdekében; a szemgolyó a legmerevebb nézőskor is annyira remeg, hogy kitérése meghaladja az 1'-et



35


## Nielsen féle F



„Heatmaps” from user eyetracking studies of three websites (232 users). The areas where users looked the most are colored red; the yellow areas indicate fewer views, followed by the least-viewed blue areas. Gray areas didn't attract any fixations.



36

---



**Demonstráció**


---




Komplementer utókép

**Magyarázat:** a retina ingerelt területeinek fotokémiai "kifáradása" és az inger megszűnte után az ellenszín-folyamatok előtérbe kerülése.

38




---



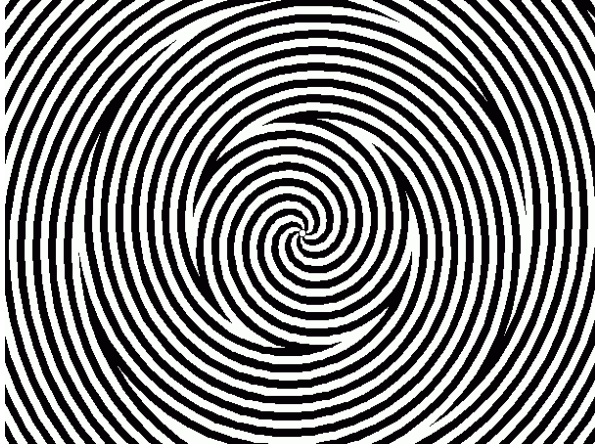
**Mozgásérzékelés**

---



**Demonstráció**

A következő forgó ábrát nézze 20 másodpercen keresztül, majd nézzon máshová!



## Mozgáskiemelésre épülő UI



- Pálcikák érzékenyek a mozgásra  
→ periférián több pálcika  
→ periférián jobb a mozgásérzékelés

### Klasszikus felhasználás

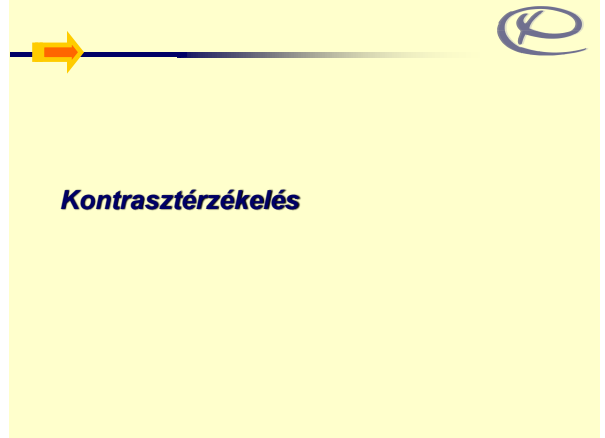
- Reklámok
- Akciójáték találat-figyelmeztetés
- Történetmesélés, figyelemirányítás

42

## Találat és HP figyelmeztetés

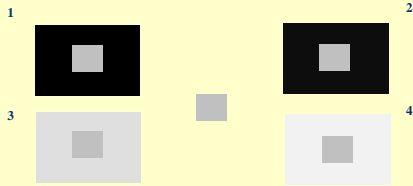


43



## Kontrasztérzékelés

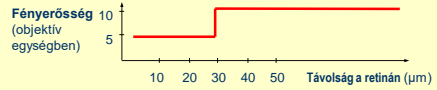
## Szimultán kontraszt



1. Rendezze világosság szerint sorba a négy számozott mező közepében levő kis szürke négyzeteket!
2. Állapítsa meg ezekhez képest az ábra közepén magában álló kis szürke négyzet érzékelt világosságát is!
3. Figyelje meg gondosan a kontrasztot az egyes négyzetek oldalai mentén!

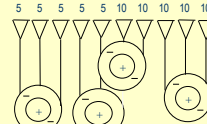
45

## A laterális gátlás mechanizmusa ROGOWITZ nyomán



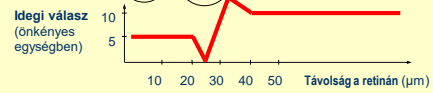
ON: +

OFF: -

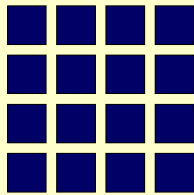


Az ON területre jutó egységnyi energiájú fény nagyobb idegi választ vált ki.

Példánkban háromszor erősebb az ON mező hatása



46



Széli kontraszt hatás (on-off sejtek)

47



**Színlátás**



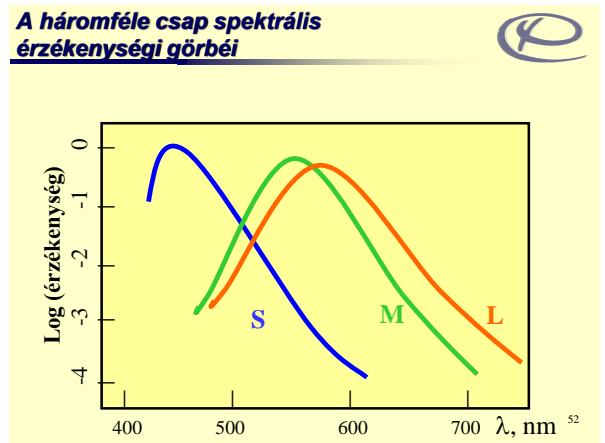
**Demonstráció**

Nézze mereven 1 percig a fekete pontot!

**Előtér/háttér párosítások és az olvashatóság**

|   |   |
|---|---|
| Ez az olvashatóság tesztelésére szolgáló szöveg | Ez az olvashatóság tesztelésére szolgáló szöveg |
| Ez az olvashatóság tesztelésére szolgáló szöveg | Ez az olvashatóság tesztelésére szolgáló szöveg |
| Ez az olvashatóság tesztelésére szolgáló szöveg | Ez az olvashatóság tesztelésére szolgáló szöveg |
| Ez az olvashatóság tesztelésére szolgáló szöveg | Ez az olvashatóság tesztelésére szolgáló szöveg |

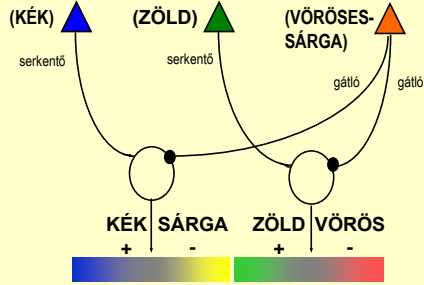
- Magyarázat:** az ellenszíneket (vöröset és zöldet, illetve sárgát és kék) nem célszerű előtér/háttér párosításban alkalmazni, mert a szemmozgások miatt fellépő komplementer utókép a közöttük levő határt elmosódottá teszi.
- Megjegyzés:** az effektust a színek viszonylagos világosságán keresztül a kontraszt-viszonyok is befolyásolják.



### A színérzékelés egyszerűsített modellje



Rövid hullámhosszú fényre érzékeny receptor      Közepes hullámhosszú fényre érzékeny receptor      Hosszú hullámhosszú fényre érzékeny receptor

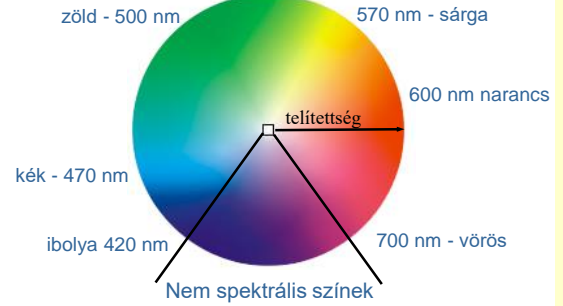


53

### Színkör



#### Spektrális színek



54

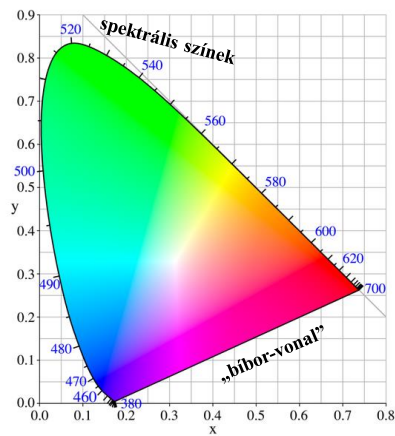
### A színlátás



#### A színészlelés dimenziói

- színárnyalat (hue)**  $\Rightarrow$  hullámhossztól (fotonok milyenségétől) függ
- világosság (brightness/lightness)**  $\Rightarrow$  fotonok mennyiségétől függ
- telítettség (saturation/chroma)**  $\Rightarrow$  színnel való „telítettség” (hányféle fotonból áll: mennyire tiszta spektrumszín?)

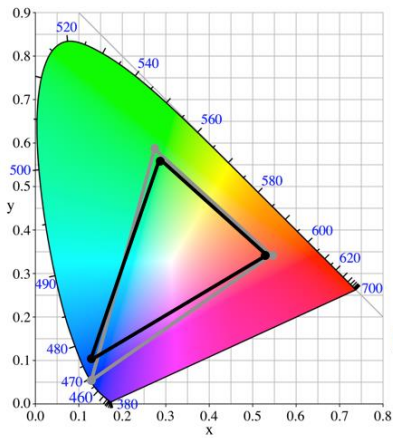
55



#### A CIE (x,y) színdiagramja

Commission Internationale de l'Éclairage

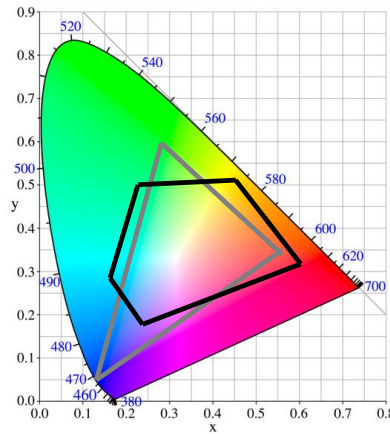
56



**Két kijelző gamut -ja a CIE (x,y) színdiagramban ábrázolva**

New iPad: —  
iPad 2: —

57



**RGB kijelző és 5 festékkel dolgozó fotónyomtató gamut-ja a CIE (x,y) színdiagramban ábrázolva**

58

## A választható színek száma



- Ha csak megkülönböztetni kell: akár millió szín
- Ha fel is kell ismerni és különbözhetnek színességben, világosságban és telíttségben is: némi gyakorlás után kb. 50 szín
- Ha fel is kell ismerni és csak színességben különbözhetnek: 11 szín (lásd későbbi táblázat)

59

## Határozottan megkülönböztethető színek



Tizenegy javasolt szín, amelyek a képernyőn biztonságosan megkülönböztethetők egymás mellé vagy egymásra helyezve

| Szín            | x     | y     |
|-----------------|-------|-------|
| Kék             | 0,225 | 0,216 |
| Zöld            | 0,298 | 0,453 |
| Vöröses bíbor   | 0,317 | 0,192 |
| Narancsos vörös | 0,520 | 0,332 |
| Sárga           | 0,376 | 0,398 |
| Bíbor           | 0,275 | 0,213 |
| Sárgás zöld     | 0,349 | 0,465 |
| Vöröses narancs | 0,437 | 0,328 |
| Vörös           | 0,484 | 0,283 |
| Narancs         | 0,391 | 0,354 |
| Szürke          | 0,313 | 0,328 |

60

### **Színekkel kapcsolatos további megfontolások**



- vidám / szomorú színek
- nyugtató / stimuláló színek
- hőérzet
- világosság-érzet
- rendteremtő, biztonság-érzetet adó természetes (fent világos, lent sötét)
- tanult jelentés (például: KRESZ - piros, zöld, sárga, kék)
- figyelmeztetés (piros, sárga-fekete)
- a lényeges elkülönítése a lényegtelenről (a felesleges kontraszt elkerülése)
- eltérő szín - eltérő funkció

61

### **Populációs sztereotípiák**



amerikai egyetemisták, %

| Jelentés    | Vörös | Narancs | Sárga | Zöld | Kék  |
|-------------|-------|---------|-------|------|------|
| Állj meg    | 100   | 0       | 0     | 0    | 0    |
| Menj        | 0     | 0       | 0     | 99,2 | 0    |
| Meleg       | 94,5  | 2,4     | 0,8   | 0    | 2,4  |
| Hideg       | 0,8   | 0,8     | 0,8   | 0,8  | 96,1 |
| Veszély     | 89,8  | 5,5     | 4,7   | 0    | 0    |
| Légy óvatos | 11,0  | 7,1     | 81,1  | 0    | 0,8  |
| Biztonságos | 0     | 2,4     | 16,5  | 61,4 | 18,1 |
| Bekapcsolt  | 50,4  | 3,1     | 4,7   | 37,8 | 3,1  |
| Kikapcsolt  | 29,9  | 6,3     | 4,7   | 15,0 | 31,5 |

62