

BME Ergonómia és Pszichológia Tanszék

Szoftver-ergonómia

Az emberi érzékelés alapjaiból következő tervezési irányelvek

Hercegi 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	é r z é k e l é s	é s z l e l é s
--	---	--------------------------------------

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

Ízeleés, szaglás

7

Néhány megközelítő abszolút érzékelési küszöb



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

Hallás: Óraketyegés tökéletes csendben 6m-ről

Ízeleés: Egy kávéskanál oldott cukor 8 l vízben

Szaglás: Egy csepp parfüm elkeverve egy háromszobás lakás légterébe

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: $\Delta I(x)/I(x) = c$, $\Delta \Phi/\Phi = c$, $\Delta I/I = c$
 c az egyes érzékelési területek diszkriminációs finomságát jellemzi.

A lék (jnd) az inger megváltozásának

legkisebb Just

észrevehető Noticeable

különbsége Difference

c pedig egy konstans érték.

$\Phi = I = x$ az inger aktuális „erőssége”, „intenzitása”,

$\Delta \Phi = \Delta I$ pedig az ahhoz tartozó LÉK ($\Delta I = \text{lék}_p(x)$).

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.

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

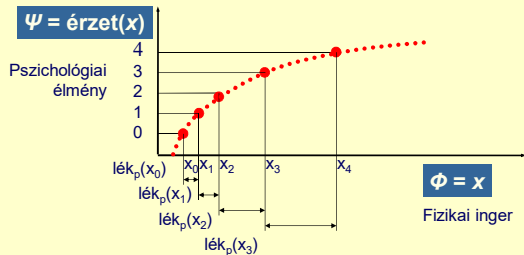
Precízebben: az X ingerkontinuum adott x eleméhez és egy adott p valószínűségi szinthez tartozó LÉK-nek nevezzük azt az y számot, amelyre az $x+y$ inger az x ingertől éppen p valószínűséggel különböztethető meg:

$$y = \text{lék}_p(x)$$

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

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/mm²)
- Ízelelés, 3 mól/l töménységű sóoldattal

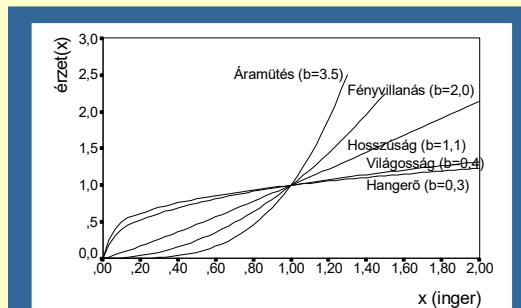
Weber-tört

0.003
0.016
0.019
0.070
0.088
0.104
0.136
0.200

14

A Stevens-féle érzetfüggvény különböző ingerkontinuumokra

$$\text{érzet}(x) = cx^b$$

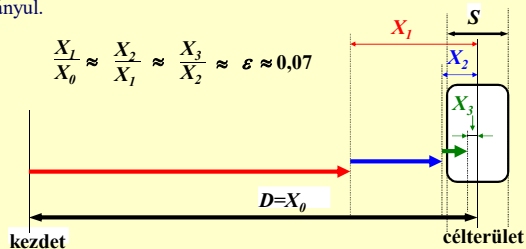


15

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 "kezdet" indul és a "célterület" belsejének elérésére irányul.



17

Fitt törvény (általános alak)

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

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

$$T_{\text{pos}} = I_M \log_2 \left(\frac{D}{S} + 1 \right)$$

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?
- $T_{0.5} = 100 \log_2(10/0.5+1) = 100 \log_2 21 = 100 \times 4.39 = 439 \text{ ms}$
- $T_{0.2} = 100 \log_2(10/0.2+1) = 100 \log_2 51 = 100 \times 5.67 = 567 \text{ ms}$
- Az így elérhető időnyereség tehát minden egyes pozicionálásnál $567 - 439 = 128 \text{ ms}$.

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

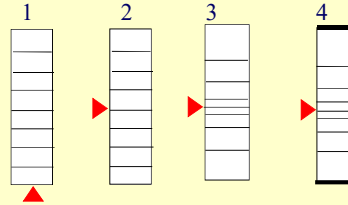
19

Az elérési idő csökkentése

WALKER, SMELCER és NILSEN (1989)



- Menüsáv tervezési megoldások az egérrel 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

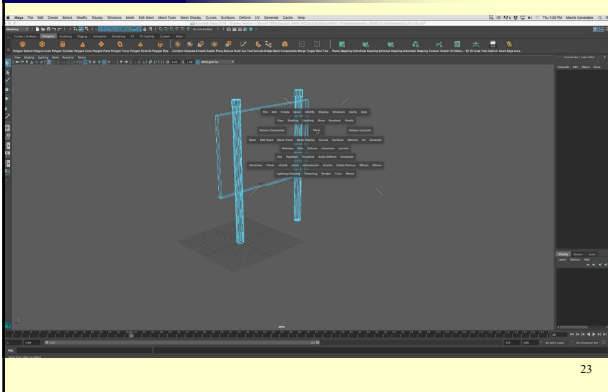
Az elérési idő csökkentése



3. A távolabbi menüsávok szélesítésével csökkent azok elérési ideje, de - a Fitt törvénynek megfelelően - ez mindössze mintegy 80 ms nyereség ($1800 \text{ ms} \Rightarrow 1720 \text{ ms}$).
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% ($1800 \text{ ms} \Rightarrow 1450 \text{ ms}$).

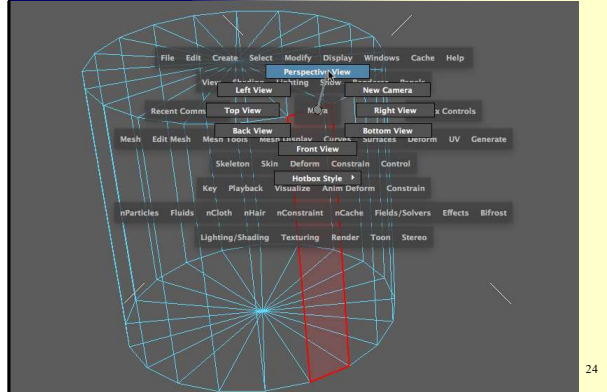
22

Maya hotbox – kontextusfüggő menü körbe-körbe (Space)



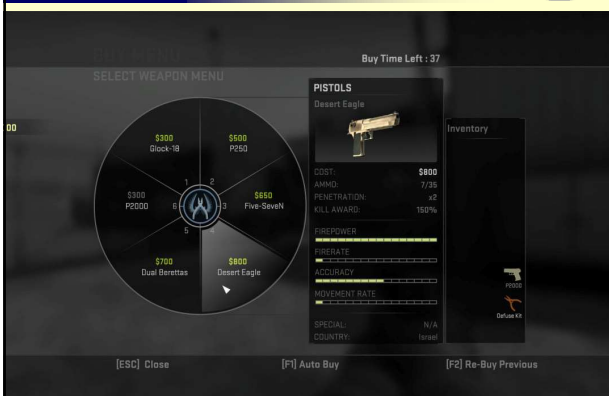
23

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

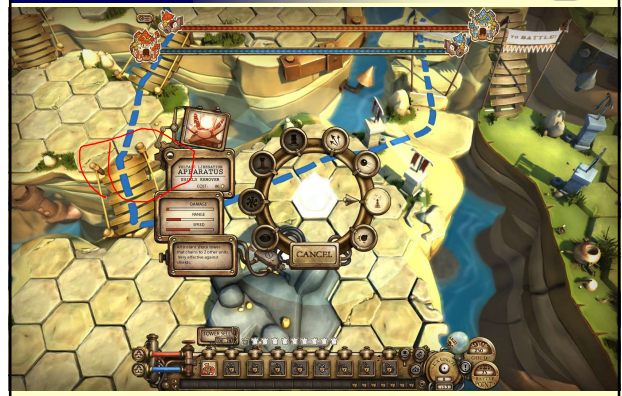


24

Radial menu – Counter-Strike



Radial menu – Tower Wars



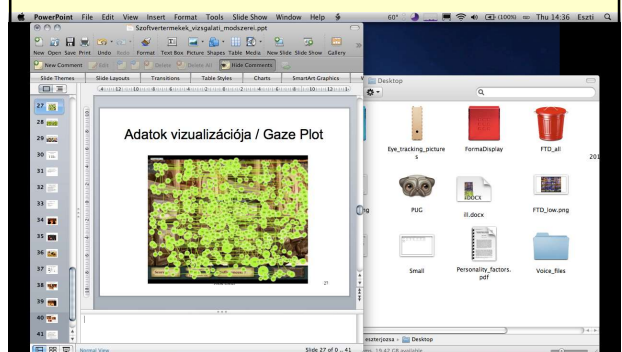
Példák a képernyő szélére optimalizálásra



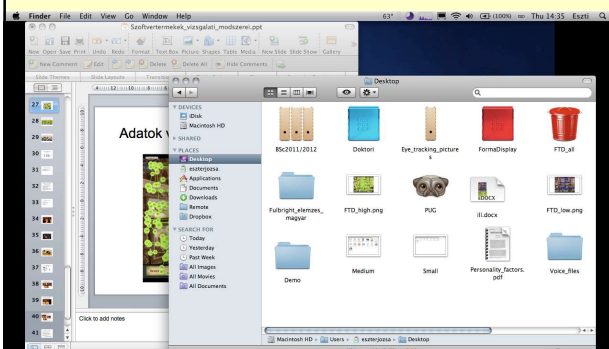
- Apple iOS menük vs. Windows ablakok főmenüi

27

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

30

Menü design és Fitt törvénye



A látás érzékszervi csatornája

A látás érzékszervi csatornája

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

33

Receptorok, szemmozgások, a receptorok fotokémiai kifáradása

Szemmozgások

•Szökellő (szakkadikus)

gyors szemmozgás:

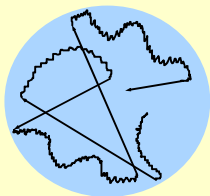
szerpe a fixáció átvitele egyik helyről a másikra (másodpercenként kb. 4)

•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

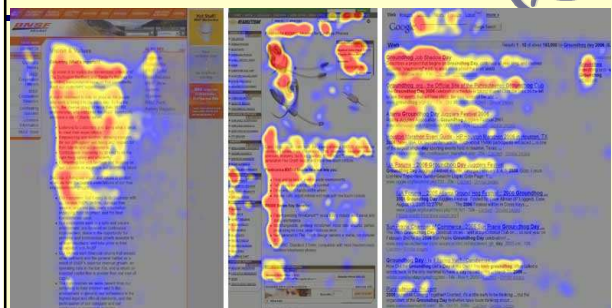
•Tremor:

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



35

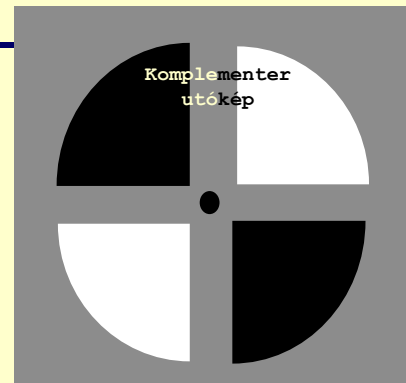
Nielsen féle F



„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



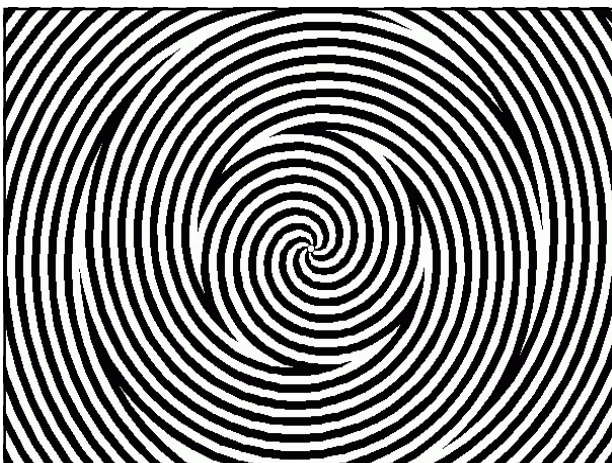
Magyarázat: a retina ingerelt területeinek fotokémiai "kifáradása" és az inger megszűnte után az ellenszín-folyamatok előtérbe kerülése.

38

Mozgásérzékelés

Demonstráció

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



Mozgásérzékelés és játékok

Emlékeztetőül

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

Klasszikus felhasználás

- Reklámok
- Akciójáték találat-figyelmeztetés
- Történetmesélés, figyelem irányítás

42

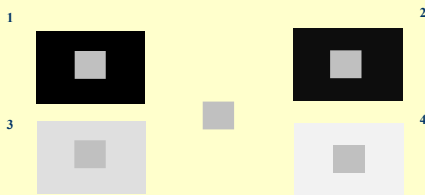
Találat és HP figyelmeztetés



43

Kontrasztérzékelés

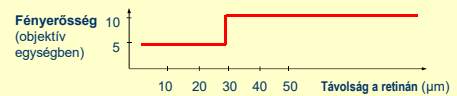
Szimultán kontraszt



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

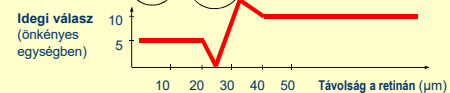
A laterális gátlás mechanizmusa ROGOWITZ nyomán



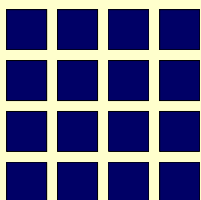
ON: +

OFF: -

Az ON területre jutó egységnyi energiájú fény nagyobb idegi választ vált ki.
Példánkban háromszor erősebb az ON mező hatása



46

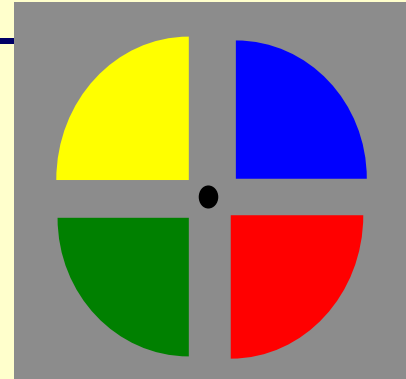


Széli kontraszt hatás (on-off sejtek)

47

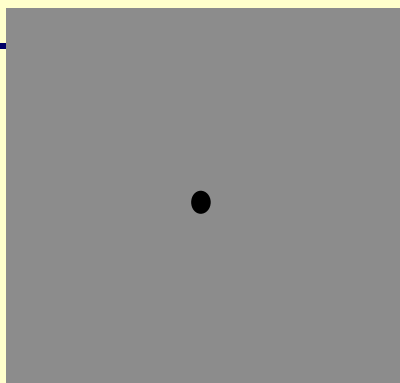
Színlátás

Demonstráció



Nézzé mereven 1 percig a fekete pontot!

50



Komplementer utókép kromatikus ingerek esetén...
(ellenszínek...)

51

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

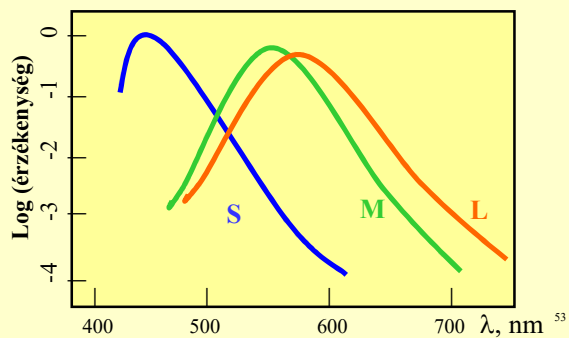
Ez az olvashatóság
tesztelésére szolgáló szöveg

Ez az olvashatóság
tesztelésére szolgáló szöveg

- **Magyarázat:** az ellenszíneket (vöröset és zöldet, illetve sárgát és kékét) 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.

52

A háromféle csap spektrális érzékenységi görbéi



53

A színérzékelés egyszerűsített modellje

Rövid hullámhosszú
fényre érzékeny receptor

Közepes hullámhosszú
fényre érzékeny receptor

Hosszú hullámhosszú
fényre érzékeny receptor

(KÉK)

(ZÖLD)

(VÖRÖSES-
SÁRGA)

serkentő

serkentő

gátló

gátló

KÉK

SÁRGA

ZÖLD

VÖRÖS

+

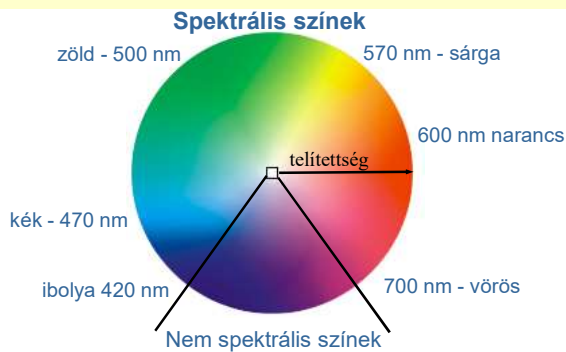
-

+

-

54

Színkör



55

A színlátás



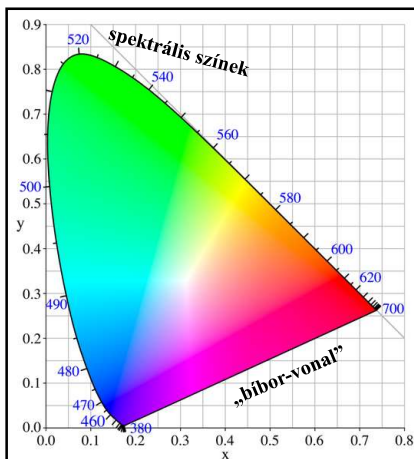
A színészlelés dimenziói

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?)

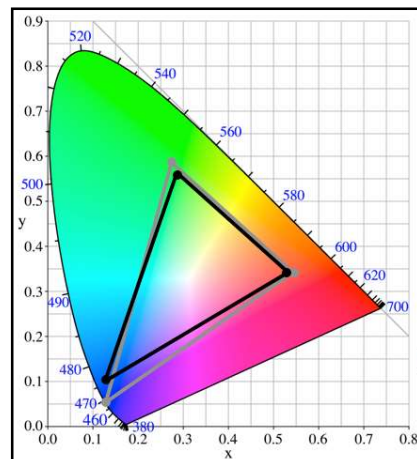
56



A CIE (x,y) színdiagramja

Commission
Internationale
de l'Éclairage

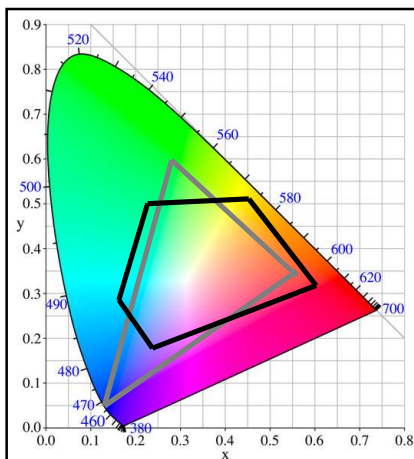
57



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

New iPad: —
iPad 2: —

58



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

59

A választható színek száma



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

60

Határozottan megkülönböztethető színek



Tizenegy javasolt szín, amelyek a képernyőn biztonsággal 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

61

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 lényegtelenétől (a felesleges kontraszt elkerülése)
- eltérő szín - eltérő funkció

62

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

63