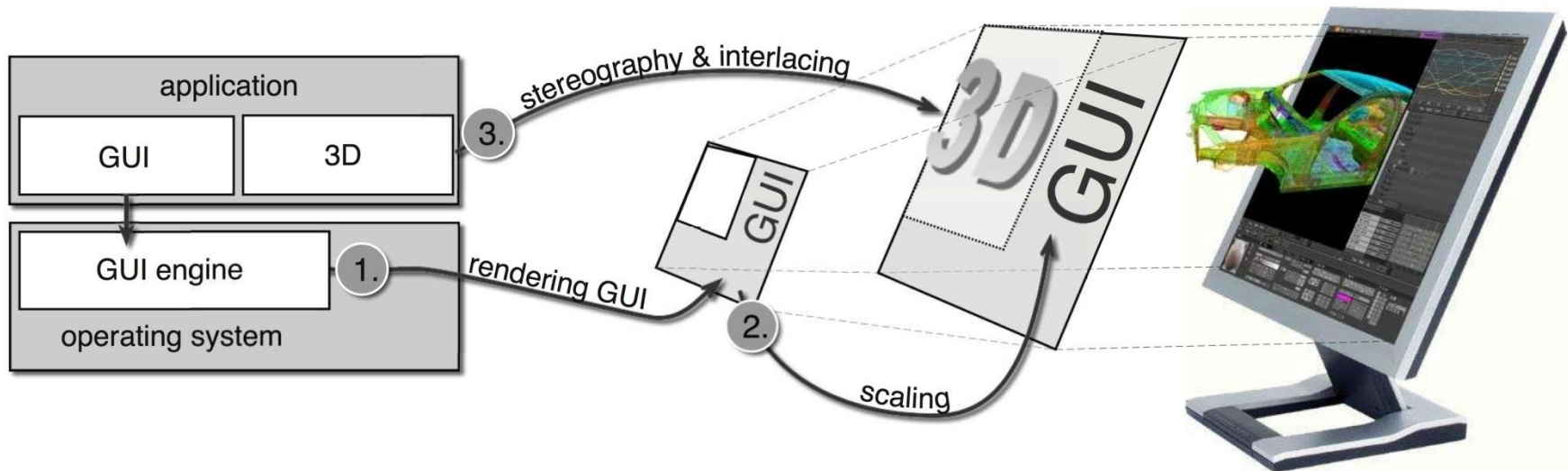


viscg.uni-muenster.de



www.cs.uni-paderborn.de

8. Koncepty interakce a interakční techniky



viscg.uni-muenster.de

Třídy interakčních technik

- **Navigace** – změna pozice kamery, škálování pohledu
- **Výběr** – identifikace objektu, sady objektů, oblasti zájmu, na které aplikujeme další operace
- **Filtrování** – redukce velikosti dat, která mapujeme na obrazovku
- **Rekonfigurace** – změna způsobu mapování dat na grafické entity nebo atributy
- **Kódování** – změna grafických atributů (velikost bodů, ...)
- **Spojování** – nástroje pro spojování různých pohledů, objektů
- **Abstrahování/konkretizace** – změna LOD
- **Hybridní techniky** – kombinace uvedených

Operátory navigace

- Navigace využívána pro vyhledání podmnožiny vstupních dat, která mají být prozkoumána, vyhledání orientace pohledu na data a LOD
- Ve 3D je navigace určena pozicí kamery, směrem pohledu, tvarem a velikostí objemu pohledu a stupněm LOD
- Navigace může být automatická nebo řízená uživatelem

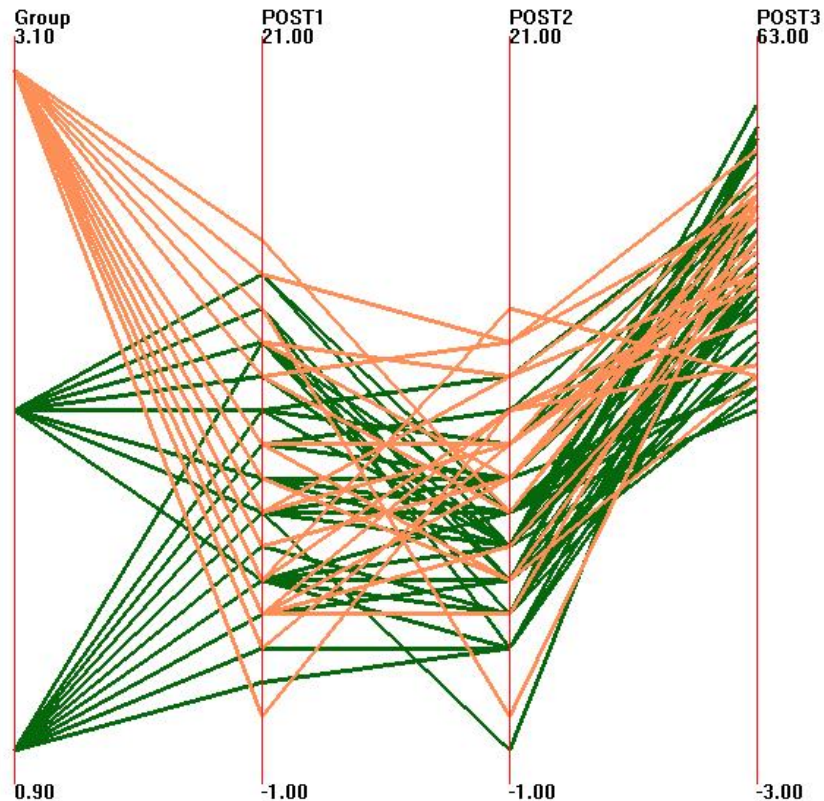
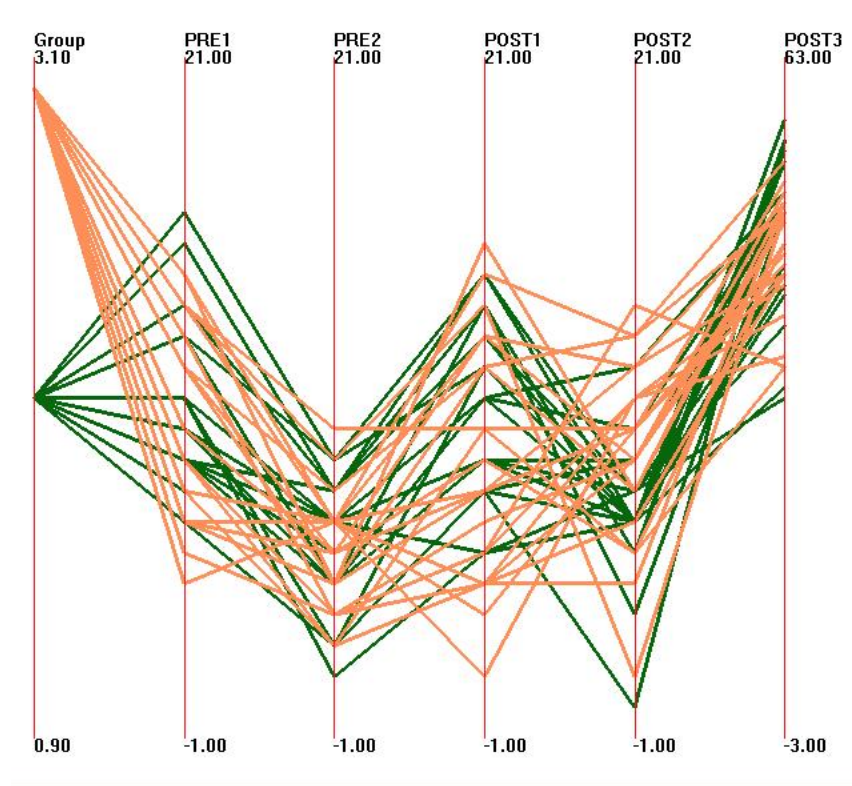
Operátory výběru

- Izolace podmnožiny komponent pro zobrazení, které podléhají dalším operacím – zvýraznění, mazání, maskování, ...
- Nutné vědět, jaký výsledek očekáváme (např. nahrazení stávající selekce vs. přidání do ní)
- Granularita výběru – jak velkou oblast vybíráme
- Výběr přímý (uživatel) nebo nepřímý (vyhovující sadě omezení)

Operátory filtrace

- Redukce počtu dat, která mají být zobrazena – nastavením omezení
- Určení rozsahu zájmu – několik metod:
 - Manipulace pomocí sliderů, okamžitý update vizualizace
 - Vybírání položek, které chceme zachovat/schovat
 - např. schovávání sloupců v Excelu

Operátory filtrace



Operátory filtrace

- Rozdíl mezi filtrací a výběrem následovaným mazáním nebo maskováním:
 - Filtrování je prováděno **nepřímo** – často před samotným zobrazením dat, v odděleném dialogovém okně (ne nad samotnými zobrazenými daty)
 - Výběr je prováděn **přímo** – objekty označujeme přímo ve vizualizačním okně (např. klikáním myší do scény)

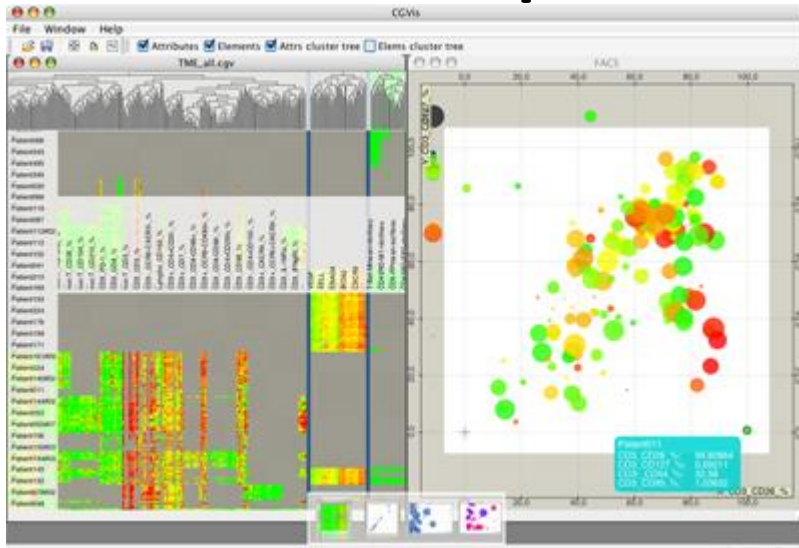
Operátory rekonfigurace

- Odhalení vlastností, vypořádání se se složitostí či měřítkem dat
- Poskytnutí různých pohledů na data
- Populární metody
 - PCA (principal component analysis)
 - MDS (multidimensional scaling)
 - Snaha o zachování vztahů mezi daty ve všech dimenzích při jejich projekci do nižší dimenze

Operátory kódování

- Vlastnosti dat, které nejsou viditelné v jednom způsobu vizualizace, mohou být zřejmé při použití jiného typu vizualizace
- Dnešní vizualizace podporují zároveň několik typů vizualizací
- Mapování, různé pohledy na data, modifikace použité barevné mapy, velikosti grafických entit, jejich tvaru, průhlednost, texturování, styl čáry a výplně, dynamické atributy – úbytek intenzity, míra přeblikávání, ...
- Použitím různých variací můžeme překonat řadu omezení použité techniky (např. při překrývání bodů v bodových diagramech)

Operátory kódování

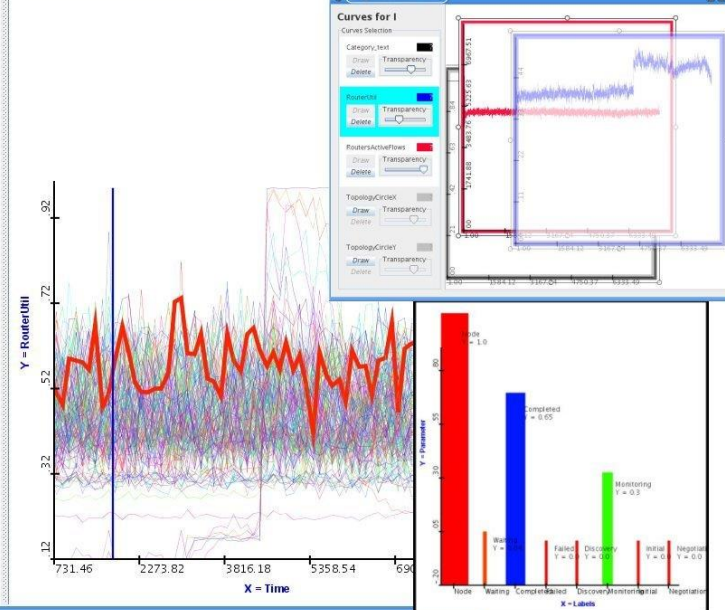
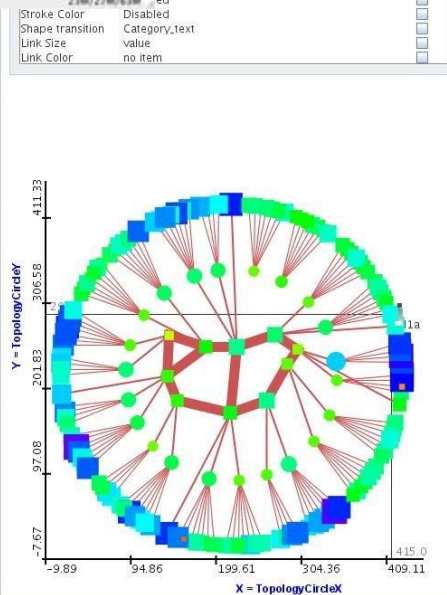


Item	Value	Min	Max	Display
ogyCircleX	415	9	428	<input type="checkbox"/>
ogyCircleY	293	9	428	<input type="checkbox"/>
Util	0.486	0.022	1	<input type="checkbox"/>
Util	0.486	0.022	1	<input type="checkbox"/>



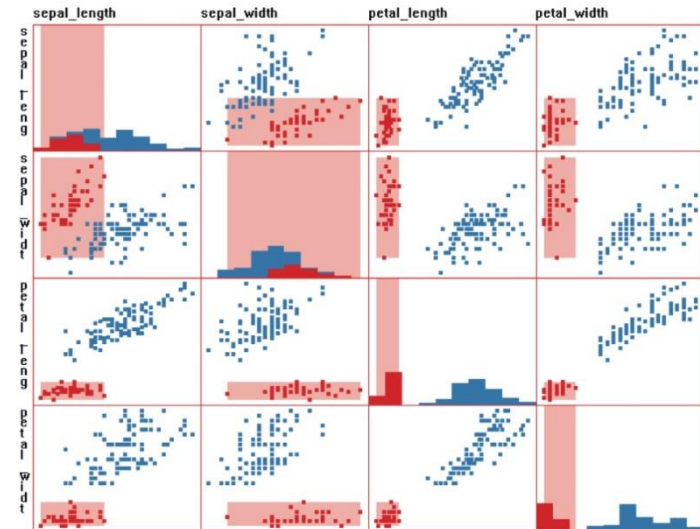
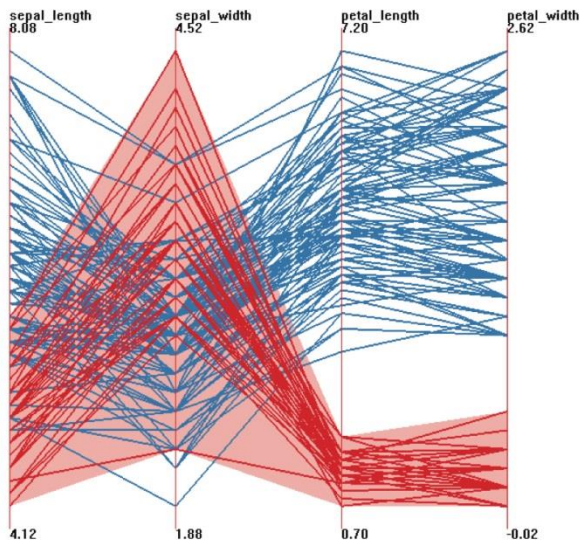
DefinedTime	Labels	Parameter
1.0	3.0	0.0
2.0	3.0	0.0
3.0	3.0	0.0
4.0	3.0	0.0
5.0	3.0	0.0
6.0	3.0	0.0
7.0	3.0	0.0
8.0	3.0	0.0
9.0	3.0	0.0
10.0	3.0	0.0
11.0	3.0	0.0
12.0	3.0	0.0
13.0	3.0	0.0

code.google.com



Operátory spojování

- Spojení vybraných dat v jednom pohledu s odpovídajícími daty v pohledech dalších
- Řada způsobů, populární je tzv. *linked selection* – každý z pohledů na data může odhalit zajímavé vlastnosti



Operátory spojování

- Interaktivní změna výběru dat – *brushing* – při změně výběru v jednom pohledu se zvýrazní odpovídající spojená data v ostatních pohledech
- Další silnou stránkou je specifikace komplexních omezení pro daný výběr
- Možnost odpojení (*unlink*) některých vizualizací. Možnost určení pro každé okno, zda se má informace přenášet do dalších oken nebo ze kterých oken přijímá vstup
- Lokální typy interakce (zoom) vs. sdílené mezi všemi okny (přeskládání dimenzí)

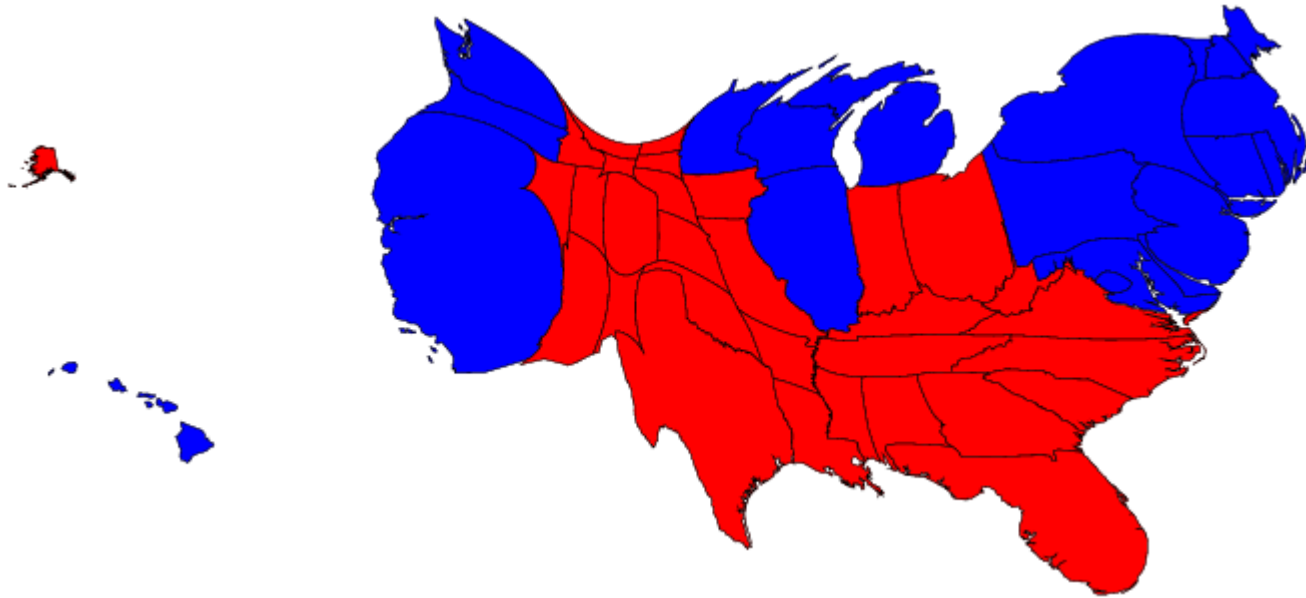
Operátory abstrahování/konkretizace

- Zobrazení velkého množství dat – vhodné se soustředit pouze na určitou podmnožinu dat, kde zobrazíme detaily (konkretizace) a na ostatních částech redukuje stupeň detailu (LOD)
- **Distorzní operátory** (funkce) – transformace, která může být aplikována na jakýkoliv typ vizualizace
- Distorze je součástí původní vizualizace nebo je zobrazena v samostatném okně

Operátory distorze

- Lineární, nelineární; se spojitostí nultého, prvního nebo druhého řádu (i nespojitě)
- Mohou být aplikovány na struktury namísto spojitých prostorů – specifické pro daný typ operandu (viz dále)
- Operátory mají různé „otisky“ – tvar (obdélníkové, kruhové otisky) nebo rozsah prostoru ovlivněný transformací (definován vzdálenostní funkcí)

Distorze



<http://www.humantransit.org/marketing/>

Interakční operandy a prostory

- **Interakční operand** je část prostoru, na kterou je aplikován interakční operátor
- Abychom mohli určit výsledek interaktivní operace, musíme vědět, uvnitř jakého prostoru bude interakce prováděna
- Uvedeme několik odlišných tříd interakčních prostorů – součástí jejich popisu je uvedení příkladů existujících interakčních technik spadajících do jednotlivých tříd

Interakční operandy a prostory

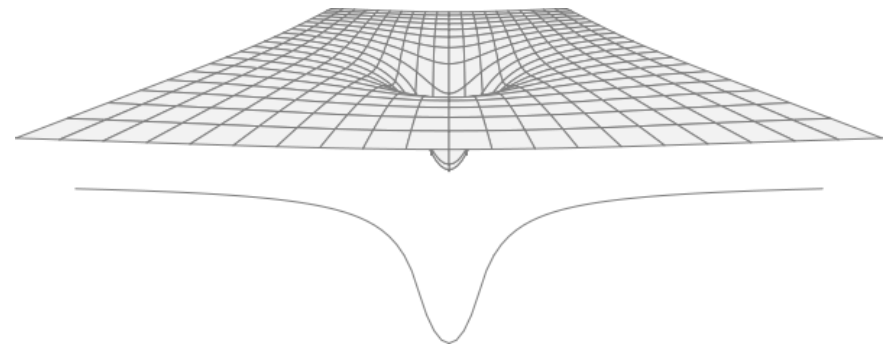
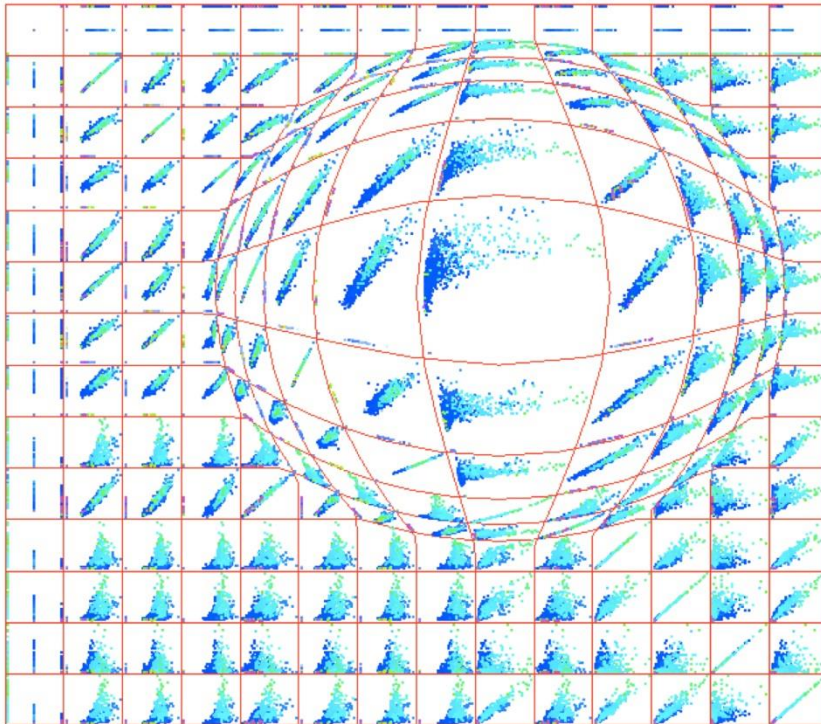
- Prostor obrazovky (Pixely)
- Prostor datových hodnot (Multivariate datové hodnoty)
- Prostor datových struktur (Components of Data Organization)
- Prostor atributů (Components of Graphical Entities)
- Prostor objektů (3D Surfaces)

Prostor obrazovky (Pixely)

- Selekcce na úrovni pixelů = každý pixel je klasifikován jako vybraný nebo nevybraný
- Výběr můžeme provádět nad jednotlivými pixely, obdélníkovými či kruhovými oblastmi pixelů nebo nad oblastmi o libovolném, uživatelem definovaném, tvaru
- Distorze = transformace na pixelech: $(x', y') = f(x, y)$

Prostor obrazovky (Pixely)

- Zvětšení (magnifikace) $m(\mathbf{x}, \mathbf{y})$ v daném bodě je derivací této transformace
- Rybí oko, rubber sheet, ...



Rybí oko

- Musíme specifikovat:
 - středový bod transformace - (c_x, c_y)
 - poloměr lupy – r_l
 - velikost vychýlení (deflexe) – d

kde

$$r_{new} = s \log(1 + d(r_{old}))$$

$$s = \frac{r_l}{\log(1 + d * r_l)}$$

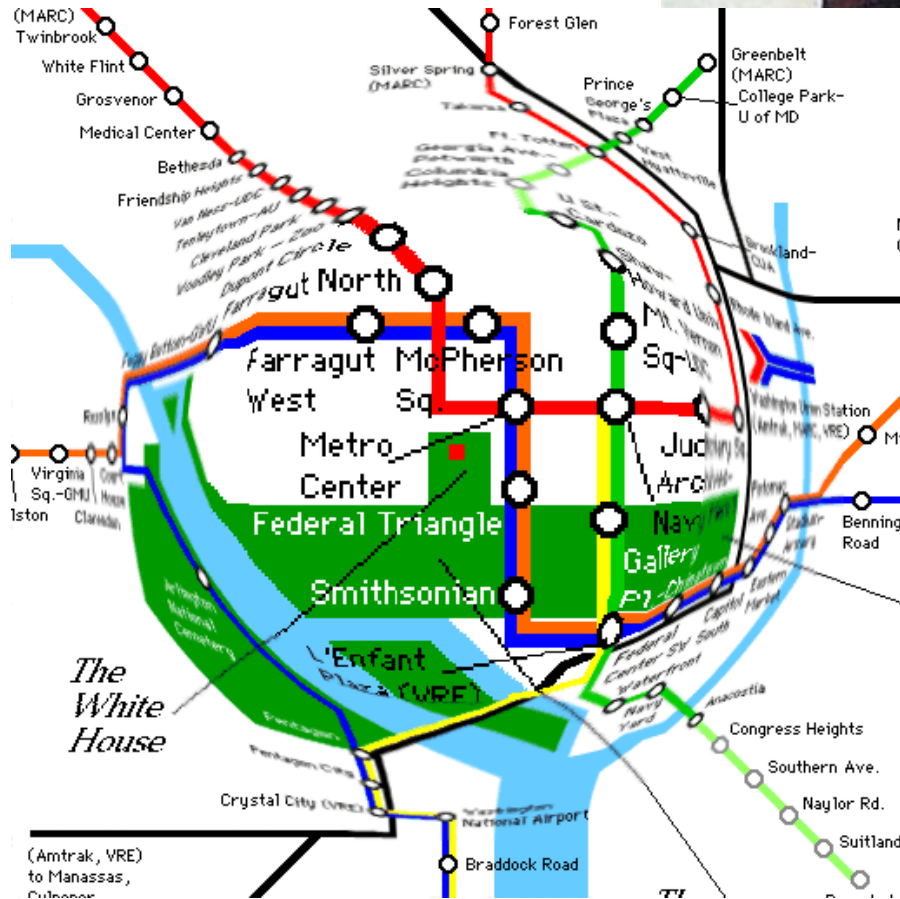
Rybí oko - pseudokód

1. Vyčistíme výstupní obrázek.
2. Pro každý pixel vstupního obrázku:
 - a) Spočteme odpovídající polární souřadnice.
 - b) Pokud je poloměr menší než je poloměr lupy:
 - i. Spočteme nový poloměr r_{new} .
 - ii. Získáme barvu tohoto místa z původního obrázku.
 - iii. Nastavíme tuto barvu jako barvu pixelu ve výstupním obrázku.
 - c) Jinak nastavíme výsledný pixel obrázku na stejnou hodnotu, jakou má v původním obrázku.

Prostor obrazovky

- Při distorzi vzniká překryv pixelů a naopak díry
 - Překrývání se řeší průměrováním
 - Díry je nutné řešit interpolací
- Zvolená interpolace závisí a typu použité lupy
 - Například při vizualizaci textu je požadavek na nedeformovanou středovou část lupy (pro lepší čitelnost) – toho dosáhneme použitím po částech lineární funkce

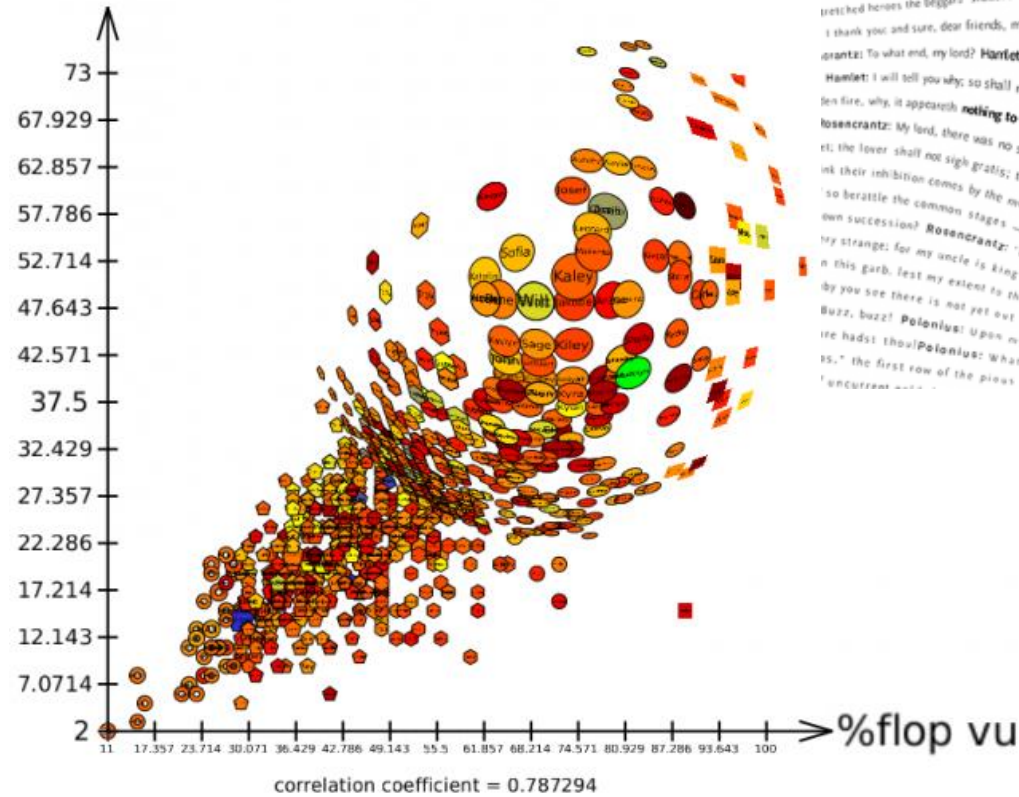
Rybí oko



kizziecat.blogspot.com

Rybí oko

%show vu

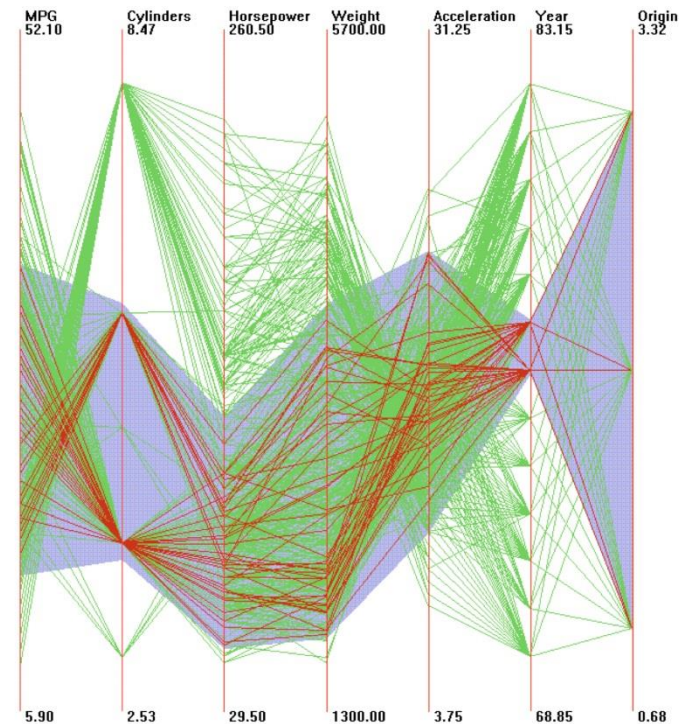


Fell into a sadness...
 I circumstances lead me, I will try...
 ed a farm and carters. Claudio: We will try to...
 sit; so be honest, as this world goes, it is to be seen who sits...
 kid I was a fishmonger: 'a is far gone; and truly in my youth I suffered much extremity for love; very near this, I'll speak to him again. What do you read, my lord? I'll
 plum-tree gun and that they have a plentiful lack of wit, together with most weak hams; all which, sir, though I most powerfully and potently believe, yet I hold it no
 his replies are! a happiness that often madness hits on, which reason and sanity could not so prosperously be delivered of. I will leave him, and suddenly contrive
 You go to seek the lord Hamlet, there he is. Rosencrantz: God save you, sir! Guildenstern: My honoured lord! Rosencrantz: My most dear lord! Hamlet: My exte
 rther, my lord. Hamlet: Then you live about her waist, or in the middle of her favours? Guildenstern: Faith, her privates we. Hamlet: In the secret parts of fortun
 er? Guildenstern: Hison, my lord! Hamlet: Denmark's a prison. Rosencrantz: O God, I could be bounded in a nutshell and count myself a king of infinite space, were it not that I have bad dreams. Guildenstern: Which dreams, ind
 Hamlet: O God, I could be bounded in a nutshell and count myself a king of infinite space, were it not that I have bad dreams. Guildenstern: Which dreams, ind
 I thank you and sure, dear friends, my thanks are too dear a halfpenny. Were you not sent for? Is it your own inclining? Is it a free visitation? Come, come deal
 rant: To what end, my lord? Hamlet: That you must teach me. But let me conjure you, by the rights of our fellowship, by the conspiracy of five thousand souls, by the
 Hamlet: I will tell you why; so shall my anticlinal prevent your discovery, and your secrecy to the king and queen mould no feather. I have of late — but where
 Rosencrantz: My lord, there was no such stuff in my thoughts. Hamlet: Why did ye laugh then, when I said man delights not me? Rosencrantz: To think, my lord,
 nt, the lover shall not sigh gratis; the humorous man shall end his part in peace; the clown shall make those laugh whose lungs are tickle'd with the sere; and the la
 ink their inhibition comes by the means of the late innovation. Hamlet: Do they hold the same estimation they did when I was in the city? are they so followed? Re
 'so berattle the common stages — so they call them that many wearing rapiers are afraid of goose-quills and dare scarce come thither. Hamlet: What are they? I
 own succession? Rosencrantz: Faith, there has been much to do on both sides; and the nation holds it no sin to tarre them so; controversy, there was, for a while
 my strange; for my uncle is king of Denmark, and those that would make mouths at him while my father lived, give twenty, forty, fifty, an hundred ducats a-piece fi
 n this garb, lest my extent is king of Denmark, and those that would make mouths at him while my father lived, give twenty, forty, fifty, an hundred ducats a-piece fi
 Buzz, buzz! Polonius: Upon my honour, Hamlet, I tell you, must show faults outward, should more appear like entertainment than years. You are welcome; but my
 ire hadst thou! Polonius: Upon my honour, Hamlet, I tell you, must show faults outward, should more appear like entertainment than years. You are welcome; but my
 PS." the first row of the pious ch. 10,200 results
 10,000 results
 5,000 results
 412,000 results

flowingdata.com

Prostor datových hodnot (Multivariate datové hodnoty)

- Mechanismus specifikace pohledu
- Změna zobrazovaných datových hodnot - podobné databázovým dotazům
- Např. brushing řízený daty:



Prostor datových hodnot (Multivariate datové hodnoty)

- Nejintuitivnější prostor pro aplikaci filtrace – redukce dat a/nebo dimenzí

- Distorze prostoru pomocí transformace:

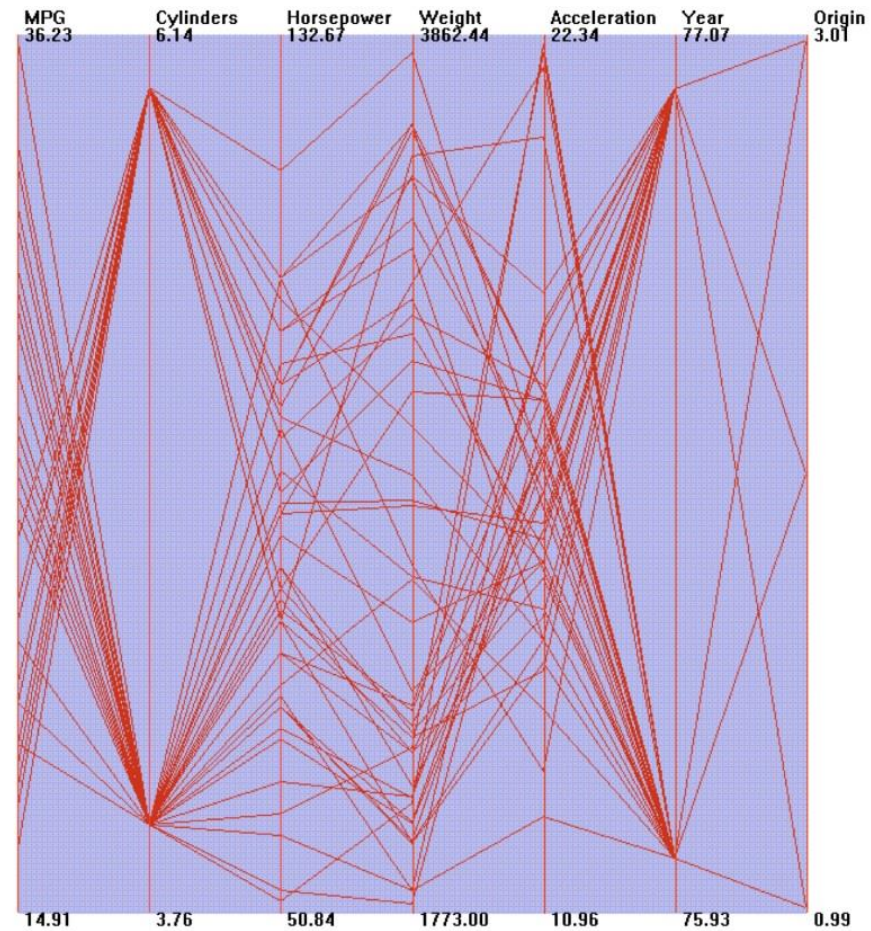
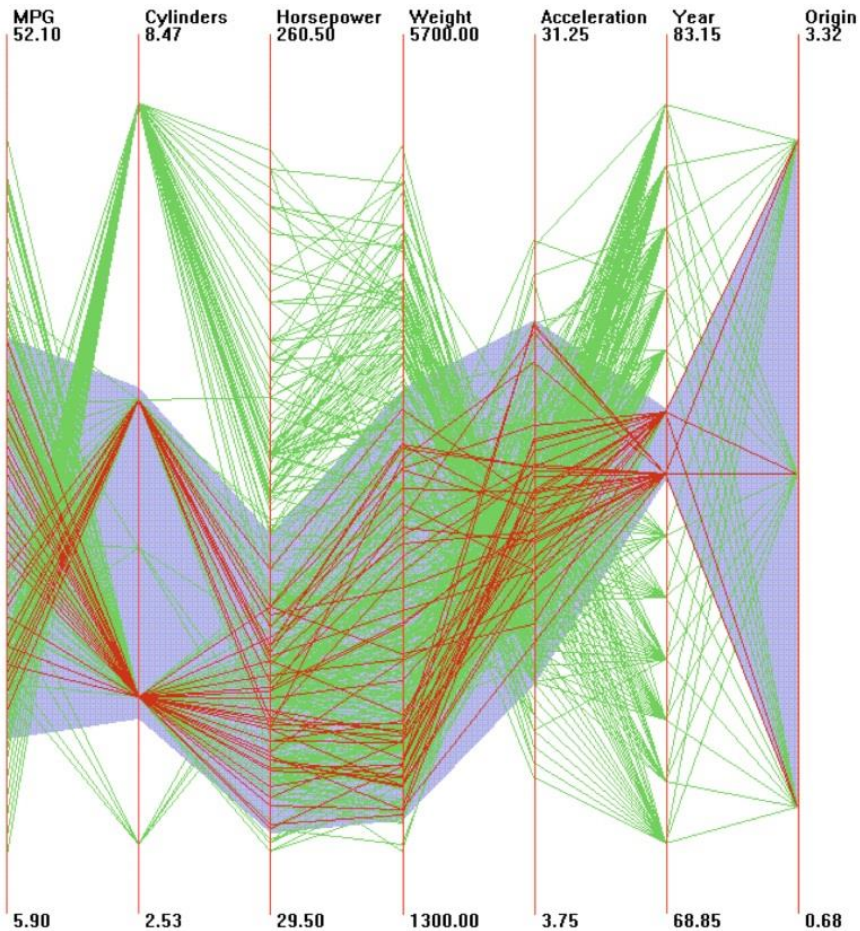
$$(d'_0, d'_1, \dots, d'_n) = j(d_0, d_1, \dots, d_n)$$

- Ve skutečnosti může každá dimenze podléhat své vlastní transformační funkci:

$$j_i : d'_i = j_i(d_i)$$

- Nejobecnější případ: j_i závisí na libovolném počtu dimenzí

Prostor datových hodnot (Multivariate datové hodnoty)

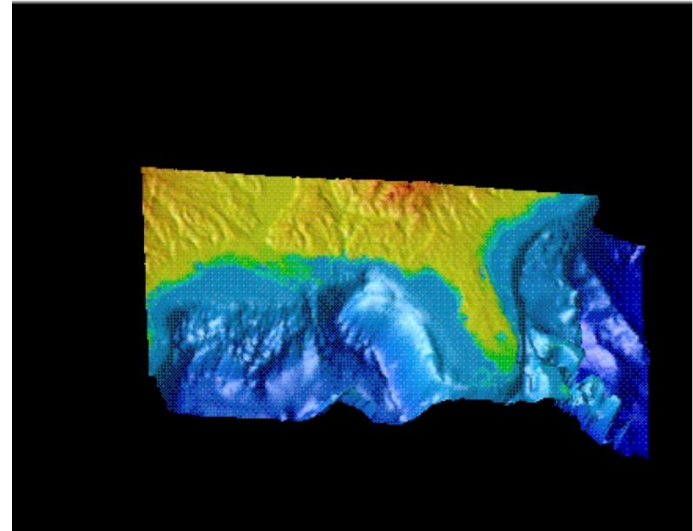
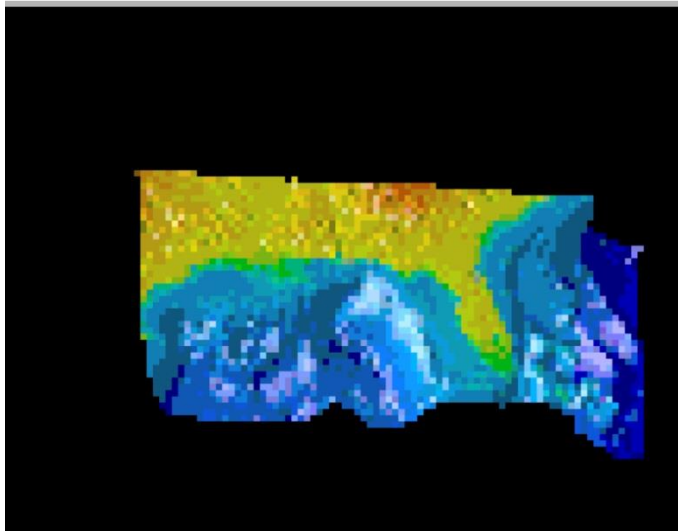


Prostor datových hodnot

- Uživatel musí být informován o tom, že data byla nějakým způsobem transformována
- Často nutná transformace rozsahu hodnot výsledných dat takovým způsobem, aby spadaly do rozsahu akceptovatelného grafickými entitami
- Špatné mapování = hodnoty jsou namapovány mimo obrazovku apod.

Prostor datových struktur (Components of Data Organization)

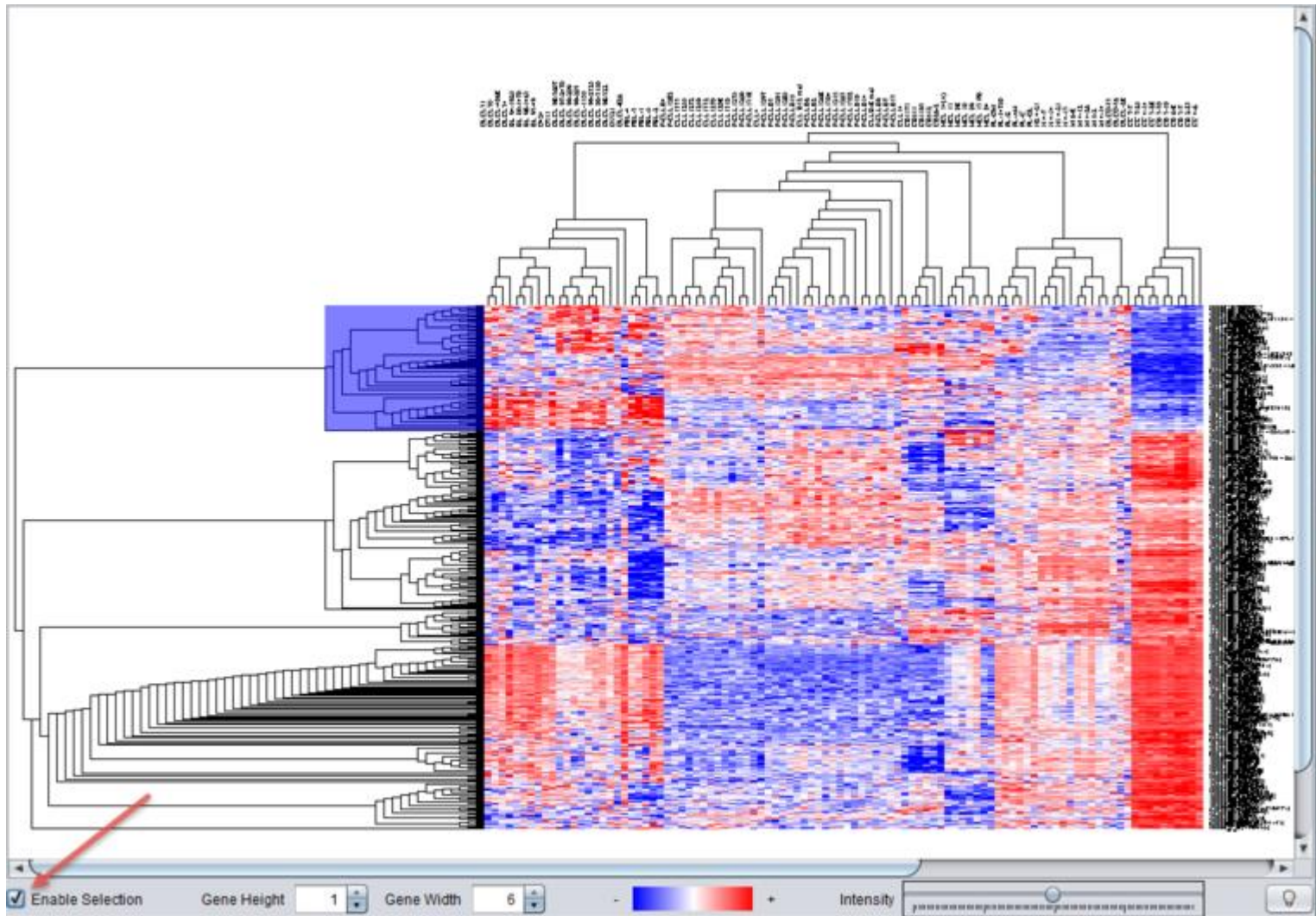
- Data jsou strukturována do seznamů, tabulek, gridů, hierarchií, grafů
- Pro každou ze struktur lze vytvořit speciální interakční mechanismus pro výběru části struktury
- Zoomování v prostoru obrazovky vs. datové struktury



Prostor datových struktur

- Pro redukci množství zobrazované informace se často používá **filtrace**:
 - Vizualizace v čase – definujeme rozsah na časové ose
 - Grafové vizualizace – filtrace uzlů a hran, které jsou dále než uživatelem definovaný počet „skoků“
 - Hierarchické vizualizace – filtrace založena na stupni hierarchie

Hierarchická filtrace – příklad



Prostor datových struktur

- Při implementaci interaktivních logických operací v prostoru datových struktur je nutné určit stupeň automatizace a zda budou interakce specifikovány přímo ve vizualizačním okně nebo v samostatném dialogovém okně
- Automatizované techniky:
 - důkladné, časově náročné techniky vs. rychlé, ale nepřesné techniky

Prostor datových struktur

- Vezměme v úvahu uspořádání dimenzí pro vizualizaci multivariate dat
- Existují plně manuální přístupy nebo naopak automatizované techniky pro přeskládání dimenzí
- **Manuální přístup** – manipulace s textovými vstupy v seznamu (posun nahoru a dolů, drag-and-drop), pro paralelní souřadnice a matice bodových grafů manipulace s osami

Prostor datových struktur

- **Automatický přístup** – musíme znát alespoň dvě základní rozhodnutí ovlivňující návrh:
 1. Jakým způsobem měřit kvalitu uspořádání
 2. Jakou strategii zvolit pro hledání těchto kvalitních uspořádání
- Můžeme použít různé metriky. Jedna z běžně používaných je součet korelačních koeficientů mezi každou dvojicí dimenzí

Měření kvality uspořádání

- **Korelační koeficient** mezi dvěma dimenzemi je definován jako:

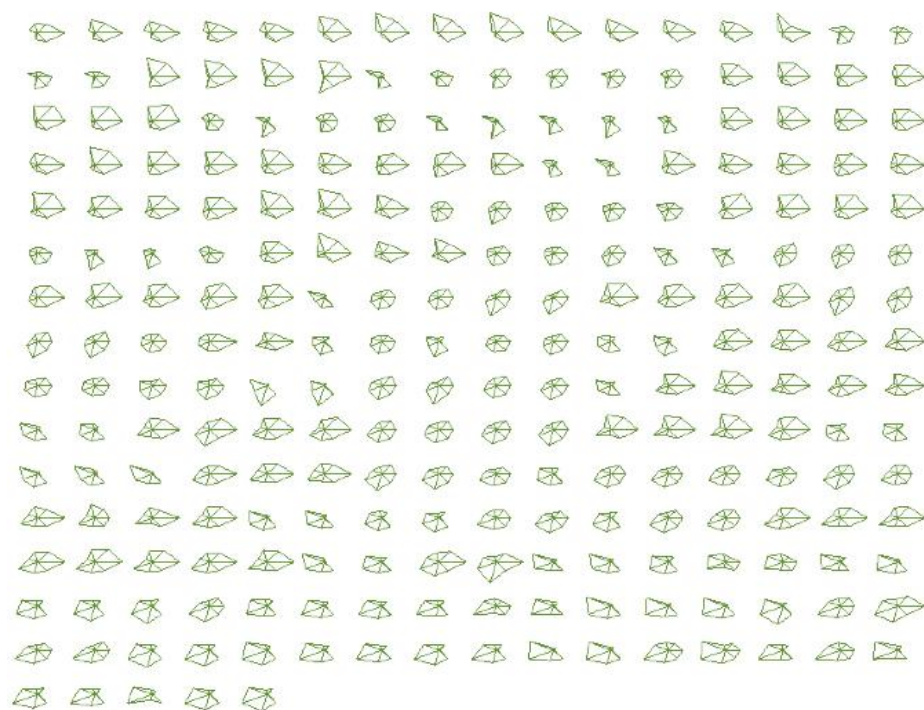
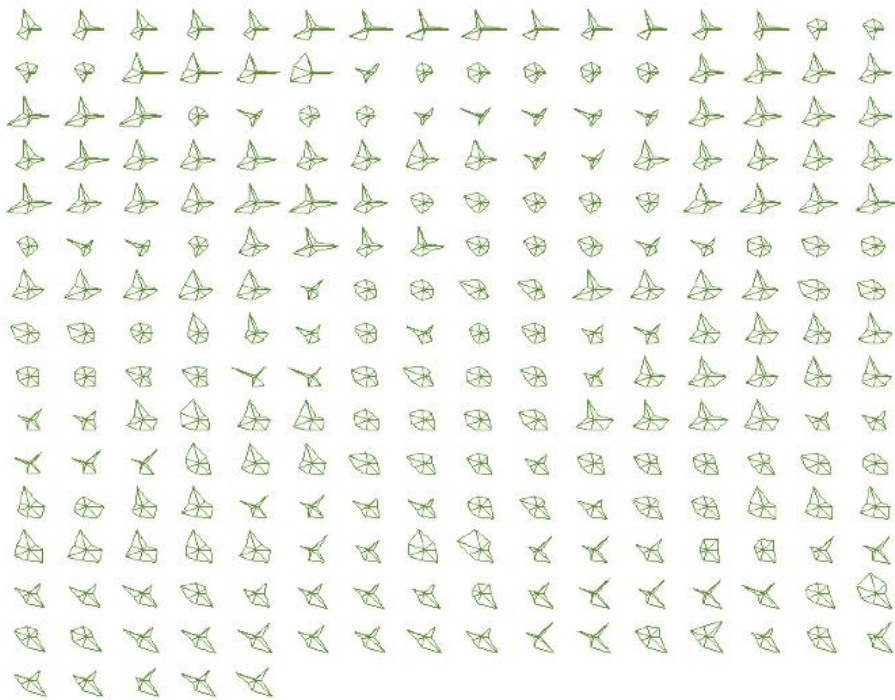
$$\rho_{X,Y} = \frac{\sum (x_i y_i - n \mu_X \mu_Y)}{(n-1) \sigma_X \sigma_Y}$$

kde n je počet datových bodů, X a Y jsou dvě dimenze, x_i a y_i jsou hodnoty pro i -tý datový bod, μ_X je střední hodnota v X a σ_X je standardní odchylka pro X

Měření kvality uspořádání

- Další přístup k měření kvality uspořádání – **jednoduchost interpretace**
 - Různá uspořádání dimenzí vedou k zobrazení s většími či menšími vizuálními shluky
 - Je snazší analyzovat jednoduché tvary glyfů než komplexní tvary
 - Jsme-li schopni změřit průměrnou nebo kumulativní složitost tvaru použitých glyfů (např. počítáním prohlubní či vrcholů), můžeme porovnávat vizuální složitost různých uspořádání

Měření kvality uspořádání



Původní uspořádání vs. výsledky po přeskládání dimenzí – cílem je redukce konkávních oblastí a zvýšení procentuálního podílu symetrických tvarů

Nalezení vyhledávací strategie

- Dalším úkolem je nalezení efektivní vyhledávací strategie pro nalezení kvalitních uspořádání
- Vyhodnocení všech možných uspořádání dimenzí – $N!$ možností
- Využití technik optimalizace
- Velmi podobné problému obchodního cestujícího – použijeme algoritmy pro tento problém

Nalezení vyhledávací strategie

- Jednoduchý algoritmus:
 1. Vybereme dvě libovolné různé dimenze
 2. Prohodíme jejich pozice a spočteme kvalitu uspořádání
 3. Pokud je kvalita nižší než kvalita původního uspořádání, zrušíme prohození
 4. Opakujeme kroky 1-3 fixně definovaným počtem iterací nebo dokud určitý počet provedených testů nevykazuje žádné zlepšení kvality

Nalezení vyhledávací strategie

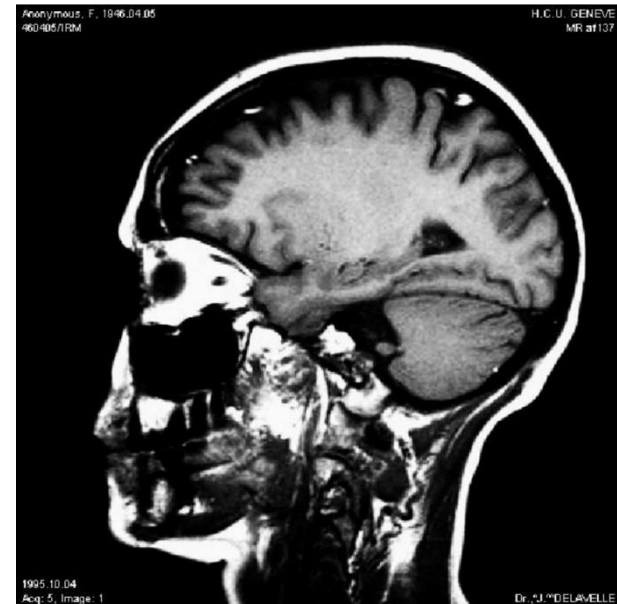
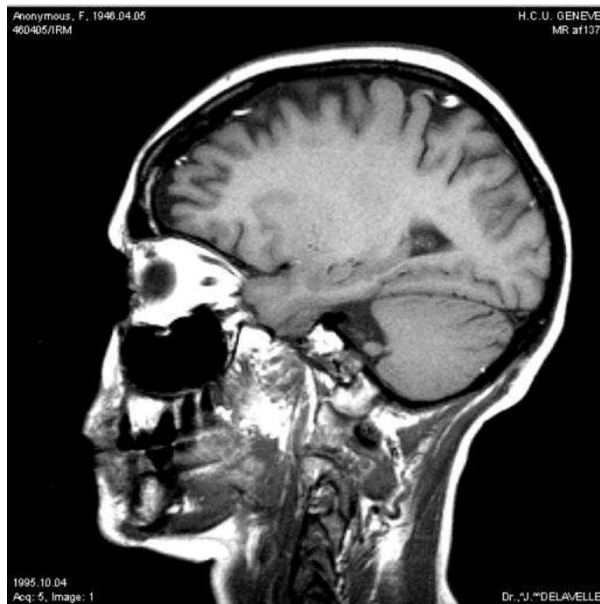
- Heuristické přístupy nejsou optimální, ale ve většině případů vedou k nalezení přijatelného řešení
- Možnost kombinace s manuálním přístupem – uživatel na základě svých znalostí o vstupních datech ručně zadá některá uspořádání a zbytek dopočítá systém automaticky

Prostor atributů (Components of Graphical Entities)

- Navigace je velmi podobná jako v prostoru datových hodnot – panning zahrnuje posun rozsahu hodnot zájmu, zoomování dosáhneme buď škálováním atributů nebo zvětšením rozsahu hodnot zájmu
- Filtrace na základě atributů
- V prostoru atributů často dochází k přemapování – pomocí výběrů různých rozsahů atributu nebo výběrem různých atributů pro danou vstupní množinu

Prostor atributů

- Nejpoužívanější interakce – atributy barvy a průhlednosti
- Příkladem je změna kontrastu a jasu za účelem zvýraznění určitých vlastností:

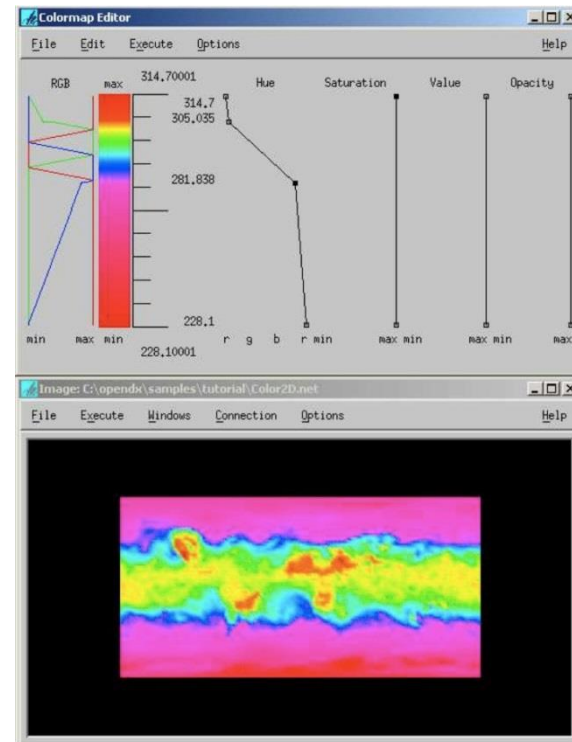
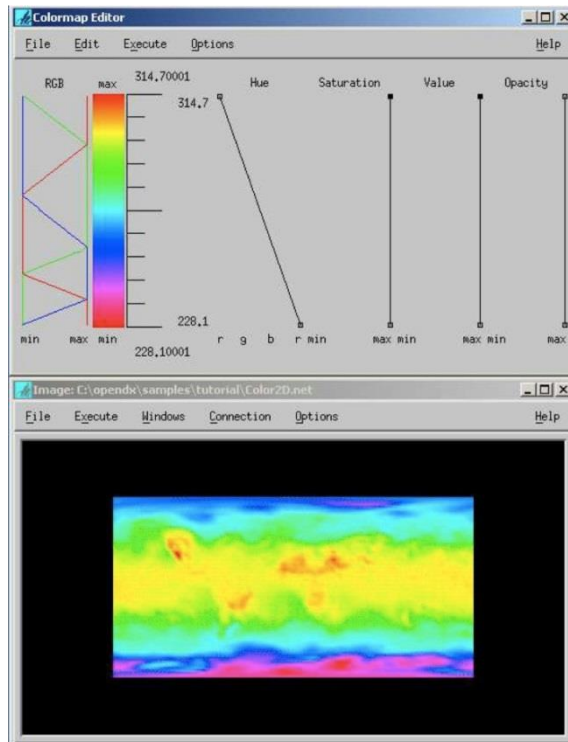


Prostor atributů

- Interaktivní nástroje pro specifikování a modifikaci přenosové funkce se nejčastěji používají při renderování objemu a to pro kontrolu barvy a průhlednosti (https://www.youtube.com/watch?v=UHOUFJmj_fM (23:01))
- Nejjednodušší forma – hodnoty dat na horizontální ose + průhlednost nebo barevná komponenta

Prostor atributů - příklad

- Necht' A je atribut dané grafické entity. Distorzní transformaci můžeme provést aplikováním funkce $k:a' = k(a)$.



Prostor atributů

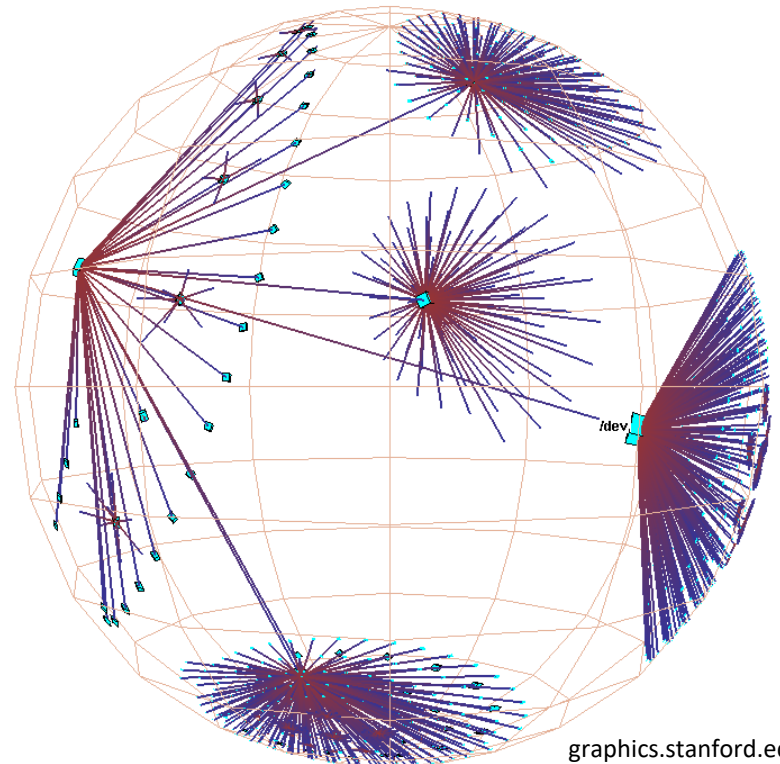
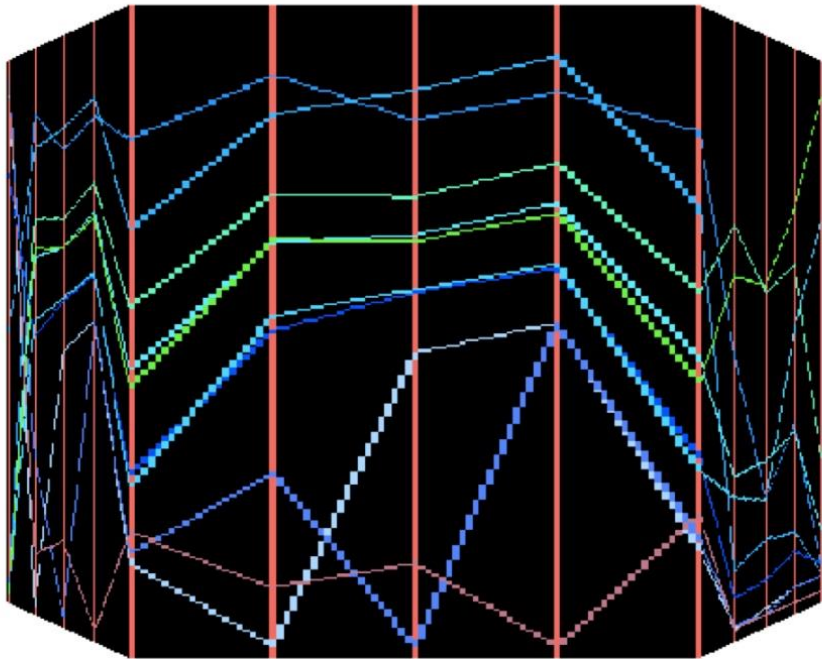
- Odvozování barvy či průhlednosti striktně pouze z datových hodnot může vést k vizuálním artefaktům způsobeným šumem nebo variabilitou uvnitř dat
- Možným řešením je využití i jiných charakteristik dat, než jen jejich hodnot (první, druhá derivace, ...)

Prostor objektů (3D Surfaces)

- Data jsou mapována na geometrické objekty a ty následně podléhají interakcím a transformacím
- Navigace – pohyb kolem objektů a pozorování povrchů (globální pohled i detailní pohledy)
- Výběr – klikání na objekty zájmu nebo zvolení cílových objektů ze seznamu
- Přemapování – změna objektu, na který data mapujeme

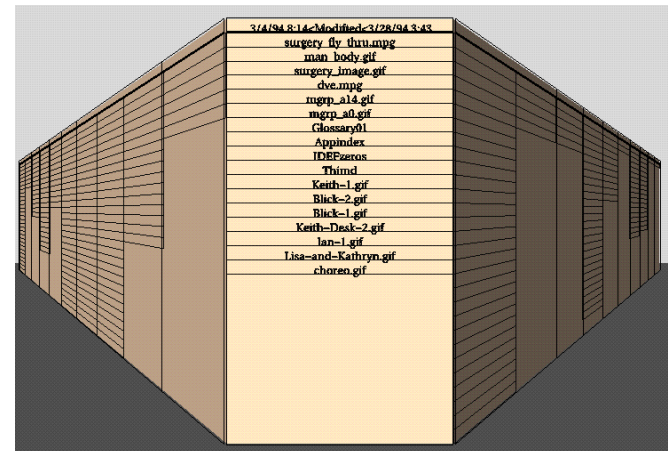
Prostor objektů

- Příklady distorze – perspektivní stěny a hyperbolické projekce – varianty metody založené na prostoru obrazovky



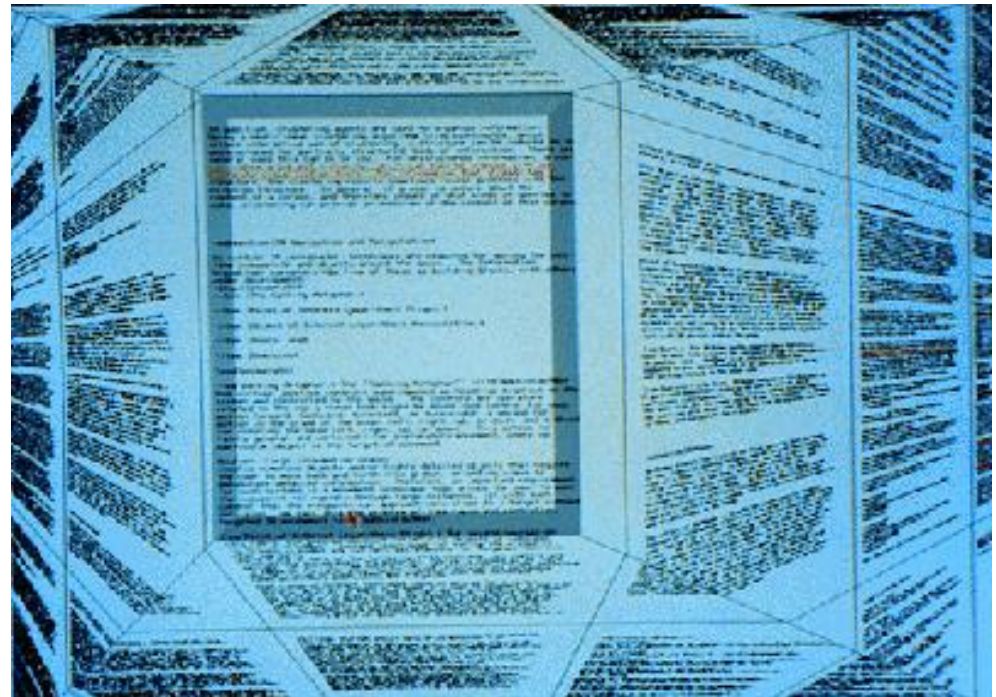
Prostor objektů

- Jedna z metod pro navigaci ve vizualizaci velkého počtu dokumentů a dat jsou tzv. **perspektivní stěny** (perspective walls)
- Zobrazují jeden panel umístěný ortogonálně ke směru pohledu a ostatní panely mizí se vzdáleností od předního panelu – pomocí perspektivní deformace



Perspektivní stěna

- Zjednodušená verze – přední stěna podléhá horizontálnímu škálování části mapovaného 2D obrázku, sousední segmenty jsou podrobeny horizontálnímu a vertikálnímu škálování úměrnému vzdálenosti ke hraně přední stěny
+ na segmenty je aplikováno zkosení



Perspektivní stěna

- Pokud je levá, střední a pravá sekce původního obrázku ohraničena pomocí $(x_0, x_{\text{left}}, x_{\text{right}}, x_1)$ a levý, střední a pravý panel výsledného obrázku jsou určeny pomocí $(X_0, X_{\text{left}}, X_{\text{right}}, X_1)$, pak transformace je definována:

– pro $x < x_{\text{left}}$:

$$x' = X_0 + (x - x_0) * \frac{(X_{\text{left}} - X_0)}{(x_{\text{left}} - x_0)}$$

$$y' = (X_{\text{left}} - x') + y \left(1 - \frac{(X_{\text{left}} - x')}{(X_{\text{left}} - X_0)} \right)$$

Perspektivní stěna

$$\text{– pro } x_{\text{left}} \leq x < x_{\text{right}}: \quad x' = X_{\text{left}} + (x - x_{\text{left}}) * \frac{(X_{\text{right}} - X_{\text{left}})}{(x_{\text{right}} - x_{\text{left}})}$$

$$y' = y$$

$$\text{– pro } x \geq x_{\text{right}}: \quad x' = X_{\text{right}} + (x - x_{\text{right}}) * \frac{(X_1 - X_{\text{right}})}{(x_1 - x_{\text{right}})}$$

$$y' = (x' - X_{\text{right}}) + y \left(1 - \frac{(x' - X_{\text{right}})}{(X_1 - X_{\text{right}})} \right)$$

Perspektivní stěna

- Uživatel může interagovat sekvenčním procházením (pohyb dopředu i dozadu), dále je možné využívat indexy pro skoky do oblastí zájmu (často implementováno jako záložka vyčnívající nahoře na stránce na počátku každé sekce)
- http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=hYUZbrWtCZg

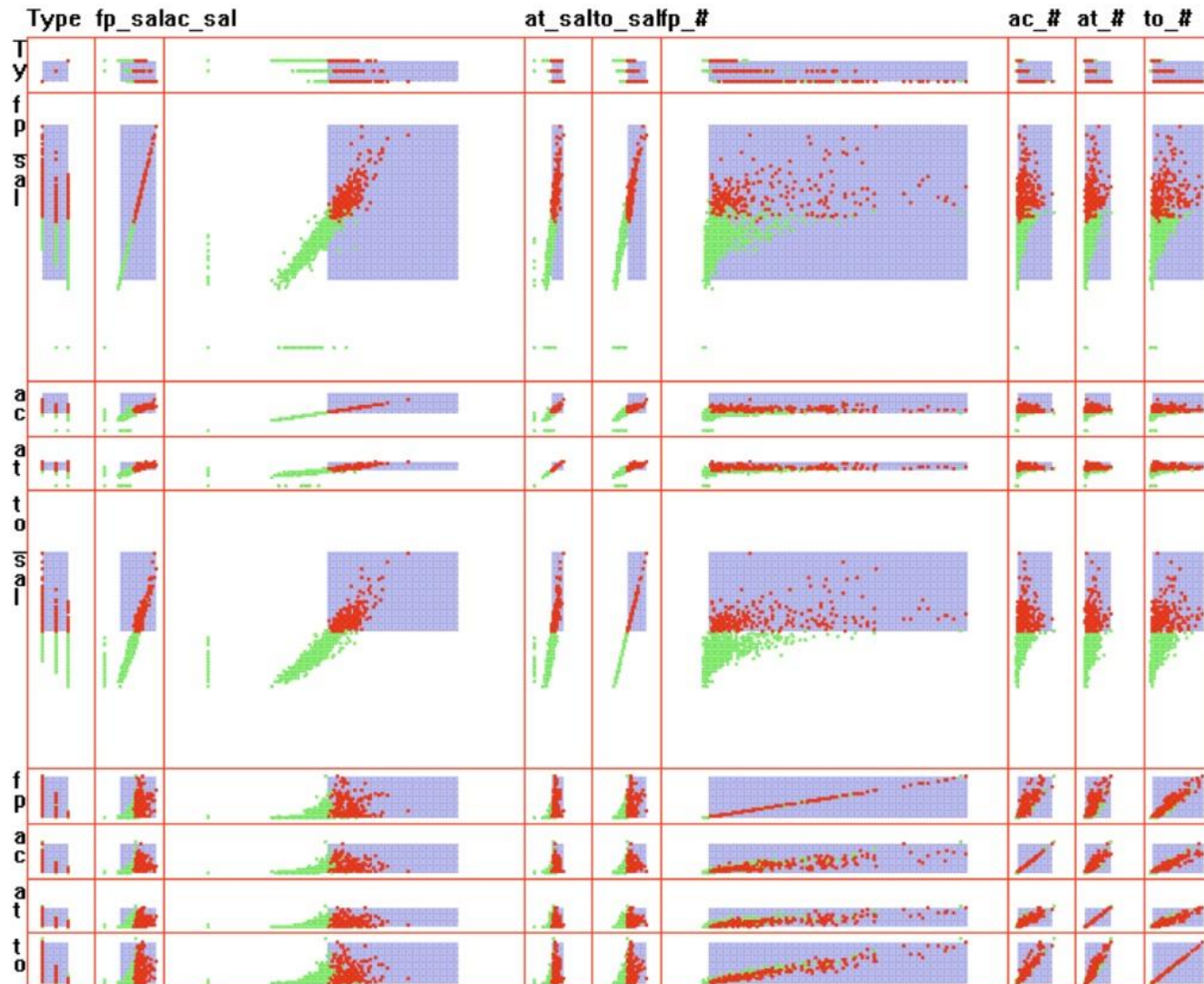
Prostor vizualizace struktur

- Vizualizace se zaměřuje na strukturu, která je relativně nezávislá na hodnotách, attributech a struktuře dat – příkladem je mřížka, do které se vykresluje matice bodových grafů, nebo zobrazení os
- Navigace – posun stránek v nástroji založeném na tabulkové vizualizaci, zoomování na jednotlivé grafy v matici bodových grafů

Prostor vizualizace struktur

- Výběr – vybírání komponent, které mají být schovány, přesunuty nebo přeskupeny
- Distorze – např. table lens technika – transformace řádků a /nebo sloupců tabulky za účelem poskytnutí násobného LOD
- Další klíčovou funkcí je využití hladkých přechodů mezi vizualizacemi

Vizualizace prostoru struktur – distorze



Animační transformace

- Veškeré interakce vedou ke změně zobrazovaného obrázku
- Změny mohou být dramatické (otevření nové datové sady) nebo mírnější (změna jen některých aspektů pohledu)
- Je žádoucí poskytnout hladký přechod mezi výchozí a cílovou pozicí (např. při rotaci 3D objektu). Často stačí lineární interpolace.
- Přitažlivější výsledek získáme při použití postupného zrychlení a zpomalení změny

Animační transformace

- Prvním krokem je získání uniformní parametrizace proměnné nebo proměnných, které chceme během animace řídit
- Pro pozice podél rovné čáry nebo škálování stačí použít **lineární interpolaci**
- Pro spočtení rovnoměrného rozložení pozic podél zakřivené cesty musíme zavést nový parametr

Animační transformace

- Předpokládejme, že původní parametr je funkce proměnné t (hodnoty mezi 0 a 1)
- Pro spočtení pozic můžeme použít kubický polynom (podobně pro y):

$$x(t) = At^3 + Bt^2 + Ct + D$$

- Pro $0 \leq i \leq n$ (n je počet kroků mezi počáteční a koncovou pozicí) můžeme vytvořit seznam pozic p_i

Animační transformace

- Délku oblouku A pak můžeme odhadnout součtem vzdáleností mezi po sobě jdoucími body:

$$A = \sum_{i=1}^{i=n} \text{dist}(p_{i-1}, p_i)$$

- Pro většinu křivek je však vzdálenost mezi sousedními body různá. Kdybychom použili popsany přístup vždy, rychlost pohybu po křivce by byla nerovnoměrná

Animační transformace

- Je užitečné pro každý bod p_i spočítat vzdálenost d_i od počátku křivky k tomuto bodu
- Spočteme funkci $A(i)$, která reprezentuje procentuální poměr vzdálenosti, kterou bod urazí v i -tém časovém kroku

$$A(i) = d_i / A$$

- Pro zjednodušení použijeme místo proměnné i proměnnou t ($0.0 \leq t \leq 1.0$). Dále definujeme parametr $s = A(t)$.

Animační transformace

- Výsledky uložíme do tabulky, takže pro každou hodnotu t známe její odpovídající hodnotu $s = A(t)$
- Využijeme hodnotu s pro určení uniformní rychlosti – využití lineární interpolace.

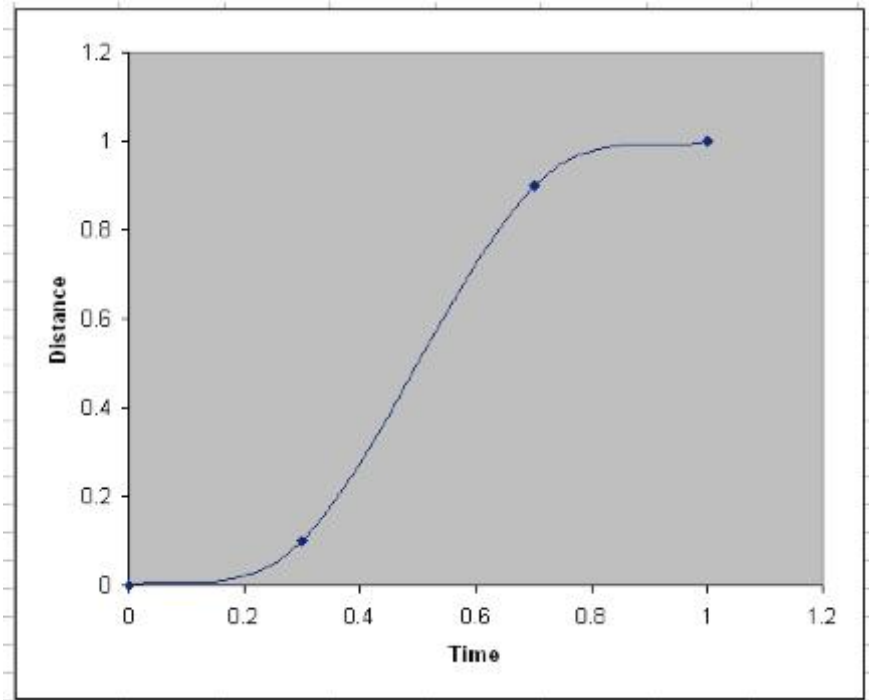
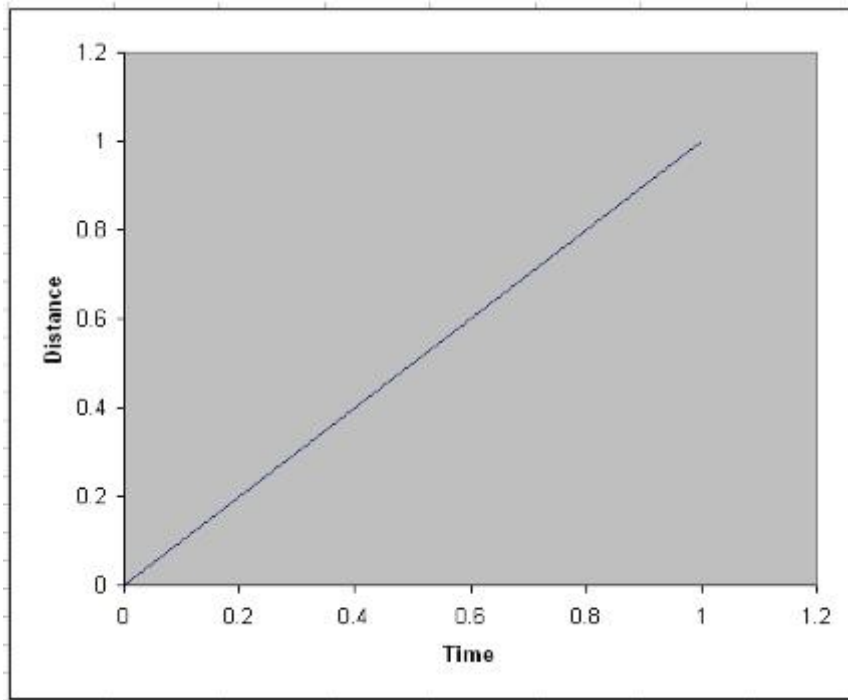
Animační transformace

- Popsaný postup se označuje jako **reparametrizace**
- Parametr s slouží k ovládní rychlosti – vykreslíme jej v závislosti na čase – dostaneme rovnou křivku. Rychlost odpovídá sklonu této křivky.
- Křivka však obecně nemusí být rovná – části s malým sklonem představují nízkou rychlost, velký sklon = velká rychlost
- Počáteční a koncový bod jsou fixní

Animační transformace

- Nekonečně mnoho možností nastavení animace mezi počátečním a koncovým bodem (dokonce můžeme animaci na chvíli zastavit)
- Předpokládáme, že křivka se monotónně zvyšuje a rovněž, že se nemůže vracet
- Běžným typem křivky je sinová křivka – odpovídá postupnému navyšování rychlosti na začátku animace z nuly na požadovanou rychlost, na konci postupné snižování rychlosti

Animační transformace



- Konstatní rychlost vs. sinová křivka pro postupné zvyšování a snižování rychlosti

Postupné zvyšování a snižování rychlosti

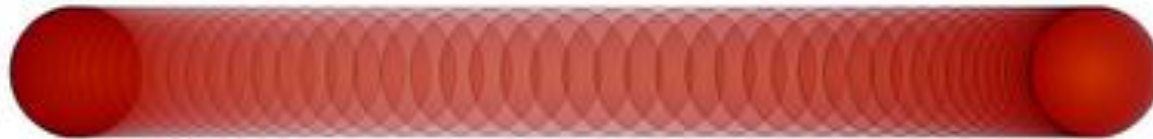
Easing In



Easing Out



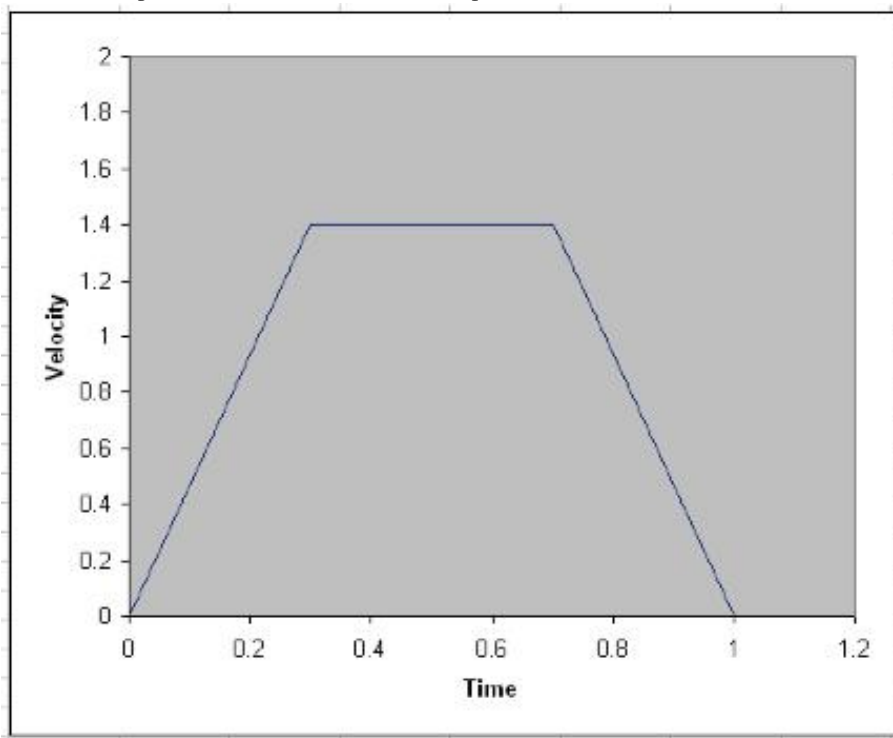
Ease In Out



- <http://www.youtube.com/watch?v=yQ-NC0bHTYs>

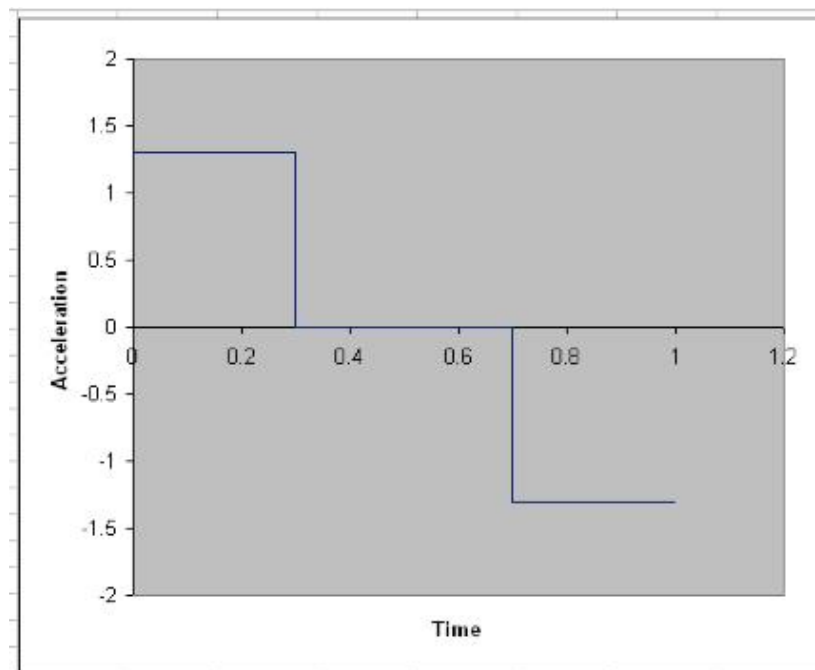
Animační transformace

- Specifikace pohybu pomocí **křivky rychlosti**
- Rychlost je první derivací křivky pro pozice
- Křivka pro postupné navýšování a pak snižování rychlosti:



Animační transformace

- Třetím typem křivky je **akcelerační křivka** – odpovídá druhé derivaci poziční křivky či první derivaci křivky rychlosti
- Křivka se skládá ze tři horizontálních úsečkových segmentů:



Virtuální realita

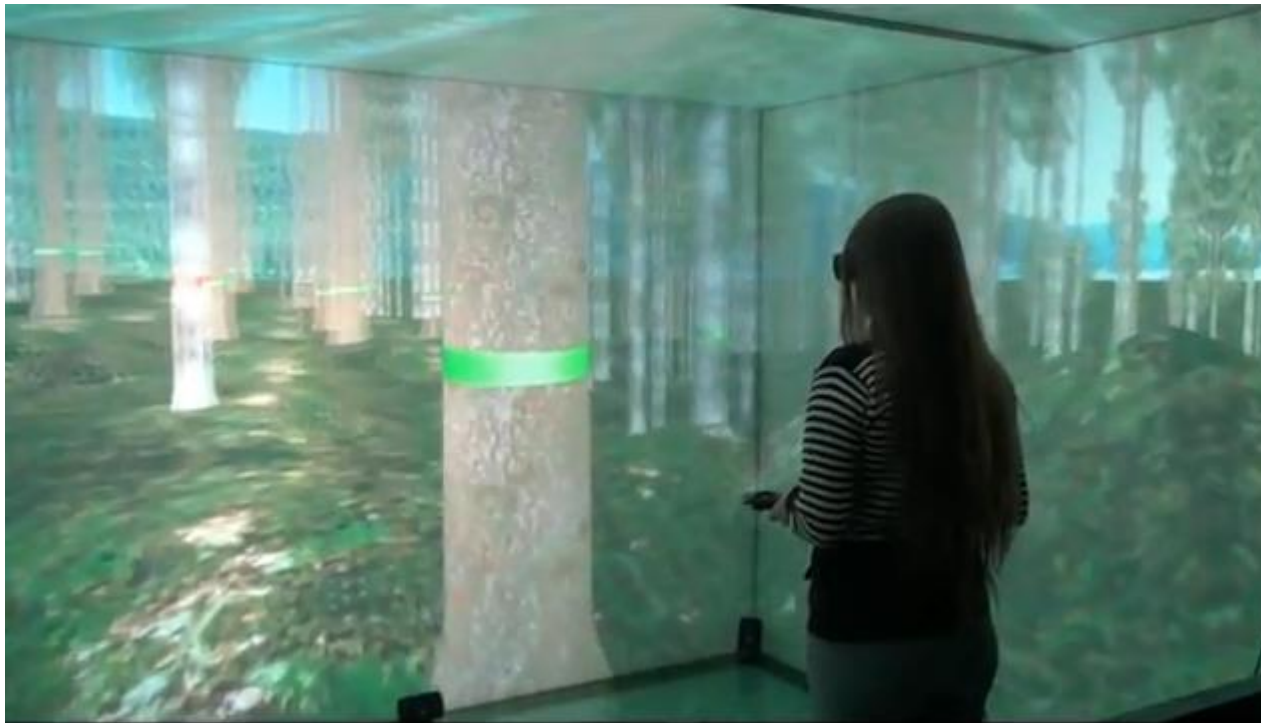
- Pochopení práce v 3D je obtížnější, problém při vnímání hloubky
- Při navigaci pracujeme se šesti stupni volnosti
- Je nutné zobrazovat nejen pohled na virtuální svět, ale i pozici pozorovatele v něm a směr pohledu
- Výběr ve virtuálním světě vs. využití menu

Virtuální realita

- Jediné přínosy:
 - Navigace – možnost ovládní pohybu v prostoru pohybem hlavy
 - Interakce – datové rukavice, optické snímání, ...
 - Stereoskopická projekce a vnímání hloubky – polarizované brýle, aktivní brýle, ...
 - Immersion (zanoření) – uživatel je obklopen virtuálním světem (brýle, speciální místnost)

CAVE

- <http://www.youtube.com/watch?v=j59JxfbvxGg>



World builder

- <http://www.youtube.com/watch?v=VzFpg271sm8>



Microsoft's concept of 2019

- http://www.youtube.com/watch?v=bwj2s_5e12U



Interactive display window

- <http://www.youtube.com/watch?v=xFgvNMN2DiQ>



Interactive table prototype

- <http://www.youtube.com/watch?v=1T2veycjpTI>



Interactive table

- <http://www.youtube.com/watch?v=j9PI-Nmp9nw>

