EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Rozvoj lidských zdrojů TUL pro zvyšování relevance, kvality a přístupu ke vzdělání v podmínkách Průmyslu 4.0
CZ.02.2.69/0.0/0.0/16_015/0002329

Úvod do zpracování obrazů

Mechatronika

Prezentace přednášky č. 5

Filtrace šumu, hledání hran

doc. Ing. Josef Chaloupka, Ph.D.

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
www.tul.cz

FILTRACE ŠUMU

- **Statistický princip filtrace šumu** >>>
- Aditivní šum v - na obrazové funkci nezávislý, nulová střední hodnota, směrodatná odchylka σ n-násobné sejmutí statické scény za stejných podmínek
- Z každého obrazu stejný bod $g_i(x,y)$, i = 1... N
- Odhad správné hodnoty:

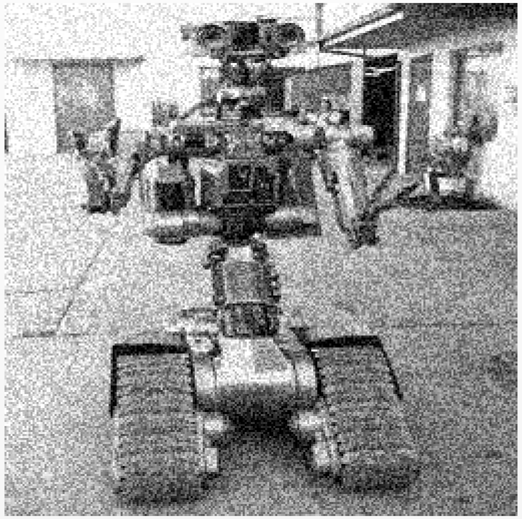
$$g_s(x,y) = \frac{g_1(x,y) + \ldots + g_n(x,y)}{n} + \frac{\nu_1 + \ldots + \nu_n}{n}$$

- Nová směrodatná odchylka šumu:

$$\sigma_s = \sigma / \sqrt{n}$$

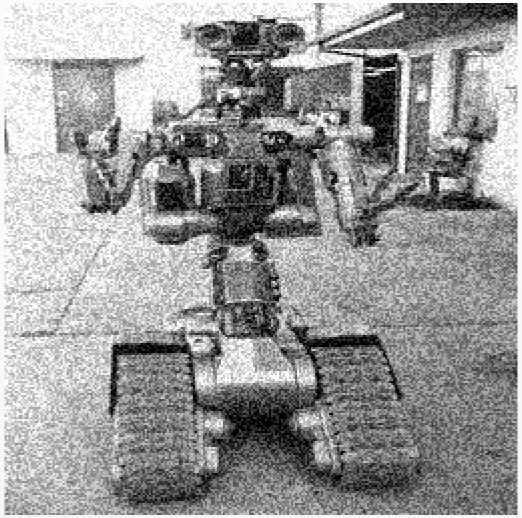
- Centrální limitní věta >>> velké náhodné výběry >>> rozdělení výběrových průměrů je blízké k normálnímu, původně ho mít nemusela
- Velký výběr (30) >>> statistika >>> interval spolehlivosti

FILTRACE ŠUMU

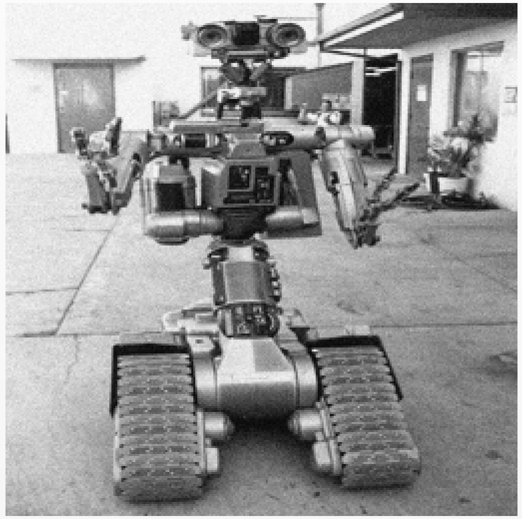


obr. 01

…



obr. 25



výsledek

http://www.ite.tul.cz

FILTRACE ŠUMU

- Malé okolí O reprezentativního pixelu

- **1. vyhlazování** >>> potlačení šumu a osamocených fluktuací hodnot obrazové funkce >>> **DP**

- **2. detekce hran** >>> gradientní operátory >>> odhad derivaci obrazové funkce >>> **HP**

- 1 a 2 protiklad (lineární podoba) >>> nelineární metody, které vyhlazují a přitom jsou šetrné k hranám a detailům v obraze
- Lineární operace >>> lineární kombinaci hodnot vstupního obrazu f v malém okolí O reprezentativního pixelu (x,y)

$$f(x,y) = \sum_{(m,n)\in O}\sum h(x-m, y-n).g(m,n)$$

h ... konvoluční maska

- Výhodná znalost >>> známé statistické parametry šumu

- Předzpracování (žádná nová informace S – H věta, potlačení nebo zvýraznění informace)
- Zlepšení informace >>> lepší pořízení
- Konvoluční filtry >>> hardwarová realizace

FILTRACE ŠUMU

- Průměrování z více obrazů >>> bez rozmazání
- Jeden obraz >>> nadbytečnost údajů v obraze >>> jasová podobnost sousedních pixelů
- Analýzy hodnot jasu v jeho vybraném okolí >>> nahrazení hodnoty jasu hodnotou typického reprezentanta v okolí nebo kombinací několika hodnot

FILTRACE ŠUMU

- Nová hodnota reprezentativního bodu >>> lineární kombinace hodnot ve zkoumaném okolí >>> diskrétní konvoluce

- **Lineární filtry** >>> různé váhy v lineární kombinaci, které jsou dány příslušnou konvoluční maskou h (dvojrozměrnou impulsní odezvou)

$$f(x,y) \rightarrow \boxed{h(x,y)} \rightarrow g(x,y) \qquad f(x-a,y-b) \rightarrow \boxed{h(x,y)} \rightarrow g(x-a,y-b)$$

lineární filtr lineární prostorově invariantní filtr

- Prostorově invariantní filtry (homogenní filtry) >>> chování filtru se nemění při změně polohy v obrázku >>> postupná konvoluce s malou maskou

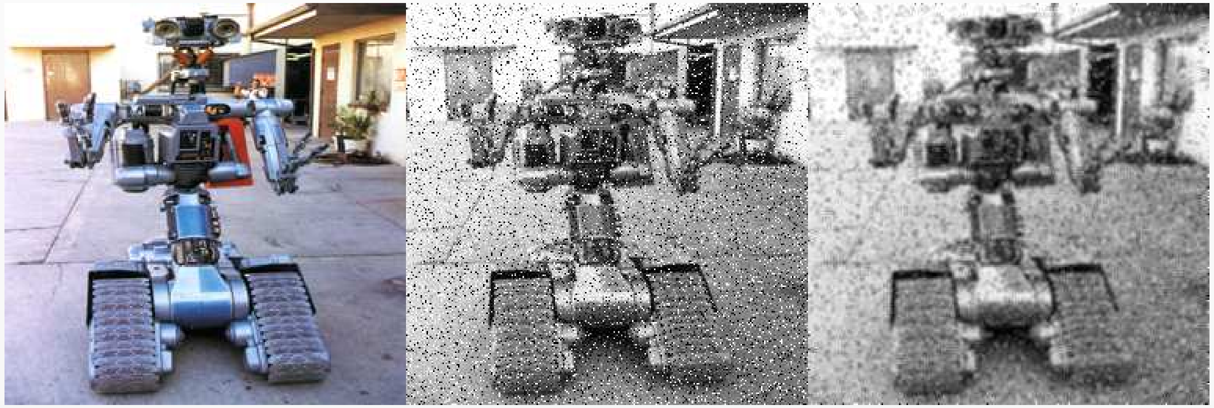
- Linearita porušena >>> hodnota obrazové funkce (jas, intenzita) je nezáporná a omezená, obrazy jsou ohraničeny v prostoru

- Prostorová invariantnost jen pro omezené posuny konvolučních masek

FILTRACE ŠUMU

- **Metoda prostého průměrování** >>> nová hodnota jasu bodu (x,y) >>> aritmetický průměr původních jasů ve zvoleném okolí, konvoluční maska h pro okolí 3 × 3:

$$h = \frac{1}{9}\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad \textit{s váhováním bodů} \quad h = \frac{1}{10}\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}, \quad h = \frac{1}{16}\begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$



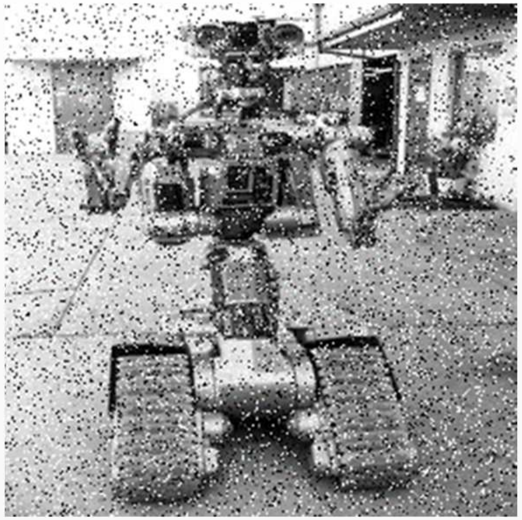
- **(-)** rozmazání hran, konvoluce >>> součin Fourierova obrazu 2-D signálu a Fourierova obrazu konvolučního filtru >>> filtrace DP

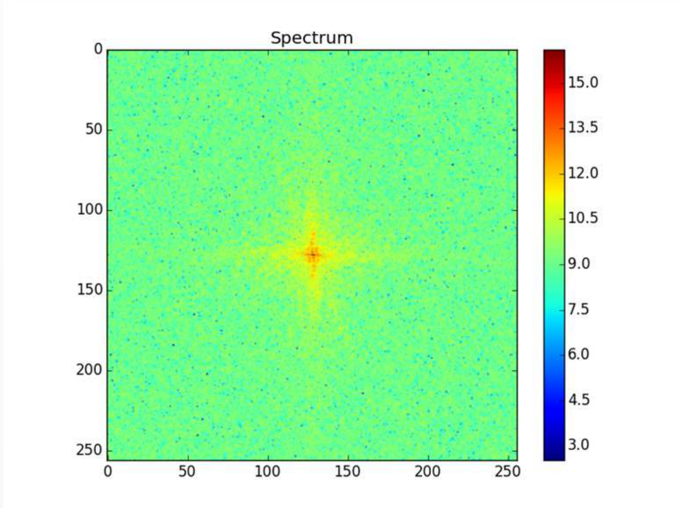
- Průměr >>> pomocná hodnota u některých nelineárních metod

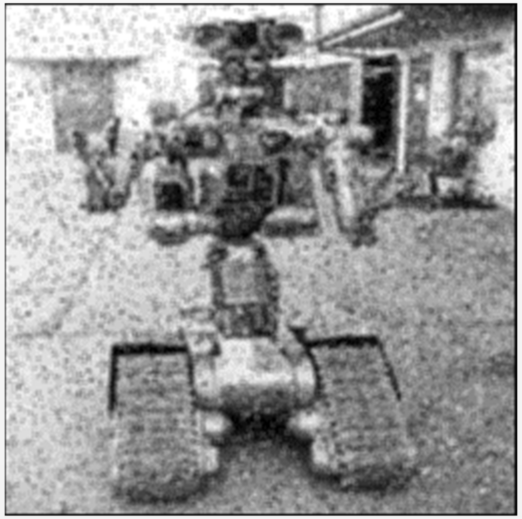
- Nová hodnota reprezentativního bodu >>> lineární kombinace hodnot ve zkoumaném okolí >>> diskrétní konvoluce

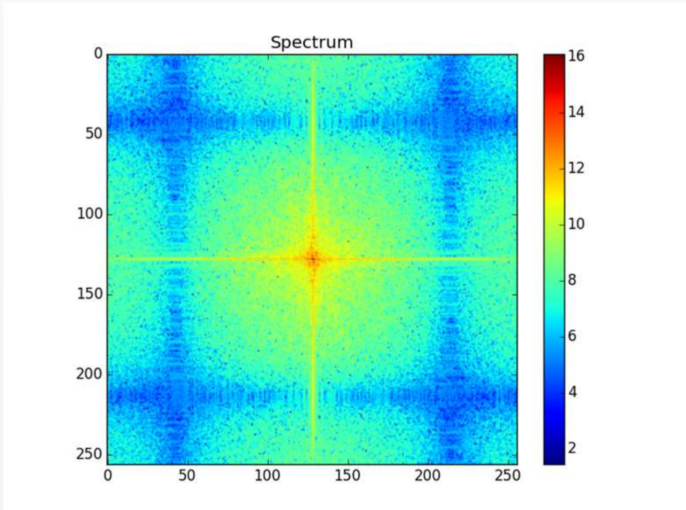
FILTRACE ŠUMU

- **Metoda prostého průměrování**









http://www.ite.tul.cz

FILTRACE ŠUMU

- **Separabilní filtry** >>> konvoluční masku v p-rozměrném okolí, obvykle p = 2; 3 lze rozložit na součin jednorozměrných masek

$$\begin{bmatrix} 1 & 4 & 6 & 4 & 1 \\ 4 & 16 & 24 & 16 & 4 \\ 6 & 24 & 36 & 24 & 6 \\ 4 & 16 & 24 & 16 & 4 \\ 1 & 4 & 6 & 4 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 4 & 6 & 4 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 4 \\ 6 \\ 4 \\ 1 \end{bmatrix}$$

- Binomický 2D filtr rozměru 5×5 (binomických čísel >>> součet dvou čísel v předchozím řádku Pascalova trojúhelníku

- Pro výpočet konvoluce >>> 25 násobení a 24 sčítání pro každý pixel, separabilní filtr >>> 10 součinů a 8 součtů

- Pro 3D obrázek (např. z tomograf), konvoluční jádro rozměru 9×9×9, pro každý voxel >>> 729 součinů a 728 součtů, separovatelný filtr >>> 27 součinů a 24 součtů na voxel

FILTRACE ŠUMU

- **Rekurzivní filtry** >>> invariantní >>> jako vstupní hodnoty pro konvoluci použity hodnoty vypočtené v předchozí poloze masky (jen její části, která je již naplněna novými hodnotami), pro 1D signál:

$$g'_n = h_0 \, g_n + \sum_{i=0}^{r} h_n \, g'_{n-i}$$

- V konvoluci se kombinují nefiltrované a filtrované hodnoty >>> zavedení zpětné vazby, fungují v jednom daném směru, pro uchování minulých hodnot signálů je potřebná paměť >>> dynamický systém

- U 1D mohou být nestabilní u 2D jsou stabilní vždy, jednodušší popis než u nerekurzivních filtrů, u 2D neexistuje přirozený směr (u 1D čas), preferovány filtry s 0 fázovým posunem (neposouvání hran)

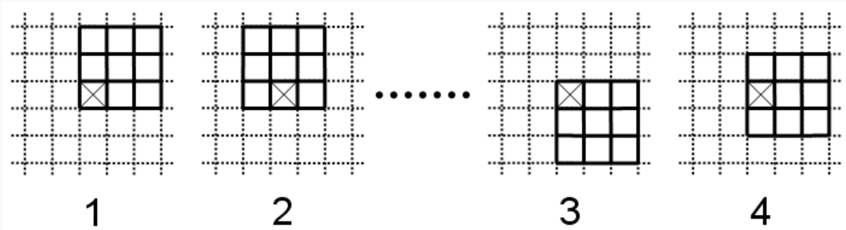
- Složitá teorie a interpretace, zjednodušení >>> kaskádní řazení jednoduchých filtrů

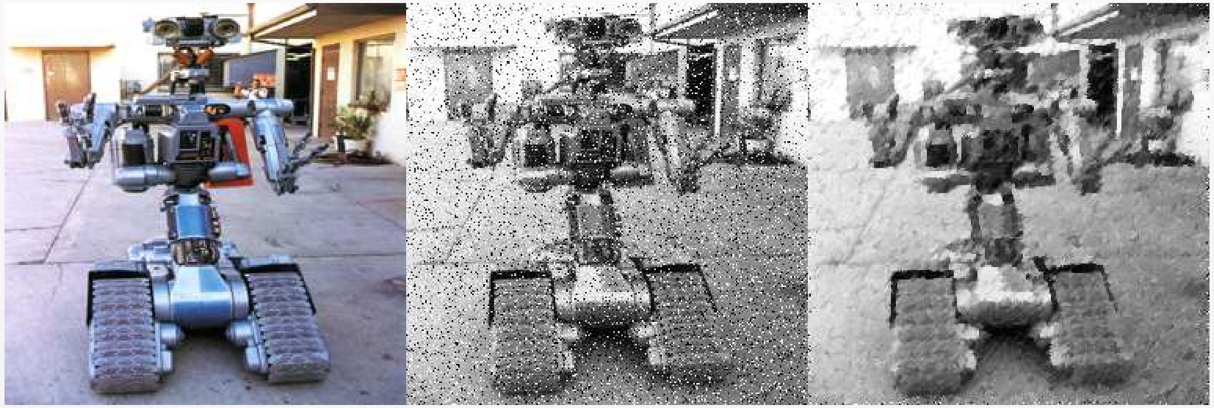
FILTRACE ŠUMU

- Částečné potlačení rozmazáváním hran
- V analyzovaném okolí O se snaží najít jen tu jeho část (oblast o zhruba konstantním jasu), do které reprezentativní bod patří

FILTRACE ŠUMU

- **Filtrace metodu rotující masky** >>> nerozmazává hrany, mírně ostří, maska čtverec 3×3, 8 poloh masky, v každé masce se spočte rozptyl jasů, vybere se maska s nejmenším rozptylem (homogenní okolí reprezentantivního bodu), výsledná hodnota reprezentativního bodu - aritmetický průměr hodnot ve vybrané masce, rychle konverguje do stabilního stavu – závisí na velikosti masky



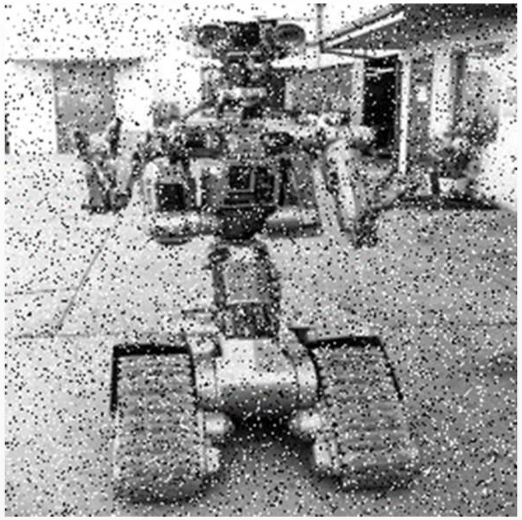


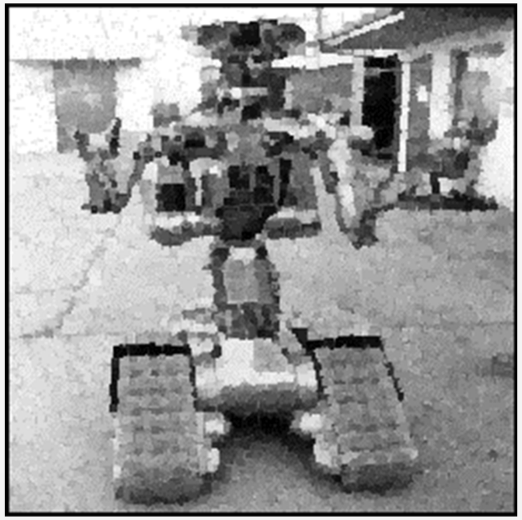
- Využití >>> oprava velkoplošných chyb bez vlivu na zbytek obrazu, jednoduché vyhlazení bez poškození hran.

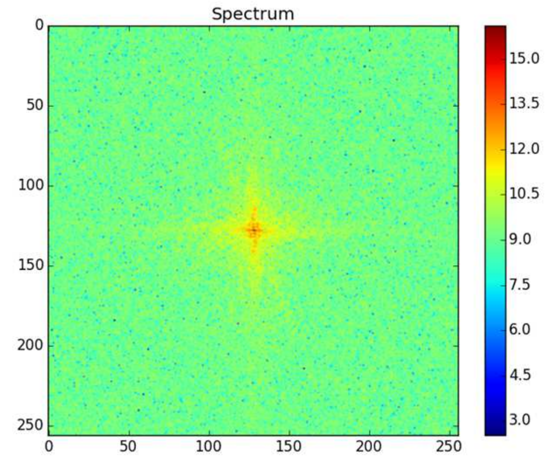
http://www.ite.tul.cz

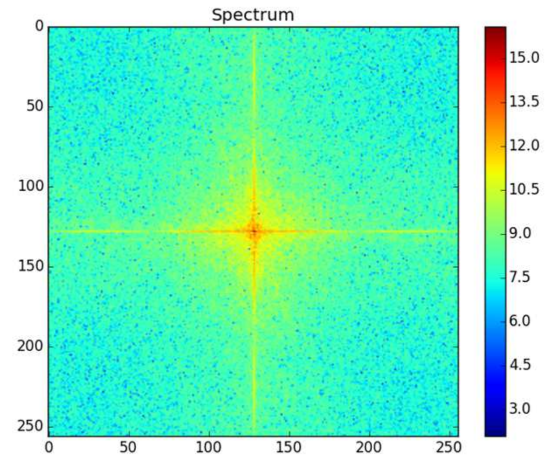
FILTRACE ŠUMU

- **Filtrace metodu rotující masky**

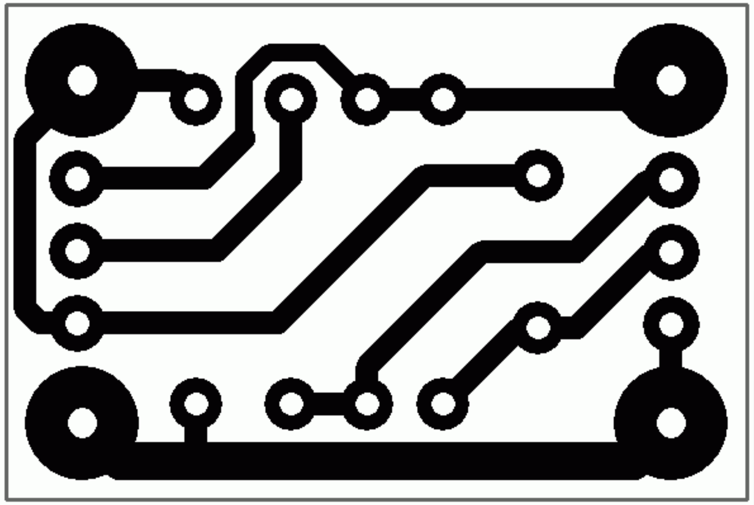


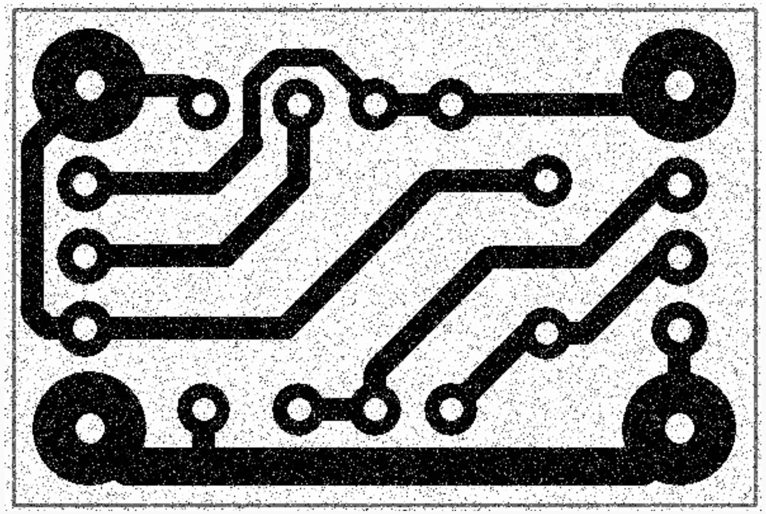


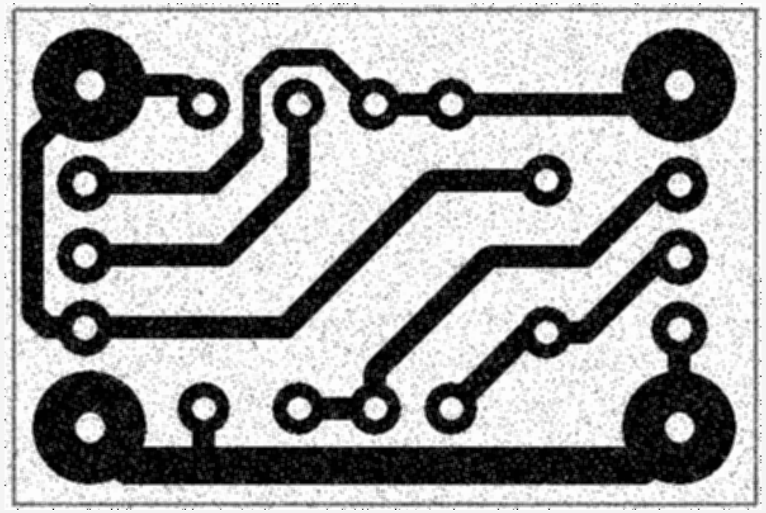




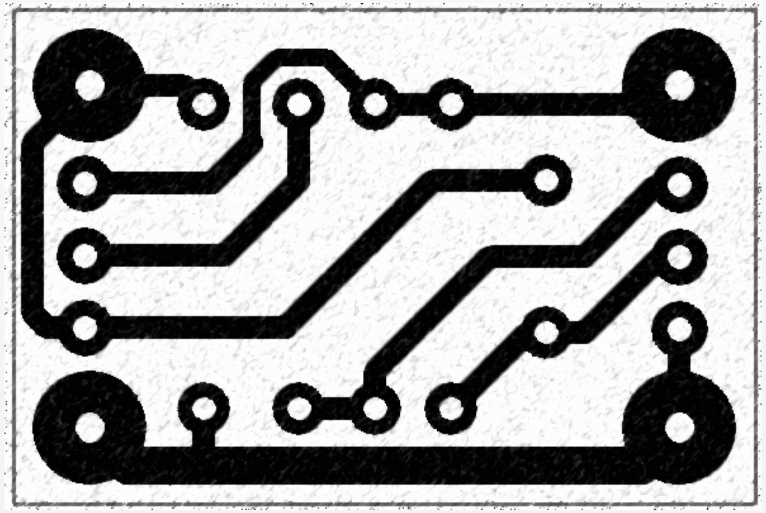
FILTRACE ŠUMU







průměrování



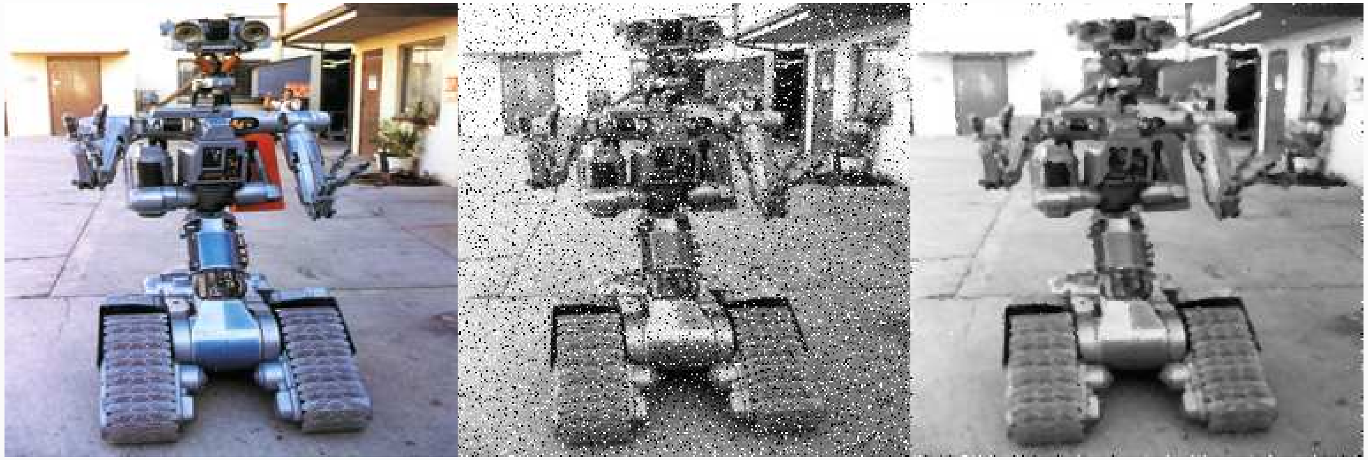
rotující maska

FILTRACE ŠUMU

- **Statistické nelineárním filtry**
- Průměrování 8 x stejná hodnota, 1 x ∞, aritmetický průměr = ∞, je vychýlený
- Lineárním aproximaci pomocí metody nejmenších čtverců - prokládání množiny bodů přímkou, jeden bod je vychýlený, aproximující přímka je vychýlená
- Robustní statistika >>> nalézt vychýlené hodnoty a vyloučit je
- Vyloučení maximální a minimální hodnoty
- Výběrové kvantily >>> např. medián M >>> hodnota, pro kterou je pravděpodobnost jevu $x < M$ rovna jedné polovině
- Uspořádání vzestupně hodnoty jasu v lokálním okolí
- **Medián**: prvek, který je uprostřed této posloupnosti, výhodné masky 3×3, 5×5, ...

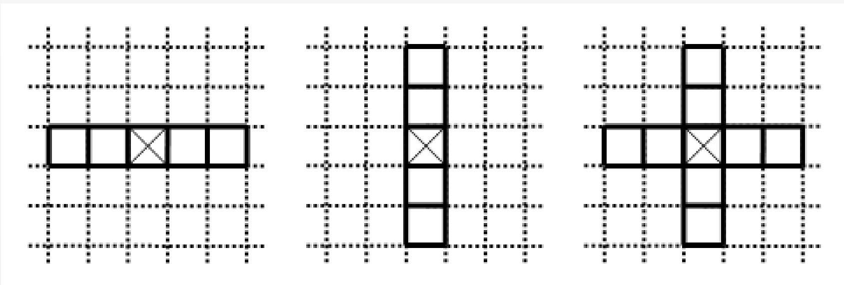
FILTRACE ŠUMU

- **Filtrování pomocí mediánu**



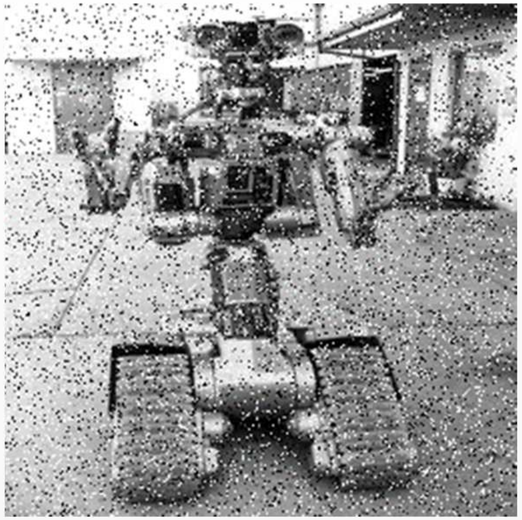
- Redukuce rozmazání hran, potlačení impulsního šum

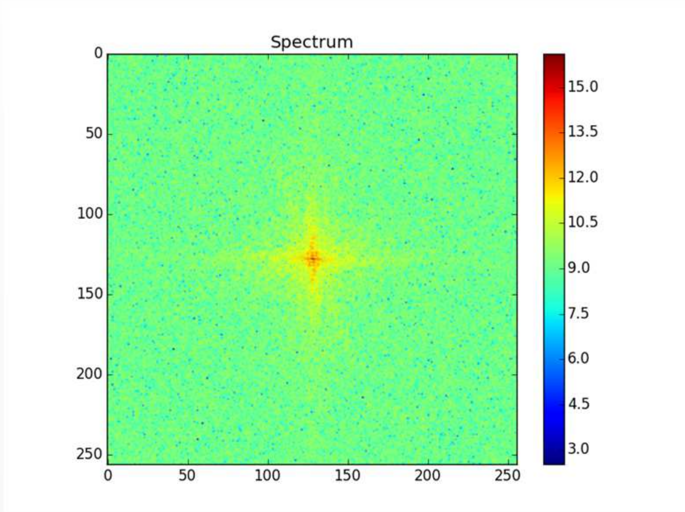
- **(-)** filtrace mediánem v obdélníkovém okolí >>> porušení tenkých čár a ostrých >>> používá se jiný tvar okolí:

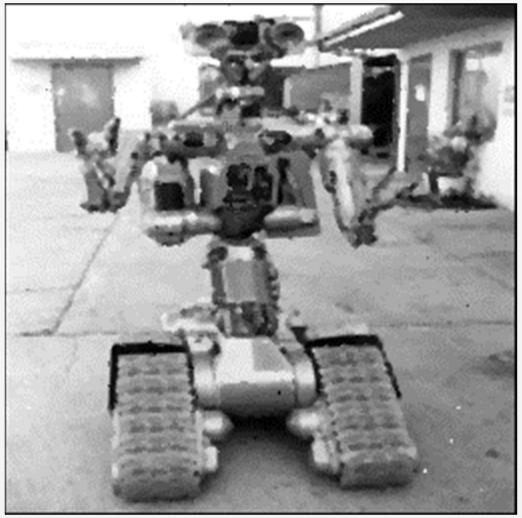


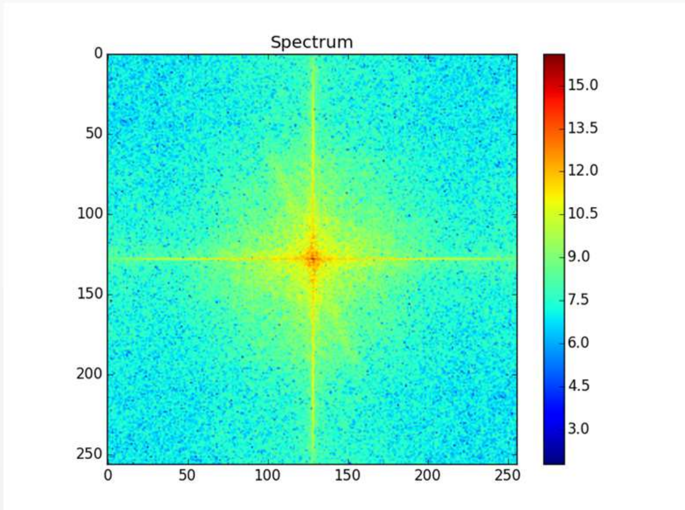
FILTRACE ŠUMU

- **Filtrování pomocí mediánu**









DETEKCE HRAN

- Pro vnímání člověka jsou velmi důležitá místa v obraze, kde se náhle mění hodnota jasu >>> pixely >>> hrany
- Lokální předzpracování >>> hledání hran
- Hrana v obraze dána vlastnostmi obrazového elementu a jeho okolí
- Určení >>> rychlost změny hodnoty obrazové funkce f(x,y)
- Studium změn funkce dvou proměnných >>> parciální derivace
- Změnu funkce udává její gradient (vektor ∇), určuje směr největšího růstu funkce (směr gradientu) a strmost tohoto růstu (velikost, modul gradientu)
- Hrany >>> pixely s velkým modulem gradientu

DETEKCE HRAN

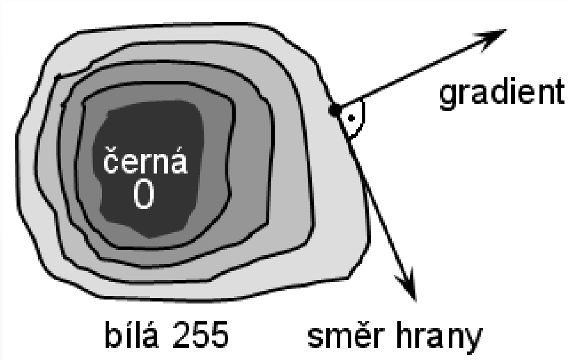
- Pro spojitou funkci f (x,y):

$$|\nabla f(x,y)| = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2}$$

velikost gradientu

$$\Phi = \arg\left(\frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y}\right)$$

směr gradientu



úhel (v radiánech) mezi souřadnou osou x a radiusvektorem k bodu (x,y)

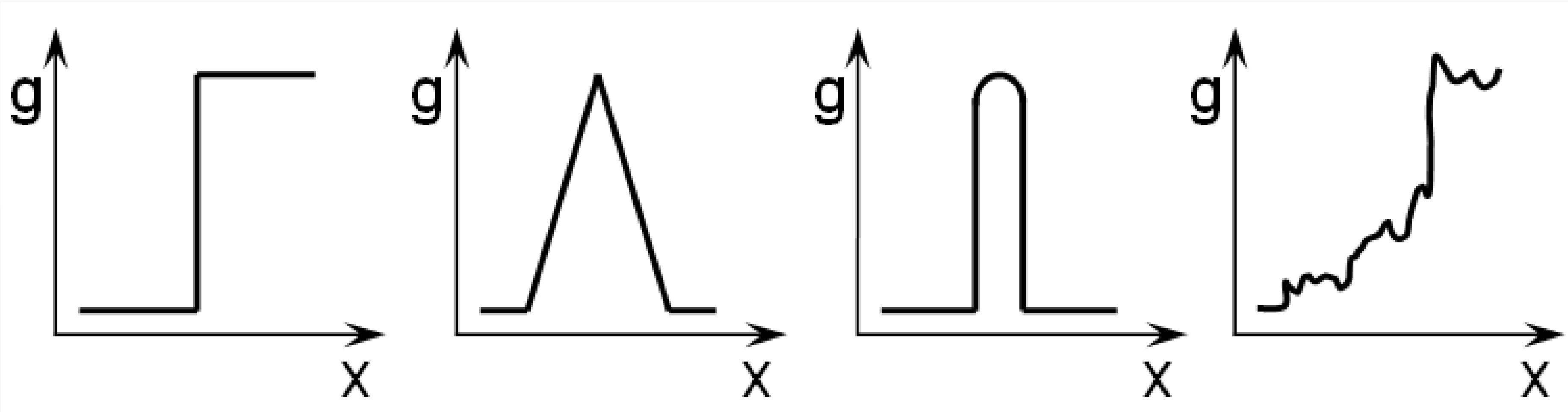
- Odhad velikosti hrany (gradientu) >>> všesměrový lineární Laplaceův operátor-Laplacián∇ , vychází z druhých parciálních derivací

$$\nabla^2 g(x,y) = \frac{\partial^2 g(x,y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 g(x,y)}{\partial y^2}$$

- Použití hran nalezených v obraze lokálními operátory pro hledání hranic objektů, pokud objekt odpovídá oblasti homogenního jasu

- Směr hrany F se někdy definuje jako kolmý na směr gradientu Ψ >>> hranové pixely se poté mohou spojovat do hranic

DETEKCE HRAN



hrany: skoková střechová liniová zašuměná

DETEKCE HRAN

- Aproximace parciální derivace diferencemi:

$$\Delta_x g(x,y) = g(x,y) - g(x-n,y)$$
$$\Delta_y g(x,y) = g(x,y) - g(x,y-n)$$

- Symetricky (zanedbává vliv bodu x,y – moc se nepoužívá):

$$\Delta_x g(x,y) = g(x+n,y) - g(x-n,y)$$
$$\Delta_y g(x,y) = g(x,y+n) - g(x,y-n)$$

DETEKCE HRAN

- **Gradientní operátory**:

- 1. operátory aproximují derivace pomocí diferencí, některé jsou invariantní vůči rotaci (Laplacián - konvoluce s jedinou maskou), pro jiné, aproximující první derivaci využití několika masek odpovídajících příslušné orientaci, výběr té, která nejlépe lokálně aproximuje obrazovou funkci, výběrem jedné z masek je určen i směr gradientu (orientace)

- 2. operátory založené na hledání hran v místech, kde druhá derivace obrazové funkce prochází nulou (zero-crossing), Marrův-Hildrethové operátor a Cannyho hranový detektor

- 3. operátory snažící se lokálně aproximovat obrazovou funkci poměrně jednoduchým parametrickým modelem, např. polynomem dvou proměnných