



Číslicové spracovanie obrazov

Prednáška č. 5

- **Vnútrosnímková predikcia obrazu**
- Medzísímková predikcia obrazu

Predikcia obrazu

V oblasti spracovania diskretných signálov a obrazov pod pojmom **predikcia** rozumieme odhad hodnoty vzorky na základe hodnôt predchádzajúcich vzoriek

Rozlišujeme:

- **Vnútrosnímkovú predikciu obrazu** – Vykonáva sa iba v rámci jednej snímky (jeden statický obraz)
- **Medzисnίmkovú predikciu obrazu** – Vykonáva sa na základe viacerých snímok

Algoritmy predikcie môžeme rozdeliť na

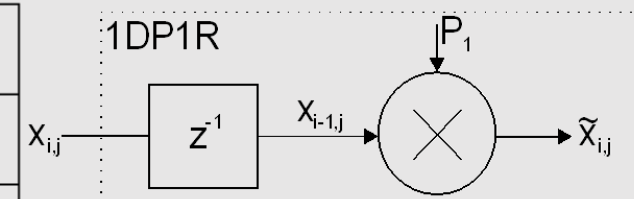
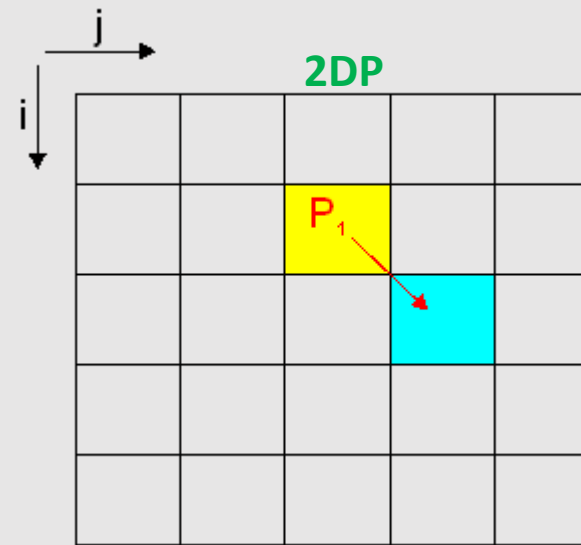
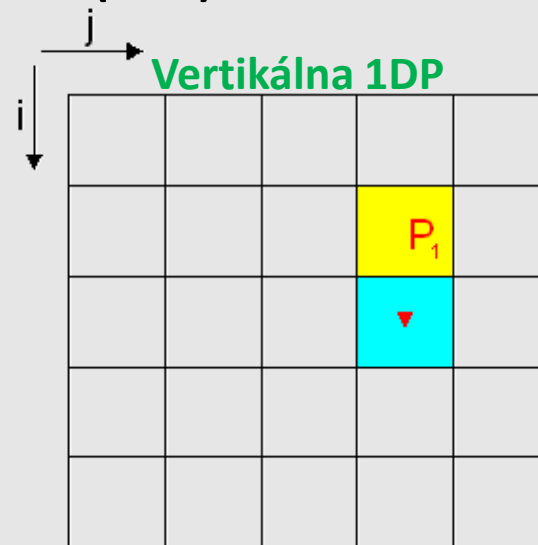
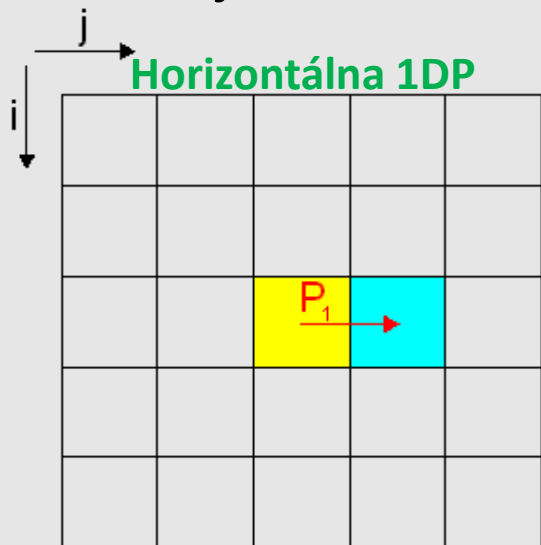
- **Optimálne**
- **Suboptimálne**



**Sféricky nekauzálny prediktor
(vešdecká guľa)**

Predikcia obrazu - **Vnútrošnímková predikcia obrazu**

- Pri vnútrošnímkovvej predikcii je hodnota op odhadnutá na základe hodnôt predchádzajúcich op.
- op môžu byť z **predošlého riadka**, **stĺpca** alebo **súčasne z predošlého riadka aj stĺpca**. Hovoríme o **dimenzii/rozmere** predikcie
- V prípade, že jedná zo súradníc predchádzajúceho prvku je totožná so súradnicami predikovaného prvku, hovoríme o **jednodimenzionálnej predikcii (1DP) v horizontálnom resp. vertikálnom smere**
- Ak ani jedná zo súradníc predikovaného a predchádzajúceho op nie je zhodná, potom hovoríme o **dvojdimenzionálnej predikcii (2DP)**.

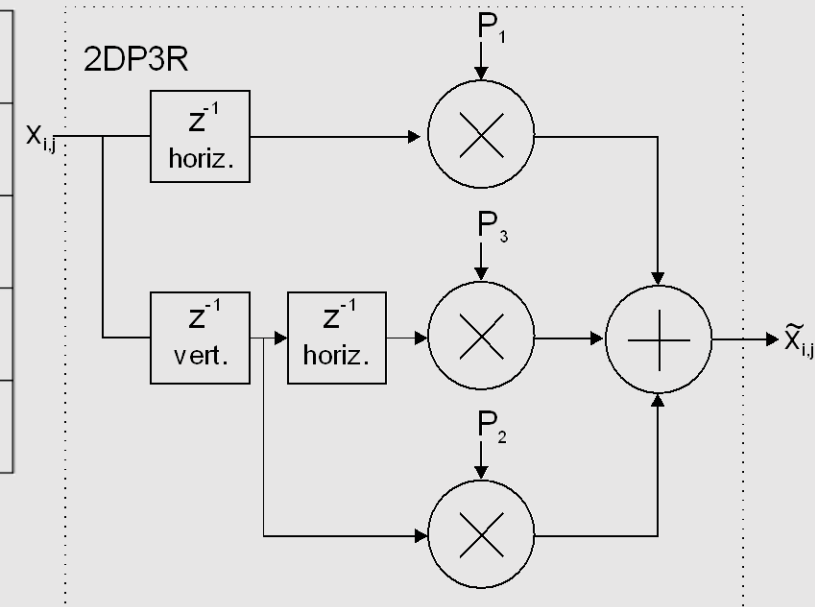
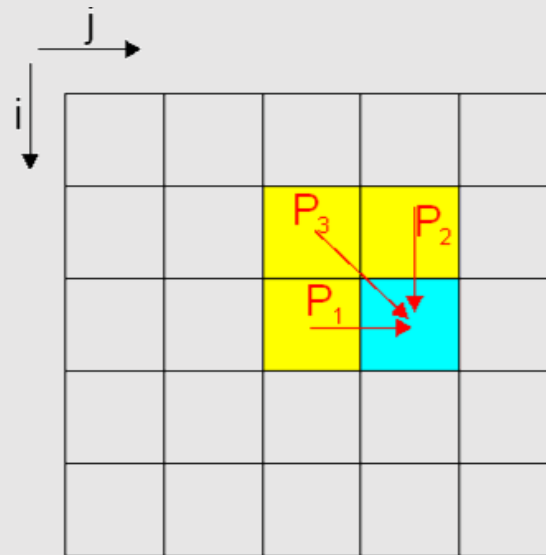
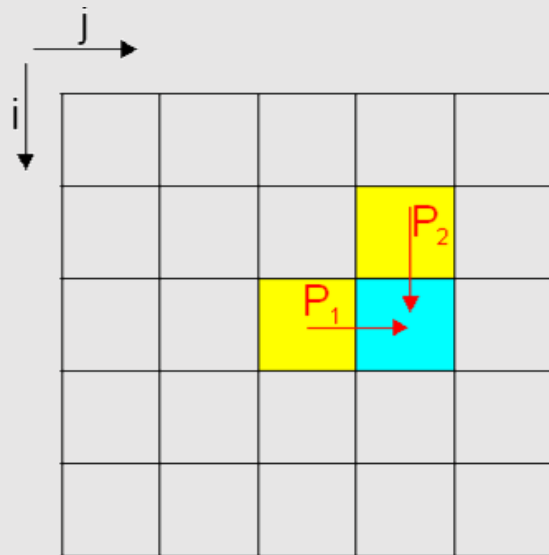
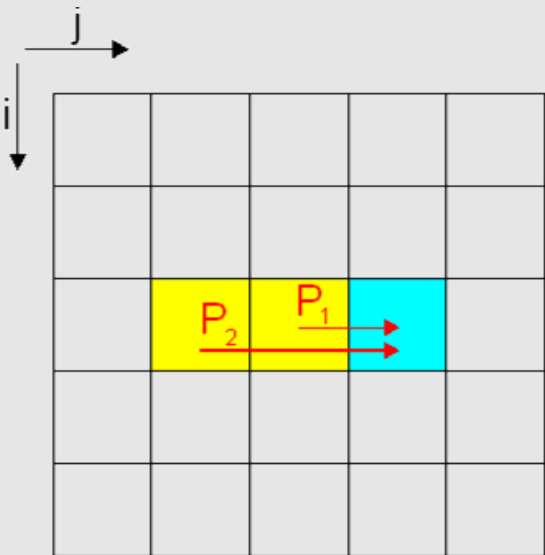


$$\tilde{X}_n = \sum_{i=1}^s X_{n-i} P_i$$

Predikcia obrazu - **Vnútrošnímková predikcia obrazu**

- Všeobecne je hodnotu predikovaného prvku vypočítať ako sumu súčinov predikčných koeficientov a predchádzajúcich vzoriek
- Počet predchádzajúcich vzoriek predstavuje **rad prediktora (S)**

$$\tilde{X}_n = \sum_{i=1}^s X_{n-i} P_i$$



Predikcia obrazu – *Optimálna prodikcia*

- Optimálnosť predikcie je závislá len od predikčných koeficientov.
- Vektor optimálnych predikčných koeficientov 1D prediktora S-tého radu je daný

$$\tilde{X}_n = \sum_{i=1}^s X_{n-i} P_i$$

$$\bar{P} = C^{-1} \bar{K}$$

$$\bar{K} = \begin{bmatrix} c_{10} \\ c_{20} \\ c_{30} \\ \vdots \\ c_{s0} \end{bmatrix}, \quad C = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \cdots & c_{1s} \\ c_{21} & c_{22} & & c_{2s} \\ c_{31} & & & c_{3s} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ c_{s1} & & \cdots & c_{ss} \end{bmatrix}$$

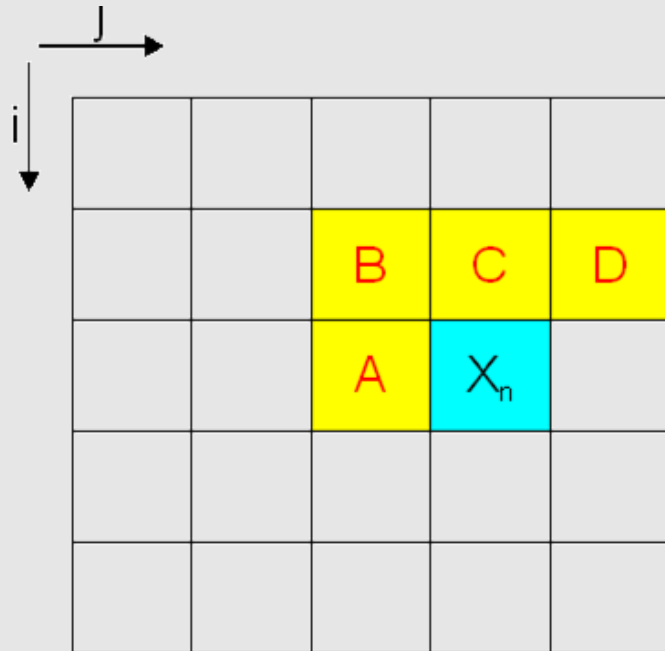
$$c_{i,j} = \frac{E(X_{n-i} X_{n-j})}{\sigma_x^2}$$

S týmto sme sa už stretli ...

- Normovaný korelačný moment
- **Vyjadruje normovanú hodnotu korelácie medzi dvoma prvkami obrazu**
- Pre jednoduchosť uvažujeme 1D prediktor
- **Každý 2D (a viac D) prediktor S-tého radu sa dá prepísať do tvaru 1D prediktora rovnakého radu**

Predikcia obrazu – *Suboptimálna predikcia*

- Problém optimálnosti spočíva v nastavení systému pre jeden konkrétny obraz alebo set obrazov s rovnakými štatistickými vlastnosťami
- Toto častokrát nepraktické
- Preto sa často využívajú suboptimálne algoritmy predikcie, ktoré sa od optimálnych líšia tým, že nie sú použité predikčné koeficienty, ale **hodnota predikovaného op je vypočítaná na základe predchádzajúcich op pomocou rôznych vzťahov**



$$\tilde{X}_n = \frac{A + C}{2}$$

$$\tilde{X}_n = \frac{A + D}{2}$$

$$\tilde{X}_n = \frac{A}{2} + \frac{(C + D)}{4}$$

$$\tilde{X}_n = \frac{A + B + C + D}{4}$$

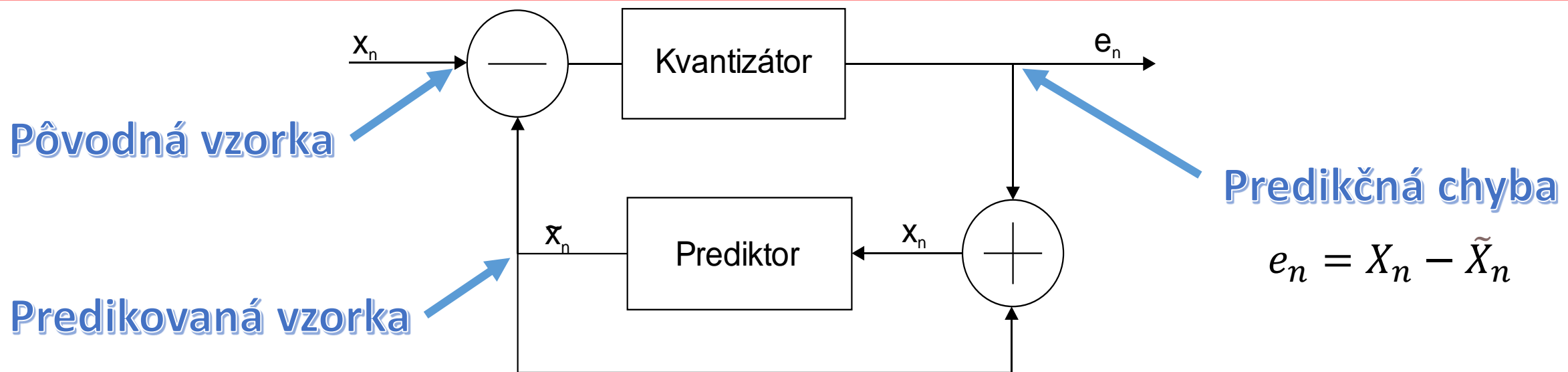
Predikcia obrazu – Predikčný filter

- Samotná predikcia je z pohľadu kompresie bezvýznamná
- Význam predikcie sa uplatní až v predikčnej filtrácii
- Predikčná filtrácia zabezpečuje redukciu redundancie na princípe zmenšenia disperzie
- Účinnosť predikčnej filtrácie je označovaná ako predikčný zisk – G .

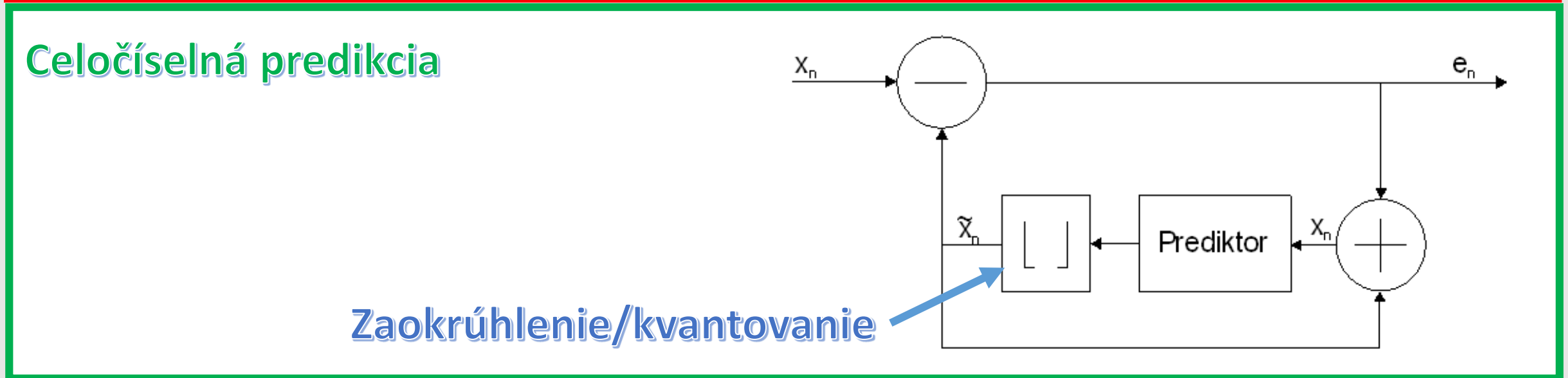
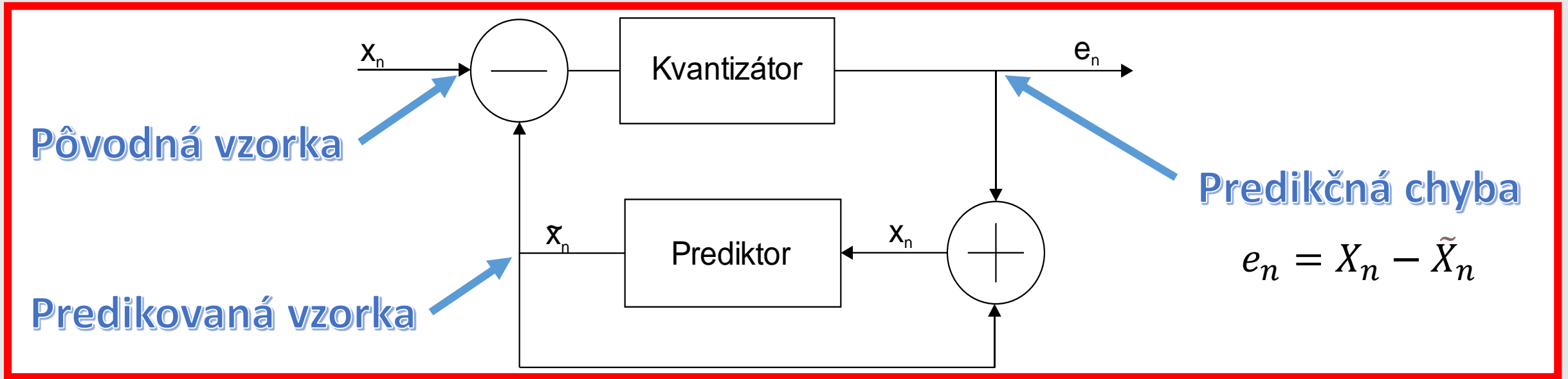
$$G = 10 \log_{10} \left(\frac{\sigma_x^2}{\sigma_e^2} \right) [dB]$$

Predikčná filtrácia

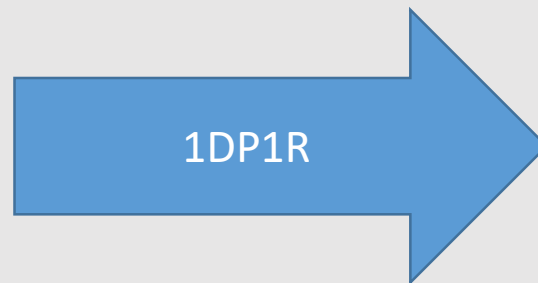
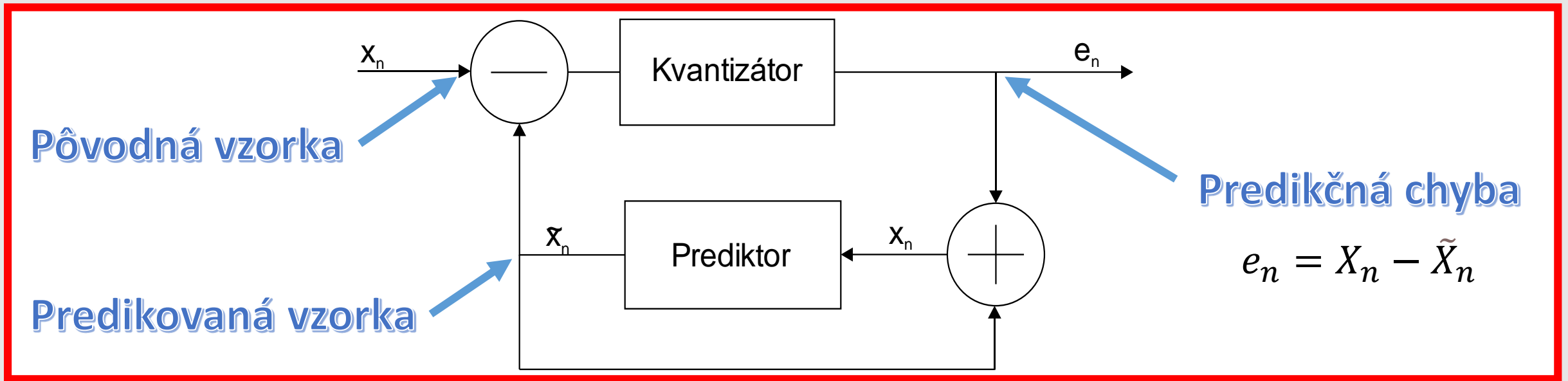
- Od hodnoty vzorky je odpočítaná hodnota jej predikcie. Takto je odstránená veľká časť nadbytočnej informácie a ostáva len hodnota predikčnej chyby, ktorá sa následne kvantuje a v spätnoväzobnej slučke sa sčíta s predikovanou hodnotou. Takto sa zabezpečí pôvodná hodnota vzorky pre ďalšiu predikciu. Kvantované predikčné chyby sa následne môžu kódovať.



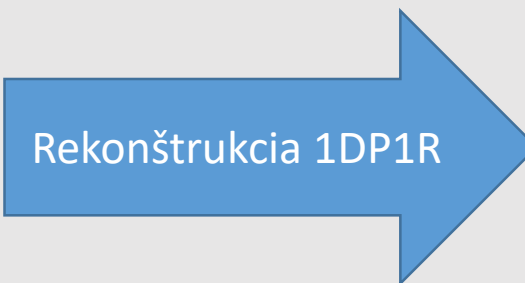
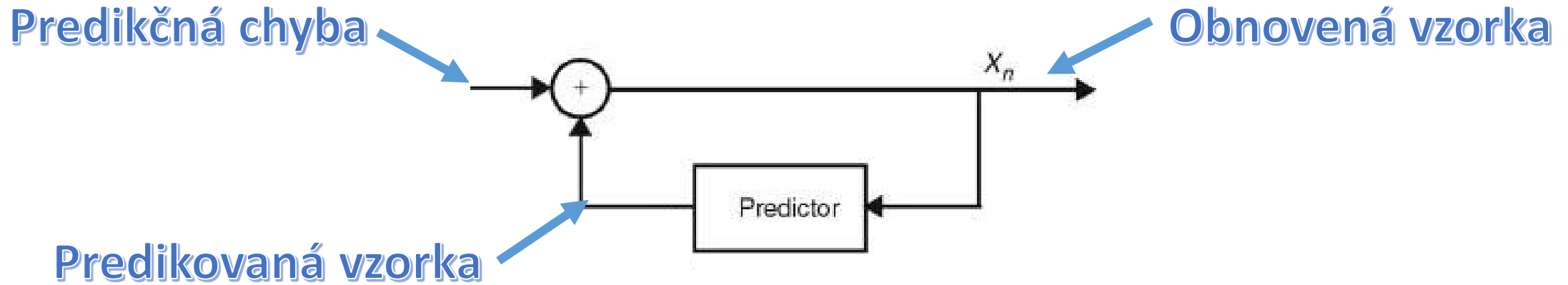
Predikcia obrazu – *Predikčný filter*



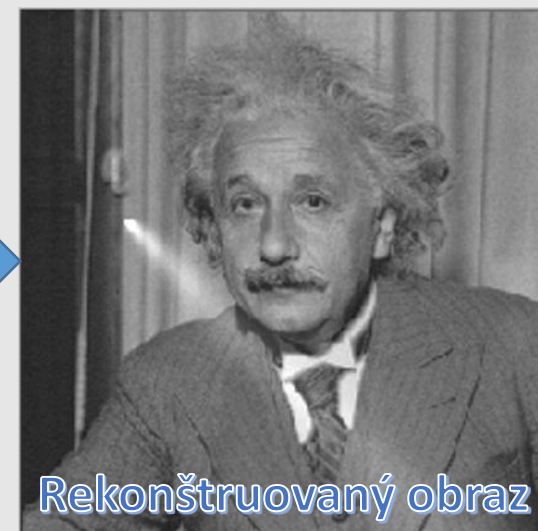
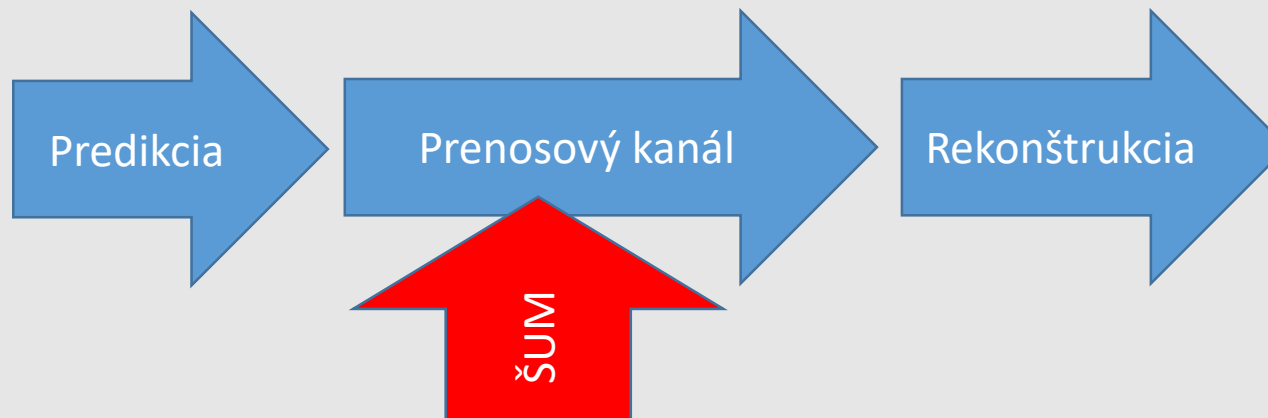
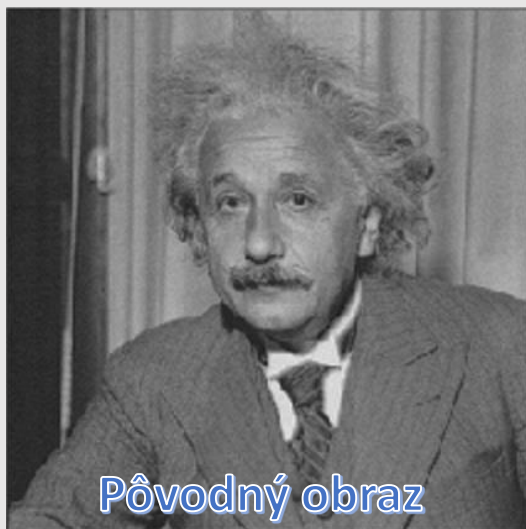
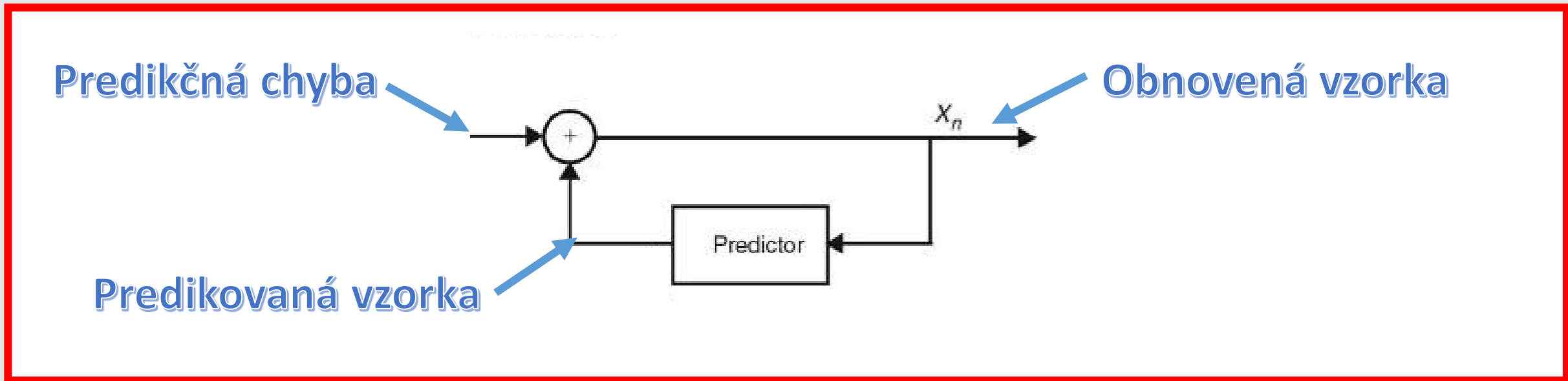
Predikcia obrazu – *Predikčný filter*



Predikcia obrazu – *Predikčný filter* – rekonstrukcia obrazu



Predikcia obrazu – *Predikčný filter* – rekonštrukcia obrazu





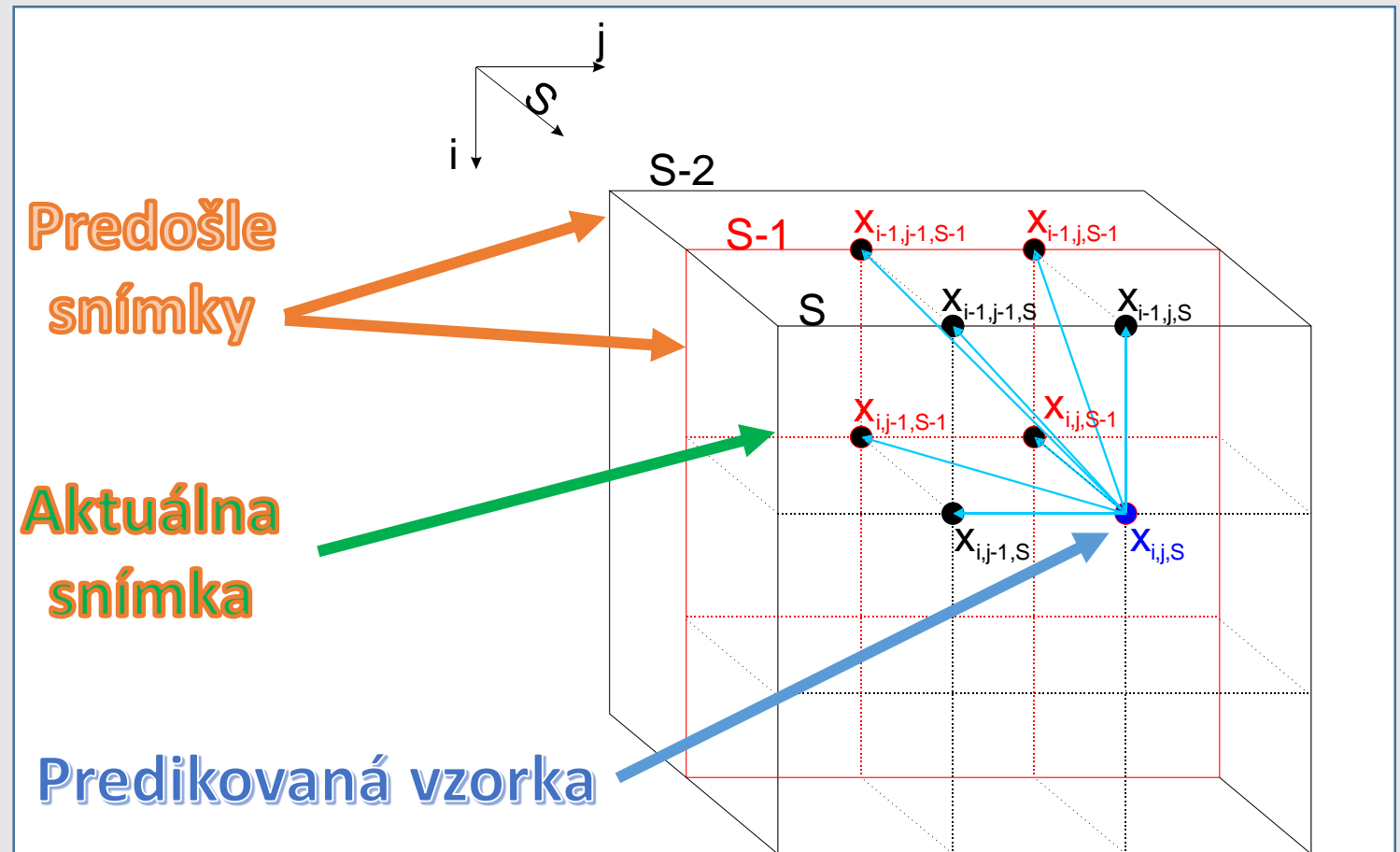
Číslicové spracovanie obrazov

Prednáška č. 6

- Vnútrosnímková predikcia obrazu
- **Medzisnímková predikcia obrazu**

Predikcia obrazu – Medzisnímková predikcia obrazu

- Snímky dynamického obrazu (video) sú vzájomne vysoko korelované (ak nedochádza k rýchlej zmene scény).
- Hodnotu op je možné predikovať nielen na základe predchádzajúcich prvkov danej snímky, ale tiež s využitím op predchádzajúcej snímky.
- Obrazové prvky v predchádzajúcej snímke môžu mať rovnaké súradnice ako predikovaný obrazový prvok ale pravdepodobnejšie je, že sa budú líšiť
- Predikcia je vykonaná na základe **statického** trojrozmerného okolia predikovaného op . V takom prípade hovoríme o **nemennej predikcii**
- Existujú **optimálne** a **suboptimálne** algoritmy (rovnako ako pre vnútrosnímkovú predikciu)

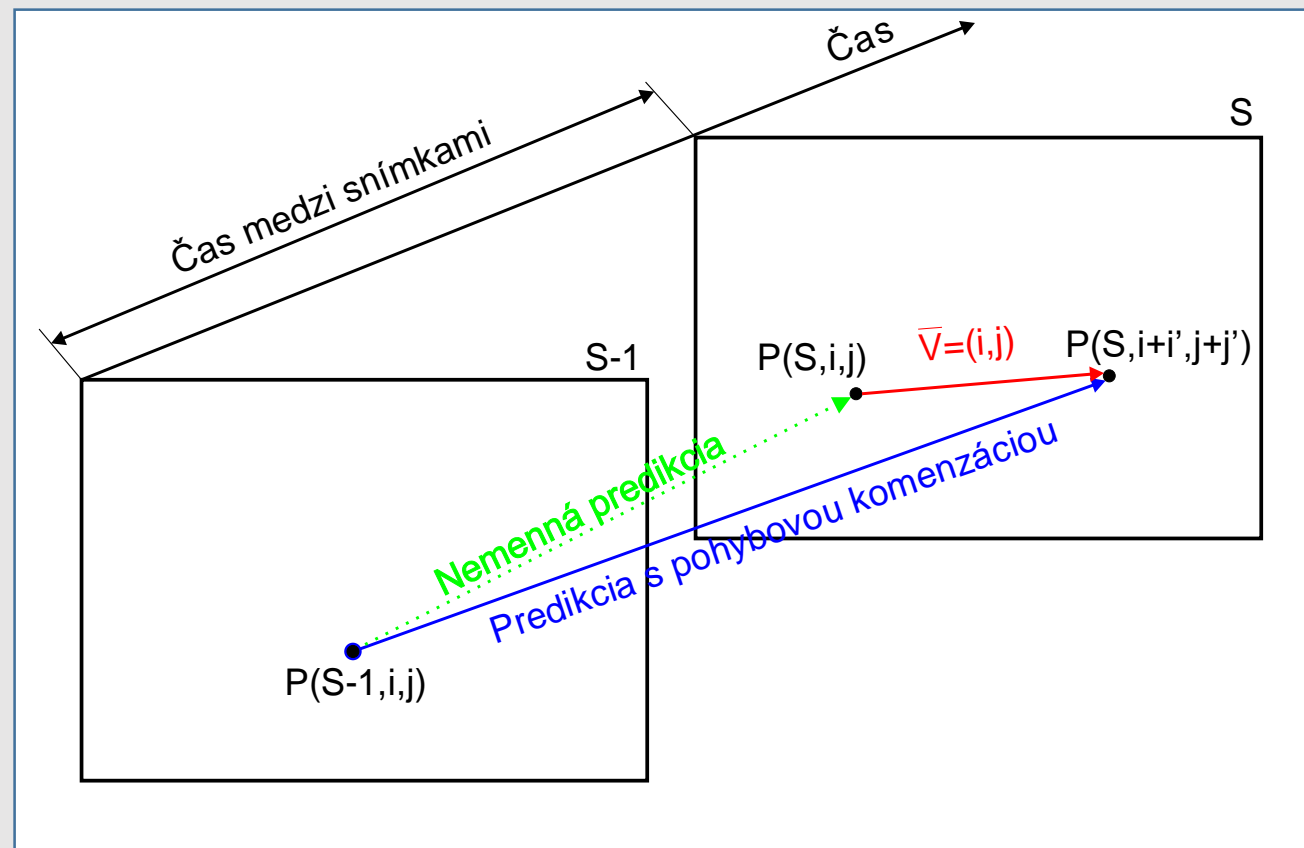


Predikcia obrazu – *Predikcia s pohybovou kompenzáciou*

- Ak hovoríme o dynamickom obraze, logicky dochádza k posunutiu objektov zachytených v obraze.
- Vykonávať predikciu iba na základe okolia predikovaného op (nemenné algoritmy) nemusí byť efektívne. Z tohto dôvodu boli vyvinuté algoritmy **predikcie s pohybovou kompenzáciou**.

Predikcia s pohybovou kompenzáciou

Princíp algoritmov predikcie s pohybovou kompenzáciou spočíva v aktualizácii polohy op predošlej snímky. Táto aktualizácia sa vykoná na základe **vektoru pohybu**, ktorý popisuje zmenu polohy op.



Predikcia obrazu – *Predikcia s pohybovou kompenzáciou*

- Ak hovoríme o dynamickom obraze, logicky dochádza k posunutiu objektov zachytených v obraze.
- Vykonávať predikciu iba na základe okolia predikovaného op (nemenné algoritmy) nemusí byť efektívne. Z tohto dôvodu boli vyvinuté algoritmy **predikcie s pohybovou kompenzáciou**.

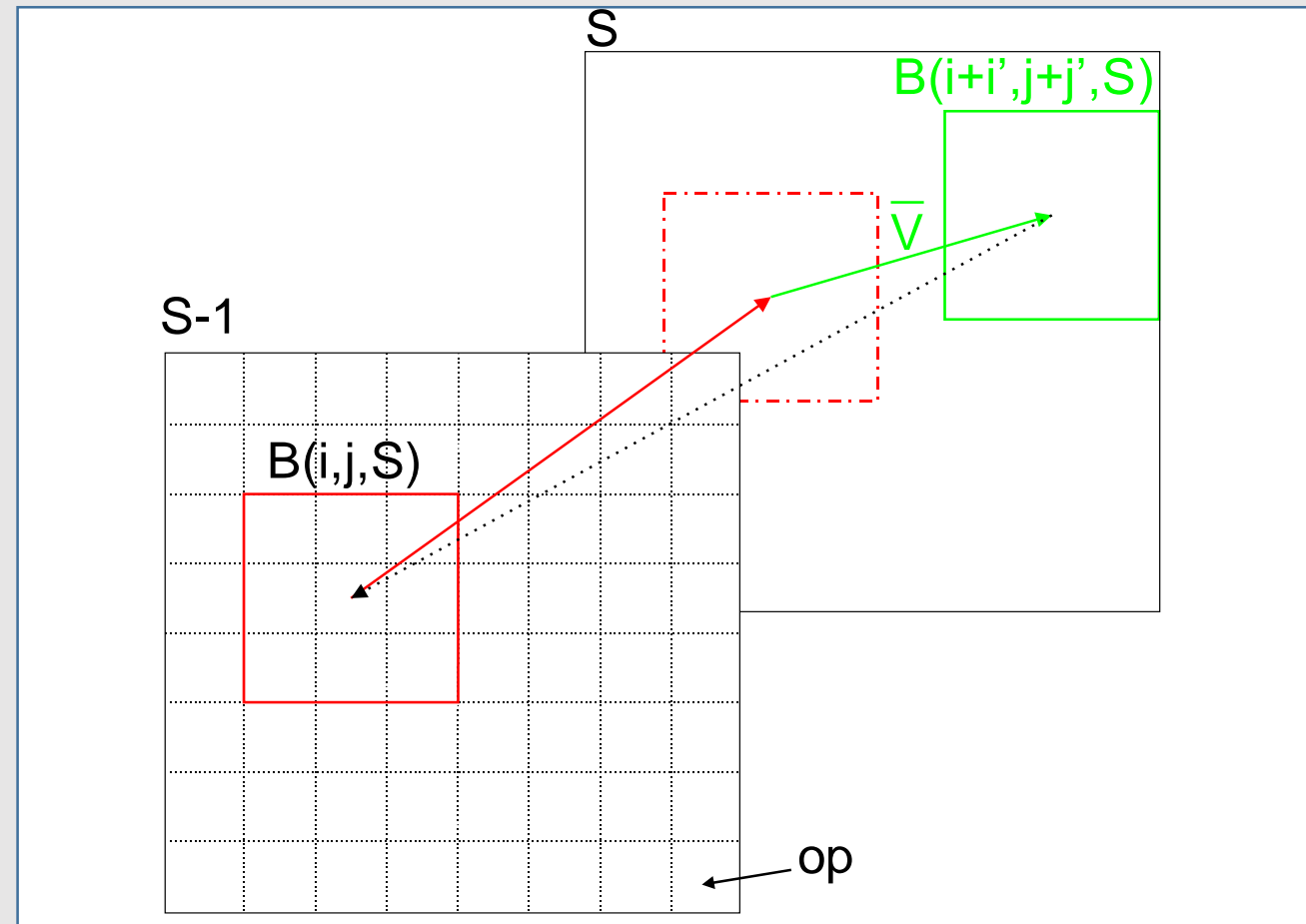
Predikcia s pohybovou kompenzáciou

Princíp algoritmov predikcie s pohybovou kompenzáciou spočíva v aktualizácii polohy op predošlej snímky. Táto aktualizácia sa vykoná na základe **vektoru pohybu**, ktorý popisuje zmenu polohy op.

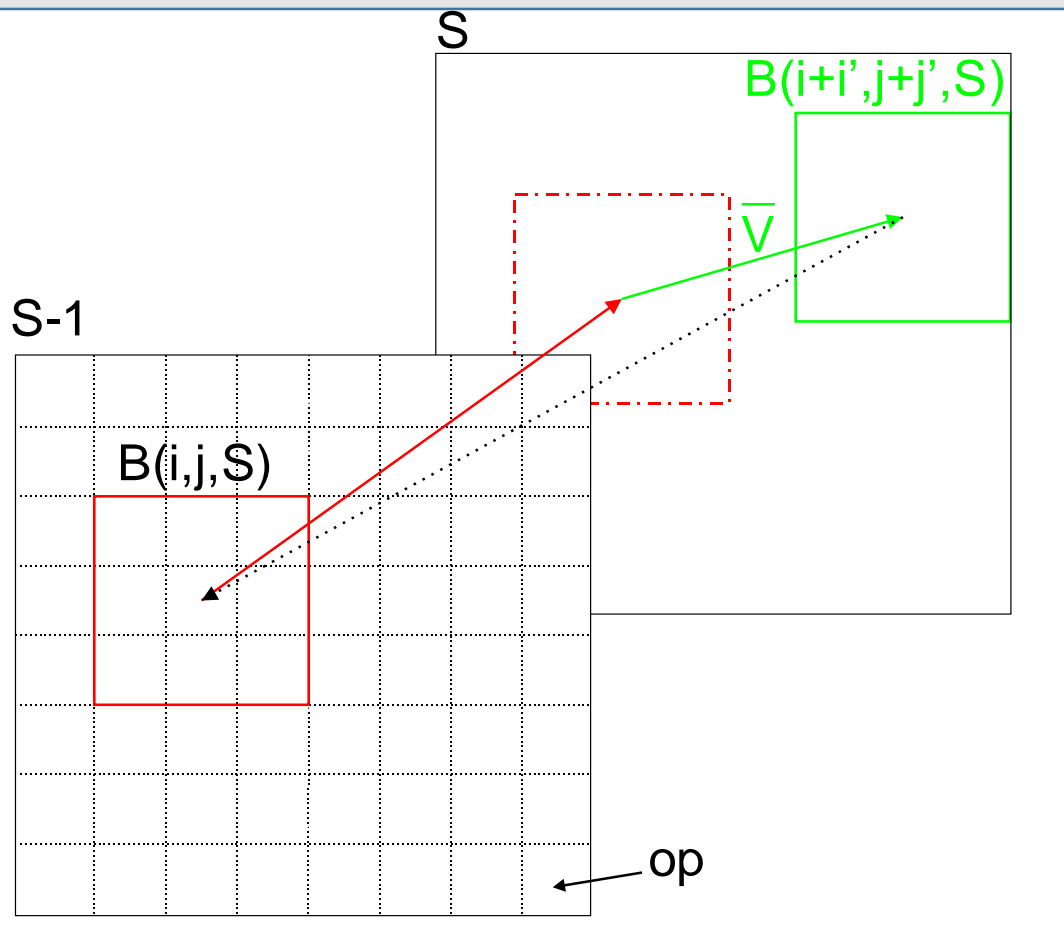
Vypočítať pohybový vektor pre každý jeden prvok nie je možné (resp. bolo by to veľmi nepraktické). Preto sa pohybový vektor určuje pre ortogonálne bloky.

Samotné vyhľadávanie sa uskutočňuje pomocou vyhodnocovania dvojdimenzionálnej normovanej korelačnej funkcie $r(\bar{V})$.

$$r(\bar{V}) = \frac{R_{x_s x_{s-1}}(\bar{V})}{\sqrt{R_{x_s x_s}(0) R_{x_{s-1} x_{s-1}}(0)}}$$



Predikcia obrazu – *Predikcia s pohybovou kompenzáciou*



$$r(i', j') = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N x_S(i, j) x_S(i + i', j + j')}{\sqrt{[\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N x_S^2(i, j)] [\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N x_{S-1}^2(i + i', j + j')]}}$$

Výpočet korelácie je výpočtovo náročný a pre zvýšenie efektivity vyhľadávania je možné použiť aj inú vyhodnocovaciu funkciu.

Funkcia skreslenia s využitím strednej kvadratickej chyby

- Hľadá sa jej minimum

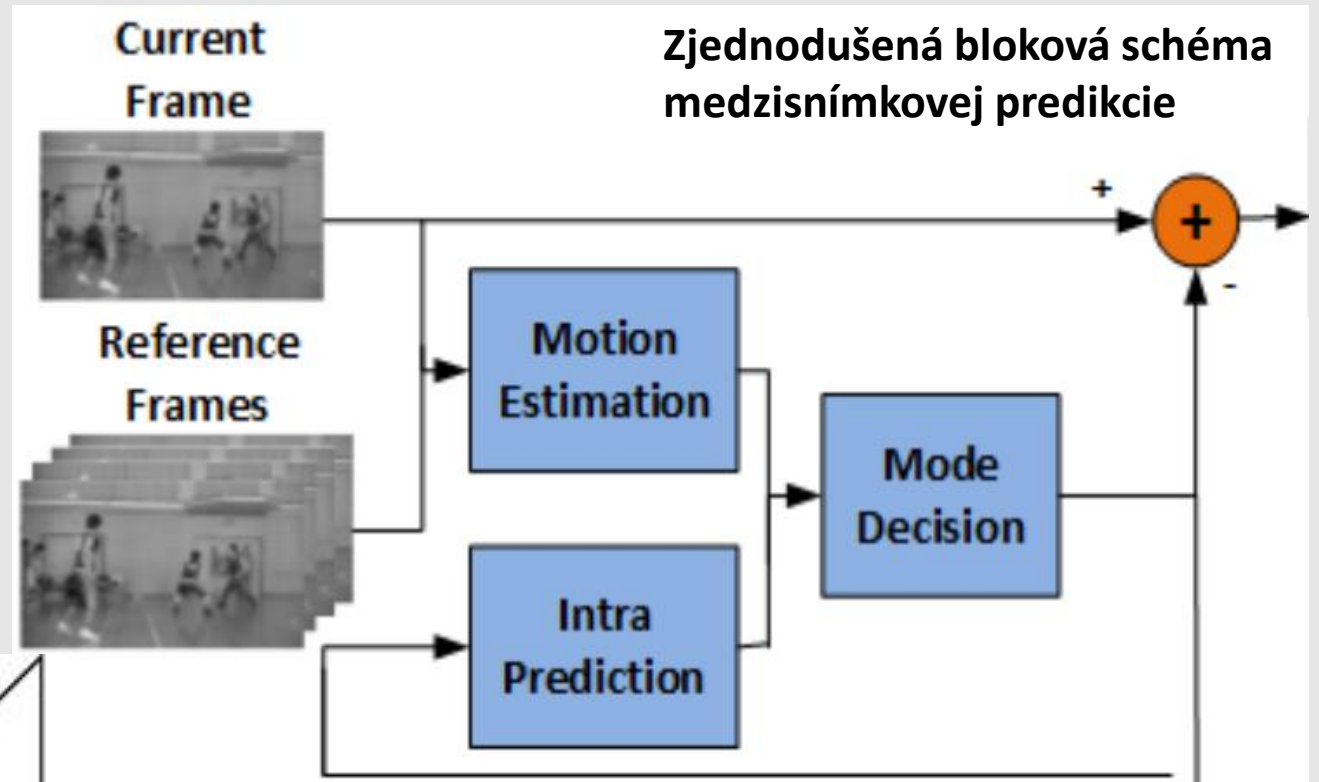
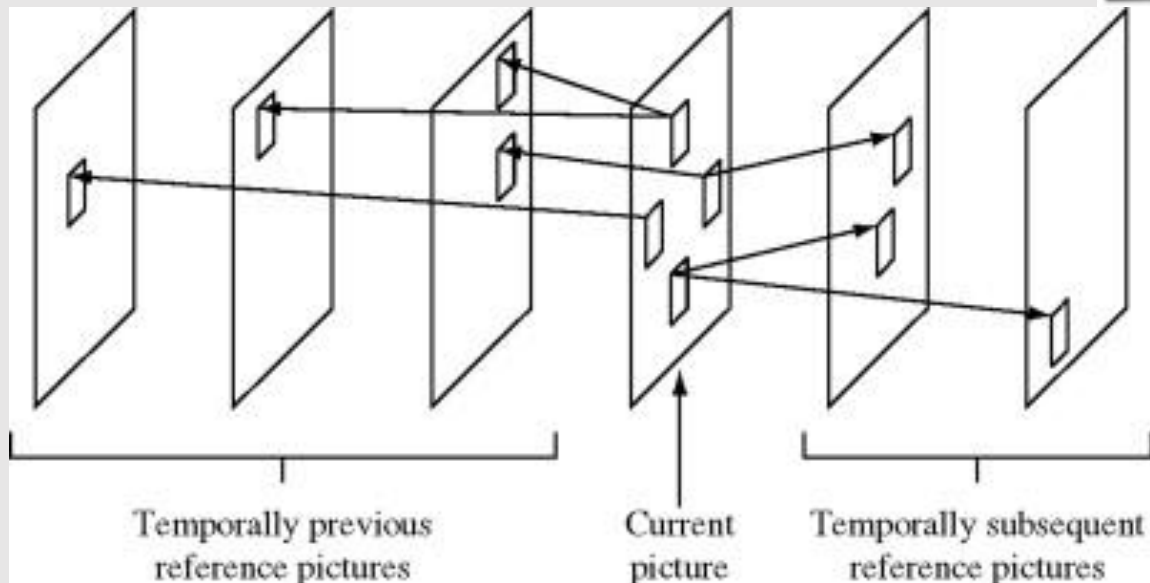
$$\sigma(i'j') = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (x_S(i, j) - x_{S-1}(i + i', j + j'))^2$$

Presnosť predikcie s pohybovou kompenzáciou závisí hlavne na veľkosti bloku a rýchlosti pohybu. Je potrebné nájsť kompromisný rozmer bloku.

- príliš malý blok, povedie k nesprávnej detekcii (vyššia pravdepodobnosť vysokej korelácie s nesprávnym blokom)
- príliš veľký blok, nezachytí pohyb rôznych častí obrazu

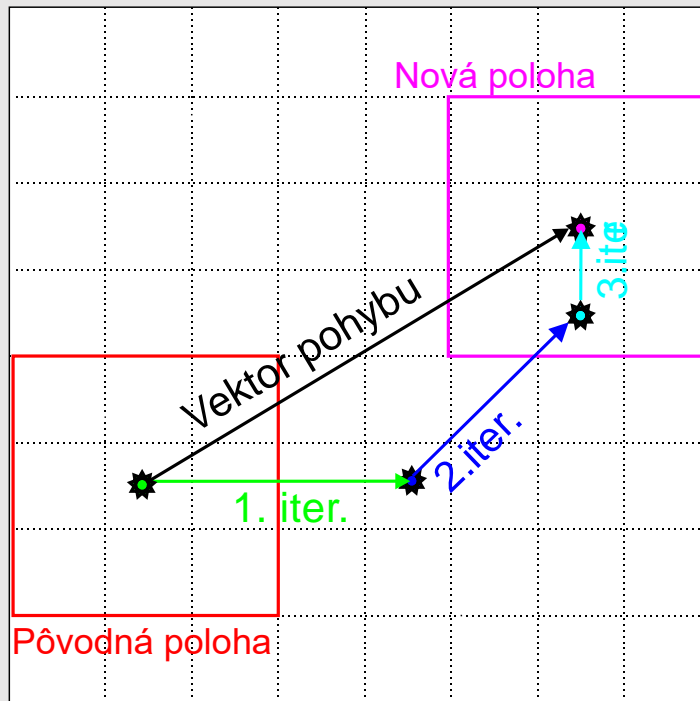
Predikcia obrazu – *Predikcia s pohybovou kompenzáciou*

- Medzisnímkovú predikciu je možné vykonať aj na základe viacerých predchádzajúcich snímiek. Vždy závisí od aplikácie a použitého videokodeku.



Predikcia obrazu – Rýchle algoritmy pohyb. kompenz.

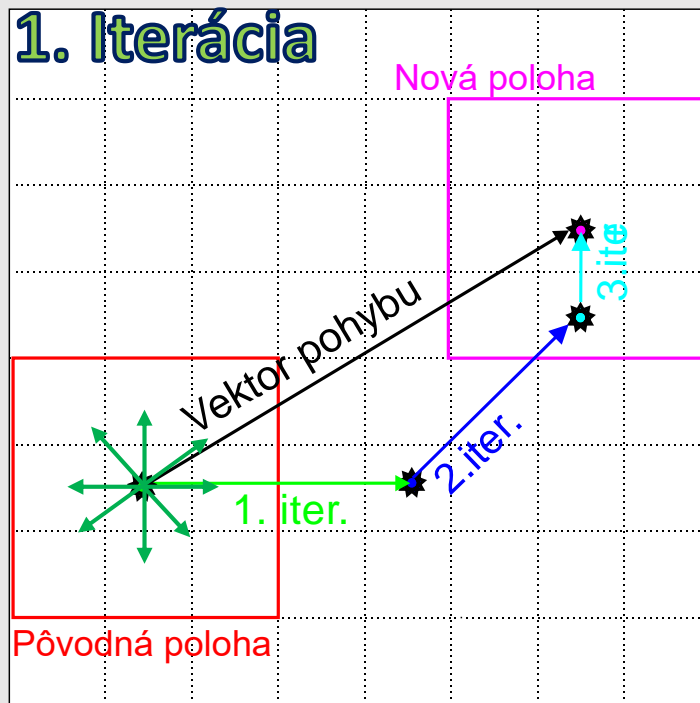
- Rýchly algoritmus pracuje tak, že sa hodnota funkcie skreslenia vypočíta najprv vo všetkých 8 smeroch od stredu bloku. Hodnota skreslenia sa vypočíta vo vzdialenosti, ktorá vychádza z maximálneho posunutia



- Uvažujeme blok s veľkosťou 3×3 op
- maximálne posunutie budeme uvažovať 6 op.
- Vzdialenosť medzi stredmi blokov v aktuálnej a nasledujúcej snímke pre prvú iteráciu budeme uvažovať 3 op.

Predikcia obrazu – Rýchle algoritmy pohyb. kompenz.

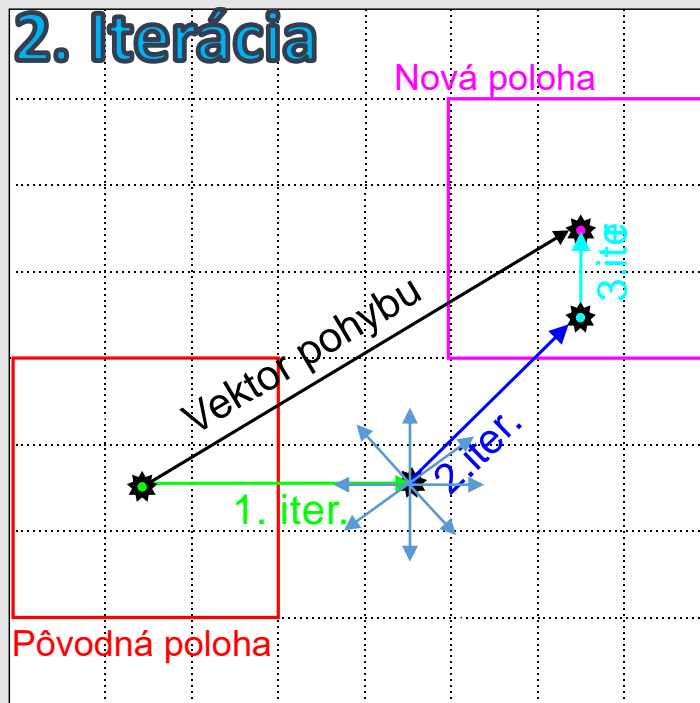
- Rýchly algoritmus pracuje tak, že sa hodnota funkcie skreslenia vypočíta najprv vo všetkých 8 smeroch od stredu bloku. Hodnota skreslenia sa vypočíta vo vzdialenosti, ktorá vychádza z maximálneho posunutia



- Uvažujeme blok s veľkosťou 3×3 op
- maximálne posunutie budeme uvažovať 6 op.
- Vzdialenosť medzi stredmi blokov v aktuálnej a nasledujúcej snímke pre prvú iteráciu budeme uvažovať 3 op.

Predikcia obrazu – Rýchle algoritmy pohyb. kompenz.

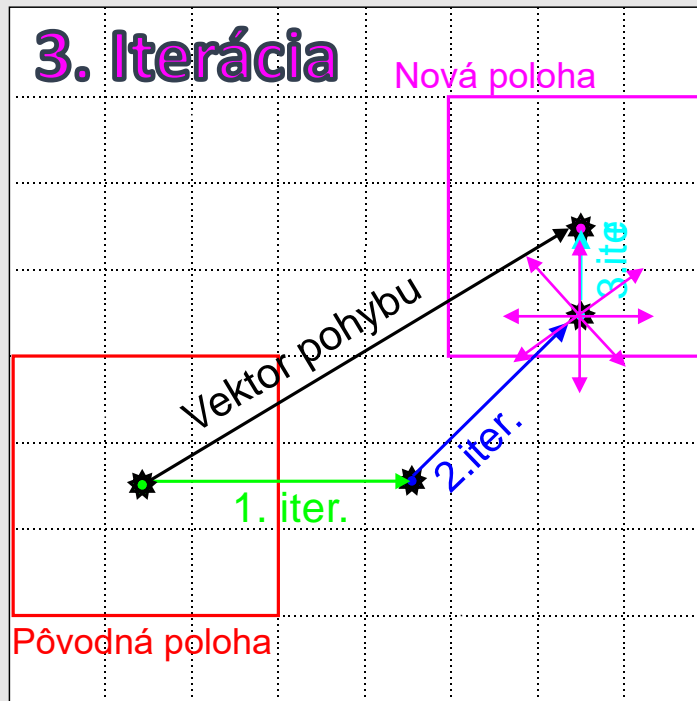
- Rýchly algoritmus pracuje tak, že sa hodnota funkcie skreslenia vypočíta najprv vo všetkých 8 smeroch od stredu bloku. Hodnota skreslenia sa vypočíta vo vzdialenosti, ktorá vychádza z maximálneho posunutia



- Potom, ako sa nájde vektor posunutia, definovaný prostredným prvkom nájdeného bloku, nasleduje 2. iterácia.
- **V tejto iterácii sa v 8 smeroch prehľadáva okolie prostredného prvku, ale vzdialenosť je teraz len 2 op.**

Predikcia obrazu – Rýchle algoritmy pohyb. kompenz.

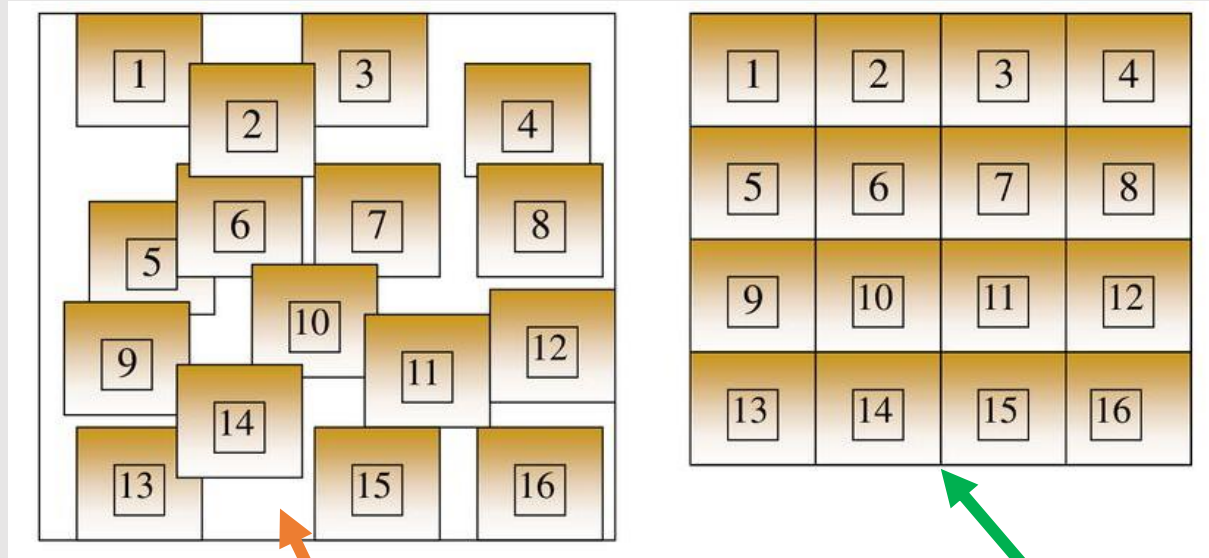
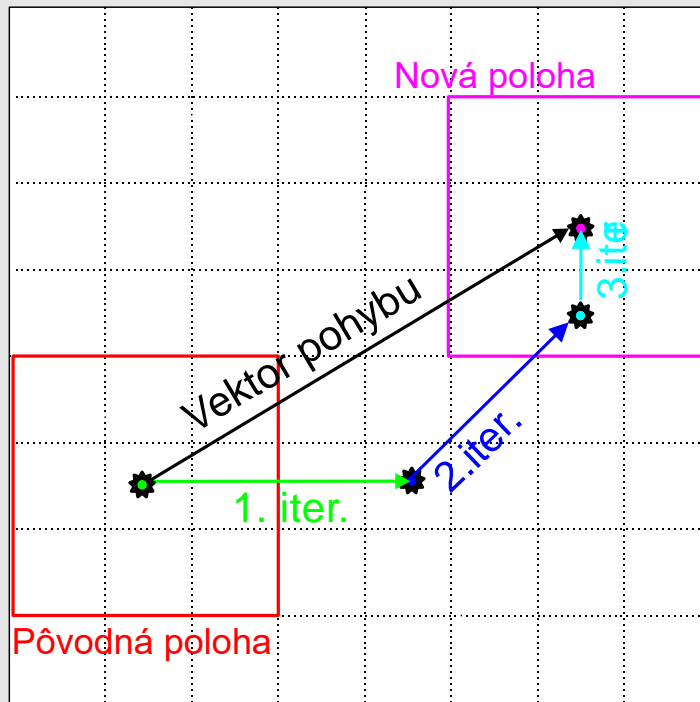
- Rýchly algoritmus pracuje tak, že sa hodnota funkcie skreslenia vypočíta najprv vo všetkých 8 smeroch od stredu bloku. Hodnota skreslenia sa vypočíta vo vzdialenosti, ktorá vychádza z maximálneho posunutia



- V tretej iterácii sa prehľadáva okolie so vzdialenosťou jedného op.

Predikcia obrazu – Rýchle algoritmy pohyb. kompenz.

- Rýchly algoritmus pracuje tak, že sa hodnota funkcie skreslenia vypočíta najprv vo všetkých 8 smeroch od stredu bloku. Hodnota skreslenia sa vypočíta vo vzdialenosti, ktorá vychádza z maximálneho posunutia



Pohybovo
kompenzované bloky v
predošlej snímke

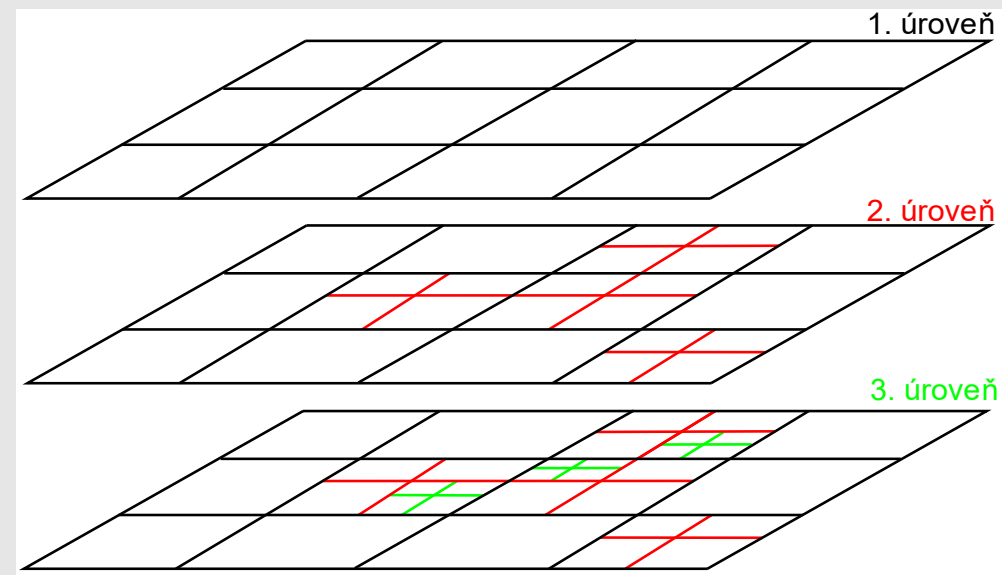
Predikované bloky
Aktuálnej snímky

Predikcia obrazu – *Adaptívne algoritmy*

- Časť obrazu sa môžu pohybovať rôznym smerom a rôznou rýchlosťou a ich veľkosť je vo všeobecnosti rôzna.
- **Je výhodné, aby veľkosť bloku bola aspoň čiastočne ovplyvnená týmito parametrami.**

Adaptívne algoritmy

- Princíp spočíva v rozdelení obrazu na bloky vo viacerých rovinách. V prvom kroku sa obraz rozdelí na rovnaké bloky
- Následne sa v zvolenom počte krokov vyhľadajú korešpondujúce bloky. Bloky, pre ktoré funkcia skreslenia prevýši zvolený prah sa ďalej rozdelia na menšie bloky
- V týchto blokoch sa znova vykoná vyhľadávanie a proces delenia bloku sa opakuje.
- Vektor pohybu nie je potrebné odhadovať vo všetkých ôsmich smeroch
- Na vyššej úrovni je výhodné vektor pohybu inicializovať vektorom pohybu z predchádzajúcej úrovne
- Takto sa navyšuje počet úrovní, až dokiaľ funkcia skreslenia pre všetky bloky nemá podprahovú úroveň, alebo sa nedosiahne stanovená maximálna úroveň



Ďakujem za
pozornosť!

Nabudúce

Všeobecný model kompresie

Predikčný, transformačný a hybridný kódovací systém

Entropické kódovanie

