

# Rekonštrukcia plôch z 3D mračien bodov

Jana Haličková

## Čo je to mračno bodov?

Mračno bodov je veľký súbor bodov (hovoríme rádovo o miliónoch bodov), pričom každý bod má zadefinovanú svoju polohu v priestore pomocou troch súradníc X,Y,Z.

## Na čo je nám mračno bodov?

Mračno bodov nám detailne a veľmi presne zachytáva a popisuje priestorové objekty a následne je využité na tvorbu priestorových modelov týchto objektov v počítačovom prostredí.

## Ako získavame mračno bodov?

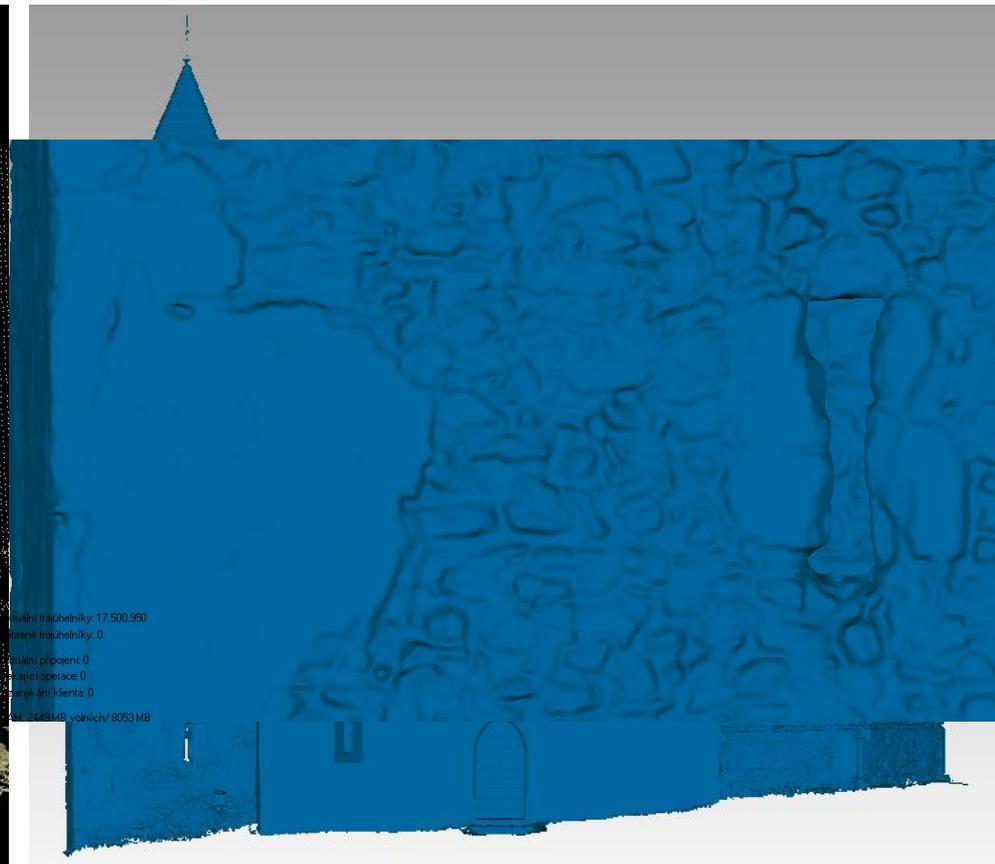
Mračno bodov vieme získať rôznymi meracími technikami ako je napr. laserové skenovanie, optické skenovanie, fotogrametria...

# Mračná bodov a laserové skenovanie

Mračno bodov kostola



3D model kostola



# Mračná bodov a laserové skenovanie

Rekonštrukcia  
plôch z 3D  
mračien bodov

Mračná bodov a  
laserové skenovanie

Metódy tvorby  
modelov využívané  
v komerčných  
softvéroch

Tvorba 3D modelov  
použitím LSMSR

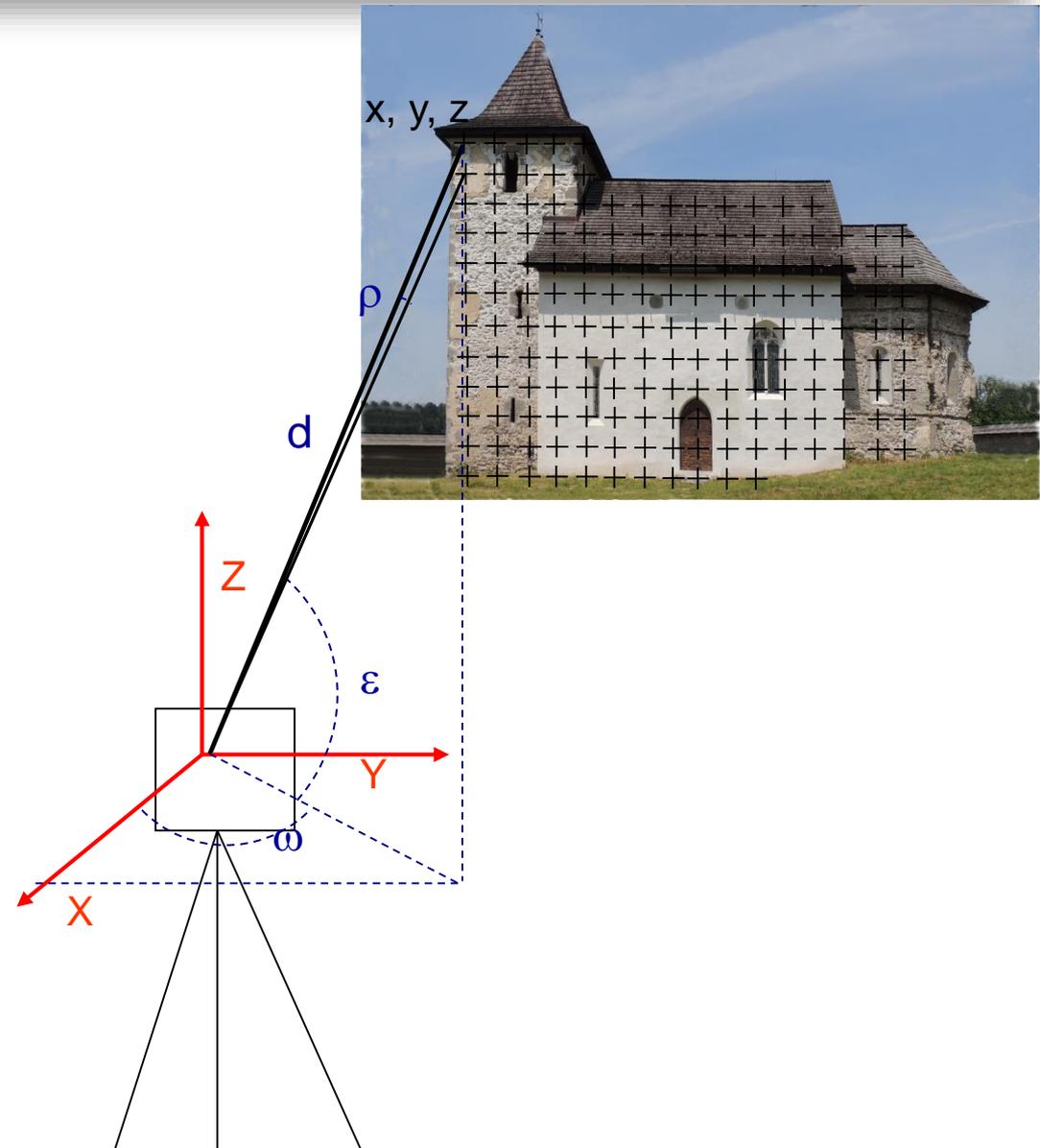
Matematický model  
LSMSR

Numerická realizácia  
LSMSR

Realizácia programu

Praktické príklady  
využitia LSMSR pri  
tvorbe modelov

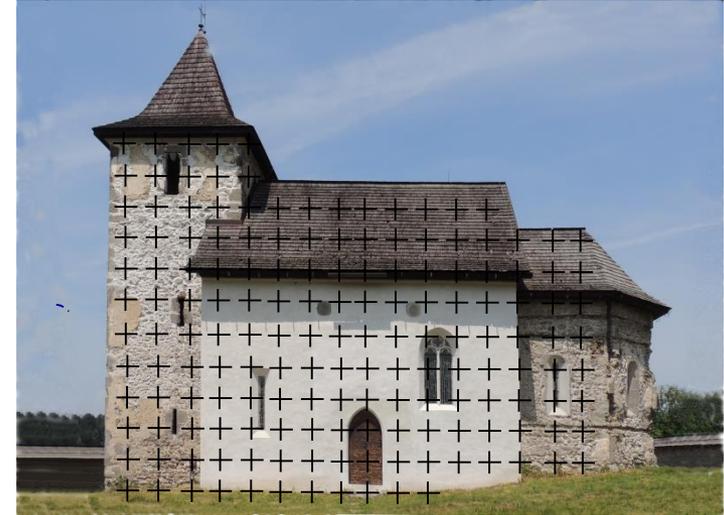
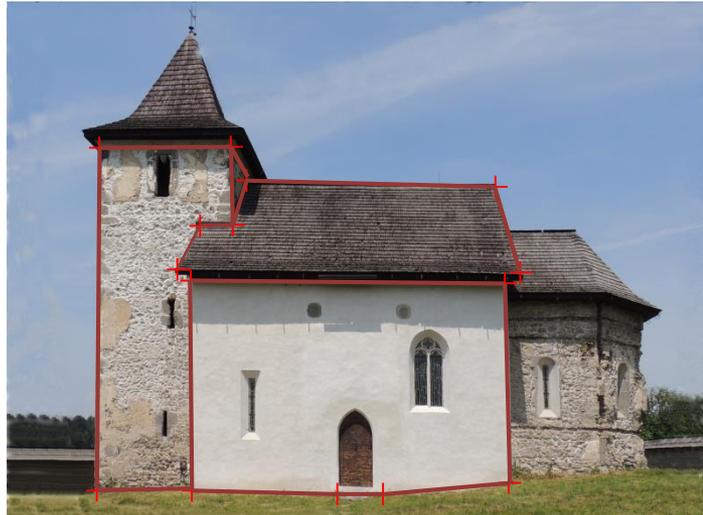
Záver



# Mračná bodov a laserové skenovanie

## Klasické geodetické meranie

## Laserové skenovanie



Rekonštrukcia  
plôch z 3D  
mračien bodov

Mračná bodov a  
laserové skenovanie

Metódy tvorby  
modelov využívané  
v komerčných  
softvéroch

Tvorba 3D modelov  
použitím LSMSR

Matematický model  
LSMSR

Numerická realizácia  
LSMSR

Realizácia programu

Praktické príklady  
využitia LSMSR pri  
tvorbe modelov

Záver

# Metódy tvorby modelov využívané v komerčných softvéroch

## Rekonštrukcia plôch z 3D mračien bodov

Mračná bodov a  
laserové skenovanie

## Metódy tvorby modelov využívané v komerčných softvéroch

Tvorba 3D modelov  
použitím LSMSR

Matematický model  
LSMSR

Numerická realizácia  
LSMSR

Realizácia programu

Praktické príklady  
využitia LSMSR pri  
tvorbe modelov

Záver

Komerčné softvéry dostupné na trhu využívajú predovšetkým tri spôsoby tvorby modelov a to

- trojuholníkové siete,
- NeUniformované Racionálne B-Spline plochy (NURBS),
- prekladanie jednoduchých matematicky definovaných geometrických útvarov .

Prvé dva spôsoby sa využívajú na vytvorenie modelov členitých nepravidelných objektov. Posledný spôsob tvorby modelom nachádza uplatnenie pri objektoch, ktoré sa tvarovo približujú matematicky definovaným objektom ako je guľa, kváder, valec, ihlan alebo kužeľ.

# Tvorba 3D modelov použitím level set metódy

## Rekonštrukcia plôch z 3D mračien bodov

Mračná bodov a  
laserové skenovanie

Metódy tvorby  
modelov využívané  
v komerčných  
softvéroch

## Tvorba 3D modelov použitím LSMSR

Matematický model  
LSMSR

Numerická realizácia  
LSMSR

Realizácia programu

Praktické príklady  
využitia LSMSR pri  
tvorbe modelov

Záver

- level set metóda (LSM) rieši level set rovnicu s neznámou level set (hladinovou) funkciou,
- princíp LSM spočíva v modelovaní izočiari hladinovej funkcie vhodne navrhnutou parciálnou diferenciálnou rovnicou (PDR),
- využitie LSM – v oblastiach fyziky, matematiky, biológie, počítačovej grafiky,
- v práci navrhnutá metódy Level Set Method Surface Reconstruction (LSMSR) pracuje s level set funkciou po častiach konštatnej (skokovitej) funkcie, čo umožňuje rýchle nájdenie počiatočného odhadu modelu

## Rekonštrukcia plôch z 3D mračien bodov

Mračná bodov a  
laserové skenovanie

Metódy tvorby  
modelov využívané  
v komerčných  
softvéroch

Tvorba 3D modelov  
použitím LSMSR

## Matematický model LSMSR

Numerická realizácia  
LSMSR

Realizácia programu

Praktické príklady  
využitia LSMSR pri  
tvorbe modelov

Záver

Tvorba modelu objektu pozostáva z riešenia dvoch parciálnych diferenciálnych rovníc – eikonalovej rovnice a rovnice advekcie (*Bourgine et al., 2009*)

Dištančná funkcia  $d(x)$  pre ľubovoľný súbor bodov  $\Omega_0$  riešu eikonalovú rovnicu

$$|\nabla d(x)| = 1,$$

s okrajovými podmienkami dirichletovho typu

$$d(x) = 0 \text{ pre } x \in \Omega_0 \subset \Omega,$$

kde  $\Omega$  predstavuje výpočtovú oblasť a  $\Omega_0$  body vstupného súboru.

Druhou parciálnou diferenciálnou rovnicou je rovnica advekcie s krivosťou

$$u_t - \nabla d \cdot \nabla u + \delta |\nabla u| \nabla \cdot \left( \frac{\nabla u}{|\nabla u|} \right) = 0,$$

kde  $(x, t) \in \Omega \times [0, T_S]$ ,

$u$  predstavuje hľadanú funkciu reprezentujúcu model telesa,

-  $\nabla d$  predstavuje vektorové rýchlostné pole,  
 $\delta$  nám určuje, v akom rozsahu nám krivosť objektu v danom bode ovplyvňuje pohyb plochy (nadobúda hodnoty 0 až 1).

Rekonštrukcia  
plôch z 3D  
mračen bodov

Mračná bodov a  
laserové skenovanie

Metódy tvorby  
modelov využívané  
v komerčných  
softvéroch

Tvorba 3D modelov  
použitím LSMR

Matematický model  
LSMR

Numerická realizácia  
LSMR

Realizácia programu

Praktické príklady  
využitia LSMR pri  
tvorbe modelov

Záver

## Rekonštrukcia plôch z 3D mračien bodov

Mračná bodov a  
laserové skenovanie

Metódy tvorby  
modelov využívané  
v komerčných  
softvéroch

Tvorba 3D modelov  
použitím LSMSR

Matematický model  
LSMSR

## Numerická realizácia LSMSR

Realizácia programu

Praktické príklady  
využitia LSMSR pri  
tvorbe modelov

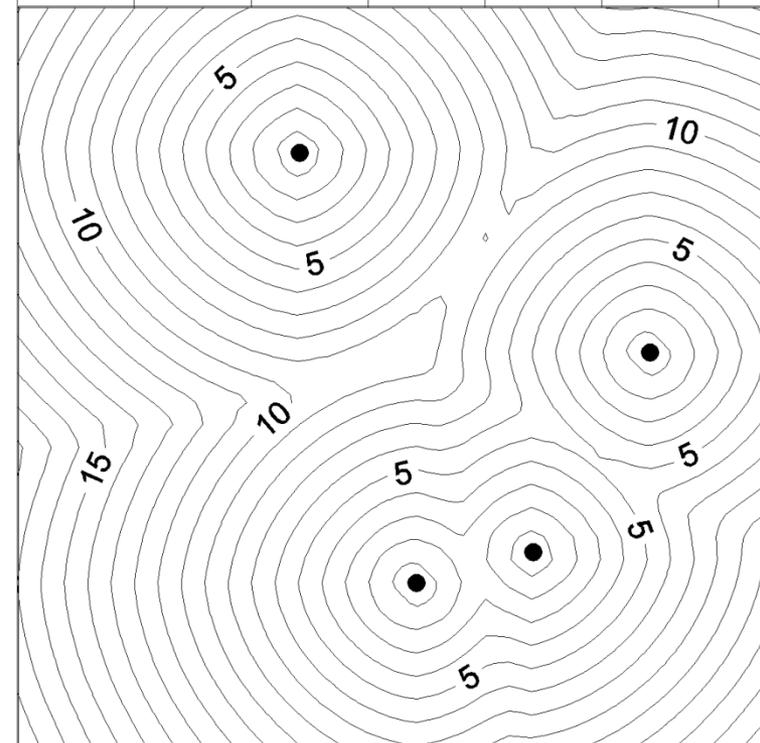
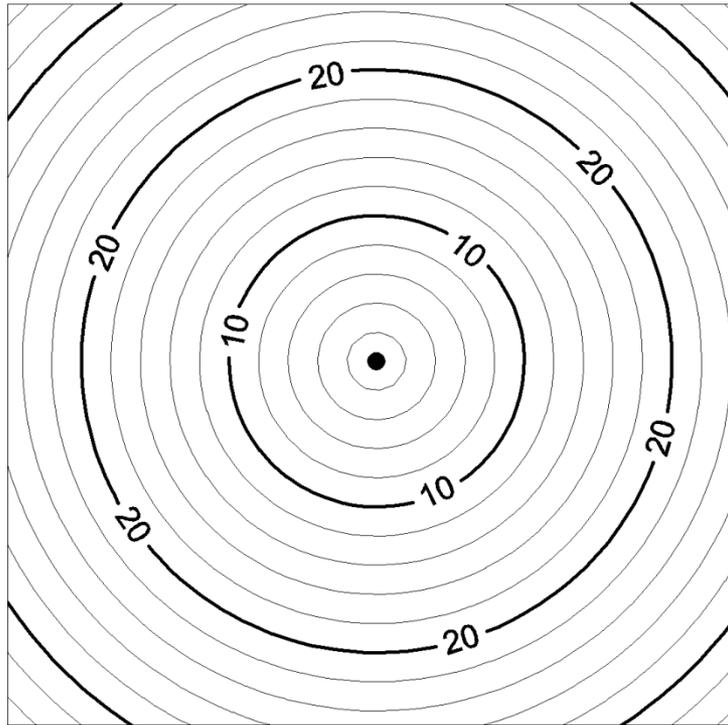
Záver

Numerické riešenie navrhnutého matematického modelu môžeme zhrnúť do troch krokov:

- **Riešenie eikonalovej rovnice**– nájdenie rýchleho algoritmu na výpočet dištančnej funkcie pre ľubovoľný údajový súbor na pravouhlej mriežke,
- **Nájdenie počiatočného odhadu hľadaného modelu,**
- **Riešenie rovnice advekcie s krivosťou** - vytvorenie výsledného modelu (z počiatočného odhadu), ktorý čo najlepšie aproximuje skutočný tvar telesa.

## Riešenie eikonalovej rovnice

Dištančná funkcie oblasti  $\Omega$  pre súbor bodov  $\Omega_0$



Rekonštrukcia  
plôch z 3D  
mračien bodov

Mračná bodov a  
laserové skenovanie

Metódy tvorby  
modelov využívané  
v komerčných  
softvéroch

Tvorba 3D modelov  
použitím LSMSR

Matematický model  
LSMSR

Numerická  
realizácia LSMSR

Realizácia programu

Praktické príklady  
využitia LSMSR pri  
tvorbe modelov

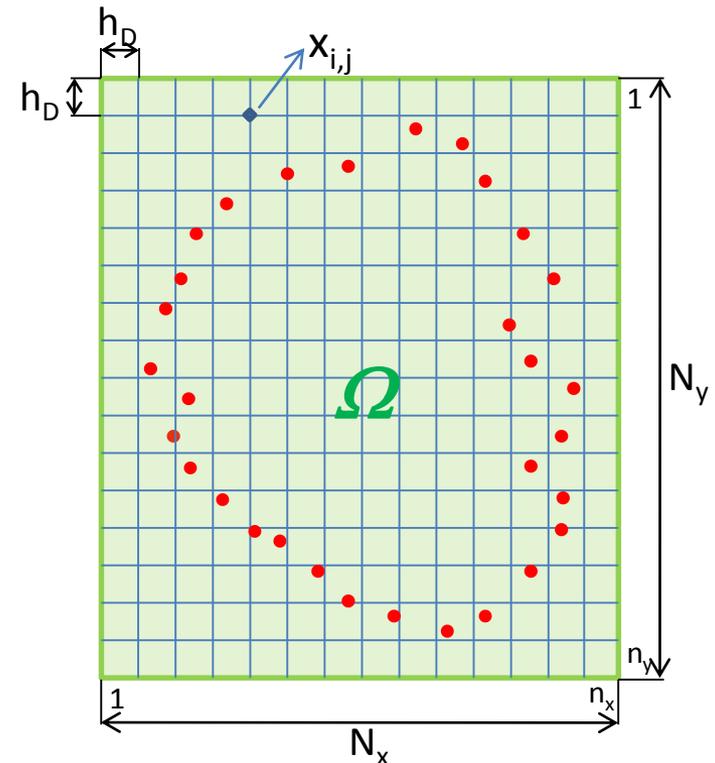
Záver

## Riešenie eikonalovej rovnice

Riešenie pozostáva z dvoch krokov:

1. Diskretizácia oblasti
2. Samotný výpočet

### Diskretizácia oblasti



- bod údajového súboru  $\Omega_0$
- hranice výpočtovej oblasti  $\Omega$
- $h_D$  vzdialenosť medzi bodmi siete
- $x_{i,j}$  bod mriežky

Rekonštrukcia  
plôch z 3D  
mračien bodov

Mračná bodov a  
laserové skenovanie

Metódy tvorby  
modelov využívané  
v komerčných  
softvéroch

Tvorba 3D modelov  
použitím LSMSR

Matematický model  
LSMSR

Numerická  
realizácia LSMSR

Realizácia programu

Praktické príklady  
využitia LSMSR pri  
tvorbe modelov

Záver

## Riešenie eikonalovej rovnice

Riešenie eikonalovej rovnice metódou časovej relaxácie s fixáciou

V tejto metóde uvažujeme nestacionárnu eikonalovú rovnicu v tvare

$$d_t + |\nabla d| = 1$$

s podmienkou Dirichletovho typu

$$d(x, t) = 0 \quad x \in \Omega_0 \subset \Omega$$

Rekonštrukcia  
plôch z 3D  
mračien bodov

Mračná bodov a  
laserové skenovanie

Metódy tvorby  
modelov využívané  
v komerčných  
softvéroch

Tvorba 3D modelov  
použitím LSMSR

Matematický model  
LSMSR

Numerická  
realizácia LSMSR

Realizácia programu

Praktické príklady  
využitia LSMSR pri  
tvorbe modelov

Záver

## Riešenie eikonalovej rovnice

Riešenie eikonalovej rovnice metódou časovej relaxácie s fixáciou

Na numerické riešenie použijeme explicitnú časovú diskretizáciu s časovým krokom  $\tau_D$ . Rovnica je diskretizovaná v priestore pomocou Rouy - Tourinovej schémy rozšírenej o fixáciu (*Bourgine et al., 2009*)

$$d_{i,j,k}^{n+1} = d_{i,j,k}^n + \tau_D - \frac{\tau_D}{h_D} \sqrt{\max(M_{i,j,k}^{-1,0,0}, M_{i,j,k}^{1,0,0}) + \max(M_{i,j,k}^{0,-1,0}, M_{i,j,k}^{0,1,0}) + \max(M_{i,j,k}^{0,0,-1}, M_{i,j,k}^{0,0,1})},$$

kde 
$$M_{i,j,k}^{p,q,r} = (\min(d_{i+p,j+q,k+r}^n - d_{i,j,k}^n, 0))^2$$

$$p, q, r \in \{-1, 0, 1\}, |p| + |q| + |r| = 1.$$

Táto schéma je stabilná pre  $\tau_D \leq h_D/2$ .

Rekonštrukcia  
plôch z 3D  
mračien bodov

Mračná bodov a  
laserové skenovanie

Metódy tvorby  
modelov využívané  
v komerčných  
softvéroch

Tvorba 3D modelov  
použitím LSMSR

Matematický model  
LSMSR

Numerická  
realizácia LSMSR

Realizácia programu

Praktické príklady  
využitia LSMSR pri  
tvorbe modelov

Záver

## Nájdenie vhodného počiatočného odhadu

Nájdenie počiatočného odhadu pozostáva

- voľba parametra  $\beta$
- voľba začiatočného regiónu
- vytvorenie počiatočného odhadu

Rekonštrukcia  
plôch z 3D  
mračien bodov

Mračná bodov a  
laserové skenovanie

Metódy tvorby  
modelov využívané  
v komerčných  
softvéroch

Tvorba 3D modelov  
použitím LSMSR

Matematický model  
LSMSR

**Numerická  
realizácia LSMSR**

Realizácia programu

Praktické príklady  
využitia LSMSR pri  
tvorbe modelov

Záver

## Nájdenie vhodného počiatočného odhadu

Rekonštrukcia  
plôch z 3D  
mračien bodov

Mračná bodov a  
laserové skenovanie

Metódy tvorby  
modelov využívané  
v komerčných  
softvéroch

Tvorba 3D modelov  
použitím LSMSR

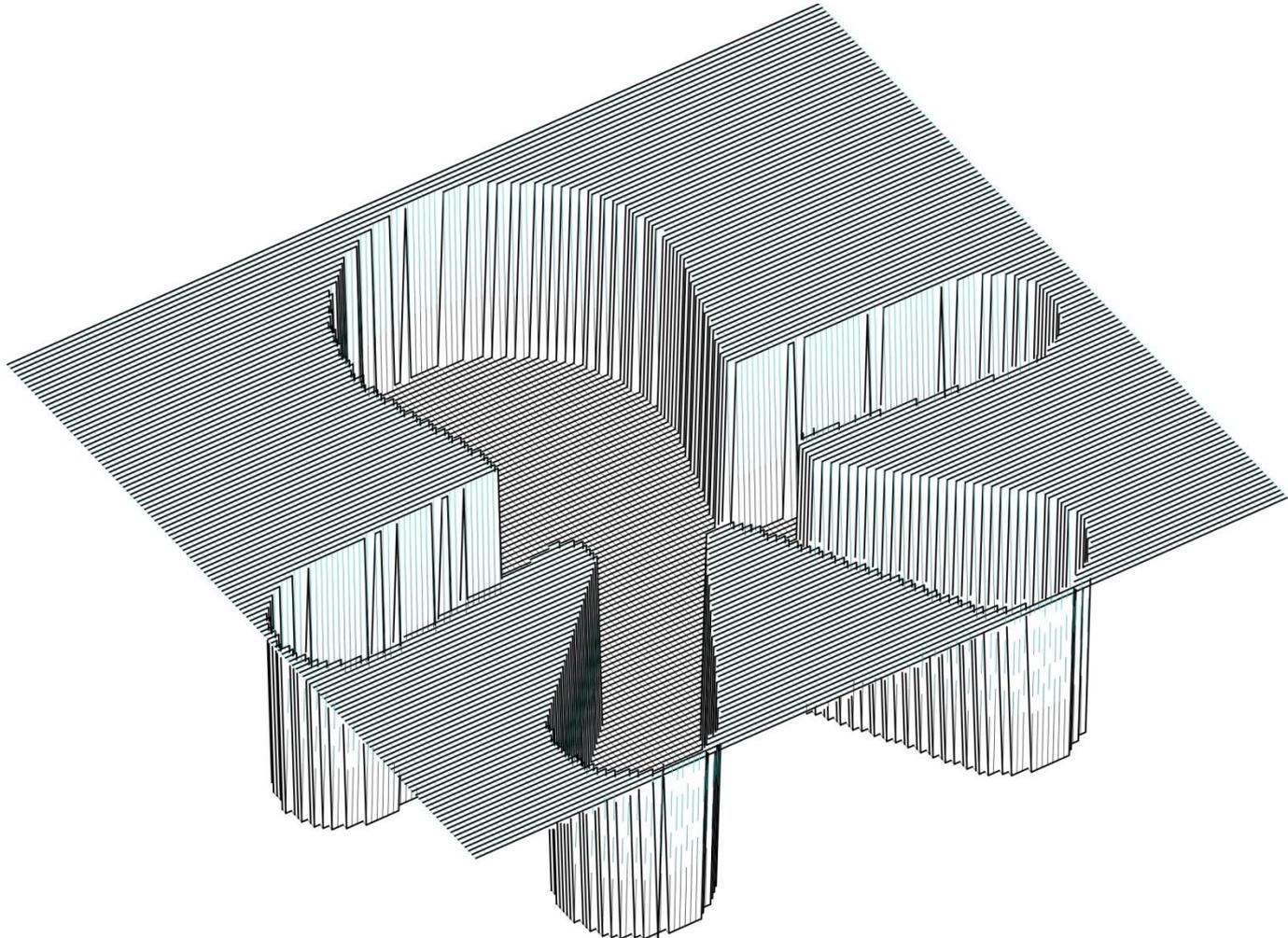
Matematický model  
LSMSR

**Numerická  
realizácia LSMSR**

Realizácia programu

Praktické príklady  
využitia LSMSR pri  
tvorbe modelov

Záver



## Riešenie rovnice advekcie bez člena vyjadrujúceho krivosť

Na riešenie rovnice advekcie bez člena vyjadrujúceho krivosť v tvare

$$u_t - \nabla d \cdot \nabla u = 0$$

použijeme časovú diskretizáciu s časovým krokom  $\tau_s$  priestorovú diskretizáciu s veľkosťou elementu mriežky  $h_s$  založenú na upwind princípe (*Bourgine et al., 2009*)(*Corsaro et al., 2006*)

Na riešenie level set formulácie pre pohyb plochy podľa strednej krivosti v tvare

$$u_t - |\nabla u| \nabla \cdot \left( \frac{\nabla u}{|\nabla u|} \right) = 0 \quad u(x,0) = u_0(x) \quad x \in \Omega$$

použijeme jednoduchú explicitnú schému metódu navrhnutú v (*Osher, Sethian, 1988*).

Rekonštrukcia  
plôch z 3D  
mračien bodov

Mračná bodov a  
laserové skenovanie

Metódy tvorby  
modelov využívané  
v komerčných  
softvéroch

Tvorba 3D modelov  
použitím LSMSR

Matematický model  
LSMSR

Numerická  
realizácia LSMSR

Realizácia programu

Praktické príklady  
využitia LSMSR pri  
tvorbe modelov

Záver

## Riešenie rovnice advekcie s krivosťou

Výsledná aproximácia rovnice advekcie s krivosťou má tvar

$$u_{i,j,k}^{n+1} = u_{i,j,k}^n - \frac{\tau_S}{h_S} \left[ \begin{aligned} & \max(-D_{i,j,k}^x d, 0) (u_{i,j,k}^n - u_{i-1,j,k}^n) + \min(-D_{i,j,k}^x d, 0) (u_{i+1,j,k}^n - u_{i,j,k}^n) + \\ & \max(-D_{i,j,k}^y d, 0) (u_{i,j,k}^n - u_{i,j-1,k}^n) + \min(-D_{i,j,k}^y d, 0) (u_{i,j+1,k}^n - u_{i,j,k}^n) + \\ & \max(-D_{i,j,k}^z d, 0) (u_{i,j,k}^n - u_{i,j,k-1}^n) + \min(-D_{i,j,k}^z d, 0) (u_{i,j,k+1}^n - u_{i,j,k}^n) \end{aligned} \right] +$$

$$+ \frac{\tau}{\varepsilon + (u_{x_{i,j,k}}^n)^2 + (u_{y_{i,j,k}}^n)^2 + (u_{z_{i,j,k}}^n)^2} \left( \begin{aligned} & \left( \varepsilon + (u_{y_{i,j,k}}^n)^2 + (u_{z_{i,j,k}}^n)^2 \right) u_{xx_{i,j,k}}^n + \left( \varepsilon + (u_{x_{i,j,k}}^n)^2 + (u_{z_{i,j,k}}^n)^2 \right) u_{yy_{i,j,k}}^n + \\ & \left( \varepsilon + u_{x_{i,j,k}}^n + u_{y_{i,j,k}}^n \right) u_{zz_{i,j,k}}^n - 2u_{x_{i,j,k}}^n u_{y_{i,j,k}}^n u_{xy_{i,j,k}}^n - \\ & - 2u_{x_{i,j,k}}^n u_{z_{i,j,k}}^n u_{xz_{i,j,k}}^n - 2u_{y_{i,j,k}}^n u_{z_{i,j,k}}^n u_{yz_{i,j,k}}^n \end{aligned} \right)$$

Platí:

$D_{i,j,k}^x, D_{i,j,k}^y, D_{i,j,k}^z$  sú centrálné diferencie ,

$u_{x_{i,j,k}}^n, u_{y_{i,j,k}}^n, u_{z_{i,j,k}}^n, u_{xx_{i,j,k}}^n, u_{yy_{i,j,k}}^n, u_{zz_{i,j,k}}^n, u_{xy_{i,j,k}}^n, u_{xz_{i,j,k}}^n, u_{yz_{i,j,k}}^n$  sú

diferencie prvého a druhého rádu,

$h_S$  volíme rovné  $h_D$

$\tau_S$  volíme rovné alebo menšie ako  $h_S^2/4$ .

Rekonštrukcia  
plôch z 3D  
mračien bodov

Mračná bodov a  
laserové skenovanie

Metódy tvorby  
modelov využívané  
v komerčných  
softvéroch

Tvorba 3D modelov  
použitím LSMSR

Matematický model  
LSMSR

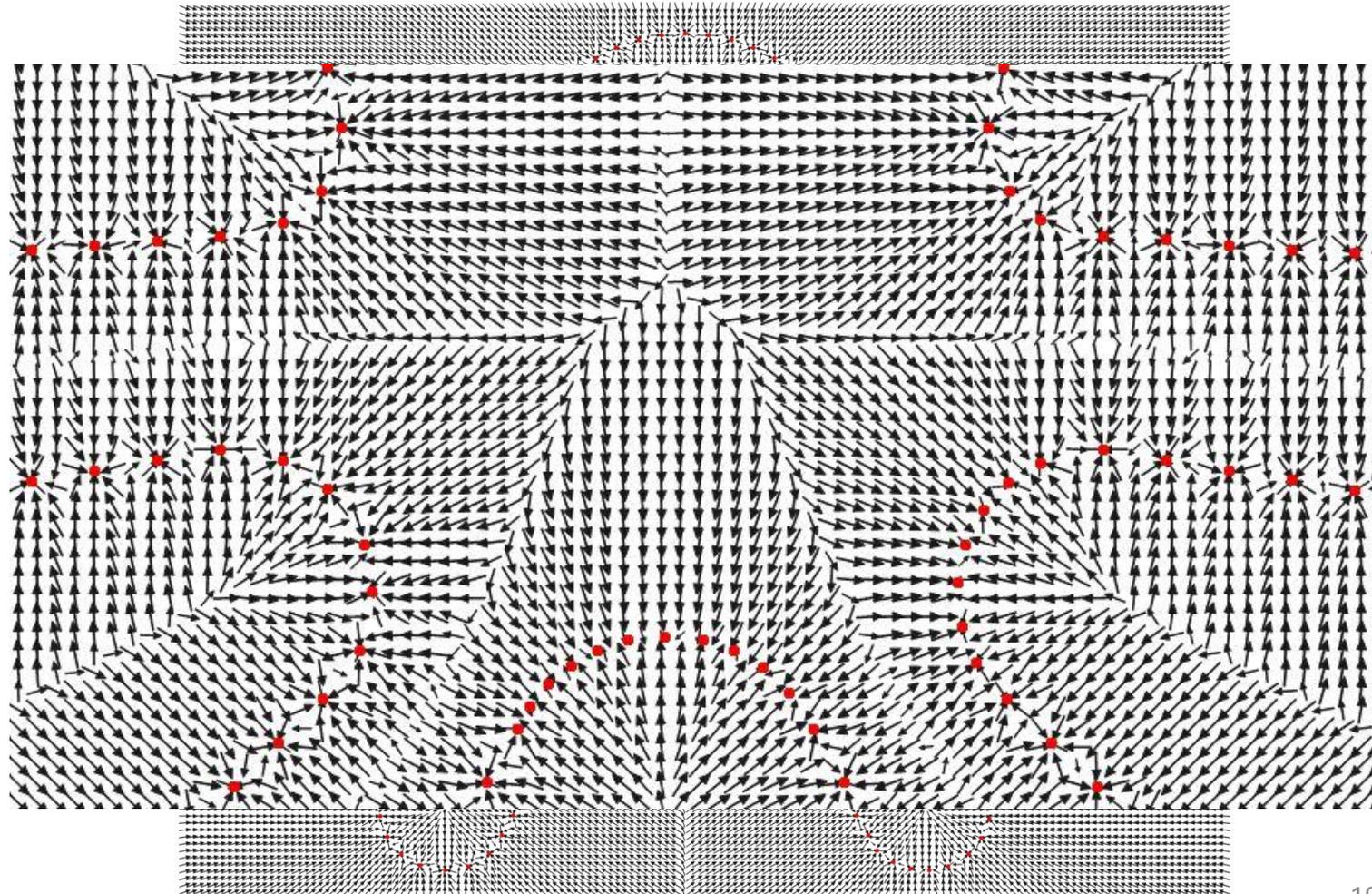
Numerická  
realizácia LSMSR

Realizácia programu

Praktické príklady  
využitia LSMSR pri  
tvorbe modelov

Záver

## Riešenie rovnice advekcie bez člena vyjadrujúceho krivosť



Rekonštrukcia  
plôch z 3D  
mračien bodov

Mračná bodov a  
laserové skenovanie

Metódy tvorby  
modelov využívané  
v komerčných  
softvéroch

Tvorba 3D modelov  
použitím LSMSR

Matematický model  
LSMSR

**Numerická  
realizácia LSMSR**

Realizácia programu

Praktické príklady  
využitia LSMSR pri  
tvorbe modelov

Záver

Po zedefinovaní matematického modelu a navrhnutí jeho numerického riešenia bolo ďalším cieľom otestovať navrhnutú metódu na konkrétnych príkladoch získaných LS. K tomu bolo potrebné na základe popísanej metódy LSMSR vytvoriť vlastný program. Programovanie prebiehalo v jazyku C v prostredí Dev-C++ ako konzolová aplikácia.

Grafické zobrazenia výpočtu prebehli v programe Golden Software Voxler. Pre porovnanie boli vytvorené modely objektov aj v komerčných softvéroch ako Geomagic Studio, PhotoModeler Scanner a RealWorks Survey.

## Rekonštrukcia plôch z 3D mračien bodov

Mračná bodov a  
laserové skenovanie

Metódy tvorby  
modelov využívané  
v komerčných  
softvéroch

Tvorba 3D modelov  
použitím LSMSR

Matematický model  
LSMSR

Numerická realizácia  
LSMSR

## Realizácia programu

Praktické príklady  
využitia LSMSR pri  
tvorbe modelov

Záver

# Praktické príklady využitia LSMSR pri tvorbe modelov

## Rekonštrukcia plôch z 3D mračien bodov

Mračná bodov a  
laserové skenovanie

Metódy tvorby  
modelov využívané  
v komerčných  
softvéroch

Tvorba 3D modelov  
použitím LSMSR

Matematický model  
LSMSR

Numerická realizácia  
LSMSR

Realizácia programu

**Praktické príklady  
využitia LSMSR pri  
tvorbe modelov**

Záver

objekt	rozmer objektu	počet meraných bodov	hustota bodov	veľkosť mriežky	počet buniek
ľudský stavec	95x85x50 mm	1133	3 mm	0.5 mm	160x150x140
		2424	2 mm	0.4 mm	200x200x140
studňa v Gerulate	2.8x2.8x1.1 m	3704	5 cm	10 mm	285x285x110
		11441	3 cm		
generátor turbíny	2.5x2.5x1.0	49 471	15 mm	10 mm	250x250x100
časť sochy	1.8x1.2x0.3 m	20 137	10 mm	5 mm	360x240x60

# Praktické príklady využitia LSMSR pri tvorbe modelov

Rekonštrukcia  
plôch z 3D  
mračien bodov

Mračná bodov a  
laserové skenovanie

Metódy tvorby  
modelov využívané  
v komerčných  
softvéroch

Tvorba 3D modelov  
použitím LSMSR

Matematický model  
LSMSR

Numerická realizácia  
LSMSR

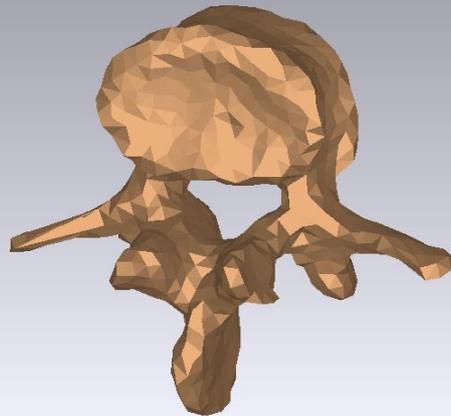
Realizácia programu

Praktické príklady  
využitia LSMSR pri  
tvorbe modelov

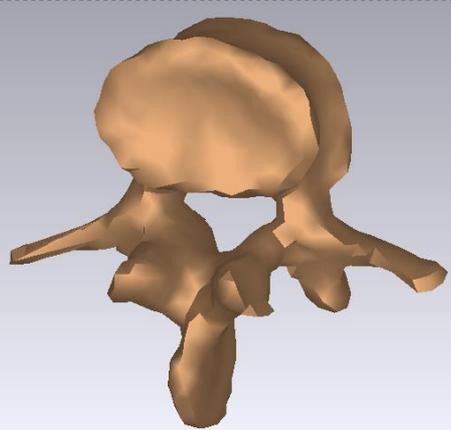
Záver

*Geomagic Studio*

*plošne tieňovaný*

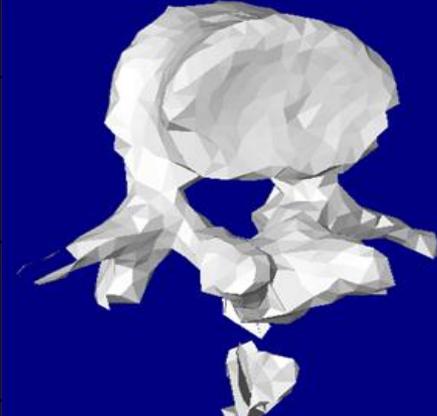


*plynulo tieňovaný*

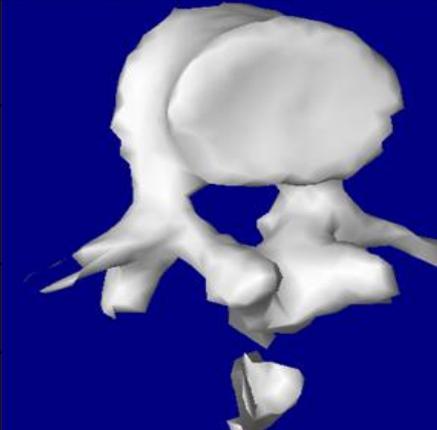


*PhotoModeler  
Scanner*

*plošne tieňovaný*



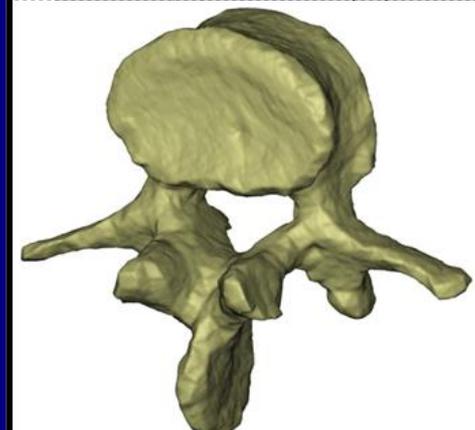
*plynulo tieňovaný*



*RealWorks  
Survey*



**LSMSR**



# Praktické príklady využitia LSMSR pri tvorbe modelov

Detail modelu stavca vytvoreného v komerčných softvéroch a metódou LSMSR pri hustote bodov 3 mm



	<i>Geomagic Studio</i>	<i>PhotoModeler Scanner</i>	<i>RealWorks Survey</i>
	<i>plošne tieňovaný</i>	<i>plošne tieňovaný</i>	
	<i>plynulo tieňovaný</i>	<i>plynulo tieňovaný</i>	<b>LSMSR</b>

Rekonštrukcia plôch z 3D mračien bodov

Mračná bodov a laserové skenovanie

Metódy tvorby modelov využívané v komerčných softvéroch

Tvorba 3D modelov použitím LSMSR

Matematický model LSMSR

Numerická realizácia LSMSR

Realizácia programu

Praktické príklady využitia LSMSR pri tvorbe modelov

Záver

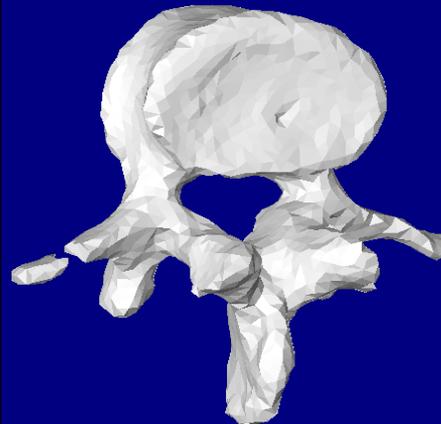
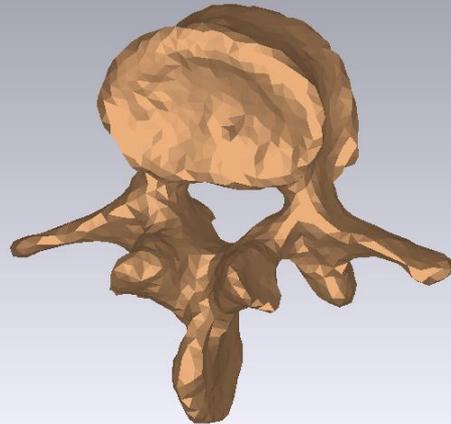
# Praktické príklady využitia LSMSR pri tvorbe modelov

*Geomagic Studio*

*PhotoModeler  
Scanner*

*RealWorks  
Survey*

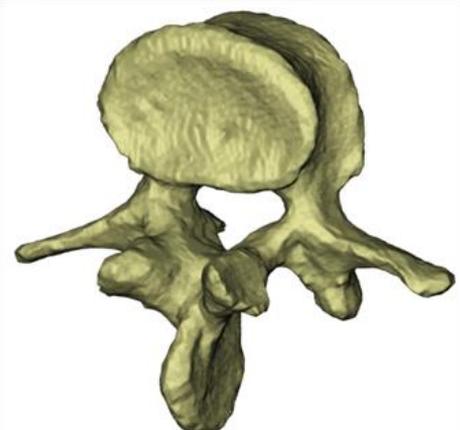
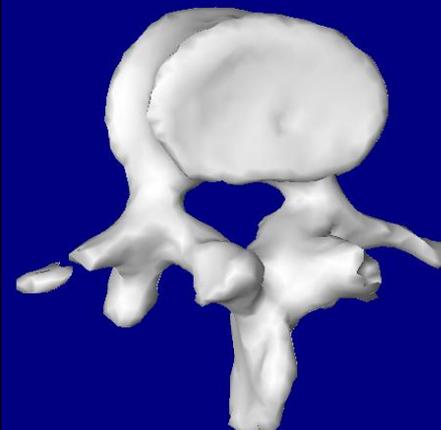
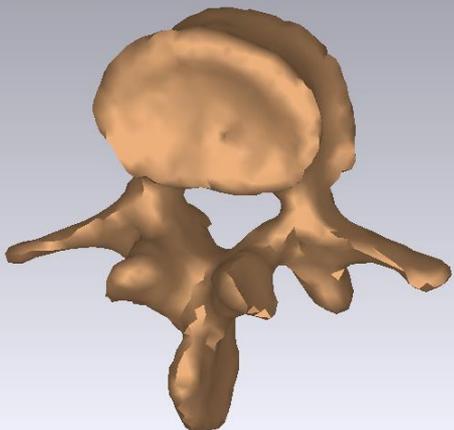
Ľudský stavec (hustota bodov 2 mm)  
*plynulo tieňovaný*



bodov  
*plynulo tieňovaný*

*plynulo tieňovaný*

**LSMSR**



Rekonštrukcia  
plôch z 3D  
mračien bodov

Mračná bodov a  
laserové skenovanie

Metódy tvorby  
modelov využívané  
v komerčných  
softvéroch

Tvorba 3D modelov  
použitím LSMSR

Matematický model  
LSMSR

Numerická realizácia  
LSMSR

Realizácia programu

Praktické príklady  
využitia LSMSR pri  
tvorbe modelov

Záver

# Praktické príklady využitia LSMSR pri tvorbe modelov

Detail modelu stavca vytvoreného v komerčných softvéroch a metódou LSMSR pri hustote bodov 2 mm



<i>Geomagic Studio</i>	<i>PhotoModeler Scanner</i>	<i>RealWorks Survey</i>
<i>plošne tieňovaný</i>	<i>plošne tieňovaný</i>	
<i>plynulo tieňovaný</i>	<i>plynulo tieňovaný</i>	<b>LSMSR</b>

Rekonštrukcia plôch z 3D mračien bodov

Mračná bodov a laserové skenovanie

Metódy tvorby modelov využívané v komerčných softvéroch

Tvorba 3D modelov použitím LSMSR

Matematický model LSMSR

Numerická realizácia LSMSR

Realizácia programu

Praktické príklady využitia LSMSR pri tvorbe modelov

Záver

# Praktické príklady využitia LSMSR pri tvorbe modelov

## Rekonštrukcia plôch z 3D mračien bodov

Mračná bodov a  
laserové skenovanie

Metódy tvorby  
modelov využívané  
v komerčných  
softvéroch

Tvorba 3D modelov  
použitím LSMSR

Matematický model  
LSMSR

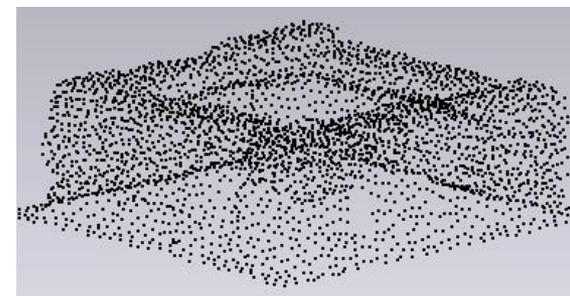
Numerická realizácia  
LSMSR

Realizácia programu  
**Praktické príklady  
využitia LSMSR pri  
tvorbe modelov**

Záver

## Studňa v Gerulate (hustota bodov 5 cm)

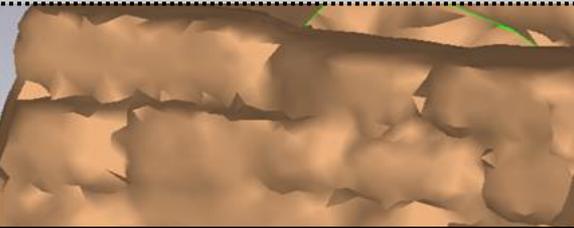
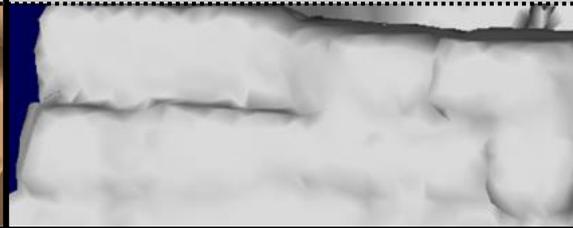
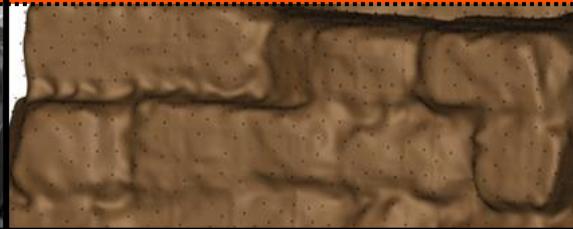
rozmer objektu [m]	2.8 x 2.8 x 1.1
počet meraných bodov	3704
hustota meraných bodov [cm]	5
veľkosť mriežky $h_D$ [cm]	1
počet buniek	285 x 285 x 110



# Praktické príklady využitia LSMSR pri tvorbe modelov

Detail modelu studne vytvoreného v komerčných softvéroch a metódou LSMSR pri hustote bodov 5 cm



<i>Geomagic Studio</i>	<i>PhotoModeler Scanner</i>
<i>plošne tieňovaný</i>	<i>plošne tieňovaný</i>
	
<i>plynulo tieňovaný</i>	<i>plynulo tieňovaný</i>
	
<i>RealWorks Survey</i>	<i>LSMSR</i>
	

Rekonštrukcia  
plôch z 3D  
mračien bodov

Mračná bodov a  
laserové skenovanie

Metódy tvorby  
modelov využívané  
v komerčných  
softvéroch

Tvorba 3D modelov  
použitím LSMSR

Matematický model  
LSMSR

Numerická realizácia  
LSMSR

Realizácia programu

Praktické príklady  
využitia LSMSR pri  
tvorbe modelov

Záver

# Praktické príklady využitia LSMSR pri tvorbe modelov

## Rekonštrukcia plôch z 3D mračien bodov

Mračná bodov a  
laserové skenovanie

Metódy tvorby  
modelov využívané  
v komerčných  
softvéroch

Tvorba 3D modelov  
použitím LSMSR

Matematický model  
LSMSR

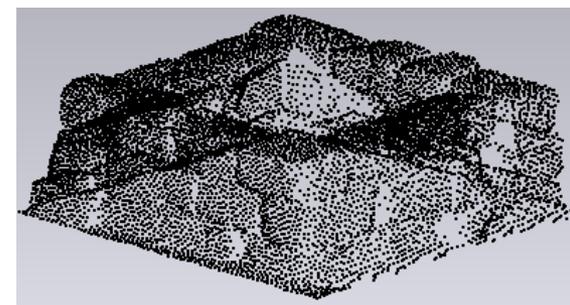
Numerická realizácia  
LSMSR

Realizácia programu  
**Praktické príklady  
využitia LSMSR pri  
tvorbe modelov**

Záver

## Studňa v Gerulate (hustota bodov 3 cm)

rozmer objektu [m]	2.8 x 2.8 x 1.1
počet meraných bodov	11441
hustota meraných bodov [cm]	3
veľkosť mriežky $h_D$ [cm]	1
počet buniek	285 x 285 x 110



# Praktické príklady využitia LSMSR pri tvorbe modelov

Detail modelu studne vytvoreného v komerčných softvéroch a metódou LSMSR pri hustote bodov 3 cm



<i>Geomagic Studio</i>	<i>PhotoModeler Scanner</i>
<i>plošne tieňovaný</i>	<i>plošne tieňovaný</i>
<i>plynulo tieňovaný</i>	<i>plynulo tieňovaný</i>
<i>RealWorks Survey</i>	<i>LSMSR</i>

Automatizované spracovanie TLS údajov

Laserové skenovacie systémy

Metódy tvorby modelov využívané v komerčných softvéroch

Tvorba 3D modelov použitím LSMSR

Matematický model LSMSR

Numerická realizácia LSMSR

Realizácia programu

Praktické príklady využitia LSMSR pri tvorbe modelov

Záver

# Praktické príklady využitia LSMSR pri tvorbe modelov

## Rekonštrukcia plôch z 3D mračien bodov

Mračná bodov a  
laserové skenovanie

Metódy tvorby  
modelov využívané  
v komerčných  
softvéroch

Tvorba 3D modelov  
použitím LSMSR

Matematický model  
LSMSR

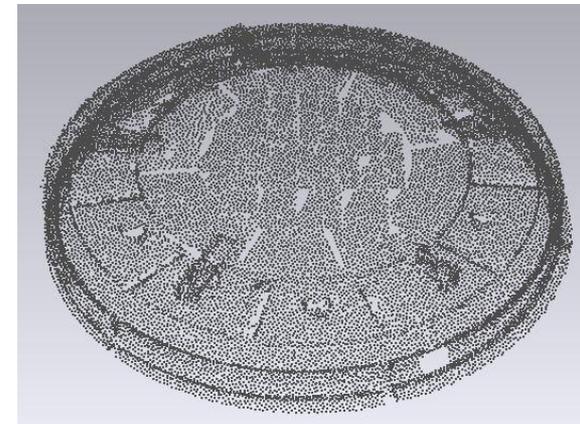
Numerická realizácia  
LSMSR

Realizácia programu  
**Praktické príklady  
využitia LSMSR pri  
tvorbe modelov**

Záver

## časť generátora turbíny Vodného diela Gabčíkovo

rozmer objektu [m]	2.5 x 2.5 x 0.4
počet meraných bodov	49 471
hustota meraných bodov [mm]	15
veľkosť mriežky $h_D$ [mm]	10
počet buniek	250 x 250 x 100



# Praktické príklady využitia LSMSR pri tvorbe modelov

## Rekonštrukcia plôch z 3D mračien bodov

Mračná bodov a  
laserové skenovanie

Metódy tvorby  
modelov využívané  
v komerčných  
softvéroch

Tvorba 3D modelov  
použitím LSMSR

Matematický model  
LSMSR

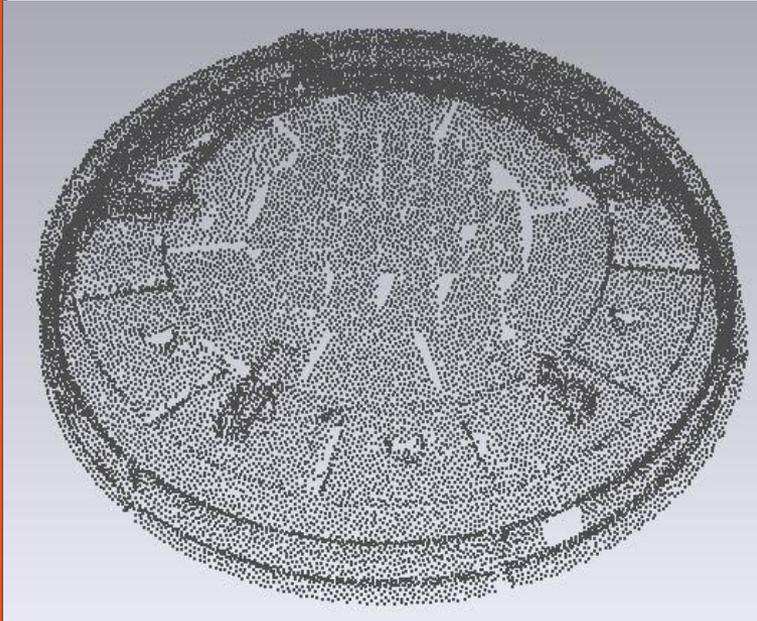
Numerická realizácia  
LSMSR

Realizácia programu

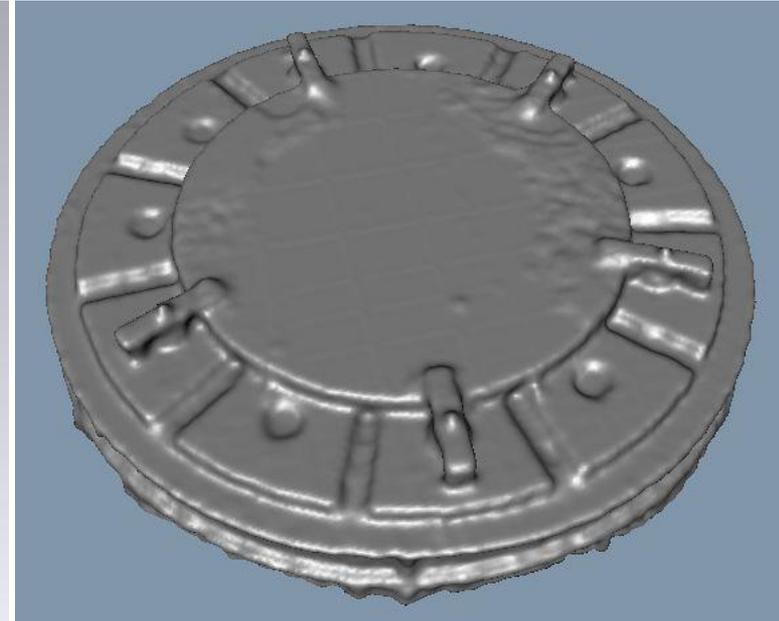
**Praktické príklady  
využitia LSMSR pri  
tvorbe modelov**

Záver

### Mračno bodov



### Model



# Praktické príklady využitia LSMSR pri tvorbe modelov

## Rekonštrukcia plôch z 3D mračien bodov

Mračná bodov a  
laserové skenovanie

Metódy tvorby  
modelov využívané  
v komerčných  
softvéroch

Tvorba 3D modelov  
použitím LSMSR

Matematický model  
LSMSR

Numerická realizácia  
LSMSR

Realizácia programu  
**Praktické príklady  
využitia LSMSR pri  
tvorbe modelov**

Záver

## časť sochy

size of object [m]	1.8 x 1.2 x 0.3
number of measured points	20 137
resolution of scanning [mm]	10
grid size $h_D$ [cm]	0.5
number of cells	360 x 240 x 60

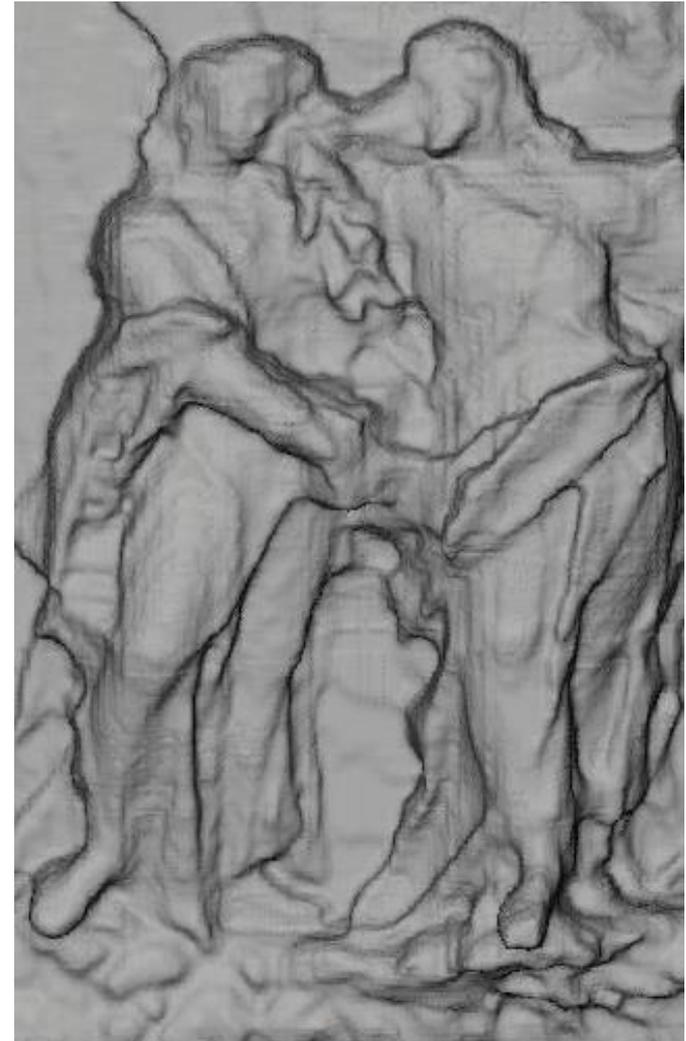


# Praktické príklady využitia LSMSR pri tvorbe modelov

Mračno bodov



Model



Rekonštrukcia  
plôch z 3D  
mračien bodov

Mračná bodov a  
laserové skenovanie

Metódy tvorby  
modelov využívané  
v komerčných  
softvéroch

Tvorba 3D modelov  
použitím LSMSR

Matematický model  
LSMSR

Numerická realizácia  
LSMSR

Realizácia programu

Praktické príklady  
využitia LSMSR pri  
tvorbe modelov

Záver

## Rekonštrukcia plôch z 3D mračien bodov

Mračná bodov a  
laserové skenovanie

Metódy tvorby  
modelov využívané  
v komerčných  
softvéroch

Tvorba 3D modelov  
použitím LSMSR

Matematický model  
LSMSR

Numerická realizácia  
LSMSR

Realizácia programu

Praktické príklady  
využitia LSMSR pri  
tvorbe modelov

Záver

- otestovanie funkčnosti programu ako aj jednotlivé možnosti programu,
- flexibilita programu vďaka možnosti využitia širokej škály nastavení pri zavádzaní krivosti do výpočtu,
- na základe výstupov je možné konštatovať, že metóda LSMSR sa pri tvorbe modelov vyrovná komerčným softvérom,
- v prípade vstupných súborov s malou hustotou bodov dokáže dokonca lepšie zachytiť geometriu objektu ako komerčné softvéry.

**Ďakujem za pozornosť**