



1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

Konzistentní rekonstrukce scény
z velkého množství snímků

Daniel Martinec

Vedoucí diplomové práce: Ing. Tomáš Pajdla

Co je rekonstrukce



m p

- Máme obrázky nějakého objektu (z fotek, filmu).



Neznáme polohy kamer.

- Chceme najít 3D model scény, **polohy kamer**.



1

2

3

4

5

6

7

8

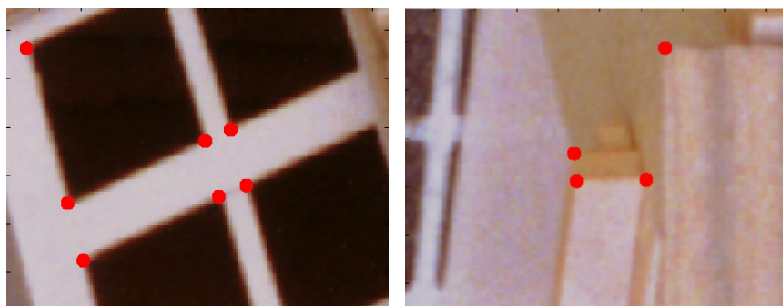
9

10

11

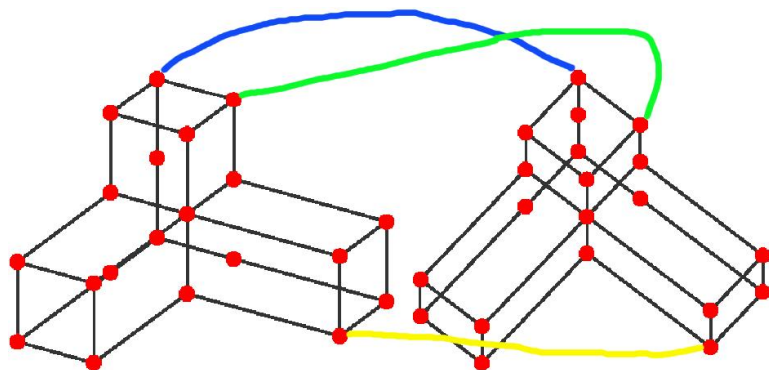


1. V obrázcích se určí význačné body.



Např. rohy.

2. Přiřadí se korespondence těchto bodů.



3. Nalezne se 3D model scény.



1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

Problém – chybí data



m p

1

2

3

4

... protože v obrázcích nejsou vidět všechny body scény.



5

6

7

8

9

10

11

Formulace úlohy



m p

$$\underbrace{\lambda_j^{(i)}}_{\text{projektivní hloubka}} \quad \underbrace{\mathbf{q}_j^{(i)}}_{\text{bod v obrázku}} = \underbrace{P^{(i)}}_{\text{kamera}} \quad \underbrace{\mathbf{x}_j}_{\text{bod v prostoru}}$$

\cap \cap \cap \cap

\mathcal{R} $\mathcal{R}^{3 \times 1}$ $\mathcal{R}^{3 \times 4}$ $\mathcal{R}^{4 \times 1}$

$$\underbrace{\begin{bmatrix} \lambda_1^{(1)} \mathbf{q}_1^{(1)} & \lambda_2^{(1)} \mathbf{q}_2^{(1)} & \lambda_3^{(1)} \mathbf{q}_3^{(1)} & \dots & \lambda_n^{(1)} \mathbf{q}_n^{(1)} \\ \lambda_1^{(2)} \mathbf{q}_1^{(2)} & \lambda_2^{(2)} \mathbf{q}_2^{(2)} & \lambda_3^{(2)} \mathbf{q}_3^{(2)} & \dots & \lambda_n^{(2)} \mathbf{q}_n^{(2)} \\ \lambda_1^{(3)} \mathbf{q}_1^{(3)} & \lambda_2^{(3)} \mathbf{q}_2^{(3)} & \lambda_3^{(3)} \mathbf{q}_3^{(3)} & \dots & \lambda_n^{(3)} \mathbf{q}_n^{(3)} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \lambda_1^{(m)} \mathbf{q}_1^{(m)} & \lambda_2^{(m)} \mathbf{q}_2^{(m)} & \lambda_3^{(m)} \mathbf{q}_3^{(m)} & \dots & \lambda_n^{(m)} \mathbf{q}_n^{(m)} \end{bmatrix}}_Q = \underbrace{\begin{bmatrix} P^{(1)} \\ P^{(2)} \\ P^{(3)} \\ \vdots \\ P^{(m)} \end{bmatrix}}_P \underbrace{[\mathbf{x}_1 \mathbf{x}_2 \mathbf{x}_3 \dots \mathbf{x}_n]}_X$$

- Cíl: rekonstrukce scény s perspektivní kamerou a s **chybějícími daty**.

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11



- $\lambda_j^{(i)}$ ← epipolární geometrie, (trifokální, kvadrifokální tenzory)
- Nechybí data
 - Q má hodnot (zhruba) 4
 - * $Q = P_{3m \times 4} X_{4 \times n}$
 - Faktorizace pomocí svd (singular value decomposition)
- Chybí data
 - Algoritmus existuje, ale pouze pro ortografickou kameru, tj. $\lambda_j^{(i)} = 1 \forall_{i,j}$.
 1. V Q se vybírají čtveřice sloupců, které na bázi Q kladou omezující podmínku.
 - * Definována i pro neúplné sloupce
 - * „Báze Q leží v lineárním obalu čtveřice sloupců“
 - * Lin. prostor generovaný čtveřicí → komplement → komplement báze Q
 2. Báze Q → doplnění
 3. Faktorizace

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11



1

2

3

- 1.(a) Spočítá se co nejvíce projektivních hloubek $\lambda_j^{(i)}$ \longrightarrow kompletní podmatice Q
(b) Tato podmatice se doplní algoritmem pro ortografickou kameru.

4

Kroky (a) a (b) se opakují, dokud není celá Q kompletní.

5

2. Faktorizace kompletní Q .

6

- Minimalizace počtu iterací \longrightarrow přesnější výsledky

7

- Výběr podmnožiny obrázků \longrightarrow doplnění nejvíce dat.
- Zobecnění algoritmu doplňování pro perspektivní kameru.

8

9

10

11



Doplňování pro perspektivní kameru

- Podmínka pro použitelnost čtveřice sloupců
 - Využití bodů s neznámou projektivní hloubkou
- Důkazy
 1. Správnost podmínky
 2. Nové možnosti – např.
 - K rekonstrukci scény se 2 obrázky stačí znát 5 bodů a 3 společné projektivní hloubky.
 - Je možné rekonstruovat více než předchozími metodami.
 3. Omezení
 - Méně než 2 projektivní hloubky v obrázku nestačí.

1

2

3

4

5

6

7

8

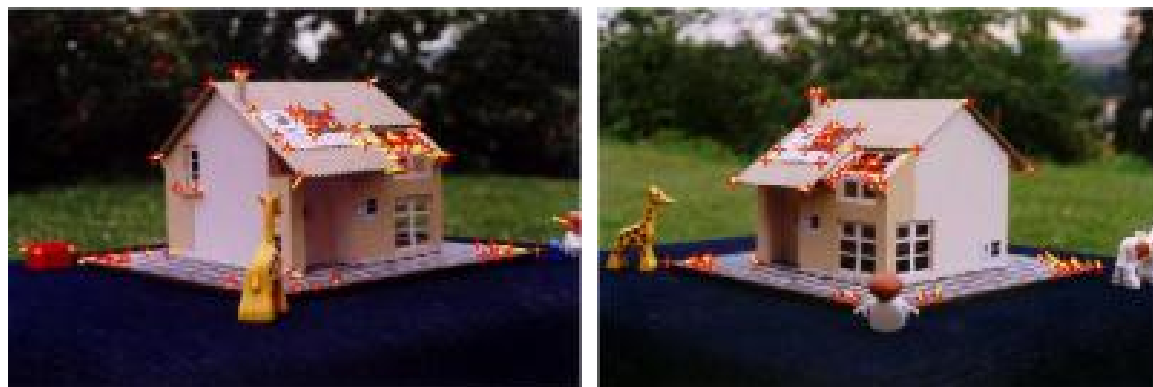
9

10

11



Scéna s domkem — 10 obrázků v rozlišení 2003 × 2952 pixelů



Chyby reprojekce v pixelech:

Obrázek	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Součet	230	321	292	274	225	174	231	278	202	264
Maximum	11.9	10.8	15.3	14.3	9.8	14.6	15.3	15.2	8.5	15.6
Medián	1.13	0.93	0.76	1.05	0.00	0.00	1.00	1.28	0.83	0.95
Průměr	1.37	1.91	1.74	1.63	1.34	1.04	1.38	1.66	1.21	1.58

Celkový součet chyby reprojekce: 2495 pixelů

Průměrná chyba reprojekce: 2.52 pixelů na bod

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

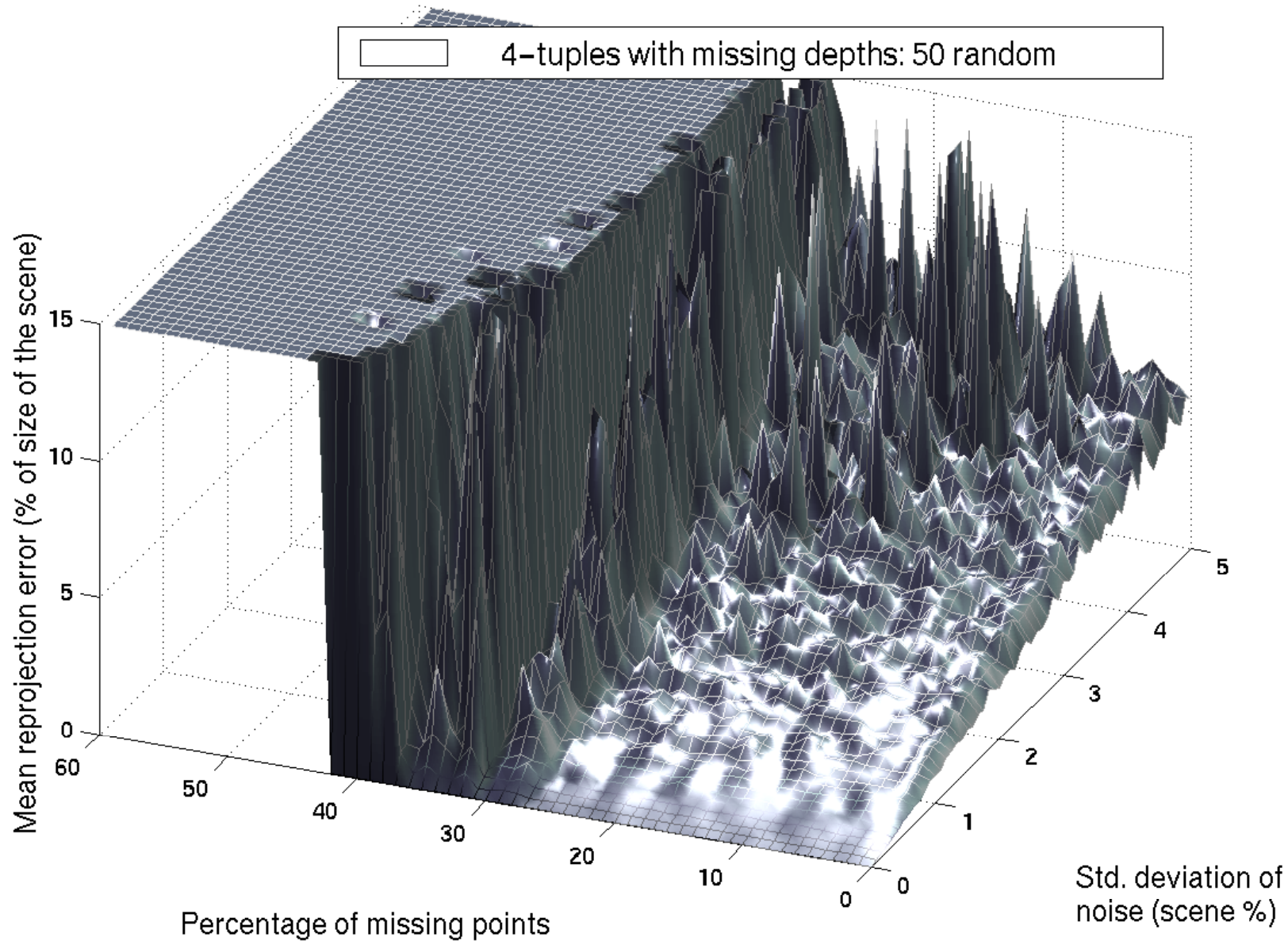
11

Experimenty s umělými scénami



m p

Error of reconstruction by Iri-Jac for missing depths algorithm
(5 images, normal noise, 5 trials)



1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11



- Nový algoritmus, jeho implementace a otestování.
 - Využívá co nejvíce informace o scéně a co nejspravedlivěji.
- Způsob využití bodů s neznámou projektivní hloubkou.
 - Dokázána správnost, možnosti a omezení této metody.
- Integrace algoritmu do systému RecX na katedře kybernetiky FELK CVUT.
 - Srovnatelné výsledky s algoritmy v ReXu.
- Závěr
 - Otázka: Je nový algoritmus kandidátem na obecný algoritmus rekonstrukce scény?
 - Nápady na vylepšení, hledání algoritmu na výpočet velmi málo projektivních hloubek (2-3).

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

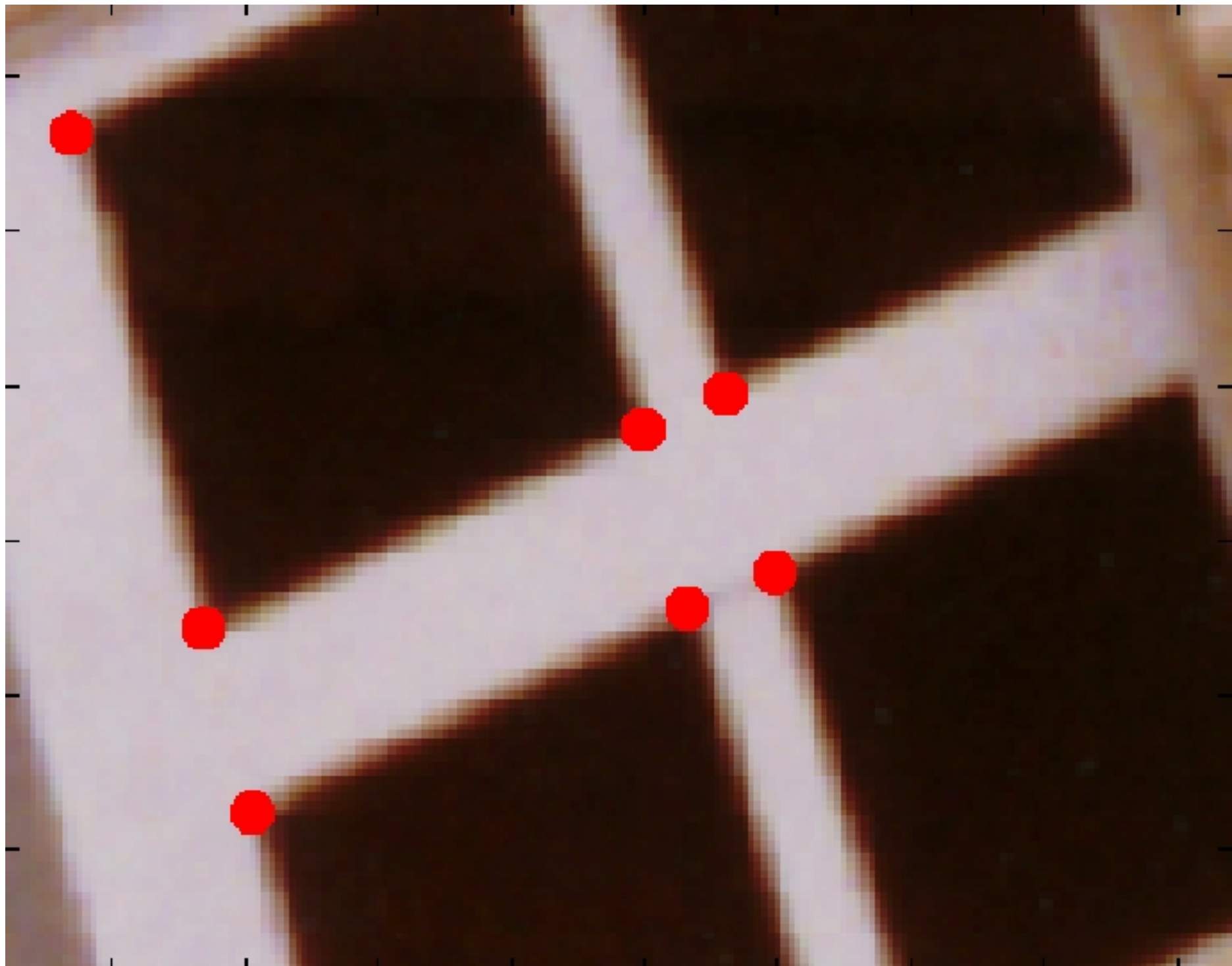
11

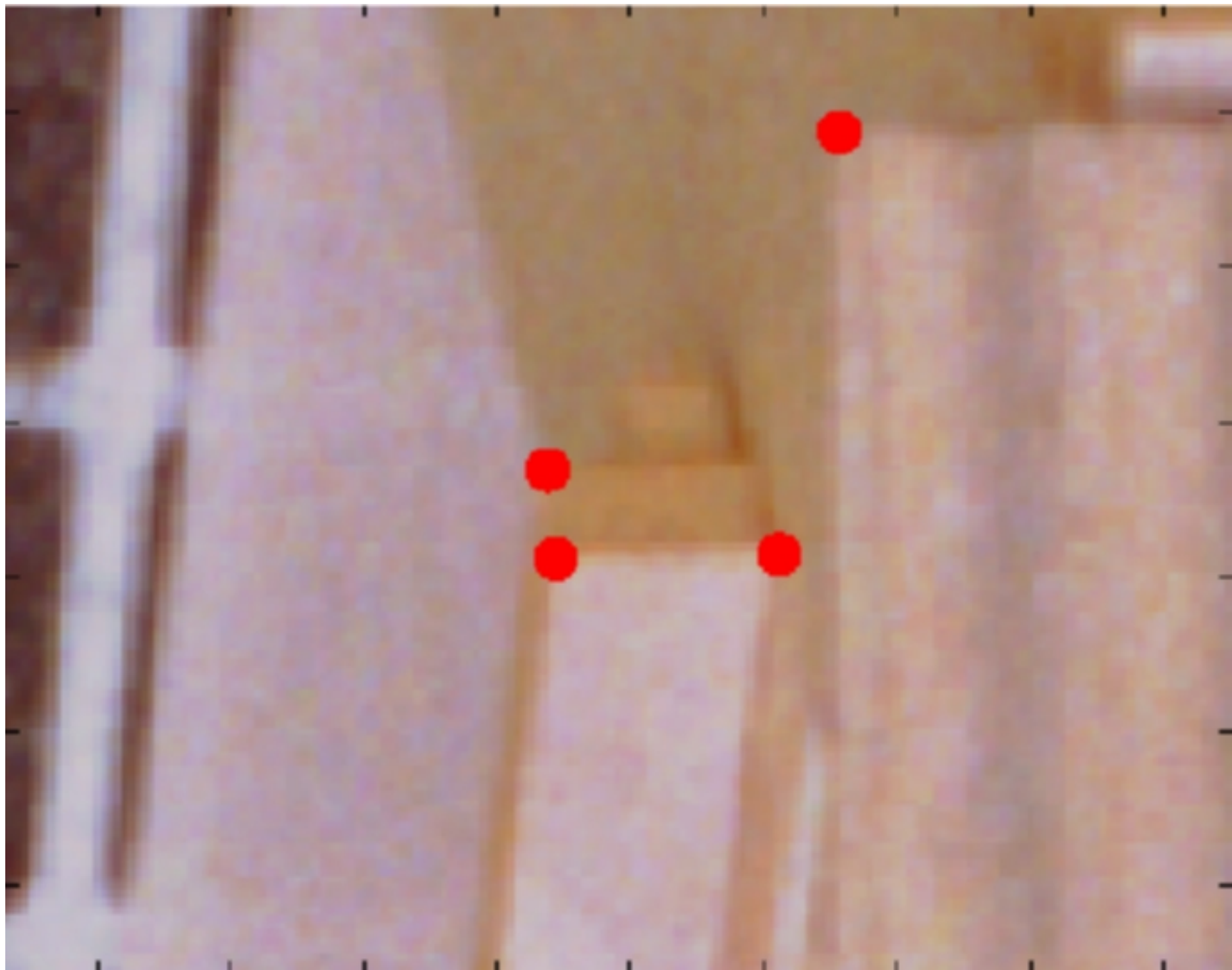


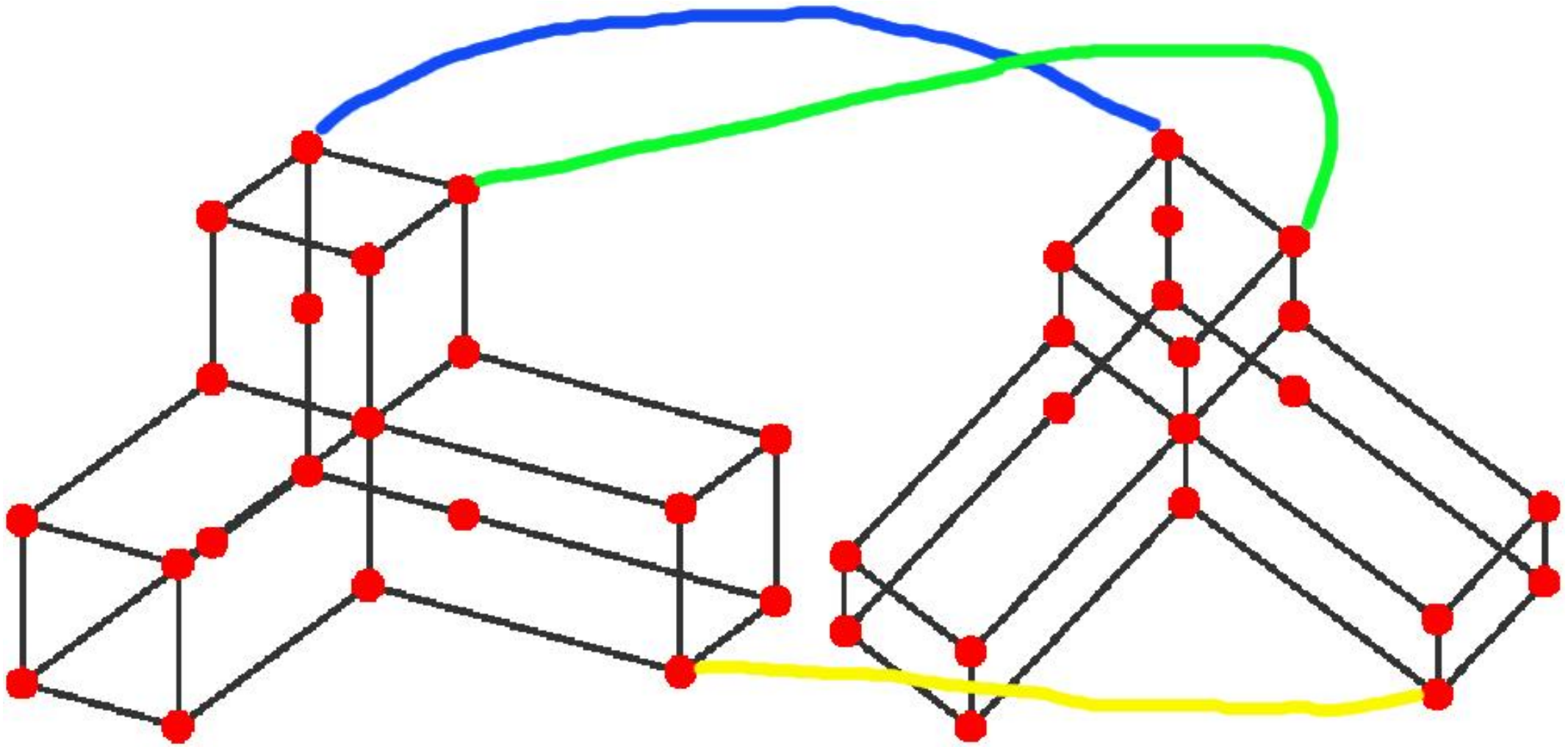






















Error of reconstruction by Iri-Jac for missing depths algorithm
(5 images, normal noise, 5 trials)

