Plant tuning: applicazione al problema dell'orientamento

Franco Blanchini [1], Giulia Giordano [1]

[1]Dipartimento di Matematica e Informatica
Università degli Studi di Udine

April 5, 2016

Plant tuning

La teoria presentata e usata nel progetto è stata sviluppata in

Plant tuning: a robust Lyapunov approach

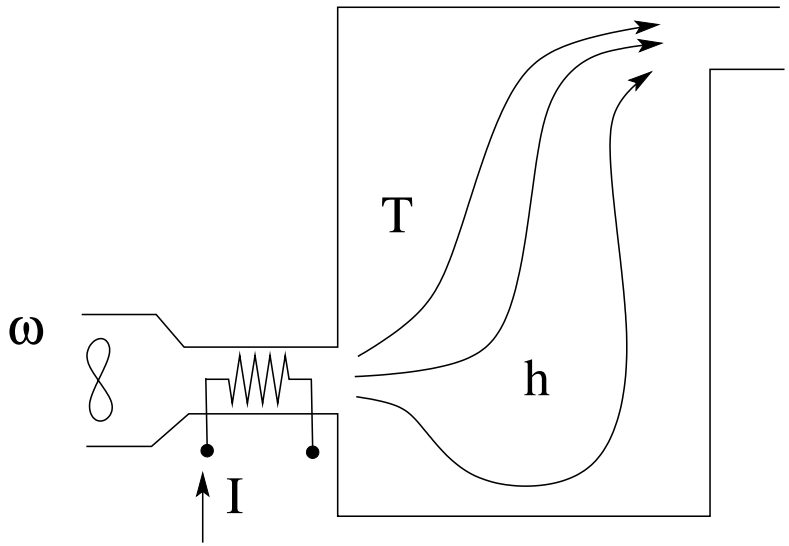
F. Blanchini, Gianfranco Fenu[⊥], G. Giordano, Felice Andrea Pellegrino[⊥]

Proceedings of the CDC, Osaka, Japan, December 2015.

Sottoposto in versione estesa a IEEE TAC.

[⊥] Università di Trieste

Plant tuning senza modello



$$
\begin{aligned}
T &= \phi(I, \omega), \\
h &= \psi(I, \omega),
\end{aligned}
$$

Plant tuning **con il modello**

$$f(x) = 0$$

Plant tuning **con il modello**

$$f(x) = 0$$

Formula magica, metodo di Newton:

$$x_{k+1} = x_k + J(x_k)^{-1} f(x_k)$$

Sotto opportune ipotesi $x_k \to 0$

Plant tuning **con il modello**

$$f(x) = 0$$

Formula magica, metodo di Newton:

$$x_{k+1} = x_k + J(x_k)^{-1} f(x_k)$$

Sotto opportune ipotesi $x_k \to 0$

E se il modello non c'è?

Plant tuning senza modello

Metodo a tentativi: proviamole tutte.

Plant tuning senza modello

Metodo a tentativi: proviamole tutte.

- Consideriamo un "intervallo ragionevole" per le correnti e un "intervallo ragionevole" per la velocità del ventilatore.

Plant tuning senza modello

Metodo a tentativi: proviamole tutte.

- Consideriamo un "intervallo ragionevole" per le correnti e un "intervallo ragionevole" per la velocità del ventilatore.
- Suddividiamo l'intervallo in un numero finito di valori.

Plant tuning senza modello

Metodo a tentativi: proviamole tutte.

- Consideriamo un "intervallo ragionevole" per le correnti e un "intervallo ragionevole" per la velocità del ventilatore.
- Suddividiamo l'intervallo in un numero finito di valori.

Esempio

$$I = 0,\ 0.1,\ 0.2,\ 0.3, \ldots, 40A$$

$$\omega = 0,\ 1,\ 2,\ 3, \ldots 40 rad/s$$

ovvero 1600 tentativi ...

Plant tuning senza modello

nel caso del problema temperatura/umidità sappiamo

Plant tuning senza modello

nel caso del problema temperatura/umidità sappiamo

- la temperatura T è una funzione decrescente della velocità del ventilatore ω e funzione crescente della corrente I;

Plant tuning senza modello

nel caso del problema temperatura/umidità sappiamo

- la temperatura T è una funzione decrescente della velocità del ventilatore ω e funzione crescente della corrente I;
- l'umidità relativa h è una funzione decrescente della velocità ω e della corrente I.

Plant tuning senza modello

nel caso del problema temperatura/umidità sappiamo

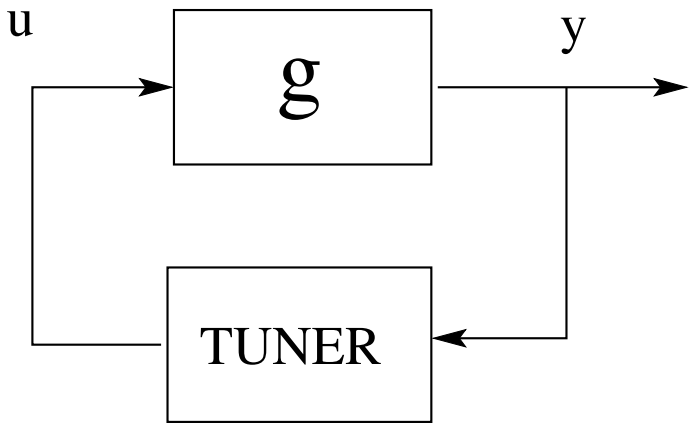
- la temperatura T è una funzione decrescente della velocità del ventilatore ω e funzione crescente della corrente I;
- l'umidità relativa h è una funzione decrescente della velocità ω e della corrente I.

Matematicamente:

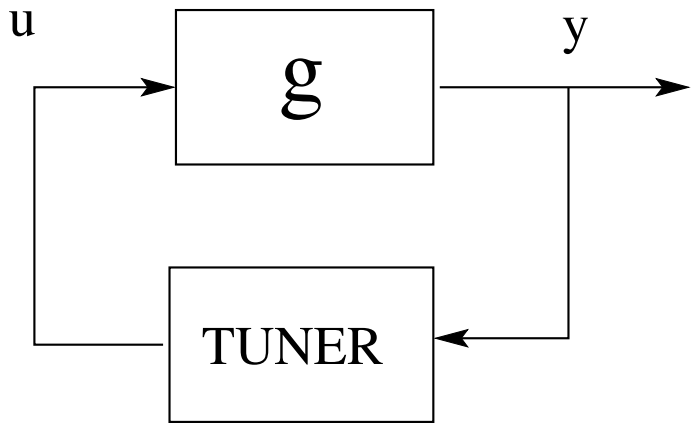
$$\begin{bmatrix} \frac{\partial T}{\partial I} & \frac{\partial T}{\partial \omega} \\ \frac{\partial h}{\partial I} & \frac{\partial h}{\partial \omega} \end{bmatrix} \in \begin{bmatrix} +m_1 & -m_2 \\ -m_3 & -m_4 \end{bmatrix},$$

dove $m_1, m_2, m_3, m_4 \in [\varepsilon, \mu]$.

Plant tuning senza modello



Plant tuning senza modello



Teorema

Blanchini, Fenu, Giordano, Pellegrino (2015). Assumiamo che lo Jacobiano J della funzione f appartenga ad un politopo $\mathscr{M}$ in cui tutte le matrici $M \in \mathscr{M}$ sono non–singolari, allora esiste uno schema convergente.

Plant tuning senza modello: tecnicismi 1/2

Plant tuning senza modello: tecnicismi 1/2

$\dot{u}(t) = v(t)$, variabile di controllo

Plant tuning senza modello: tecnicismi 1/2

$\dot{u}(t) = v(t)$, variabile di controllo

$$V(y) = \frac{1}{2}y^2 = \frac{1}{2}\left[y_1^2 + y_2^2 + \dots y_p^2\right]$$

Plant tuning senza modello: tecnicismi 1/2

$\dot{u}(t) = v(t)$, variabile di controllo

$$V(y) = \frac{1}{2} y^2 = \frac{1}{2} \left[y_1^2 + y_2^2 + \dots y_p^2 \right]$$

$$\dot{V}(y) = y^\top \dot{y} = y^\top J_u \dot{u} = y^\top J_u v$$

Plant tuning senza modello: tecnicismi 1/2

$\dot{u}(t) = v(t)$, variabile di controllo

$$V(y) = \frac{1}{2} y^2 = \frac{1}{2} \left[y_1^2 + y_2^2 + \dots y_p^2 \right]$$

$$\dot{V}(y) = y^\top \dot{y} = y^\top J_u \dot{u} = y^\top J_u v$$

Imbrogliamo:

$$v = -J_u^{-1} y$$

Plant tuning senza modello: tecnicismi 1/2

$\dot{u}(t) = v(t)$, variabile di controllo

$$V(y) = \frac{1}{2}y^2 = \frac{1}{2}\left[y_1^2 + y_2^2 + \dots y_p^2\right]$$

$$\dot{V}(y) = y^\top \dot{y} = y^\top J_u \dot{u} = y^\top J_u v$$

Imbrogliamo:

$$v = -J_u^{-1} y$$

$\dot{V}(y) = -y^\top y$ ovvero $V(y) \to 0$

Plant tuning senza modello: tecnicismi 2/2

Plant tuning senza modello: tecnicismi 2/2

Ripariamo

Plant tuning senza modello: tecnicismi 2/2

Ripariamo

$$\dot{V}(y) = y^\top \dot{y} = y^\top J v$$

Plant tuning senza modello: tecnicismi 2/2

Ripariamo

$$\dot{V}(y) = y^\top \dot{y} = y^\top J v$$

$$\min_{v} \max_{J \in \mathscr{M}} \quad y^\top J v = \max_{J \in \mathscr{M}} \min_{v} \quad y^\top J v$$

Plant tuning senza modello: tecnicismi 2/2

Ripariamo

$$\dot{V}(y) = y^\top \dot{y} = y^\top J v$$

$$\min_{v} \max_{J \in \mathscr{M}} \quad y^\top J v = \max_{J \in \mathscr{M}} \min_{v} \quad y^\top J v$$

$$= y^\top J^* v^*$$

Plant tuning senza modello: tecnicismi 2/2

Ripariamo

$$\dot{V}(y) = y^\top \dot{y} = y^\top J v$$

$$\min_v \max_{J \in \mathscr{M}} \quad y^\top J v = \max_{J \in \mathscr{M}} \min_v \quad y^\top J v$$

$$= y^\top J^* v^*$$

$$v^* = -J^* y$$

La regolazione di temperatura e umidità

$$J = \begin{bmatrix} + & - \\ - & - \end{bmatrix},$$

$$\varepsilon \leq J_{ik} \leq \mu$$

La regolazione di temperatura e umidità

$$J = \begin{bmatrix} + & - \\ - & - \end{bmatrix},$$

$$\varepsilon \leq J_{ik} \leq \mu$$

$$\begin{aligned} \Delta T &= g_T(I, \omega) = (0.1I^2 - 0.5\omega) - 20, \\ \Delta h &= g_\omega(I, \omega)(-2\ 10^{-4} I^2 - 2.5\ 10^{-2}\omega + 0.9) - 0.5, \end{aligned}$$

La regolazione di temperatura e umidità

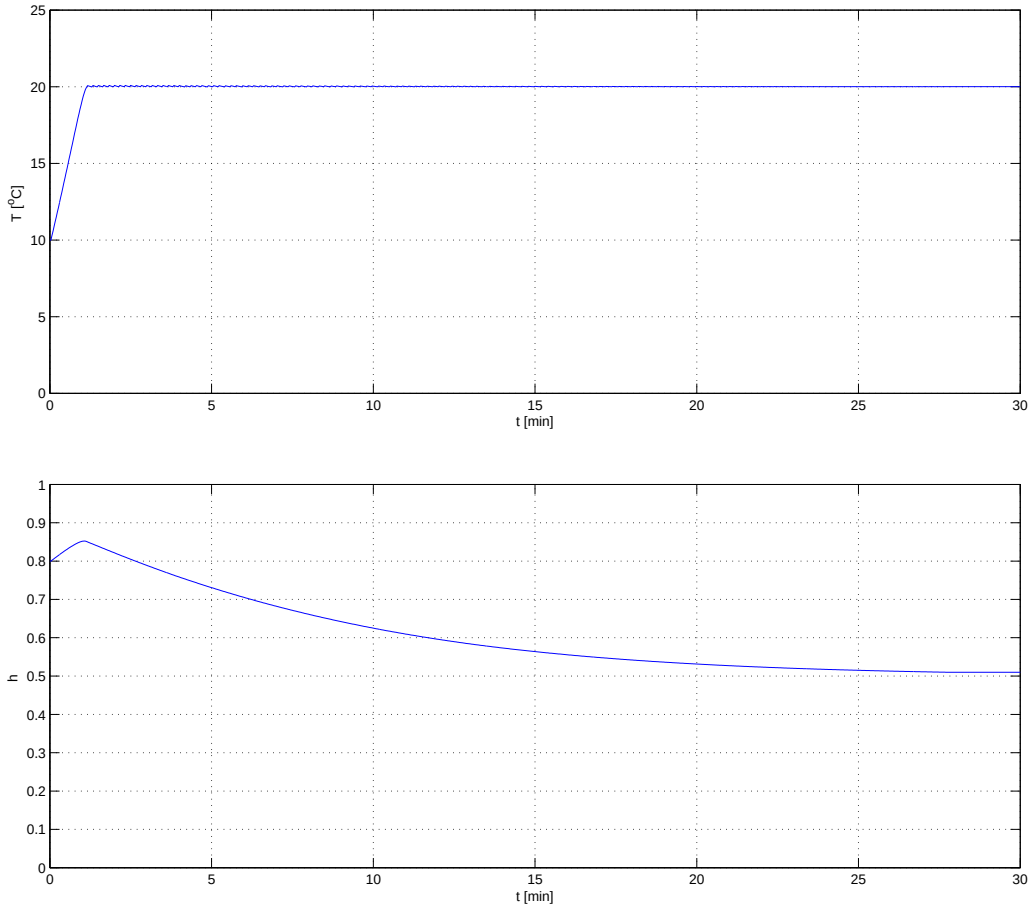


Figure : Temperatura T [°C] (top) e umidità relativa h (bottom)

La regolazione di temperatura e umidità

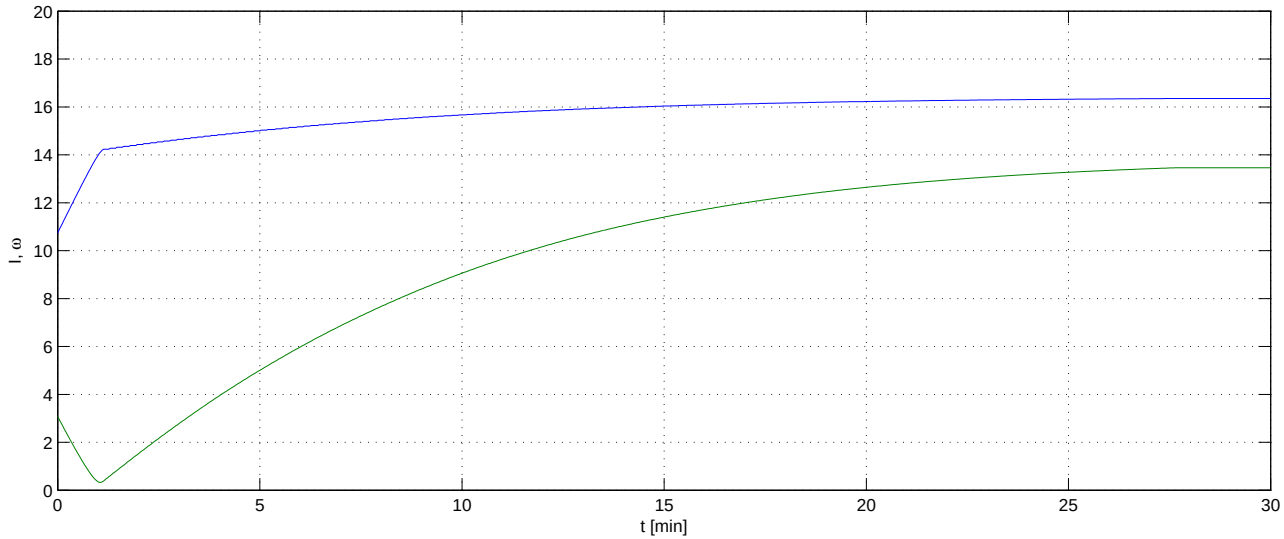
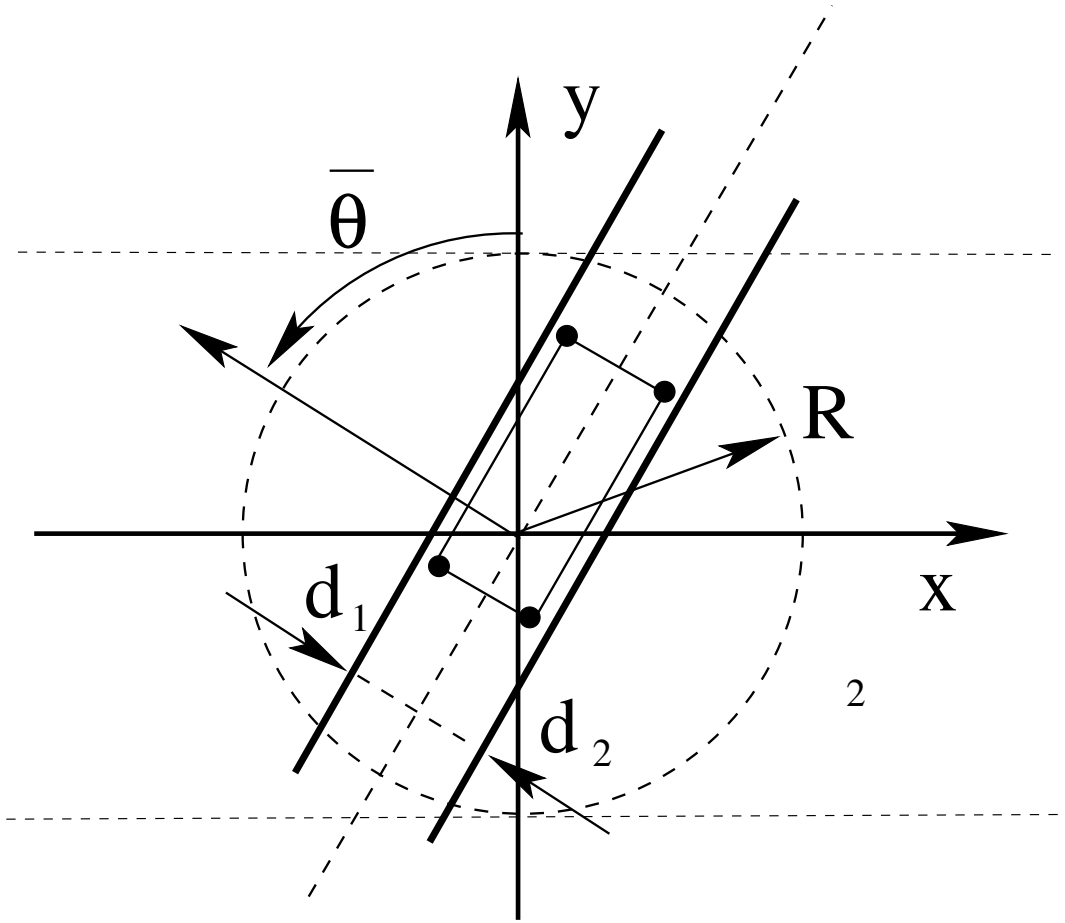


Figure : Ingressi: $u_1 = I$ currente (blu), $u_2 = \omega$, velocità (verde)

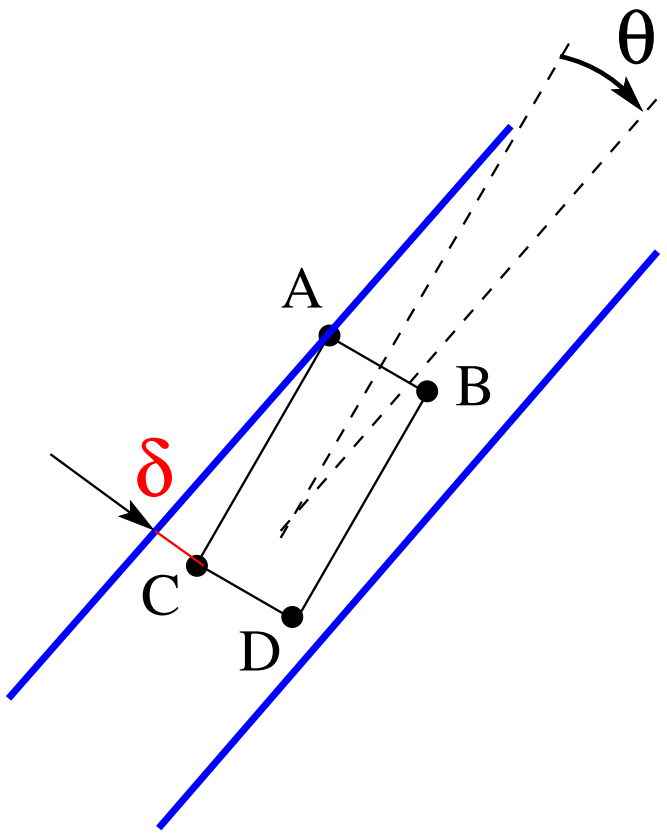
Applicazione all'orientamento

Problema del contatto



Applicazione all'orientamento

Problema del contatto



Formulazione

Formulazione

$$\begin{aligned} \theta &= f(T_r, T_c) \\ \delta &= g(T_r, T_c) \end{aligned}$$

- T_c: istante inizio chiusura
- T_r: istante inizio rotazione

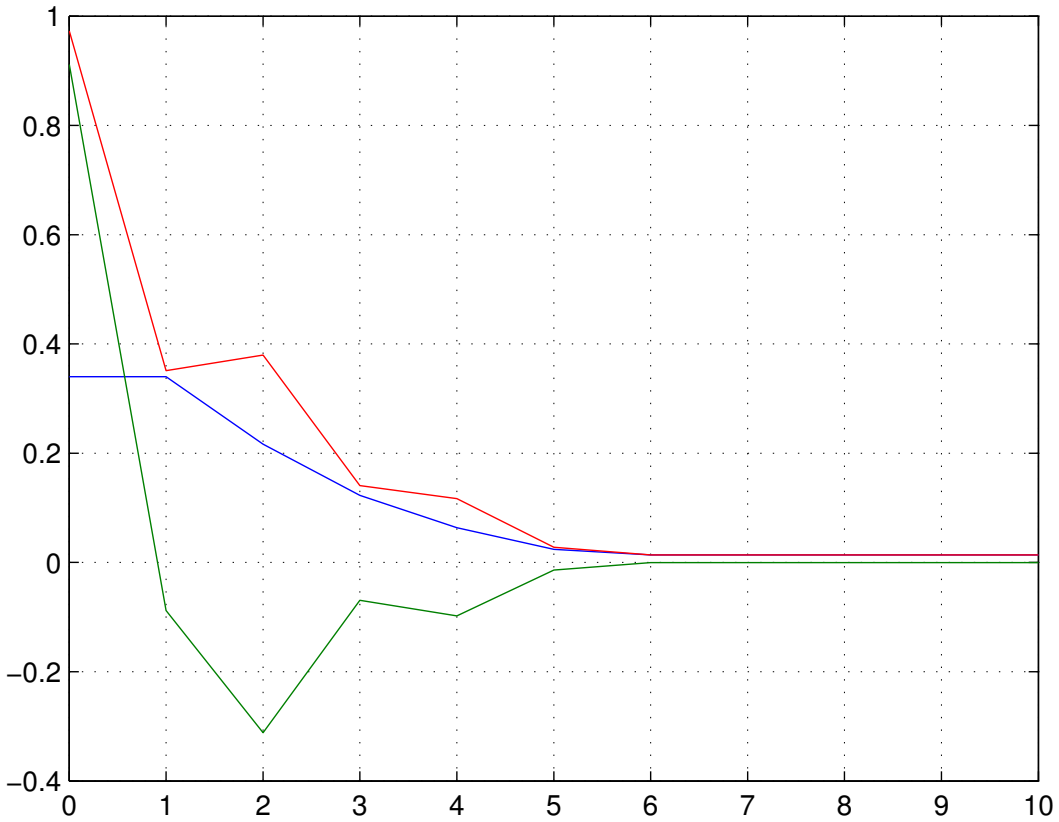
Formulazione

$$\begin{aligned} \theta &= f(T_r, T_c) \\ \delta &= g(T_r, T_c) \end{aligned}$$

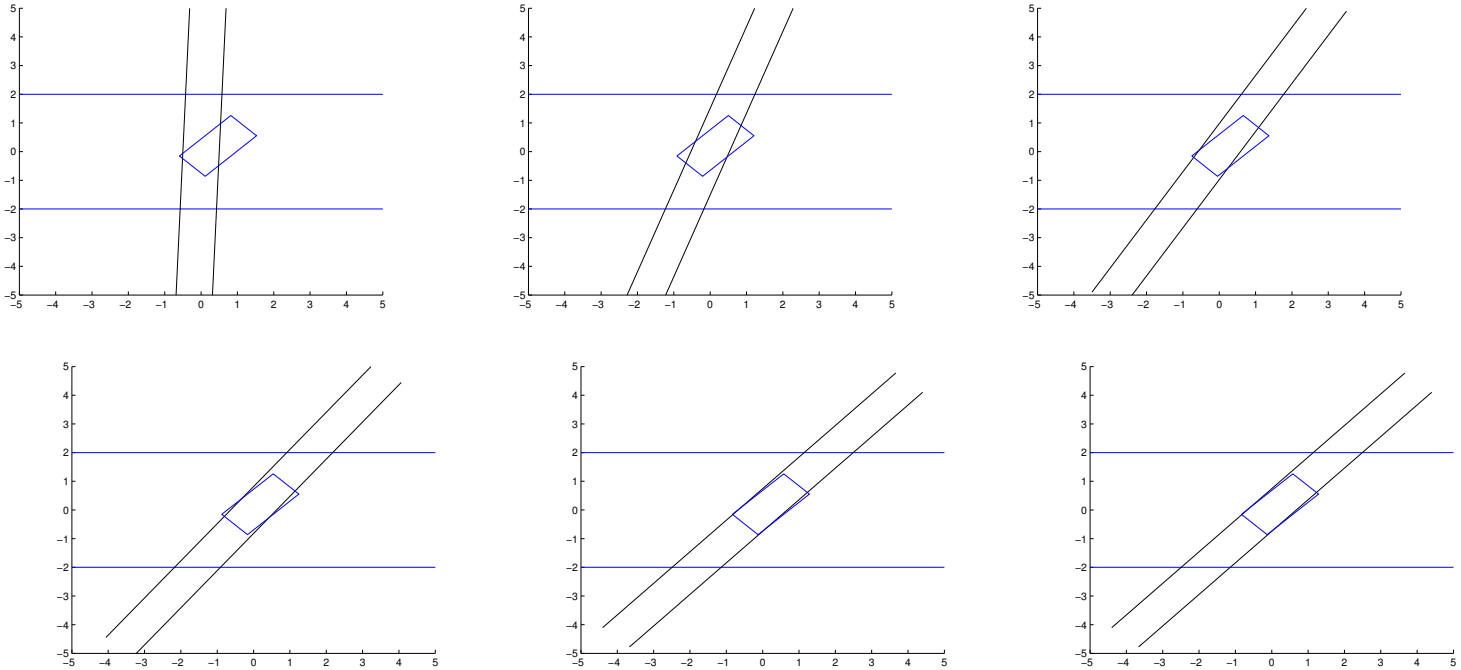
- T_c: istante inizio chiusura
- T_r: istante inizio rotazione

$$J = \begin{bmatrix} - & + \\ + & + \end{bmatrix},$$

Convergenza del metodo



Convergenza del metodo



Applicazione del metodo

Applicazione del metodo

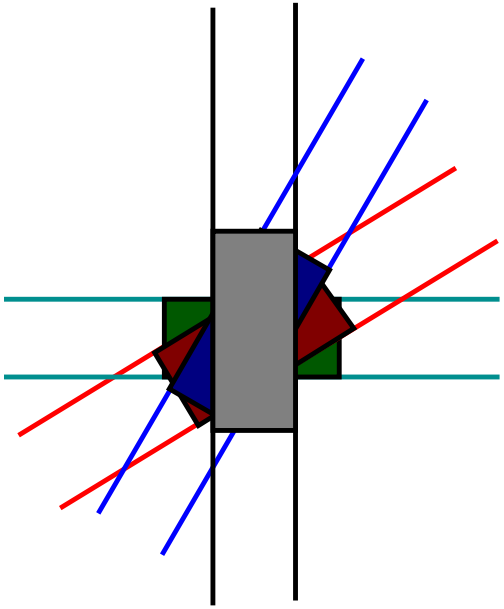
- Fase di apprendimento: uso di sagome e telecamera;

Applicazione del metodo

- Fase di apprendimento: uso di sagome e telecamera;
- Distinzione tra contatto bilatero e unilatero;

Applicazione del metodo

- Fase di apprendimento: uso di sagome e telecamera;
- Distinzione tra contatto bilatero e unilatero;
- Esperimenti ripetuti con interpolazione



GRAZIE!

