



Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна Програма „Развитие на Човешките Ресурси” 2007 – 2013,  
Съфинансиран от Европейския Социален Фонд на Европейския Съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



## ЛЯТНА ШКОЛА 2013

### ПОВИШАВАНЕ ТОЧНОСТТА НА РОБОТ ЧРЕЗ ИДЕНТИФИКАЦИЯ И РАЗПОЗНАВАНЕ

Доц. д-р инж. Роман Захариев

ПОВИШАВАНЕ НА ЕФЕКТИВНОСТТА И КАЧЕСТВОТО НА ОБУЧЕНИЕ И  
НА НАУЧНИЯ ПОТЕНЦИАЛ В ОБЛАСТТА НА СИСТЕМНОТО  
ИНЖЕНЕРСТВО И РОБОТИКАТА

Проект № BG051PO001-3.3.06-0002



Българска Академия на Науките  
Институт по Системно Инженерство и Роботика





Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна Програма „Развитие на Човешките Ресурси” 2007 – 2013,  
Съфинансиран от Европейския Социален Фонд на Европейския Съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



## 1. Въведение

### ИДЕНТИФИКАЦИЯТА В РОБОТИКАТА

**Първо** като експериментална процедура за изследване и изпитване параметрите на манипулационната система на работа, с цел оптимизация на нейния модел;

**Второ** за достигане на максимална точност на синтезирания модел в процеса на функциониране на работа, чрез процедура за корегирание на управляващия му сигнал.



Българска Академия на Науките  
Институт по Системно Инженерство и Роботика







Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна Програма „Развитие на Човешките Ресурси” 2007 – 2013,  
Съфинансиран от Европейския Социален Фонд на Европейския Съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



## Алгоритъм на идентификацията при експериментална процедура

- ✘ Създаване на математичен модел за изследвания обект.
- ✘ Експеримент с цел идентификация на съответния параметър.
- ✘ Калиброване на манипулационната система на промишления робот.
- ✘ Определяне на оптимизиран модел след корегирание на калиброваните параметри в математичния модел.
- ✘ Изследване на поведението чрез идентификация на оптимизирания модел.



Българска Академия на Науките  
Институт по Системно Инженерство и Роботика





Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна Програма „Развитие на Човешките Ресурси” 2007 – 2013,  
Съфинансиран от Европейския Социален Фонд на Европейския Съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



## Алгоритъм на идентификацията при функциониране на работа

- ✘ Подаване на сигнал от управляващото устройство на работа към изпълнителната му система, съответстващ на оптимизирания модел на обекта.
- ✘ Идентификация на съответния параметър, с помощта на сензорна информационно-измерителна система.
- ✘ Калиброване на параметъра, което изисква подаване на корегиращ сигнал от УУ до достигане на очакваната стойност на параметъра.



Българска Академия на Науките  
Институт по Системно Инженерство и Роботика







Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна Програма „Развитие на Човешките Ресурси” 2007 – 2013,  
Съфинансиран от Европейския Социален Фонд на Европейския Съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



## ЛАБОРАТОРНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ ПРИ ИДЕНТИФИКАЦИЯ НА РОБОТ



Българска Академия на Науките  
Институт по Системно Инженерство и Роботика





Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна Програма „Развитие на Човешките Ресурси” 2007 – 2013,  
Съфинансиран от Европейския Социален Фонд на Европейския Съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



## ЕЛЕМЕНТИ НА ПРОЦЕСА НА ИДЕНТИФИКАЦИЯ

- ✘ Анализ на необходимата информация за изследване и калиброване на Роботизирана мехатронна система.
- ✘ Избор на подходящ математичен апарат за описание и изследване на модела.
- ✘ Създаване на адекватен модел, отразяващ реалното състояние и функции на изследвания робот.
- ✘ Измерване и анализиране на кинематичните и динамични характеристики на сегментите на структурата на изследвания робот.
- ✘ Идентификация и разпознаване на параметрите на реалната Роботизирана система с тези от модела.
- ✘ Калиброване на Роботизираната система.



Българска Академия на Науките  
Институт по Системно Инженерство и Роботика







# УПРАВЛЯЕМОСТ И НАБЛЮДАЕМОСТ на параметрите



Ако векторът на състоянието на една система се раздели на четири компоненти

$$x(t) = [x_1(t) \ x_2(t) \ x_3(t) \ x_4(t)] \quad (1)$$

където:  $x_1(t)$  - са управляеми и ненаблюдаеми променливи на състоянието;

$x_2(t)$  - са управляеми и наблюдаеми променливи на състоянието;

$x_3(t)$  - са неуправляеми и наблюдаеми променливи на състоянието;

$x_4(t)$  - са неуправляеми и ненаблюдаеми променливи на състоянието.

Обектът може да се опише със системата векторно-матрични уравнения:

$$x_1(t) = A_{11}(t) x_1(t) + A_{12}(t) x_2(t) + A_{13}(t) x_3(t) + A_{14}(t) x_4(t) + B_1(t) u(t)$$

$$x_2(t) = A_{22}(t) x_2(t) + A_{24}(t) x_4(t) + B_2(t) u(t)$$

$$x_3(t) = A_{33}(t) x_3(t) + A_{34}(t) x_4(t)$$

$$x_4(t) = A_{44}(t) x_4(t)$$

$$y(t) = C_2 x_2(t) + C_4 x_4(t) \quad (2)$$

или

$$x(t) = A(t)x(t) + B(t)u(t)$$

$$y(t) = C(t)x(t)$$



Българска Академия на Науките  
Институт по Системно Инженерство и Роботика



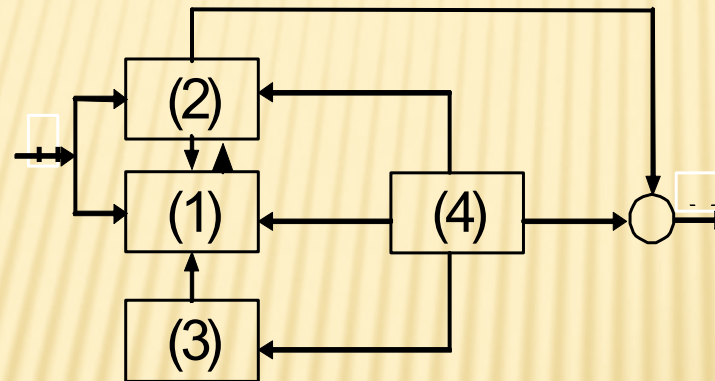


# Редукция на модела



Където:

$$A(t) \begin{bmatrix} A_{11}(t) & A_{12}(t) & A_{13}(t) & A_{14}(t) \\ 0 & A_{22}(t) & 0 & A_{24}(t) \\ 0 & 0 & A_{33}(t) & A_{34}(t) \\ 0 & 0 & 0 & A_{44}(t) \end{bmatrix} \quad B(t) \begin{bmatrix} B_1(t) \\ B_2(t) \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad C(t) [0 \quad C_2(t) \quad 0 \quad C_4(t)]$$



$$\dot{X}(t) = A(t)X(t) + B(t)u$$

$$Y(t) = C(t)X(t)$$







Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна Програма „Развитие на Човешките Ресурси” 2007 – 2013,  
Съфинансиран от Европейския Социален Фонд на Европейския Съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



## КАЛИБРОВАНЕ НА РОБОТИЗИРАНА МЕХАТРОННА СИСТЕМА.

- ✘ Да се определи модел за достигане на поставена целева функция;
- ✘ Прецизно измерване за някои параметри чрез подходяща екипировка;
- ✘ Повишаване на надеждността на параметрична идентификация при измерване на параметрите на манипулационната система на промишления робот.



Българска Академия на Науките  
Институт по Системно Инженерство и Роботика





Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна Програма „Развитие на Човешките Ресурси” 2007 – 2013,  
Съфинансиран от Европейския Социален Фонд на Европейския Съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



## КРИТЕРИИ В ПРОЦЕСА НА ИДЕНТИФИКАЦИЯ И КАЛИБРОВКА

- ✘ Единият критерий е подбиране на статистически голям брой позиции, представени във всяко отношение през цялото време на работния интервал. Точките на позициониране и ориентациите на работния инструмент трябва да бъдат толкова на брой, че да е възможно да бъдат отстранени възможните идентификационни проблеми.
- ✘ Вторият критерий е оптимизиране на позициите на измерване на параметрите, които трябва да бъдат идентифицирани в работния модел.



Българска Академия на Науките  
Институт по Системно Инженерство и Роботика







# МЕТОД НА ПЕРТУРБАЦИИТЕ



Пертурбационните граници предлагат една реалистична оценка за задачите, възникващи в математическото моделиране на манипулационни системи в роботиката. Ако най-малкият входящ инкремент на ъгала на завъртане е  $\delta (> 0)$  оптималният проблем може да се модифицира, както следва:

$$\min_{\Delta\theta(k)} \Phi = \frac{1}{2} (\underline{r}_{ref}(k+1) - \underline{r}(k+1))^T \underline{\underline{H}} (\underline{r}_{ref}(k+1) - \underline{r}(k+1)) \quad (1)$$

$$\underline{r}(k+1) = \underline{f}(\theta_1(k) + \Delta\theta_1(k), \theta_2(k) + \Delta\theta_2(k), \dots, \theta_m(k) + \Delta\theta_m(k))$$

$$\theta_i(k) = n_i \cdot \delta - \text{където } : n_i = -m_i, -(m_i - 1), \dots, -1, 0, 1, \dots, m_i$$

$$\delta = M_i / m_i$$

$$L_i \leq \theta_i \leq U_i$$

Решението на този проблем може да се извлече чрез пертурбирането на всеки от елементите на кинематичната структура на работа със ограничение  $|\Delta\theta_i| \leq M_i$ . Може да се получи чрез смяна на ъгловата позиция  $\Delta\theta_i(k)$ , което ще доведе до минимални грешки на движението във всяка локална стъпка.



Българска Академия на Науките  
Институт по Системно Инженерство и Роботика





Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна Програма „Развитие на Човешките Ресурси” 2007 – 2013,  
Съфинансиран от Европейския Социален Фонд на Европейския Съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



## Предимства на Метода на пертурбациите

По дефиниция е известно, че пертурбацията  $[M_i, -M_i, \delta]_{\Delta\theta_i(k)}$  представена

$$\{\Delta\theta_i(k) = N_i \cdot \delta / N_i = -M_i / \delta, \dots, M_i \delta\}$$

където  $M$  и  $-M$  са граничните стойности за стъпка  $i$  на звеното  $k$ , а  $\delta$  е интервала на пертурбация. Така, че едно възможно решение в стъпка  $k$  композира пертурбационен набор както следва:

$$\Delta\Theta(k) = [M_1, -M_1, \delta]_{\Delta\theta_1(k)} \times [M_2, -M_2, \delta]_{\Delta\theta_2(k)} \times \dots \times [M_n, -M_n, \delta]_{\Delta\theta_n(k)} \quad (2)$$

Този метод е наречен метода на пертурбациите и мотивацията на този метод е да се пертурбира всяко от звената на кинематичната структура на работа под ограничения, да се получи промяната на ъгловата позиция  $\Delta\theta_i(k)$ , което предполага минимизиране на грешките при движение на крайното кинематично звено на стъпка  $k$ .



Българска Академия на Науките  
Институт по Системно Инженерство и Роботика







Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна Програма „Развитие на Човешките Ресурси” 2007 – 2013,  
Съфинансиран от Европейския Социален Фонд на Европейския Съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



## ДОПУСТИМА ЗОНА НА ТРАЕКТОРИЯТА НА РОБОТА

Съгласно пертурбационния метод допустимата зона се предполага и използва в следните стъпки:

- ✘ Дефинира се допустима зона като ограничение от грешките на движение на крайното кинематично звено и основната задача на генериране на управлението за извършване на движение от типа РТР е зададена.
- ✘ Дефинирана е тегловната функция съгласно споменатата задача, като възможност за избягване на сингулярностите, избягване на препятствията, максимизиране на измерванията на манипулативността и т.н.
- ✘ Избор на оптимално решение съгласно тегловната функция от решенията в допустимата зона.

След всичко това основната задача на управлението е установена.



Българска Академия на Науките  
Институт по Системно Инженерство и Роботика





Европейски съюз

## МАНИПУЛАТОР ТИП “SCARA” REM10 С РЕВОЛВЕРНА ГЛАВА



Европейски социален фонд



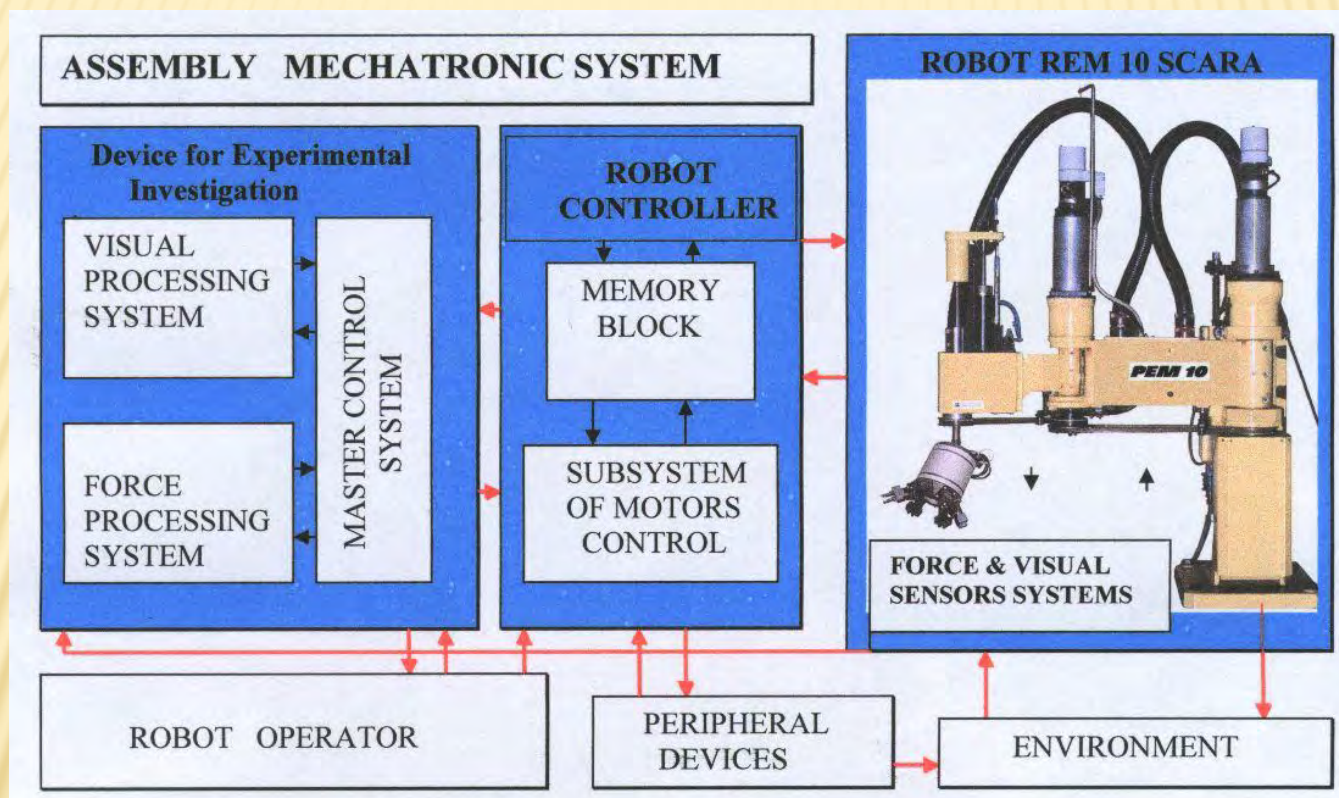
Българска Академия на Науките  
Институт по Системно Инженерство и Роботика







Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна Програма „Развитие на Човешките Ресурси” 2007 – 2013,  
Съфинансиран от Европейския Социален Фонд на Европейския Съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



+ ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА УСТАНОВКА С РОБОТ REM10 ТИП SCARA



Българска Академия на Науките  
Институт по Системно Инженерство и Роботика





Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна Програма „Развитие на Човешките Ресурси” 2007 – 2013,  
Съфинансиран от Европейския Социален Фонд на Европейския Съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



$$x = [l_1 \cos \theta_1 + l_2 \cos \theta_{23} + l_4 \cos \theta_{234} + (l_4 + l_5) \cos \theta_{234}] \sin \theta_1$$

$$y = [l_2 \cos \theta_2 + l_3 \cos \theta_3 + l_4 \cos \theta_{234} + (l_4 + l_5) \cos \theta_{234}] \cos \theta_1$$

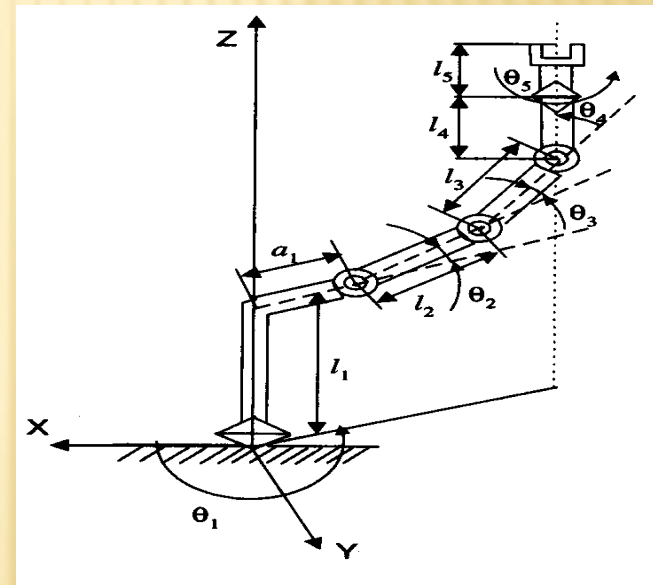
$$z = l_1 \sin \theta_1 + l_2 \sin \theta_2 + l_3 \sin \theta_3$$

където :

$$\theta_{23} = \theta_2 + \theta_3$$

$$\theta_{234} = \theta_2 + \theta_3 + \theta_4$$

ПРИМЕР: Движението на хващача се описва  
по следния начин в Декартови координати.



Българска Академия на Науките  
Институт по Системно Инженерство и Роботика







Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна Програма „Развитие на Човешките Ресурси” 2007 – 2013,  
Съфинансиран от Европейския Социален Фонд на Европейския Съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ:

- ✘ На база проведени експериментални изследвания на динамични параметри на манипулационна система на промишлени работи се прави оценка на състоянието, а при необходимост калиброване и корекция на моделните оператори.
- ✘ Оценяването на състояния на манипулационната система чрез параметричната идентификация е процес необходим на системата за управление. По този начин могат да се коригират грешките от изработка и монтаж на механичната част на манипулационната система. Това гарантира точността и надеждността на промишления работ.
- ✘ В процеса на проведените изследвания се създава възможност за синтез на моделен оператор, съобразен с конкретните особености на изпитваната манипулационна система..



Българска Академия на Науките  
Институт по Системно Инженерство и Роботика





Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна Програма „Развитие на Човешките Ресурси” 2007 – 2013,  
Съфинансиран от Европейския Социален Фонд на Европейския Съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



**БЛАГОДАРЯ ЗА ВНИМАНИЕТО!**



**Българска Академия на Науките  
Институт по Системно Инженерство и Роботика**

