

Aspecte privind cinematica roboților industriali

Modelarea robotului

- Interfața Utilizatorului - o clasă care permite accesul utilizatorului în programarea robotului respectiv, afișarea datelor obținute prin monitorizarea robotului. Rolul acestei clase este în a permite încapsularea, mai exact, pentru utilizator robotul este un black box care are comportamente ce pot fi inițializate cu ajutorul acestei clase. Comportamentul este descris prin evoluția mărimilor de stare care poate fi citită tot cu ajutorul clasei. Există multe variante de obiecte în care se concretizează această clasă, o consolă de calculator, un pandant etc. La rândul lui acest obiect este, în fapt, un sistem complex alcătuit din conexiunea a mai multor obiecte.

Modelarea robotului

- Mașină de stare - o clasă care permite reuniunea unui ansamblu de comportamente bine definite a sistemului robotic. Este o clasă care definește în domeniul discret compunerea comportamentului (succesiunea lor, durata lor etc.). Aceste comportamente se referă la ansamblul taskului impus precum și la cele care au în vedere examinarea posibilităților de realizare a acestora, managementul erorilor etc.

Modelarea robotului

- Programul de conducere este o clasă care implementează fiecare comportament selectat de mașina de stare. Un anumit comportament poate fi implementat prin legi de conducere specifice ceea ce face necesară monitorizarea stărilor care alcătuiesc acest comportament.
- Controler - implementează efectiv legea de control selectată de programul de conducere. De exemplu, calculează efectiv mărimea de comandă cu ajutorul parametrilor de acord precizați de programul de conducere

Modelarea robotului

- Sistemul de acționare – o clasa care utilizează mărimea de comandă pentru modificarea parametrilor energetici necesari realizării sarcinii impuse. Clasa poate conține obiecte care au ca intrare parametri energetici de tip electric sau de tip mecanic etc.
- Mecanism de poziționare, orientare – o clasa formată din sisteme mecanice care permit manipularea obiectelor.

Modelarea robotului

- Actuatorul - este obiectul care introduce energie mecanică în sistemul robot. Modelul actuatorilor (al servomotoarelor electrice sau hidraulice) este unul dinamic, cel care exprimă legătura dintre tensiunea/curentul de comandă și momentul motor.
- Transmisia mecanică - este modulul care transformă parametrii energiei mecanice. Modelul transmisiilor mecanice stabilește legătura dintre momentul motor și cel corespunzător cuplelor robotului. În funcție de complexitatea lui acesta poate fi un model cinematic sau unul dinamic.

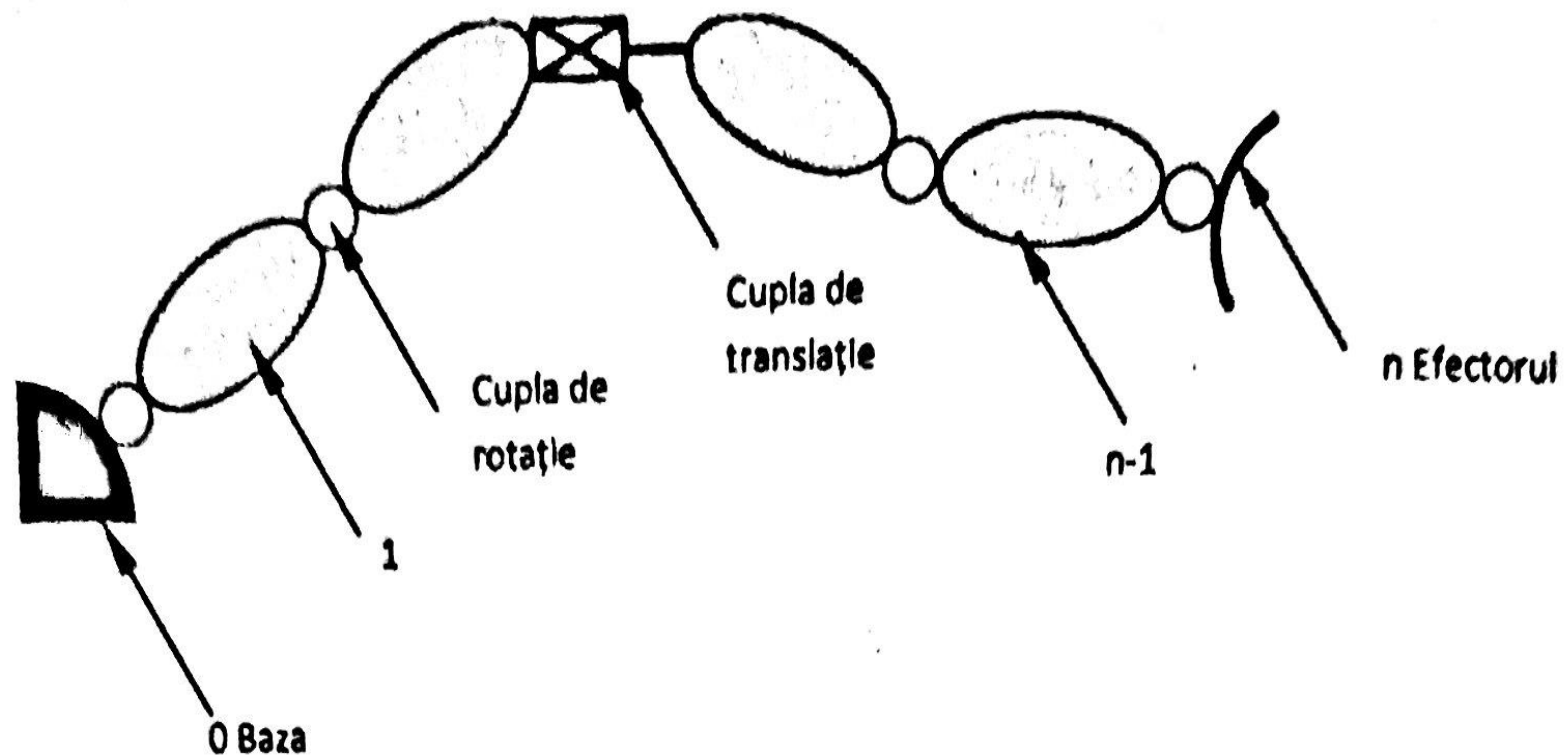
Modelarea robotului

- Structura mecanică - este modulul care utilizează energia mecanică în manipularea propriu-zisă a obiectelor. Modelul structurii mecanice stabilește dependența dintre momentele din cuple și coordonatele generalizate ale structurii. Modelul menționat poate fi de tip geometric, cinematic sau dinamic.
- Taskul (Sarcina robotului) este un modul conceptual. Modelul taskului realizează legătura dintre spațiul task și spațiul articular.

Analiza structurală a lanțului cinematic

Un manipulator este un braț robotic care schimbă postura obiectelor **prehensate**. Este vorba de un sistem controlat care permite prinderea unor **obiecte și mutarea lor dintr-o** postură în alta sau deplasarea unei unelte pe **anumite traiectorii**. **Din punct de** vedere constructiv, manipulatorul este un lanț **cinematic serial compus din $(n + 1)$** elemente, corpuri, interconectate cu ajutorul articulațiilor, cuplelor cinematice, cu un grad de mobilitate de tipul celor de rotație sau de translație.

Analiza structurală a lanțului cinematic

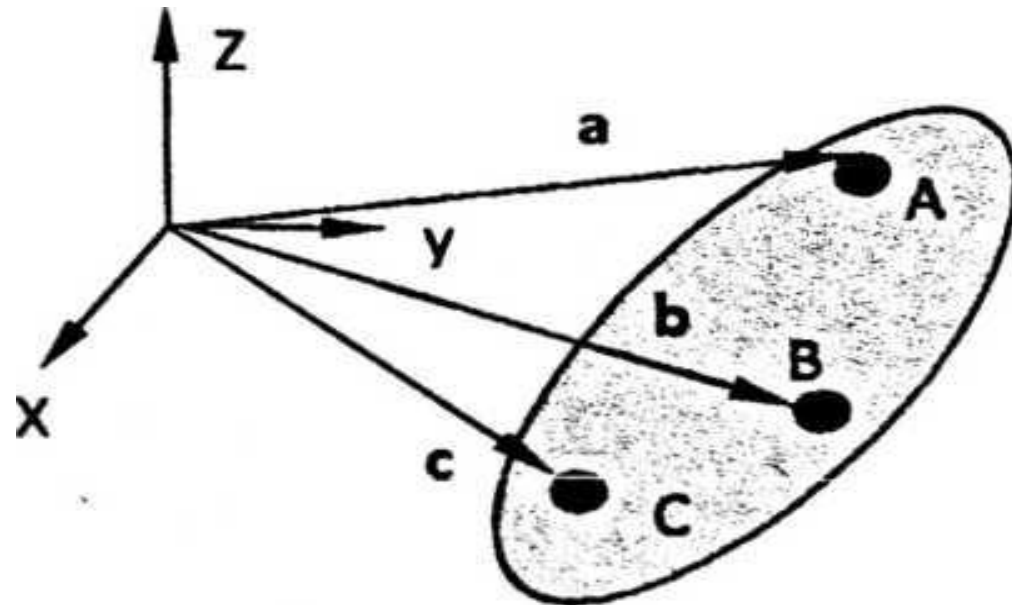
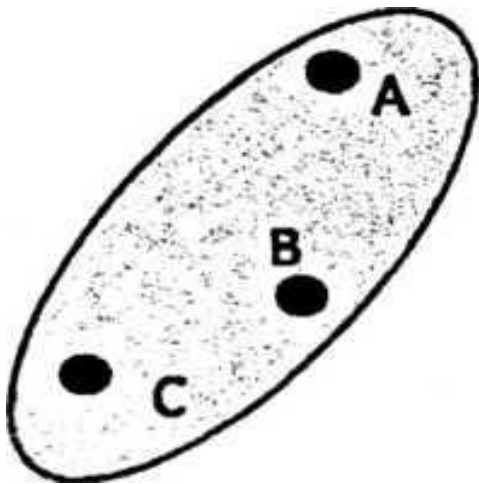


Postura

Conceptul de la care se pornește, **postura unui corp**, poate fi definit ca un ansamblu de parametri care precizează poziția și orientarea acestuia. Parametrii **menționați sunt cunoscuți sub denumirea de parametri de configurație.**

Postura

Există mai multe modalități de a defini postura, de exemplu s-ar putea utiliza trei puncte necoliniare



Postura

Raportând cele trei puncte la un sistem de coordonate se obțin trei vectori ceea ce înseamnă 9 parametri de configurație

$$a = \begin{bmatrix} x_A \\ y_A \\ z_A \end{bmatrix}; \quad b = \begin{bmatrix} x_B \\ y_B \\ z_B \end{bmatrix}; \quad c = \begin{bmatrix} x_C \\ y_C \\ z_C \end{bmatrix}.$$

Postura

Pentru precizarea posturii, **o abstractizare importantă este echivalarea corpului cu un sistem de coordonate atașat acestuia.** În acest mod, descrierea unui corp, o infinitate de puncte materiale, este realizată prin precizarea poziției și orientării sistemului de coordonate atașat.

Mobilitatea

Un alt concept important în descrierea lanțului cinematic este **mobilitatea**, ea se definește ca fiind **numărul de mișcări elementare (independente) pe care le poate executa un corp**. Un corp liber - nesupus la legături - poate executa **6** mișcări elementare: trei translații și trei rotații (pe cele trei direcții x, y, z). Orice cuplă (legătură, constrângere) reduce mobilitatea corpului. **Numărul mișcărilor independente poartă denumirea de grad de mobilitate.**

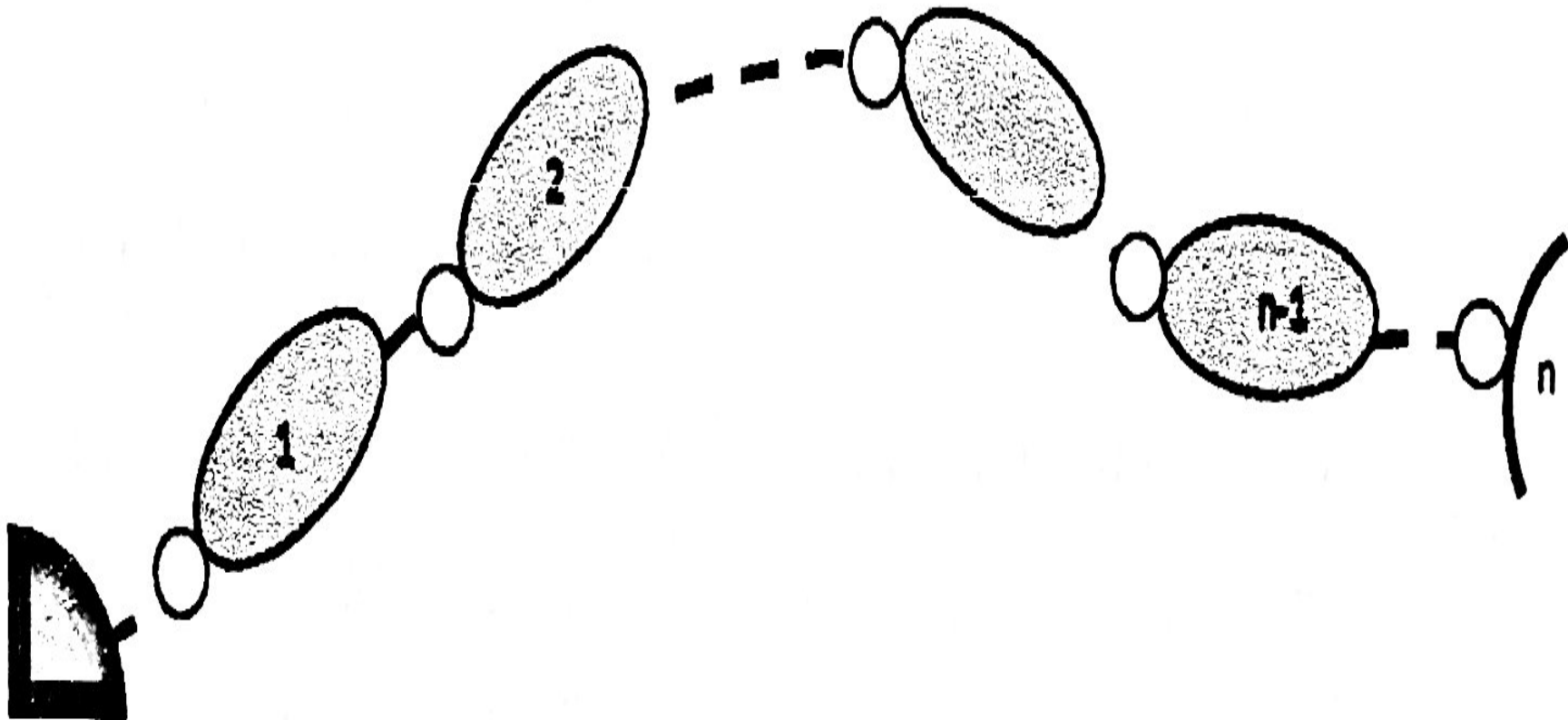
Coordonate generalizate, grad de libertate

Pentru un corp liber, cu șase grade de mobilitate, cei 9 parametri de configurație propuși, sunt prea mulți, ceea ce înseamnă că nu sunt independenți. Obținerea unui număr minim de parametri este importantă pentru a simplifica descrierea posturii. Conceptul care ordonează acest demers este cel al **coordonatelor generalizate, care sunt definite ca fiind mulțimea de parametri de configurație independenți**. Acesta este asociat cu conceptul **gradului de libertate, definit ca fiind numărul coordonatelor generalizate**.

Calculul numărului de parametri independenți

Lanțului cinematic serial permite următoarea analiză structurală: conține n elemente (corpuri) în mișcare, ceea ce necesită $6*n$ parametri independenți; lanțul este agregat cu ajutorul a n legături cu un grad de mobilitate, în consecință are $(6 - 1)*n$ constrângeri. În final numărul coordonatelor generalizate, adică gradul de libertate al lanțului cinematic, este $6*n - 5*n = n$. Putem spune că un lanț cinematic serial **cu $(n + 1)$ elemente (n mobile, 1 bază)** poate fi descris cu ajutorul a n coordonate generalizate, **are deci n grade de libertate.**

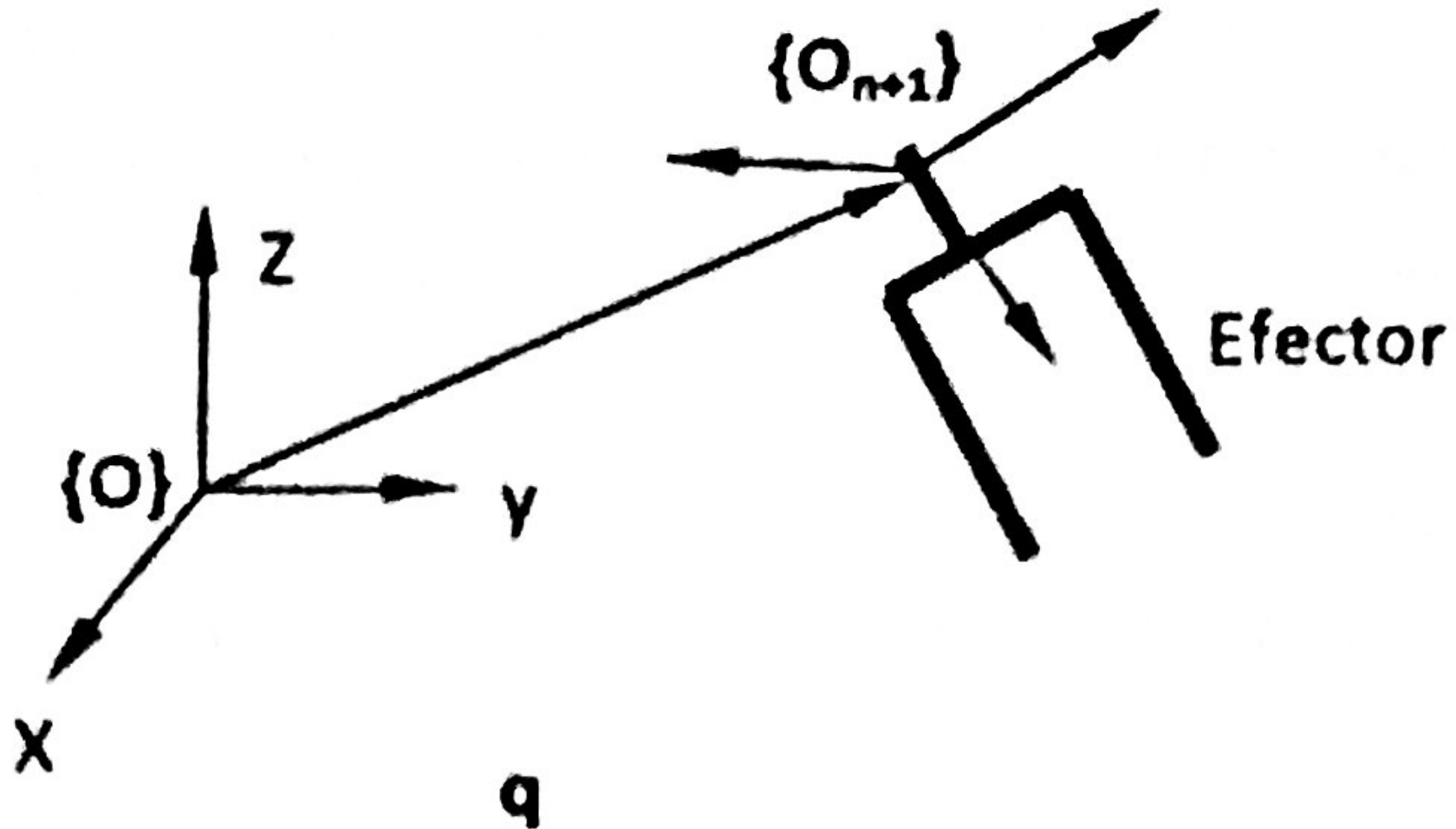
Calculul numărului de parametri independenți



Coordonate operaționale

Analiza lanțului cinematic continuă prin precizarea numărului de mișcări elementare independente ale efectorului. Mai precis, prin precizarea conceptului **coordonatelor** operaționale, **care sunt definite ca fiind mulțimea de parametri de configurație ai punctului operațional** (x_1, x_2, \dots, x_m) . Utilizând această notație rezultă că mobilitatea efectorului este **m**.

Sistemul de referință al efectorului



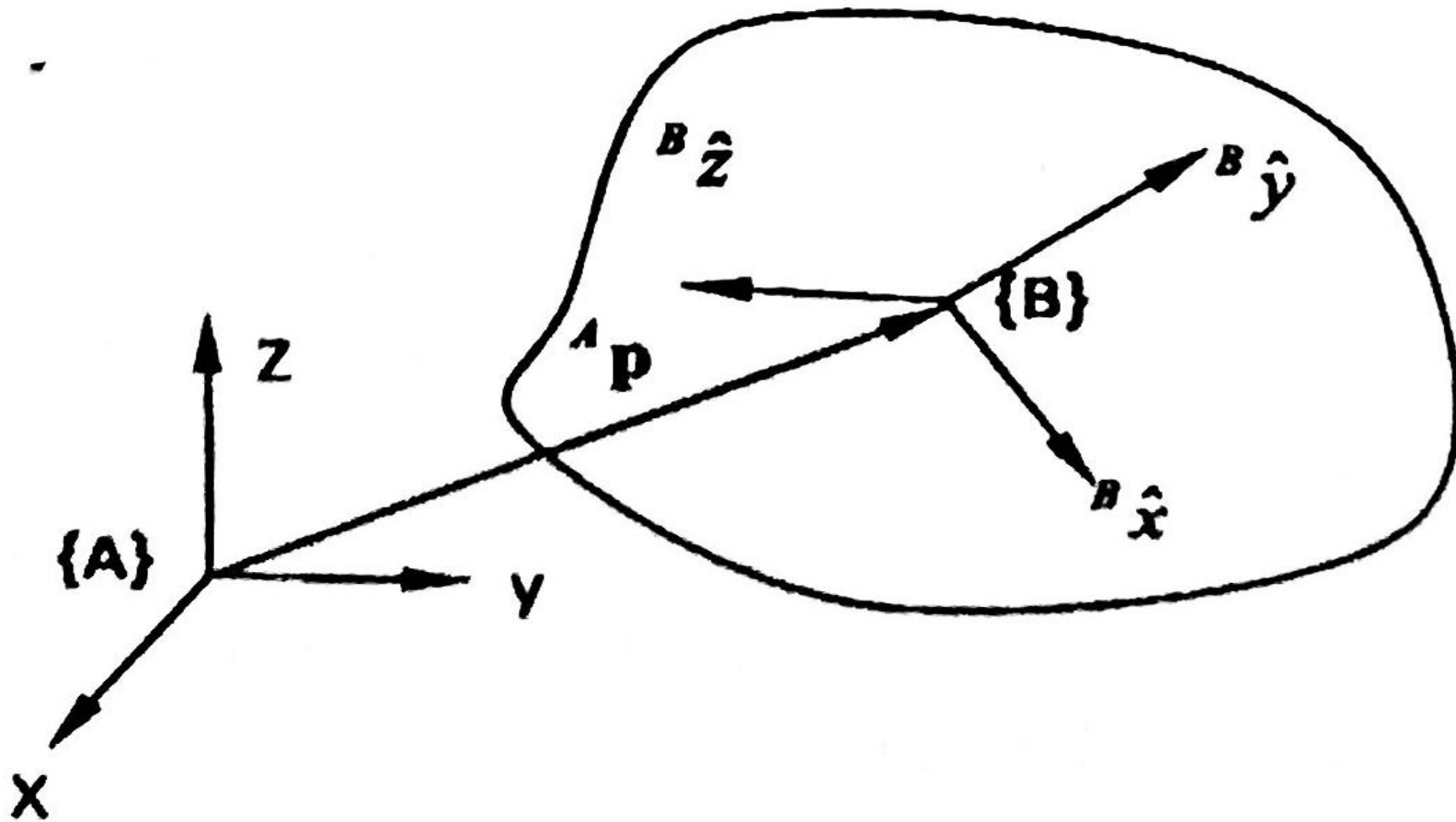
Redundanța lanțului

Redundanța lanțului cinematic este definită ca fiind diferența dintre gradul de libertate al lanțului cinematic și numărul parametrilor operaționali.

$$red = n - m$$

A descrie matematic postura unui corp căruia i s-a atașat sistemul de coordonate {B} relativ la un sistem de coordonate {A} înseamnă a defini o transformare între aceste sisteme de coordonate. Cele două sisteme de coordonate sunt diferite prin poziția originilor și prin orientarea versorilor. Transformarea menționată permite precizarea poziției oricărui punct al corpului în reperul {A}.

Convenție de notare



Convenție de notare

În cele ce urmează vom utiliza următoarea convenție de notare a vectorilor prin indicii atașați acestora:

${}^A\mathbf{p}$ este vectorul \mathbf{p} definit în sistemul $\{A\}$;

${}^A\hat{x}$; ${}^A\hat{y}$; ${}^A\hat{z}$ - sunt versorii reperului \mathbf{A} exprimați în reperul A ;

${}^A_B\hat{x}$; ${}^A_B\hat{y}$; ${}^A_B\hat{z}$ - sunt versorii reperului B exprimați în (scriși față de) reperul \mathbf{A} .

Operatori de transformare a posturii

Modelarea în Robotica presupune de foarte multe ori utilizarea unor mărimi care sunt definite în sisteme de referință diferite, ceea ce necesită imaginarea unui formalism care transformă o mărime dintr-un sistem de referință într-un alt sistem de referință.

Problema poate fi definită sub forma: „cum se vede”, „cum apare”, în sistemul de referință {A} o mărime care a fost definită în sistemul de referință {B} ?

Operatori de transformare a posturii

Postura unui obiect este o mărime compusă din poziția originii sistemului de coordonate în care se definește acel obiect și orientarea acestuia. Chiar dacă într-o primă intuiție ne imaginăm că cele două elemente menționate (poziția și orientarea) sunt definite față de un sistem fix, există numeroase situații când postura obiectului se definește față de un sistem aflat la rândul lui într-o anumită postură față de sistemul de referință din bază (fix).

Operatori de transformare a posturii

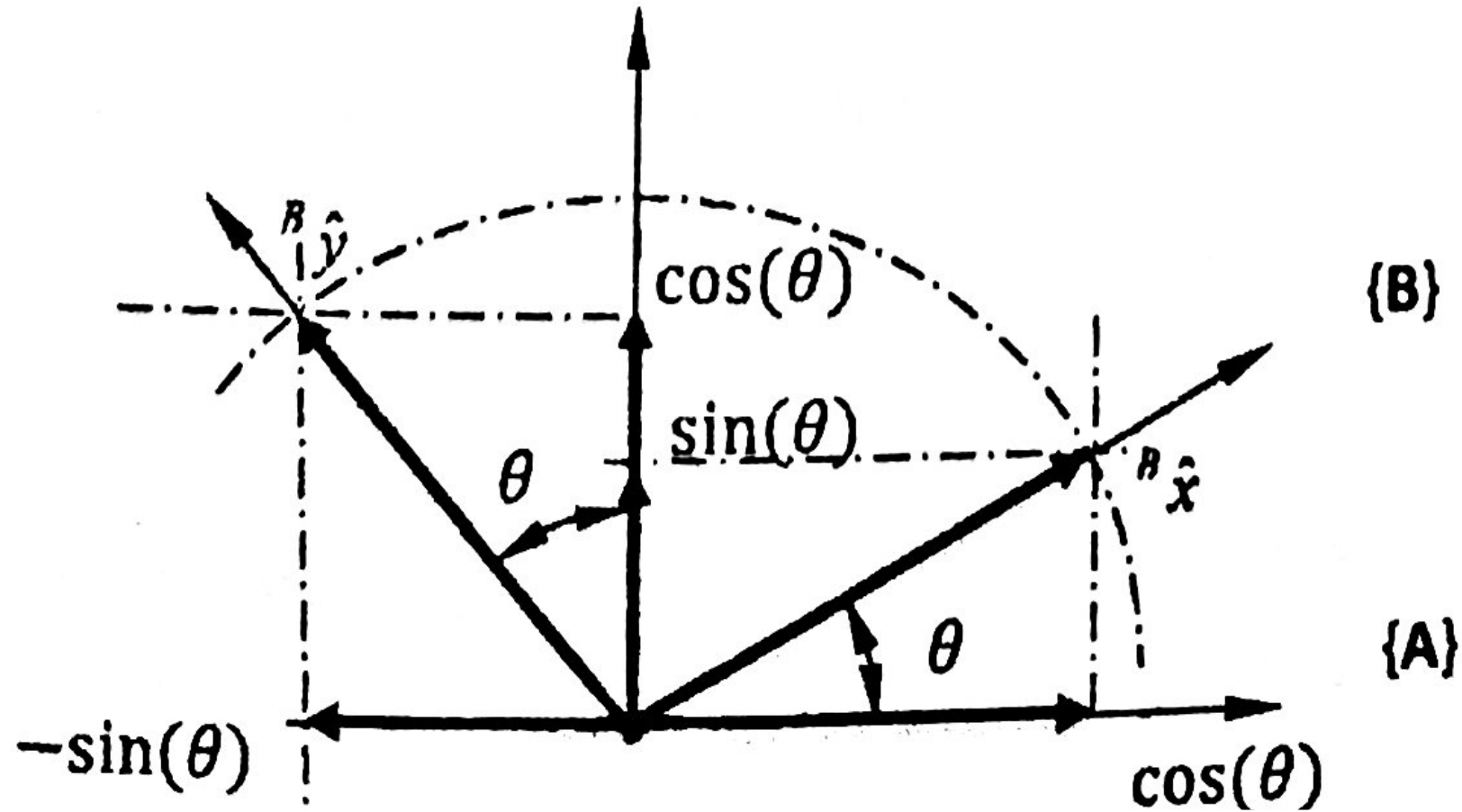
Din cele menționate se poate concluziona că postura unui obiect include poziția și orientarea sistemului de referință solidar cu acel obiect:

- Prin poziția originii sistemului de coordonate înțelegem cele trei coordonate (x,y,z) ale acestuia;
- Prin orientare unui sistem de referință înțelegem un ansamblu de trei unghiuri.

Operatori de transformare a posturii

Problema enunțată va fi rezolvată în următoarele etape: în primul rând se va considera cazul în care cele două sisteme de coordonate au originea comună, urmând ca acest rezultat să fie apoi generalizat și pentru situația în care cele două origini sunt diferite. Primul caz va fi la rândul său studiat în două etape: atunci când sistemul de coordonate se referă la două dimensiuni, respectiv prin adăugarea celei de-a treia dimensiuni.

Matrice de transformare pentru 2D



Matrice de transformare pentru 2D

- Orientarea lui **B** față de **A** se poate modela cu ajutorul unei matrici (operatorul) de rotație notată

$${}^A_B R$$

simbol care poate fi citit sub forma *rotația de la B la A*.

$${}^A_B R = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix}$$