

NECESITATEA IMPLEMENTĂRII ROBOȚILOR MOBILI ÎN DOMENIUL CONSTRUCȚIILOR

Asist.drd. ing. Radu GHELMECI

Facultatea de Utilaj Tehnologic, Universitatea Tehnică de Construcții București

Abstract: This paper will argue the necessity of implementing mobile robots in construction.

Keywords: mobile robots, construction, adaptivity.

1. INTRODUCERE

În [1],[2] se prezintă direcțiile de viitor din domeniul automatizării și robotizării lucrărilor de construcții. Aceste direcții sunt:

- dezvoltarea de metode noi pentru colectarea, procesarea, analizarea și comunicarea informației în și înspre șantier;
- creșterea mobilității roboților pentru construcții;
- crearea de sisteme performante de control a proceselor ce permit operarea cu sarcini mari;
- crearea de sisteme de poziționare cu precizii ridicate;
- creșterea ratei de utilizare a roboților în domeniul construcțiilor;
- crearea de sisteme de siguranță om – robot.

Se observă importanța mobilității, aceasta fiind una dintre prioritățile de viitor în concepția roboților pentru construcții.

Pentru claritatea prezentării se definesc următorii termeni:

Brațul robot este un sistem de elemente cinematice rigide și articulate care generează o traiectorie a efectorului final în funcție de operația tehnologică programată.

Punctul caracteristic este punctul atașat obiectului manipulat sau obiectului asupra căruia se execută o operație tehnologică.

Frontul de lucru este mulțimea punctelor din spațiu unde trebuie să se afle punctul de sculă al unui robot pentru îndeplinirea unei operații tehnologice programate. Acesta este impus de operația tehnologică.

Spațiul de lucru este mulțimea punctelor din spațiu, raportată la sistemul de referință al brațului robot, în care se poate găsi punctul de sculă. Forma și dimensiunile spațiului de lucru depind de tipul mecanismului de poziționare al robotului.

Sistemul de referință robot este un sistem de referință mobil, cartezian, triortogonal, drept și este atașat bazei brațului robot. Față de acest sistem se raportează toate mișcările brațului robot.

Sistemul de referință fix este un sistem de referință cartezian, triortogonal, drept și este atașat frontului de lucru.

Gradul de libertate suplimentar reprezintă o direcție liniară sau/și unghiulară de deplasare suplimentară a bazei robotului în vederea lărgirii spațiului de lucru cu scopul de a cuprinde frontul de lucru.

2. ASPECTE ALE AUTOMATIZĂRII ȘI ROBOTIZĂRII ÎN DOMENIUL CONSTRUCȚIILOR

În figura 1 este ilustrat procesul de automatizare a săpării cu buldozerul. Adâncimea de săpare a buldozerului este reglată automat cu ajutorul unei stații totale 1, corespunzătoare sistemului de referință fix și a unei prisme reflectorizante 2, corespunzătoare sistemului de referință mobil. În funcție de măsurătorile făcute de stația totală, echipamentul de lucru reglează automat adâncimea de săpare în vederea realizării suprafeței corespunzătoare, raportată la sistemul fix. Caracteristicile acestui sistem de automatizare sunt faptul că senzorii (prisma) se montează la organul de lucru și ca urmare trebuie să fie un senzor de precizie ridicată și este nevoie de vizibilitate între stație și prismă.



Figura 1 – Automatizarea procesului de săpare cu buldozerul

În figura 2 este reprezentat un robot realizat la Universitatea din Stuttgart [3]. Senzorii

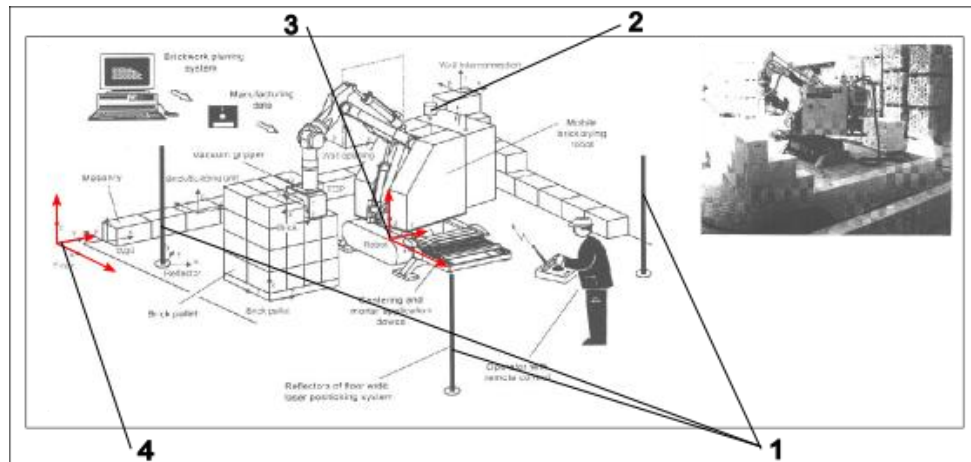


Figura 2 – Robotizarea procesului tehnologic de zidărie

reflectorizanți 1 materializează sistemul de referință fix 4 al șantierului. Față de acest sistem se raportează toate operațiile tehnologice robotizate de zidărie. Operatorul învață robotul operațiile tehnologice prin memorarea unor poziții. Mișcările robotului sunt raportate la sistemul de referință robot 3, materializat de capul laser rotativ 2. Este esențială poziția și orientarea sistemului de referință robot față de sistemul de referință fix. Dacă aceasta se schimbă, trebuie făcute corecții programului.

În figura 3 [1] se prezintă o platformă cu grad de libertate suplimentar pentru construirea clădirilor. Platforma este o construcție specială susținută de patru piloni, care îi asigură atât stabilitatea, cât și calea de rulare în plan vertical, adică gradul de libertate suplimentar. Pe platformă sunt așezați diverși roboți ce realizează operațiile tehnologice programate: montare semifabricate, sudare, zidărie, finisare și manipulare a materialelor etc. Dimensiunile platformei sunt mari pentru că ea corespunde cu un nivel al clădirii și trebuie prevăzută cu dispozitive de alimentare cu materie primă și semifabricate. Acest sistem se utilizează pentru construcția clădirilor înalte la care se repetă fiecare etaj.



Figura 3 – Platformă cu grad de libertate suplimentar

3. NECESITATEA IMPLEMENTĂRII ROBOȚILOR MOBILI ÎN CONSTRUCȚII

În cazul în care frontul de lucru nu este inclus în spațiul de lucru, prin *mobilitatea* bazei robotului se extinde spațiul de lucru pentru includerea frontului de lucru.

Prin compararea frontului de lucru cu spațiul de lucru, se disting cazurile (figura 4):

- frontul de lucru este inclus în spațiul de lucru; nu se justifică implementarea roboților

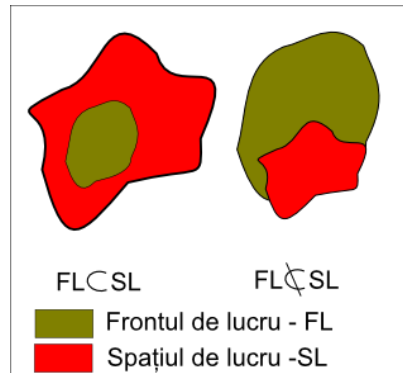


Figura 4 – Compararea frontului de lucru cu spațiul de lucru

mobili;

- frontul de lucru nu este inclus în spațiul de lucru; pentru a extinde spațiul de lucru se implementează roboți mobili.

În figura 5 se prezintă exemple de roboți mobili.

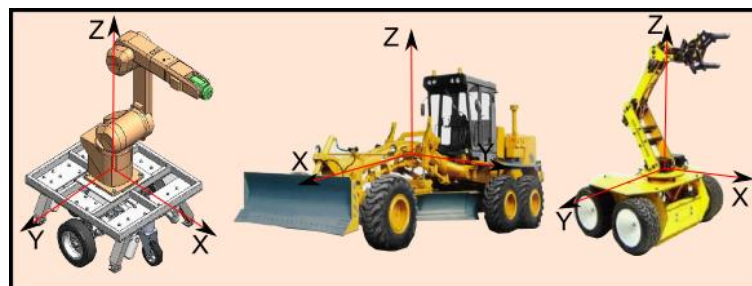


Figura 5 – Exemple de roboți mobili

Adaptivitate

În contextul acestei lucrări prin adaptivitate se înțelege capacitatea robotului de a efectua operația tehnologică dintr-o poziție oarecare. Această poziție poate fi diferită față de cea prestabilită la programare, cu condiția ca întreg spațiul necesar realizării operației tehnologice să fie cuprins în spațiul de lucru al brațului robot. Adaptivitatea este o condiție esențială pentru mobilitate.

Pentru realizarea acestei caracteristici de adaptivitate se consideră robotul mobil format din platformă mobilă și braț robot. Sistemul de referință mobil este solidar cu platforma. Poziția și orientarea sistemului de referință mobil în raport cu sistemul de referință fix este măsurată cu ajutorul unui sistem de senzori montați pe platforma mobilă. Această operație se numește localizarea platformei mobile.

Modelul cinematic direct și invers al brațului robot se raportează sistemului de referință mobil. Modelul este rezolvat în literatura de specialitate, model cinematic direct și invers, în raport cu un sistem de referință fix. Platforma mobilă este tratată în lucrările de specialitate pentru navigarea într-un mediu oarecare după un anumit scop. Pentru a realiza roboți adaptivi pentru

construcții trebuie concepute sisteme senzoriale de localizare a platformei și realizarea în timp real a corecției traiectoriei punctului de sculă în vederea realizării operației tehnologice, indiferent de poziția și orientarea sistemului de referință mobil față de sistemul de referință fix.

În figura 6 este sintetizată problema adaptivității. În poziția 1 este reprezentat sistemul de referință fix față de care se raportează toate operațiile tehnologice robotizate. Sistemul de referință mobil se împarte în două sisteme de referință, sistemul de referință program și sistemul de referință măsurat. Sistemul de referință program 2 este prestabilit la programare, iar sistemul de referință măsurat 3 este materializat de către sistemul de senzori ai platformei. Se impune condiția ca sistemul de referință măsurat să se găsească într-o vecinătate a sistemului de referință program, cu condiția ca mișcările necesare operațiilor tehnologice programate să fie în spațiul de lucru determinat de sistemul de referință măsurat.

În poziția 4 este reprezentat robotul în poziția ideală, programată. În poziția 5 este robotul în șantier realizând operația tehnologică programată apriori. Poziția și orientarea sa se determină prin măsurare. Chiar dacă poziționarea sa este diferită de cea programată, robotul va realiza operația tehnologică prin adaptare. Adaptarea realizându-se printr-o matrice de corecție ai cărei parametrii sunt determinați cu ajutorul sistemului de senzori ai platformei. Deci prin această corecție cinematica brațului robot va fi adaptată poziționării reale a robotului.

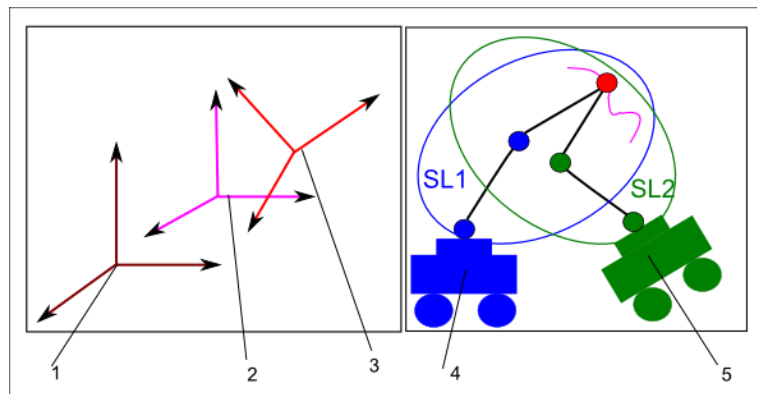


Figura 6 - Adaptivitate

Spre exemplificare vom considera operația tehnologică robotizată de zidire a pereților unui etaj de dimensiuni: 20m x 15m x 4.5m.

Considerăm un robot industrial KUKA KR120 R3500. În figura 7 se prezintă spațiul de lucru al robotului, din catalog [5].

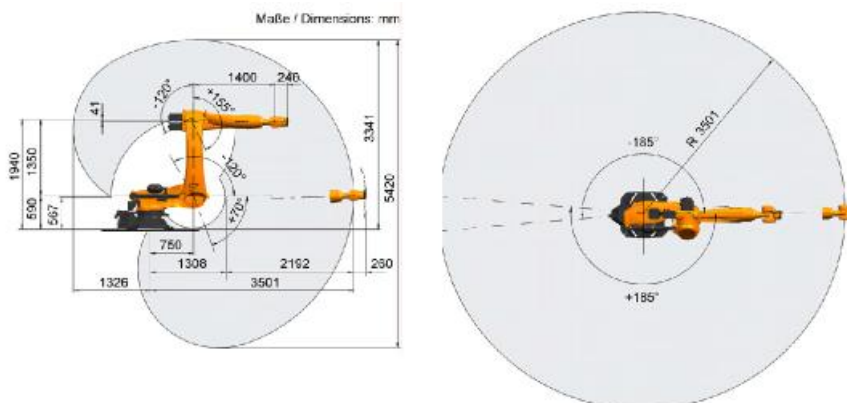


Figura 7 – Spațiul de lucru al robotului KUKA KR120 R3500

Pentru simplificarea expunerii se prezintă exemplul în plan. Spațiul de lucru al robotului din catalog este un cerc de rază 3,5m. Pentru o acoperire uniformă a frontului de lucru se considera spațiul de lucru prin aria pătratului de latură 4.95m înscris în cerc.

Frontul de lucru se împarte în 10 părți, fiecare parte fiind egală cu spațiul de lucru al robotului (figura 8). Se observă deci necesitatea de mobilitate a robotului.

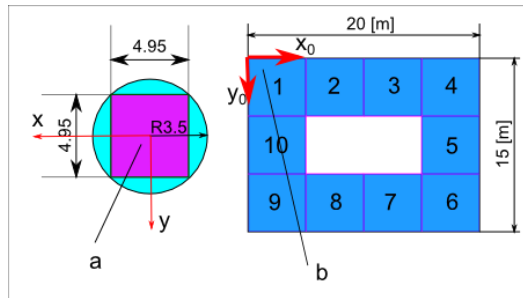


Figura 8 – Frontul de lucru și spațiul de lucru

I se atașază etajului un sistem de referință fix $x_0O_0y_0$, față de care se raportează toate operațiile de zidărie. Robotului i se atasează două sisteme de referință, un sistem de referință solidar cu platforma mobilă și baza robotului numit sistem de referință program $x_pO_p y_p$ și un sistem de referință atașat dispozitivului de prehensiune cu originea în punctul de sculă numit sistem de referință sculă program $x_sO_s y_s$.

Cărămizii i se asociază un sistem de referință cu originea în punctul caracteristic numit sistem de referință obiect program $x_{ob}O_{ob}y_{ob}$ (figura 9).

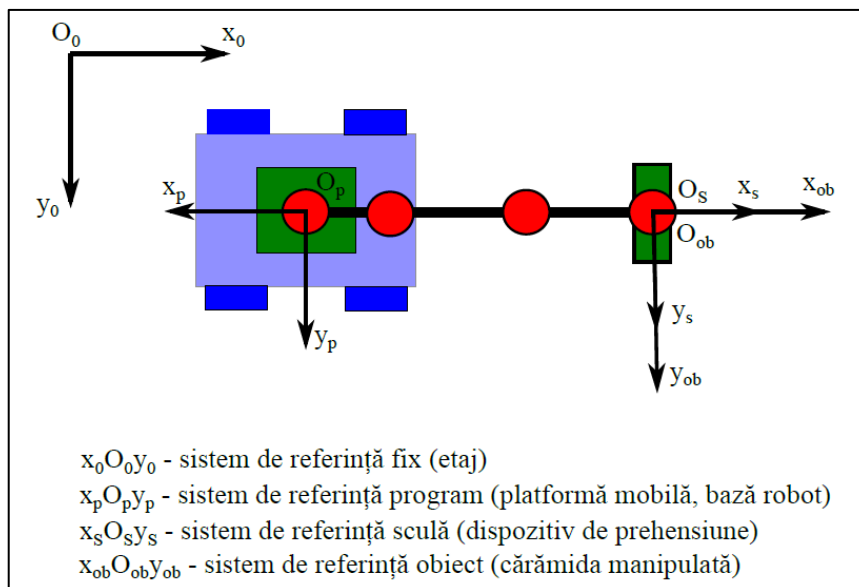


Figura 9 – Robotul în poziția programată. Sisteme de referință

Programul este realizat ținând cont de ipoteze simplificatoare, cum sunt: terenul de deplasare al robotului este plat, roțile au razele egale, în timpul construcției zidul nu acumulează abateri, cărămizile au înălțimi egale, au poziția și orientarea fără abateri în palet, centrarea și fixarea cărămizii în dispozitivul de prehensiune sunt ideale, adică corespondența dintre sistemul de referință caracteristic program și sistemul de referință obiect se realizează fără abateri, cuplurile cinematice ale robotului au axele de rotire în centrul lor, elementele și cuplurile cinematice sunt perfect rigide etc.

În șantier ipotezele simplificatoare conduc la abateri atât de poziție cât și de orientare între sistemul de referință obiect atașat cărămizii manipulate și cel real.

Pentru a compensa aceste abateri este nevoie de realizarea unei măsurări în coordonate absolute a punctului de sculă. Această măsurare este dificil de realizat datorită opturării semnalului în procesul de lucru al robotului.

O soluție avantajoasă, din acest punct de vedere, este conceperea unui sistem de măsurare în coordonate absolute care să materializeze poziția și orientarea platformei mobile a robotului, numit sistem de referință măsurat, în raport cu sistemul de referință fix. Această soluție face posibilă localizarea sistemului în orice punct al etajului, fără pericolul de opturare a semnalului (figura 10).

Cum brațul robot utilizat este un robot industrial, abaterile acestuia sunt neglijabile în raport cu cele introduse de sistemul de măsurare al platformei. De aceea precizia de măsurare a acestui sistem determină în mare măsură precizia poziționării și orientării sistemului de referință obiect.

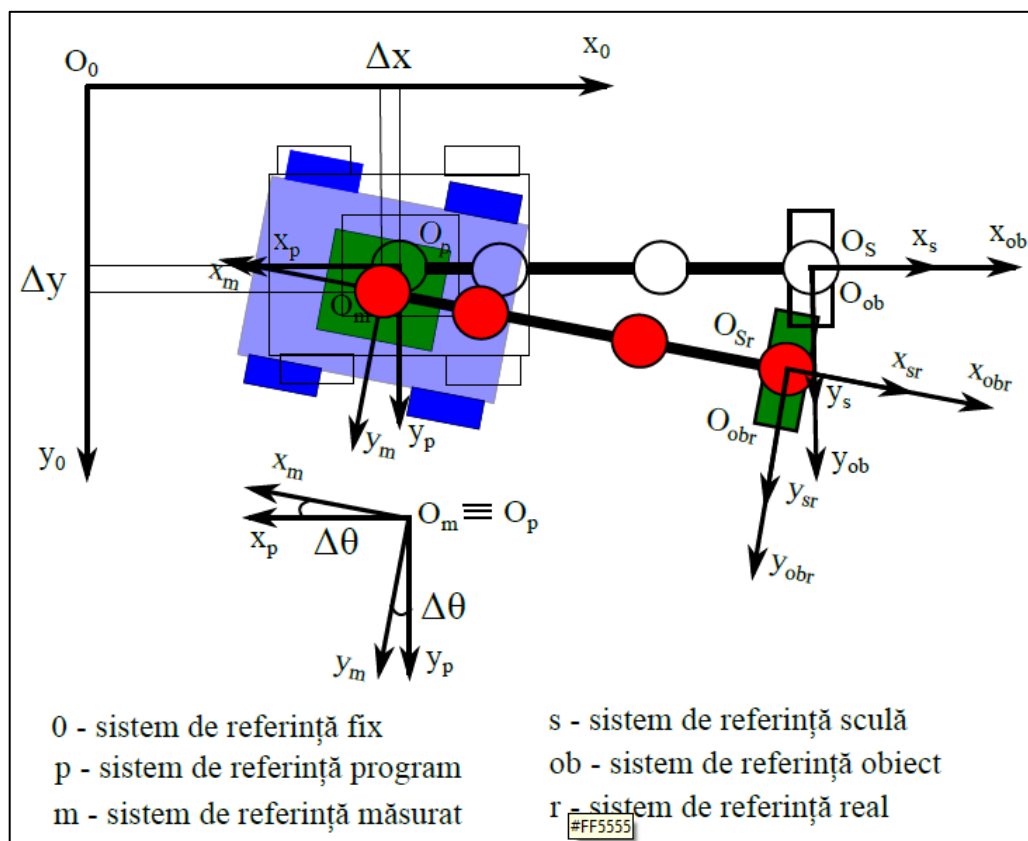


Figura 10 – Abaterile de poziție și orientare dintre sistemul de referință program și sistemul de referință măsurat

Utilizând rezultatele măsurătorilor acestui sistem, se poate realiza corecția în timp real a abaterilor dintre sistemul de referință program și cel măsurat cu ajutorul unei matrice de corecție și cum cinematica brațului robot este cunoscută se realizează adaptarea dintre sistemul de referință obiect programat și cel real (figura 11).

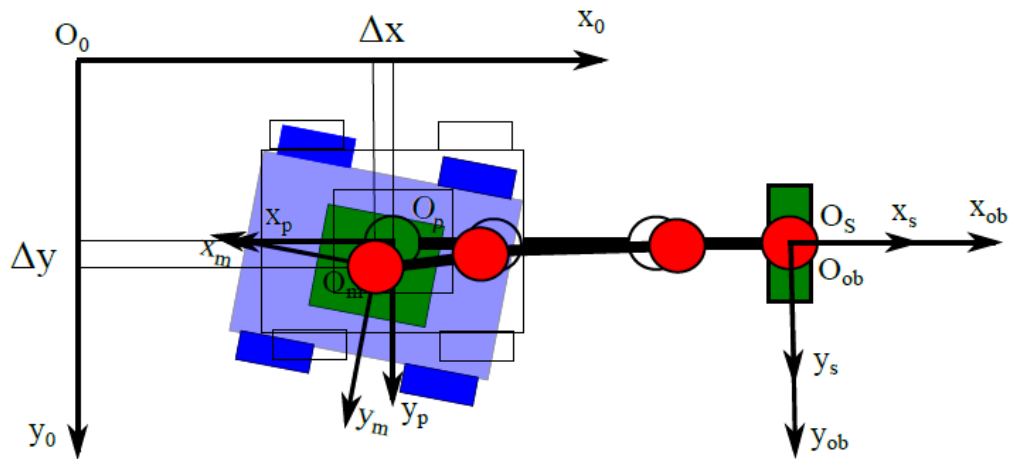


Figura 11 – Operația de adaptare

4. CONCLUZII

Pentru a satisface operațiile tehnologice din construcții, roboții implementați trebuie să fie mobili. Mobilitatea necesită ca robotul să fie adaptiv, să poată executa operația tehnologică dacă se poziționează cu erori admisibile față de poziția prestabilită la programare, în raport cu un sistem de referință fix.

BIBLIOGRAFIE

- [1] B. Siciliano, O. Khatib – „Handbook of Robotics”, Springer, 2008.
- [2] C.Balagner, M. Abderrahim – „Trends in Robotics and Automation in Construction”, InTech, website: http://www.intechopen.com/books/robotics_and_automation_in_construction/trends_in_robotics_and_automation_in_construction.
- [3] G. Pritschow, M. Dalacker, J. Kurtz, M. Gaenssle – „Technological Aspects in the Development of a Mobile Bricklaying Robot”, Automation and Robotics in Construction XII: Proceedings of the 12th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC), Warsaw, Poland, 1995, 281-290.
- [4] J.Andres, T.Bock, F.Gebhart, W.Steck – „First Results of the Development of the Masonry Robot System ROCCO: a Fault Tolerant Assembly Tool”, Automation and Robotics in Construction XI: Proceedings of the 11th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC), Brighton, United Kingdom, 1994, 87-93.
- [5] *** Catalog Kuka, KR QUANTEC, 2012, website: <http://www.kuka.com>