

# SIMULAREA STRATEGII-LOR DE CONTROL AL TRANSPORTULUI ÎN SISTEMELE CIM

mat. Aurel Mihalache

*Institutul de Cercetări în Informatică*

## Rezumat:

Reducerea timpilor de fabricație și implicit, a costurilor totale de fabricație este dependentă în prezent, nu atât de performanțele tehnologice ale mașinilor unelte, cât a timpilor de transport și manipulare a căror pondere în costul produsului finit este deosebit de importantă. Preocupările pentru reducerea timpilor de transport au condus la folosirea vehiculelor ghidate automat (AGV). Lucrarea de față tratează criteriile de optimizare a transportului intern folosind două tipuri de AGV-uri: cu trasee libere, cu trasee prestabilite. Lucrarea se adresează, atât tehnologilor din întreprinderile industriale, cât și proiectanților.

**Cuvinte cheie:** AGV - (Automated Guided Vehicle), transport intern, simulare, trasee prestabilite, trasee libere, reguli de dispecerizare.

## 1. Considerații generale

Un sistem integrat de fabricație este un ansamblu de mașini unelte cu comanda numerică (NC), posturi tradiționale de lucru, legate între ele printr-un sistem de transport care asigură fluxul material și care practic reprezintă nucleul sistemului CIM.

De obicei, piesele ce pot fi prelucrate în sistemul de producție sunt montate cu dispozitive de fixare pe paleți. Aceștia sunt transportați la posturile de lucru în funcție de tehnologia de fabricație. Flexibilitatea sistemului de producție este dată de capacitatea sistemului de transport de a accepta piesele în ordine întâmplătoare și volume diferite. În industrie se folosește o varietate mare de mijloace care asigură fluxul material cum ar fi: vagonetele, lifurile, cărucioarele etc., care sunt specifice în producția pe loturi.

Un procedeu superior de asigurare a fluxului material în sistemele integrate de fabricație este reprezentat de vehiculul ghidat automat AGV (automated guided vehicle). AGV-ul conține 2 componente de bază: un sistem de trafic și un sistem de conducere a vehiculului.

Sistemele de trafic, în cazul AGV-urilor cu

traseu prestabilit, este format dintr-o rețea de ghidare a vehiculelor sub forma unor cabluri electrice puse dedesubtul pardoselii. În cazul AGV-urilor cu mișcare liberă, sistemul de ghidare nu este fixat pe podea, ghidarea făcându-se prin sisteme optice sau radio. Vehiculele sunt echipate cu senzori care primesc comenzile transmise de sistemul de calcul pentru realizarea operațiilor de încărcare-transport-descărcare.

Dispecerizarea AGV-urilor este o problemă importantă în sistemele integrate de fabricație și presupune următoarele funcțiuni :

- controlul stării AGV-ului prin prelucrarea evenimentelor modificatoare de stare,
- controlul poziției prin prelucrarea evenimentelor modificatoare de poziție,
- stabilirea operativă a traseului,
- comanda efectuării traseului,
- evitarea coliziunilor dintre AGV-uri,
- evidența mișcărilor efectuate.

Pentru îndeplinirea funcțiilor propuse este necesar să existe un control al adreselor de început/sfârșit de traseu și un control al unor puncte intermediare, semnificative pentru traiectorie (schimbări de direcții, de tronsoane etc.). În esență, sistemul de control trebuie să asigure o analiză a stării sistemului de transport, să stabilească un traseu pentru fiecare cerere apărută, să comande deplasarea vehiculului, să evite coliziunile și să urmărească execuția comenzii.

## 2. Strategii de control

Față de sistemele tradiționale de producție, atât stocarea, cât și transportul, suportă mutații calitative importante ca urmare a ideii că reducerea ciclului total de producție se va face pe seama acestora, știind că timpii de stocare-transport reprezintă 75-80% din timpul total, iar timpii de prelucrare nu mai pot fi sensibil reduși. Totodată, cheltuielile de transport și stocare reprezintă peste 40% din costurile de fabricație.

Corespunzător acestor considerații strategiile de control pentru sistemele de transport urmăresc următoarele obiective:

- optimizarea prețurilor,
- optimizarea timpului.

Este de remarcat că, în prezent, strategiile de control pentru sistemele de transport sunt alese pentru diminuarea prețului. În viitor, tinde să devină mai importantă aplicarea strategiilor bazate pe optimizarea timpului. Pentru simularea strategiilor de control alese, se utilizează 5 reguli de dispecerizare a transportului, atât pentru configurații cu trasee prestabilite, cât și pentru configurații cu trasee libere. Aceste reguli de dispecerizare sunt următoarele :

1. FAFS (first available - first served): selectarea primului AGV disponibil;
2. MIT (most cumulative idle time): selectarea AGV-ului cu cel mai mare timp de staționare cumulat;
3. LIT (least cumulative idle time): selectarea AGV-ului cu cel mai mic timp de staționare cumulat;
4. SRD (shortest rectilinear distance): selectarea AGV-ului cu distanța rectilinie de parcurs cea mai mică;
5. LRD (longest rectilinear distance): selectarea AGV-ului cu distanța rectilinie de parcurs cea mai lungă.

Prin folosirea acestor reguli de dispecerizare se urmăresc următoarele criterii de performanță:

- gradul de utilizare a mașinilor unelte;
- volumul de producție pe unitate de timp;
- modul de utilizare a AGV-urilor;
- determinarea numărului de AGV-uri pentru configurația de transport.

### 3. Optimizarea dispecerizării AGV-urilor cu mișcare liberă

Pentru alegerea traseelor urmate de vehicule se propune o metodă simplă, bazată pe elemente de geometrie analitică. În acest scop, vom asimila AGV cu un punct și obstacolele cu poligoane cu  $n$  laturi sau orice alte forme ce pot fi încadrate în dreptunghiuri. Cu aceste considerații se poate aprecia că AGV-ul se va deplasa în lungul liniei drepte, care unește sursa (locația inițială) cu destinația (locația finală). Considerând un sistem rectangular de coordonate și notând cu  $(x_A, y_A)$  și  $(x_B, y_B)$  coordonatele sursei A, respectiv destinației B a AGV-ului, ecuația dreptei care unește cele două puncte este dată de:

$$\frac{y - y_A}{x - x_A} = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}$$

Deoarece, în realitate, este posibil ca AGV-ul să întâlnească în mișcarea sa un obstacol, acesta va fi programat să ocolească obstacolul pentru a ajunge la destinație. Pentru a verifica dacă obstacolul împiedică mișcarea AGV-ului în lungul dreptei AB, definite anterior, vom nota cu  $(x_1, y_1)$ ,  $(x_2, y_2)$ ,  $(x_3, y_3)$  și  $(x_4, y_4)$  coordonatele vîrfurilor dreptunghiului care încadrează obstacolul (figura 1).

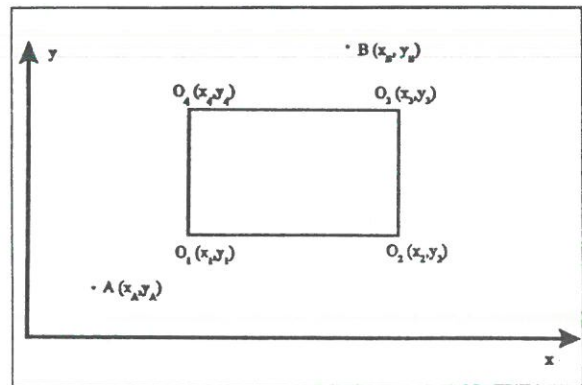


Figura 1: Plan schematic al unui atelier

Similar se va localiza amplasamentul atelierului care permite evitarea coliziunii AGV-ului cu pereții. Cu aceste considerente putem calcula posibilitatea coliziunii AGV-ului cu obstacolul astfel definit. Dacă nu există coliziune, traseul AB este liber, iar AGV-ul se poate deplasa de la A la B.

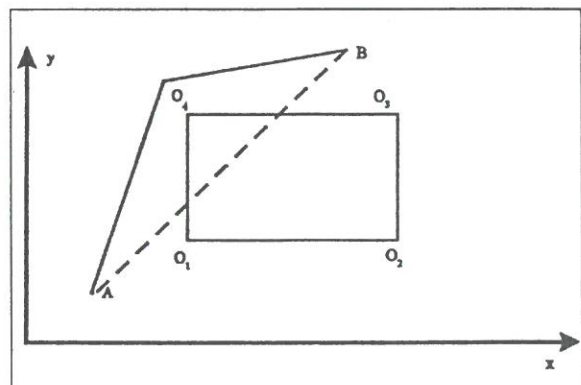


Figura 2: Alegerea traseului în cazul existenței unui obstacol

Dacă obstacolul împiedică deplasarea AGV-ului în lungul liniei AB, atunci se vor trasa liniile care unesc A cu vîrfurile O2 și O4 ale obstacolului.

Dacă cele două trasee sunt valide, deci nu apare coliziune, se unesc vîrfurile O2 și O4 cu B. Coordonatele vîrfurilor obstacolului includ o marjă de siguranță, care permite evitarea coliziunii. Această restricție este necesară deoarece AGV-ul are dimensiuni reale. Se compară lungimea traseelor A-O2-B și A-O4-B și se alege drumul cel mai scurt.

Rezultă că, în paralel cu evitarea coliziunii, se face și optimizarea traseelor pe care se va deplasa AGV-ul.

În cazul general, alegerea traseelor se va face în trepte, prima destinație devenind sursă ș.a.m.d. (figura 3).

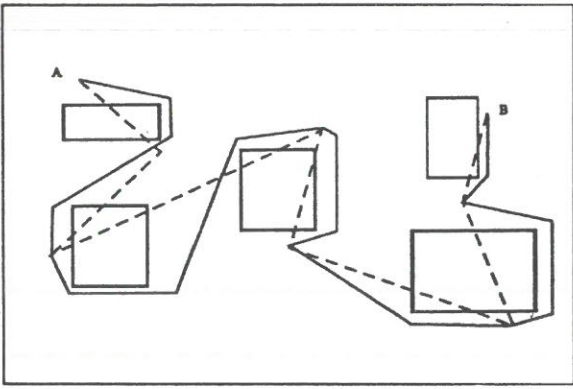


Figura 3: Simularea traseului în cazul destinațiilor intermediare multiple

**4. Simularea dispecerizării AGV-urilor cu trasee prestabilite**

Un factor important în sistemele de transport cu trasee prestabilite îl reprezintă amplasarea posturilor de lucru și a posturilor de intrare / ieșire. În comparație cu amplasarea tradițională, problema amplasării unui sistem integrat de fabricație trebuie să țină seama de multe obiective. Soluția trebuie să minimizeze timpul de transport al pieselor, să minimizeze costul total al operării sistemului în care se includ costul manipulării și transportului, să utilizeze spațiul eficient, iar sistemul să poată funcționa în siguranță. Heragn și Kusiak, într-un studiu privind problema

amplasării unui sistem integrat de fabricație, au propus patru tipuri de bază de amplasare :

- amplasarea circulară a mașinilor;
- amplasarea liniară pe un rînd a mașinilor;
- amplasarea liniară pe două rînduri a mașinilor;
- amplasarea tip "ciorchine" a mașinilor.

Tipurile de amplasare a posturilor de lucru conduc la câteva tipuri de configurații pentru traseele mijloacelor de transport. Pot fi luate în considerare următoarele tipuri de configurații:

- configurații circulare, închise sau în arc de cerc;
- configurații liniare simple;
- configurații liniare duble cu intersecții;
- configurații arborescente;
- configurații combinate, rezultate din suprapunerea celorlalte tipuri de configurații.

Dacă pentru primele două tipuri de configurații, problema simulării, dispecerizării AGV-urilor este relativ simplă, pentru configurații în care intervin trasee cu intersecții similare transportului intern, devine complicată datorită posibilității coliziunilor ce pot apare între AGV-uri.

**BIBLIOGRAFIE**

1. ABELS, St., LIEDD, G.: *Simulation of Control Strategies for Transport Systems*. În: *Proceedings of the European Simulation Symposium ESS '92*, 5-8 nov. 1992, Dresda, pp. 426-430.
2. CHAN, W.K., LEW, S.C.: *Local Path Optimization of Free-ranging Automated Guided Vehicles*. În: *Computer in Industry*, vol.14, no.4, July 1990, pp. 361-365.
3. CHENG, T.C.E.: *A Simulation Study of Automated Guide Vehicle Dispatching*. În: *Robotics and CIM*, vol. 3, no. 3, 1987, pp. 335-338.