

AMPLASAREA ASISTATĂ DE ȚALCULATOR A FACILITĂȚILOR DE PRODUCȚIE

ing. Dumitru Petre Popescu,
mat. Angela Popa

Institutul de Cercetări în Informatică

Rezumat:

Amplasarea facilităților într-un spațiu de producție este direct legată de transportul obiectelor între posturile de lucru și are consecințe asupra eficienței producției.

Lucrarea cuprinde expunerea generală a problemei de amplasare și trece în revistă tehnicile disponibile pentru rezolvarea acestei probleme.

De asemenea, se prezintă programul ARAP 1, realizat de I.C.I., pentru amplasarea facilităților în sistemele de producție, orientate pe tipuri de procese.

Cuvinte cheie: amplasare facilități, optimizarea amplasării, metode iterative, dimensionare facilități și dimensionare spații, proiecte ESPRIT.

Amplasarea facilităților (mașini, instalații, posturi de lucru) în sistemele de lucru productive sau în sistemele de servicii este o problemă ce apare la proiectarea acestor sisteme sau, ori de câte ori intervine o restructurare a lor, ca urmare a schimbării specificațiilor sau tehnologiei producției sau prestației. Soluțiile de amplasare și de dimensionare a facilităților au o mare influență asupra desfășurării eficiente a activității unui sistem și sînt determinate de caracteristicile procesărilor conținute (natura, numărul, succesiunea, repetabilitatea și durata operațiilor de executat), de caracteristicile obiectelor supuse procesării (dimensiune, greutate și alte caracteristici fizico-chimice) și de restricțiile impuse de mediu. Soluțiile de amplasare privesc în egală măsură și dotările logistice, care asigură continuitatea fluxurilor tehnologice.

În sistemele cu facilități de procesare stabile se întîlnesc trei tipuri reprezentative de amplasare:

- amplasare grupată pe criteriul tipurilor de procese (amplasare funcțională sau pe grupe tehnologice) a facilităților, considerată ca tradițională în cazul procesării discrete, de serie mică și cu diversitate mare a obiectelor. Aceasta permite o specializare a operatorilor pe tipuri de procesare și

conferă flexibilitate sistemului, favorizînd o bună încărcare a facilităților. Dezavantajul acestei amplasări rezultă din creșterea volumului inventarului de obiecte pe flux și o circulație mărită a acestora cu consecințe asupra investițiilor în sisteme logistice de stocare și transport (figura 1);

- amplasarea în flux specializat pe tipuri de obiecte (amplasare binară sau pe linii tehnologice) care este adecvată activităților cu obiective stabile și serie mare. Facilitățile sînt amplasate în ordinea cerută de operațiile tehnologice, specifice tipului de obiecte și sînt dimensionate astfel încît să asigure un avans uniform întregii linii. Acest tip de amplasare reduce mișcarea obiectelor și, în consecință, reduce timpul de elaborare a produselor și inventarul pe flux, simplificînd controlul procesării. Sistemul este mai puțin flexibil, o defecțiune a unei facilități afectează întreaga linie, iar operatorii sînt solicitați să opereze mai multe tipuri de facilități (figura 2);

- amplasarea celulară încearcă să cumuleze avantajele primelor două tipuri de amplasări ale facilităților. Această soluție grupează la un loc facilități care pot asigura procesarea unor familii reprezentative de obiecte (de ex.: piese de rotație, piese paralelipipedice etc.) prezentîndu-se sub forma unor grupări de fragmente de linii de procesare. Această amplasare se pretează la un înalt nivel de automatizare și asigură o mare flexibilitate menținînd în limite moderate nivelul inventarului pe flux. Pentru a beneficia de avantajele unui astfel de sistem este necesar să se facă o grupare prealabilă a obiectelor și să se impună o standardizare a lor și a S.D.V.-urilor utilizate (figura 3).

1. Optimizarea amplasării facilităților

Cerința de optimizare a amplasării facilităților este justificată de implicațiile pe care le are aceasta asupra investițiilor și costurilor de exploatare ale sistemelor productive și de servicii. Tompkins și White (1984) au estimat că pînă la 50 % din cele 8 procente ale produsului național brut al S.U.A., rezervate noilor capacități, este cheltuit pentru facilități de transport și manipulare. O reducere de pînă la 30 % a acestor cheltuieli se poate obține printr-o amplasare rațională a lor.

Abordarea unei probleme de amplasare presupune parcurgerea următoarelor etape:

- identificarea și definirea problemei;
- analiza problemei;

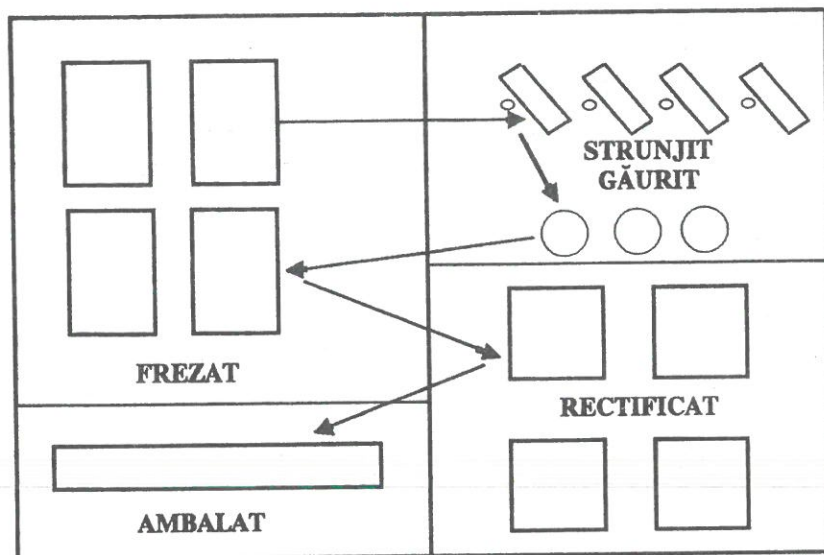


Figura 1: Amplasarea pe tipuri de procese

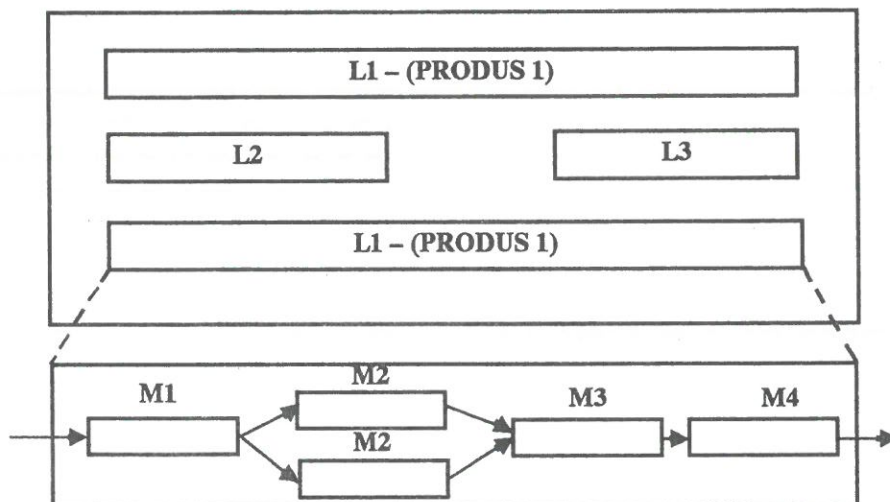


Figura 2: Amplasarea în flux specializat

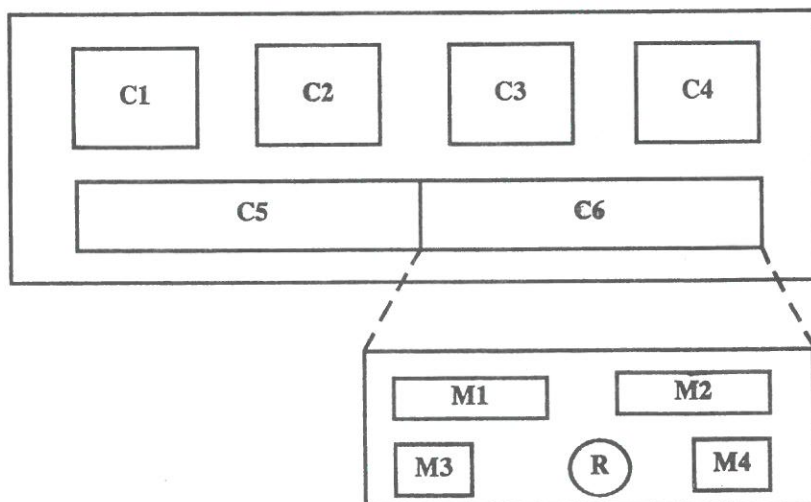


Figura 3: Amplasarea celulară

- generarea și evaluarea alternativelor de amplasare;
- selectarea și aplicarea soluției celei mai potrivite.

Definirea problemei presupune în primul rând definirea funcției obiectiv, respectiv a criteriilor și priorităților care acționează în mediul sistemului. Pentru a se evita operarea cu multitudinea factorilor de influență și criteriilor ce pot apărea în cazul unui număr mare de facilități, factori și criterii care pot face problema de nerezolvat, cele mai multe metode de rezolvare iau în considerare selectiv acești factori. Astfel, unele metode acordă prioritate criteriului cost minim de manipulare, altele urmăresc minimizarea traseelor obiectelor etc.

Francis și White au selectat următoarea listă de criterii care pot reprezenta funcții obiectiv ale problemelor de amplasare ale facilităților:

- minimizarea capitalului investit în spațiu și echipament;
- minimizarea timpului conducător global (ciclului de producție și a costului);
- utilizarea eficientă a spațiului;
- minimizarea aglomerării spațiului;
- condiții optime pentru operatori;
- condiții optime pentru întreținere și supraveghere;
- reducerea numărului de tipuri de echipamente destinate manipulării;
- condiții optime pentru procesul de producție;
- condiții optime pentru structura organizațională.

În ce privește restricțiile, acestea provin din:

- caracteristicile tehnologice ale activității, datorate materiilor prime și materialelor (nocivități, incompatibilități chimice sau fizice etc.) sau parametrii de desfășurare a operațiilor tehnologice (emanații termice sau chimice etc.);
- caracteristicile facilităților (greutate, volum, vibrații, cerințe de cuplare la sisteme de alimentare sau de evacuare etc.);
- caracteristicile mediului de amplasare (adică forma și dimensiunile suprafețelor și volumelor de amplasare, dispunerea elementelor de rezistență, orientarea suprafețelor, accesul la aceste suprafețe etc.);

- condițiile financiare, ecologice etc.

Modalitățile de abordare ale problemelor de amplasare sînt diverse, însă soluțiile sînt preponderent suboptimale și, pentru a se realiza calcule într-un timp acceptabil, acestea se limitează la un număr acceptabil de facilități și operează cu un set de restricții selecționat. Se citează mai multe tipuri de metode de rezolvare:

- metode bazate pe șabloane executate la scară sau bazate pe utilizarea unor hărți de amplasament prin care se elaborează un număr de alternative ținînd seama de secvența operațiilor;
- metode de calcul considerate "exacte" pentru cel mult 15 facilități de amplasat (Lower – 1963, Bazaraa – 1975, Garrett și Plyte – 1966 etc.);
- metode euristice, care dau soluții suboptimale într-un timp de calcul convenabil pentru un număr mai mare de 15 facilități;
- metode asistate de calculator, dezvoltate după anii '60 ca metode iterative de îmbunătățire a unei soluții inițiale sau ca metode de construire directă. Reprezentativ pentru metodele iterative este sistemul CRAFT (Computerized Relative Allocation of Facilities Technique), dezvoltat de Armour și Buffa – 1963, care a fost perfecționat și extins ulterior. Sistemul CRAFT stă la baza mai multor produse cum este COFAD (Computerized Facilities Design), dezvoltat de Tompkins și Reed (1986), care are o extensie de alegere a echipamentelor de manipulare. Reprezentativ pentru metodele de construire directă este sistemul CORELAP (Computerized Relationship Layout Planning), dezvoltat de Lee și Moore (1967), care se bazează pe valorile date gradului de apropiere între diferitele perechi de facilități, valori rezultate din relațiile de dependență ale acestora. Amplasarea facilităților, prin această metodă, se execută de la centrul spațiului către periferie în ordinea evaluării globale a gradului de apropiere.

După 1974, au fost elaborate numeroase variante avînd la bază sistemele CRAFT și CORELAP.

- metode CAD, care s-au dezvoltat după 1980 în paralel cu dezvoltarea unor puternice sisteme CAD. Acestea revitalizează într-o tehnologie grafică pe calculator, metodele bazate pe șabloane.

2. Sistemul ARAP 1 (Amplasare rațională asistată de calculator a posturilor de lucru)

Sistemul ARAP 1, dezvoltat pe baza concepției familiei de produse CRAFT – CORELAP la I.C.I. în 1992, utilizează metoda iterativă. Acest sistem este destinat sistemelor productive sau de servicii, avînd facilitățile amplasate pe criteriul tipurilor de procese.

Funcțiunile principale ale produsului sînt :

- evaluarea cerințelor de apropiere între facilități tehnologice;
- determinarea soluției raționale de amplasare potrivit criteriilor și restricțiilor specifice;
- determinarea mărimii posturilor de lucru și a numărului de facilități;
- determinarea spațiului necesar pentru facilitățile de producție.

a. Evaluarea cerințelor de apropiere între facilități

Cerința de apropiere dintre diversele posturi de lucru poate fi evaluată pe baza cerințelor de succesiune tehnologică a operațiilor de executat într-un interval de timp precizat. Aceste cerințe rezultă din baza de date a sistemului, constituită pentru a gestiona comenzile și tehnologia de realizare a acestora. Apropierea între facilități se evaluează prin numărul de treceri ale obiectelor între două facilități succesive. În prima etapă, se extrage o matrice de relații care reprezintă numărul de treceri între posturi cu tipuri distincte de facilități. În cazul în care dimensiunile și greutatea obiectelor sînt compatibile, această matrice de relații poate sugera o evaluare a apropierii (procedura este numită "travel charting" și a fost utilizată de Cameron în 1952). Existența unor diferențe semnificative de dimensiune și de greutate a obiectelor de transferat între posturi impune o pondere a trecerilor cu aceste caracteristici pentru a reflecta mai corect investițiile și cheltuielile de exploatare privind mijloacele de transport și manipulare. În acest caz, se obține o matrice de treceri ponderate, care poate fi considerată matricea de referință a coeficienților privind cheltuielile de transport (tabelul 1).

b. Determinarea soluției de amplasare rațională

Pe baza cerințelor de apropiere între posturi exprimate prin matricea de treceri sau, după caz, de treceri ponderate, se construiește rețeaua de relații pe un amplasament de referință.

Tabelul 1: Matricea de relații
Treceri/Treceri ponderate între posturi

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	x	100			50			
2	100	x	80	10	10			
3		80	x	40	40			
4		10	40	x	10	10	10	10
5	50	10	40	10	x		110	
6				10		x	130	140
7				10	110	130		
8				10		140		

inițial, distribuindu-se pe ecran posturile de lucru și vizionîndu-se rețeaua de relații între posturi (figura 4).

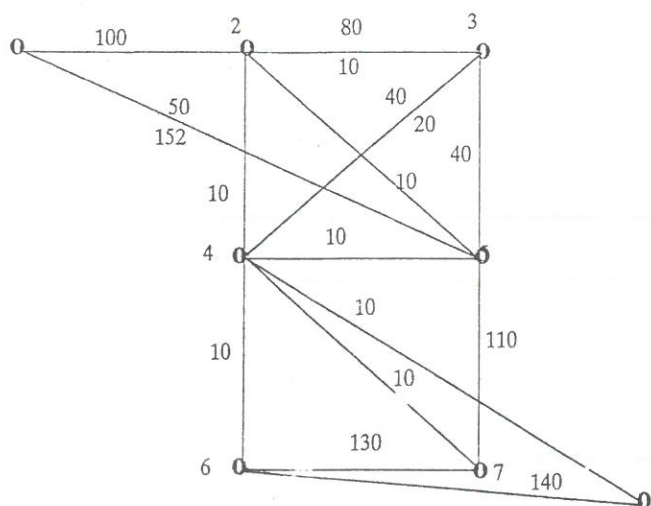


Figura 4: Reprezentarea matricei de relații pentru un amplasament de referință

Prin aplicarea metodei iterative, se operează o reamplasare succesivă a 2 sau 3 posturi și se construiesc toate variantele, reținîndu-se numai acelea care conduc la indici de cheltuială minimă pentru transport. Rafinarea soluției se obține prin mărirea numărului de iterații și prin repetarea prelucrărilor plecînd de la diferite amplasamente inițiale (figura 5).

În această etapă se impun următoarele precizări:

- soluțiile au la origine o poziționare inițială, de referință, a centrelor de greutate ale spațiilor ce conțin grupele de facilități;
- o parte din posturile de lucru ce conțin facilități pot avea soluții predeterminate din considerente tehnologice sau funcționale și nu se supun reiterării;
- procesul de optimizare se poate relua pentru

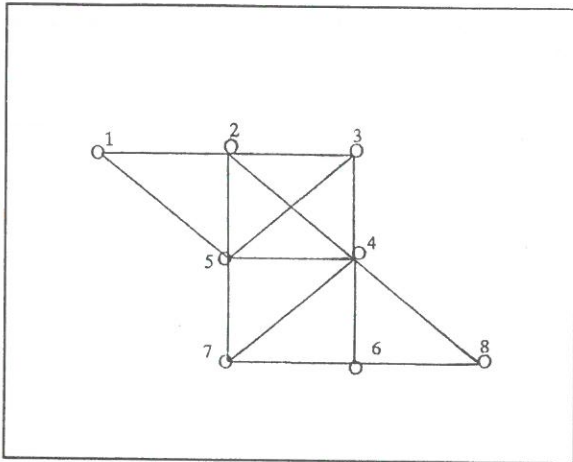


Figura 5: Amplasament relativ optim (în care s-au schimbat între ele posturile 4 cu 5 și 6 cu 7)

diferite amplasamente de referință.

c. Determinarea mărimii posturilor de lucru și a numărului de facilități

Determinarea mărimii posturilor de lucru, respectiv a numărului de facilități necesare pentru executarea volumului de operații tehnologice, are la bază timpul tehnologic de operare, gradul de utilizare al facilităților, coeficientul de pierderi admis, coeficientul de disponibilitate al fiecărui tip de facilități și numărul de schimburi în care se operează. Toate aceste caracteristici se preiau din lista de facilități, încărcată în baza de date a sistemului.

d. Determinarea spațiului necesar pentru facilitățile de producție

Determinarea suprafeței posturilor de lucru se face pe baza numărului de facilități din fiecare tip rezultat în etapa anterioară și a suprafețelor unitare de utilizare a acestora conținute în baza de date.

Rezultatele pot fi ilustrate prin reprezentarea unei rețele de referință în varianta optimă selectată și prin transformarea centrelor de greutate inițiale în suprafețe proporționale cu datele rezultate din calcul (figura 6).

În această ultimă etapă se poate reface amplasarea plecând de la o nouă amplasare de referință, având în vedere că se dispune de informații suplimentare. Timpul de calcul redus, al operării sistemului, stimulează noi tentative de rafinare a soluțiilor.

Pe baza acestor rezultate se poate trece la încadrarea în planul de situație real al construcției. a posturilor de lucru, de această dată ținându-se seama de particularitățile de formă și de rezistență ale construcției, respectiv de forma pereților.

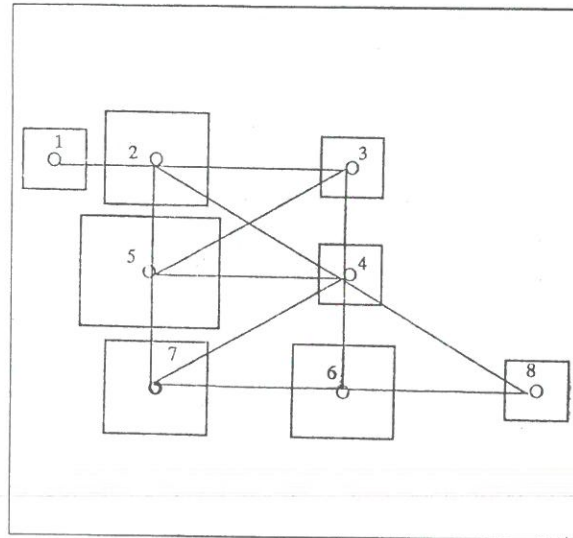


Figura 6: Dimensionarea suprafețelor posturilor de lucru în funcție de numărul utilajelor

stulpilor, de accesul la lumină etc. Pentru utilizatorii care dispun de mijloace CAD (stații și programe specializate pentru desen 2D), faza de adaptare la planul de situație se continuă cu ajutorul calculatorului (figura 7).

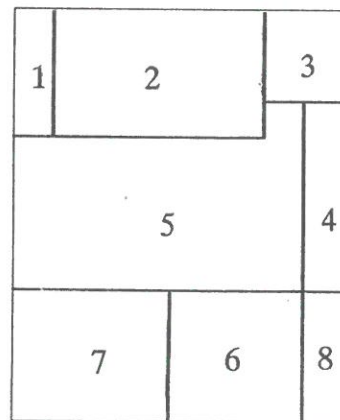


Figura 7: Amplasarea definitivă a facilităților prin încadrarea în spațiul disponibil

Sistemul ARAP 1 este utilizabil și în domeniile serviciilor și administrației unde este necesar să se determine o amplasare optimă a ghișelor, oficiilor, cabinetelor de diagnosticare și tratament, în aceste cazuri, datele de plecare fiind rezultate din cercetarea statistică asupra traseelor parcurse de obiectele sau persoanele care beneficiază de aceste servicii.

3. Amplasarea sistemelor de fabricație automatizată

În sistemele de fabricație automatizate, mai multe mașini pot executa operații diferite, care cer timpi de pregătire foarte mici. Flexibilitatea acestor sisteme conduce la o creștere a numărului de opțiuni pentru itinerariile tehnologice ale lucrărilor, complicând problema amplasării facilităților de producție.

Factorii de influență, ce intervin în problemele de amplasare în mediul fabricației automatizate, includ tipul și numărul mașinilor, roboților și ale celorlalte echipamente de transfer și de transport, mobilitatea lor și metodele de localizare a obiectelor pe mașini. De asemenea, intervin în calcul capacitățile posturilor de stocare intermediară, capacitățile magazinelor de scule, siguranța operării etc.

Heragn și Kusiak (1988) au stabilit că, metodele iterative, care stau la baza produselor de tip CRAFT și CORELAR, nu sînt suficiente pentru un sistem de fabricație automatizat datorită modificărilor de formă pe care unele mașini le pot suporta în amplasarea finală și au propus patru tipuri de bază ale acestor amplasamente:

- amplasarea circulară a mașinilor
- amplasarea pe un șir liniar
- amplasarea pe două șiruri liniare
- amplasarea în ciorchine.

De asemenea, Heragn și Kusiak au stabilit că amplasarea este dictată de tipul și de dimensiunile sistemelor automate de transport.

Algoritmii propuși pentru cele patru tipuri de bază sînt verificați prin modele de simulare, care permit evaluarea costurilor manipulării materiale pentru diferite amplasamente prin modificarea unor parametri cum sînt: numărul de piese de sistem, traiectoria piesei, volumul producției de piese în fiecare interval de timp, frecvența de modificare a specificației de piese.

În acest fel, prin simulare se compară diferite strategii de amplasare efectuîndu-se o evaluare a sistemului global.

Integrate în logistica producției, problemele de amplasare, prin complexitatea lor, contribuie la recunoașterea faptului că în industria actuală, cele mai multe rezerve ale creșterii productivității se regăsesc în zona logistică.

Această motivează expansiunea spectaculoasă a cercetărilor în zona logisticii.

BIBLIOGRAFIE

1. ARMOUR, G.C., BUFFA, E.S.: *A Heuristic Algorithm and Simulation Approach to Relative Location of Facilities*, Management Science, 9 (1963).
2. BUFFA, E.S., ARMOUR, G.C., VOLLMAN, T.E.: *Allocating Facilities with CRAFT*, Harvard Business Review, 42 (1964).
3. WOLFE, H., HUNDAL, T.S.: *Facility Layout, Automated Factory Handbook*, Cleland, D. and Bidanda, B. (Eds.) - TAB BOOKS, 1990, p. 447.
4. MOORE, J.M.: *Computer Aided Facilities Design: An International Survey*, International Journal of Production Research, 12 (1974).
5. I.C.I.: *ARAP 1*, Manual de prezentare.