



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI
MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOSDRU



Fondul Social European
POS DRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



MINISTERUL
EDUCAȚIEI
CERCETĂRII
TINERETULUI
ȘI SPORTULUI
OIPOSDRU



Universitatea
Lucian Blaga Sibiu

Investește în oameni!

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin Programul Operațional Sectorial pentru Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013
Axa prioritară: nr. 1: "Educația și formarea profesională în sprijinul creșterii economice și dezvoltării societății bazate pe cunoaștere"
Domeniul major de intervenție 1.5.: "Programe doctorale și post-doctorale în sprijinul cercetării"
Titlul proiectului: Integrarea cercetării românești în contextul cercetării europene-burse doctorale.
Cod Contract: POSDRU/88/1.5/S/60370
Beneficiar: Universitatea Lucian Blaga din Sibiu

Ing. Rareș Lucian Marin

TEZĂ DE DOCTORAT

Rezumat

Conducător științific:

Prof. Univ. Dr. Ing. Paul Dan Brîndașu



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI
MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOSDRU



Fondul Social European
POS DRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



MINISTERUL
EDUCAȚIEI
CERCETĂRII
TINERETULUI
ȘI SPORTULUI
OIPOSDRU



Universitatea
Lucian Blaga Sibiu

Investește în oameni!

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin Programul Operațional Sectorial pentru Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013
Axa prioritară: nr. 1: "Educația și formarea profesională în sprijinul creșterii economice și dezvoltării societății bazate pe cunoaștere"
Domeniul major de intervenție 1.5.: "Programe doctorale și post-doctorale în sprijinul cercetării"
Titlul proiectului: Integrarea cercetării românești în contextul cercetării europene-burse doctorale.
Cod Contract: POSDRU/88/1.5/S/60370
Beneficiar: Universitatea Lucian Blaga din Sibiu

Ing. Rareș Lucian Marin

TEZĂ DE DOCTORAT

Rezumat

Transportul de piese prioritare în procesele de fabricație, pe baza agenților inteligenți

Comisia de evaluare a tezei de doctorat:

Președinte:

Conf. Univ. Dr. Ing. Valentin Oleksik

Membri:

Prof. Univ. Dr. Ing. Paul Dan Brîndașu – Conducător științific, Universitatea Lucian Blaga din Sibiu

Prof. Univ. Dr. Ing. George Drăghici, Universitatea „Politehnica” din Timișoara

Prof. Univ. Dr. Ing. Petru Berce, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca

Prof. Univ. Dr. Ing. Laurean Bogdan, Universitatea Lucian Blaga din Sibiu

Cuprins..... teză / *rezumat*

Lista figurilor.....	VII
Lista tabelor.....	XI
Lista abrevierilor.....	XV / <i>VIII</i>
CAPITOLUL 1 - Introducere.....	1 / 1
CAPITOLUL 2 - Stadiul actual al cercetărilor privind sistemele de fabricație flexibile.....	12 / 5
2.1. Generalități.....	12 / 5
2.2. Linii flexibile de producție.....	13 / 5
2.2.1. Producția discontinuă.....	13 / 5
2.2.2. Producția continuă.....	16 / 6
2.3. Transportoare și sisteme de transport.....	20
2.3.1. Criterii și clasificări ale mărfurilor transportabile.....	20
2.3.2. Scurt istoric al transportoarelor.....	20
2.3.3. Clasificarea după constanță a transportoarelor.....	24 / 7
2.3.4. Clasificare după traiectorie și tipul de acțiune.....	24
2.3.5. Clasificarea după amplasamentul față de producție.....	27
2.3.6. Clasificarea după metoda de operare.....	28
2.3.7. Clasificarea după tipul de acționare al transportorului.....	29
2.3.8. Clasificarea după ordin.....	29 / 12
2.3.9. Clasificarea după zona de acțiune.....	30 / 13
2.3.10. Transportoare uzuale folosite în procesul de producție și depozitare.....	33
2.3.11. Generalizarea sistemelor de transport.....	39 / 7
2.4. Problematika asamblării pe linii de producție de tip flow shop.....	40 / 8
2.4.1. Introducere.....	40
2.4.2. Configurații ale liniilor de asamblare de tip flow shop.....	41 / 8
2.4.3. Balansarea liniilor de asamblare.....	46
2.4.4. Concluzii.....	52
2.5. Problema fabricării de produse personalizabile în contextul actual....	52
2.5.1. Prioritizarea virtuală.....	54
2.5.2. Prioritizarea fizică.....	55

2.5.3. Etapele satisfacerii unei comenzi.....	57 / 11
2.5.4. Fabricația descentralizată și mijloacele acesteia	58 / 12
2.6. Modelarea conceptelor	66
2.6.1. Fazele modelării.....	67
2.6.2. Modelarea concepției produsului.....	68
2.6.3. Modelarea și prelucrarea fluxurilor de informație.....	68
2.7. Simularea proceselor de fabricație.....	74
2.8. Modelarea matematică a liniilor flexibile de producție	75
2.9. Sistemul flexibil de fabricație Production 2000+	82
2.9.1. Aspecte P2000+ în atingerea flexibilității	82
2.9.2. Prezentarea sistemului de fabricație	82
2.9.3. Sistemul de control bazat pe agenți	83
2.9.4. Controlul mărimii stocurilor-tampon.....	84
2.9.5. Alocarea dinamică de sarcini.....	85
2.9.6. Evitarea blocajelor	86
2.9.7. Rutarea dinamică	87
2.9.8. Rezultatele simulării producției cu P2000+.....	87
2.10. Concluzii	87 / 13
CAPITOLUL 3 - Obiectivele tezei de doctorat	93 / 15
CAPITOLUL 4 - Fabricația cu feedere.....	95 / 17
4.1. Principiu	95 / 17
4.2. Modele cu bule de gaz	95 / 17
4.2.1. Modelul cu bule de gaz al fabricației de modele mixte cu programare și secvențiere.....	96 / 18
4.2.2. Modelul cu bule de gaz al fabricației de modele mixte fără programare și secvențiere (FIFO)	98 / 19
4.2.3. Modelul cu bule de gaz al fabricației de modele mixte bazat pe sistemul cu feedere.....	98 / 20
4.3. Sistemul de fabricație cu feedere – principiu generalizat.....	99 / 21
4.4. Arhitectura sistemului de fabricație cu feedere	100 / 21
4.4.1. Posturile de lucru	100 / 22
4.4.2. Nodurile de interogare	101 / 23
4.4.3. Feederul.....	105 / 25
4.4.4. Sistemul de transport	105 / 26

4.4.5. Legile sistemului de fabricație cu feedere	106 / 26
4.4.6. Studiu privind distanța parcursă de repere funcție de dispunerea posturilor de lucru pe linia de producție	109
4.5. Procesul de funcționare al sistemului cu feedere.....	112
4.5.1. Procesul de preluare al comenzii	112
4.5.2. Procesul de pregătire a produsului pentru producție	114
4.5.3. Procesul de producție.....	115
4.5.4. Agenții sistemului cu feedere	115
4.5.5. Diagrama structurală a sistemului de fabricație cu feedere..	120 / 45
4.5.6. Diagrama de comunicație a sistemului de fabricație cu feedere	121 / 46
4.6. Concluzii	121 / 46
CAPITOLUL 5 - Analiza experimentală a sistemului de fabricație cu feedere	123 / 30
.....	
5.1. Parametri experimentali	123 / 30
5.2. Descrierea sistemului experimental liniar.....	124 / 31
5.3. Descrierea sistemului experimental cu feedere	126 / 33
5.4. Programarea agenților principali.....	128 / 35
5.4.1. Agentul de comenzi	128
5.4.2. Agentul de interogare la nodul de intrare în feeder	138 / 35
5.4.3. Alți agenți de feeder.....	138 / 35
5.4.4. Agentul de ieșire din sistem.....	138 / 35
5.5. Proiectarea experimentelor	138 / 35
5.6. Desfășurarea experimentelor	144 / 41
5.7. Interpretarea rezultatelor experimentale	165 / 46
CAPITOLUL 6 - Concluzii finale, contribuții originale și direcții viitoare de cercetare.....	166 / 48
6.1. Structura tezei de doctorat	166 / 48
6.2. Contribuții proprii și direcții viitoare de cercetare	169 / 48
Bibliografie selectivă	172 / 50
ANEXE	188
ANEXA A - Tipuri de transportoare. Descriere	189
ANEXA B - Programarea agentului de comenzi în cazul I	192
ANEXA C - Programarea agentului de comenzi în cazul al II-lea	193

ANEXA D - Programarea agentului de comenzi în cazul al III-lea	195
ANEXA E - Programarea agentului nodului de interogare la intrarea în feeder	197
ANEXA F - Programarea agentului de ieșire din sistem	199
ANEXA G - Parametrii experimentali	200
ANEXA H - Rezultate experimentale.....	242
ANEXA I - Curriculum Vitae.....	286 / 54

Lista abrevierilor

A

AGV	Automated Guided Vehicle (Vehicul Gidat Automat)
ALB	Assembly Line Ballancing Problem (Problema Balansării Liniilor de Asamblare)
AS/RS	Automated Stock/Recieve System (Sistem de Stocare/Receptare Automat)

B

BTO	Build to Order (Producția pe Comandă)
BTS	Build to Stock (Producția pe Stoc)

C

CMMTP / SP	Cel Mai Mic Timp de Procesare / Shortest Processing Time
CMRDS / EDD	Cea mai Recentă Data Scadentă / Earliest Due Date
CPS	Cyber Physical Systems (Sistem Cibernetico-Fizic)
CRM	Customer Relationship Management (Managementul Relației cu Clientul)

E

ECC	Electric Carrying Conveyor (Conveior Electric de Cărat)
ECU	Electronic Control Unit (Unitate de Control Electronic)
EPC	Electric Pallet Conveyor (Conveior Electric cu Paleți)
ERP	Enterprize Resource Planning (Planificarea Resurselor Intreprinderii)

F

FIFO	First in First out (Primul Intrat Primul Iesit)
FIPA	The Foundation for Intelligent Physical Agents (Fundația pentru Agenți Inteligenți Fizici)
FJSP	Flexible Job Shop Scheduling Problem (Problema Programării Producției Discontinue Flexibile)

G

GSM	Global System for Mobile Communication (Sistem Global pentru Comunicație Globală)
GUI	Graphical User Interface (Interfață Grafică)

M

MES	Manufacturing Execution Systems (Sistem de Execuție pentru Producție)
MILP	Mixed-Integer Linear Programming (Programare Liniară pentru întregi micști)
MTO	Make to Order (Fabricarea după Comandă)
MTS	Make to Stock (Fabricarea după Stoc)

O

OEM	Original Equipment Manufacturer (Producător de Echipament Original)
OLE	Object Linking and Embedding
OPC	OLE for Process Control (OLE pentru Controlul Proceselor)
OPC UA	OLE for Process Control Unified Architecture (OLE pentru Controlul Proceselor, Arhitectura Unificată)

P

PLM	Product Lifecycle Management (Ciclul de Viață al Produsului)
PVPS / FCFS	Primul Venit Primul Servit / First Come First Served

R

RC / CR	Ratia Critica / Critical Ratio
RFID	Radio Frequency Identification (Identificare cu Undă Radio)

S

SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition System (Sistem de Supraveghere, Control și Achiziții de Date)
SCM	Supply Chain Management (Managementul Lanțului de Furnizori)
SFFr	Sistem de Fabricație Fractal
SFH / HMS	Sisteme de Fabricație Holonice / Holonic Manufacturing Systems

T	
TL	Timp rămas de Lucru pentru o piesă
TS	Timp rămas până la Scadență
U	
UBFr	Unitate de Bază Fractală
W	
WIP	Work in Process (Lucru în Proces)

Cuvinte cheie:

prioritizare fizică, flow shop, feeder, fabricațe de serie, transport, sisteme de transport, transportoare, personalizare, descentralizare, simulare, agenți inteligenți, producție continuă.

Prefață

Prezenta lucrare de doctorat s-a desfășurat în cadrul programului „Integrarea cercetării românești în contextul cercetării europene”, proiect cofinanțat din Fondul Social European prin Programul Operațional Sectorial pentru Dezvoltarea Resurselor Umane 2007 – 2013, cu sprijinul Facultății de Inginerie din Sibiu și a Centrului de Cercetare German pentru Inteligență Artificială (DFKI) din Kaiserslautern, Germania.

Pe parcursul desfășurării acestei lucrări, domnul Prof. Univ. Dr. Ing. Paul Dan Brândașu m-a sprijinit permanent atât în activitățile științifice și didactice ca și îndrumător de doctorat, cât și cu sfaturi legate de cutuma academică, fiind pentru mine un model de urmat. Aș vrea să mulțumesc domnului profesor pentru încrederea pe care mi-a acordat-o invitându-mă în programul doctoral și pentru răbdarea cu care m-a îndrumat, știind să canalizeze avântul meu, de multe ori prea mare, tineresc, într-o direcție pragmatică, științifică.

Mulțumesc Dr. Jochen Schlick pentru sfaturile prețioase și coordonarea sa de pe timpul stagiului de mobilitate din Germania.

Gândurile de recunoștință se îndreaptă și către domnul Prof. Univ. Dr. Ing. Ioan Bondrea, fără de care dezvoltarea mea în domeniul modelării și simulării liniilor de producție nu ar fi fost posibilă, doamna Prof. Univ. Dr. Ing. Livia Dana Beju pentru deschiderea spre subiectul acestei teze și ajutorul necondiționat, doamna Prof. Univ. Dr. Ing. Carmen Simion pentru timpul acordat pentru analizarea acestei teze și pentru sfaturile sale.

Mulțumiri speciale comisiei de analiză: Conf. Univ. Dr. Ing. Valentin Oleksik, în calitate de președinte, Prof. Univ. Dr. Ing. Petru Berce, Prof. Univ. Dr. Ing. George Drăghici, Prof. Univ. Dr. Ing. Laurean Bogdan, referenții științifici, care mi-au acordat întreaga lor atenție, îngăduință și m-au onorat cu prezența în Comisia de doctorat.

Aș dori să mulțumesc și colegilor de la DFKI care m-au sprijinit și m-au ajutat să mă integrez în mediul de lucru pe parcursul celor 6 luni de mobilitate din Germania, perioadă care a reprezentat un avans substanțial în conținutul acestei teze.

Nu în ultimul rând aș vrea să mulțumesc familiei pentru curajul de a ma sprijini în decizia de a începe programul doctoral și tuturor celor care m-au ajutat pe parcursul acestor ani.

Autorul

CAPITOLUL 1 - Introducere

Lumea în care trăim poate fi considerată drept un sistem. Un sistem care are ca scop intrinsec, în primul rând atingerea unei stări de echilibru global, menținerea acestei stări de echilibru și apoi evoluția întregului sistem până se ajunge din nou la o stare de dezechilibru, reluându-se ciclul.

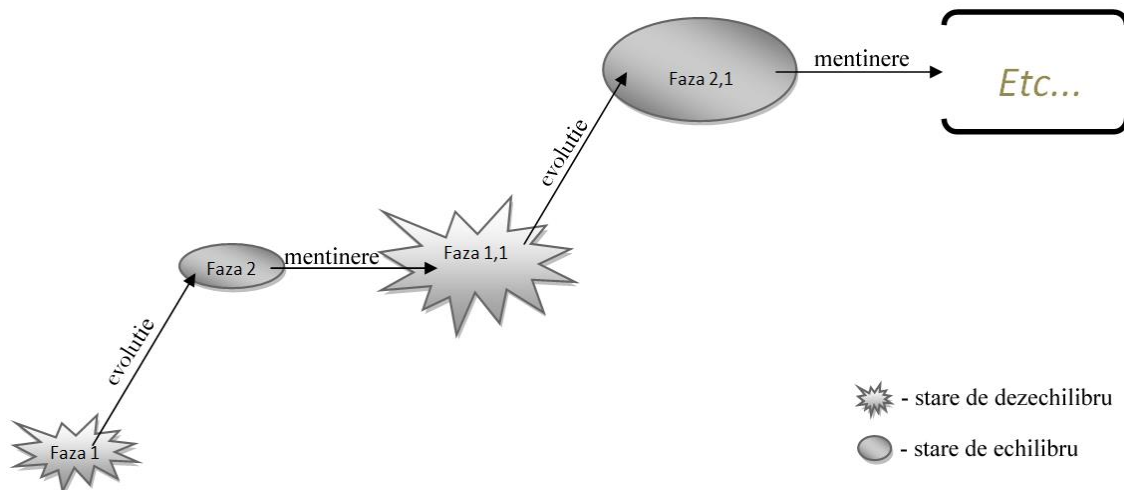


Figura 1.1 - Evoluția secvențială a sistemelor în general

În figura 1.1. am prezentat un model secvențial al evoluției sistemelor cu ajutorul a două tipuri de stări: o stare de dezechilibru în care se găsește o anumită cantitate de informații și o stare de echilibru la care se ajunge prin evoluție de la starea precedentă de dezechilibru. Din starea de echilibru se poate ajunge din nou la o stare de dezechilibru odată cu acumularea de noi informații și, totodată, cu depășirea capacității de management al acestor noi informații.

Mediul de producție a cunoscut în ultimii ani schimbări importante ca: trecerea de la o economie locală la o economie globală, cu piețe care cer produse de o calitate superioară la costuri reduse, înalt personalizabile și cu cicluri scurte de viață, acest lucru ducând la o personalizare de masă [PAU04]. Această personalizare de masă ridică probleme atât la nivelul de planificare al producției dar și la nivelul producției în sine din cauza sistemelor rigide care necesită programări și secvențieri detaliate ale producției, activități care ocupă un procent mare din *lead time*, sunt complicate de aplicat și se bazează de multe ori pe decizii ale unor persoane special angajate pentru aceste activități, decizii care țin de experiența angajatului și de capacitatea sa de a găsi cele mai bune soluții într-un timp cât mai scurt; acest proces este unul destul de nesigur, având în vedere că este supus erorilor umane.

În ultimii ani se caută soluții la aceste probleme punându-se accent pe: descentralizare, produs inteligent, medii de producție capabile să integreze și să

gestioneze evoluția produselor inteligente, exploatarea capacității de procesare mare la care a ajuns industria IT din ziua de astăzi.

În acest context, Germania, odată cu anul 2012 a început a 4-a revoluție industrială denumită „*Industrie 4.0*”, prezentând la târgul internațional de la Hanovra primul demonstrator pentru acest concept. Industrie 4.0 își propune interconectarea prin intermediul internetului a obiectelor, sistemelor și mediilor, care vor fi denumite generic CPS (Cyber Physical Systems), ajungându-se până în anul 2020 de la obiecte inteligente (care sunt în trend la ora actuală) până la medii inteligente, cum ar fi conceptul de *smart city*. De asemenea, încă o caracteristică importantă a noii revoluții industriale este schimbarea paradigmei de la lumea centrată pe PC la lumea centrată pe dispozitive multiple conectate la cloud-uri multiple, acest nou mediu spre care se tinde regăsindu-se sub denumirea generică de internet of things (trad. din Eng. internetul lucrurilor).

Câteva dintre cele mai importante deziderate ale noii revoluții industriale sunt: entități inteligente, mașini inteligente sau CPS, operatorul augmentat, identități unice, dezcentralizare, comunicare, autonomie.

La ora actuală o provocare în implementarea produselor inteligente este crearea de medii unde acestea pot evolua optim [FAR12].

Majoritatea companiilor importante de astăzi trebuie să îndeplinească anumite standarde pentru a rămâne competitive, standarde cum sunt: familia de standarde *ISO 9000*, familia de standarde *ISO 14000*, *ISO/TS 16949*.

Companiile care funcționează după astfel de standarde trebuie să vină cu facilități noi în ceea ce privește clientul, pentru a-l putea atrage spre produsele proprii, produse care pot avea standarde de calitate comparabile cu alte produse concurente, deci, la nivel de companie, comparabile cu alte companii care au aplicat standarde similare. Un avantaj important pe care o companie îl poate avea față de alte companii cu obiecte similare de activitate îl constituie, așa cum s-a arătat și anterior, timpul de livrare al produsului. Cu cât produsul poate fi livrat mai repede, cu atât compania are un avantaj mai mare față de concurență. Este foarte greu ca o companie să-și scadă timpii de livrare atâta timp cât nu se crește capacitatea de producție. De asemenea, nu toți clienții acelei companii au pretenții ca produsele să fie livrate în timpi foarte scurți de la data plasării comenzii. Astfel, timpii de livrare se pot scădea doar pentru produsele care necesită timpi mai scurți, aceste produse prioritizându-se, evitându-se în acest mod creșterea capacității de producție.

Problema prioritizării devine cu atât mai complicată cu cât produsele companiei sunt mai personalizabile. Varietatea de modele implică planificări, programări și secvențieri foarte complexe ale producției, activități care consumă un procent de peste 50% din *lead time* [TIM09].

Așadar, o altă provocare la ora actuală este găsirea de soluții pentru o prioritizare cât mai eficientă, optimizarea planificării, programării și secvențierii producției, proiectarea de arhitecturi de fabricație care să permită prioritizarea la orice moment, fără să afecteze negativ eficiența companiei (productivitate, costuri, timpi, etc.).

Problemele descrise mai sus sunt abordate pe larg în literatura de specialitate, bazate fiind în special pe modele matematice. Câteva abordări se pot găsi sub următoarele referințe: algoritmi genetici [CAR11][XIA10], algoritmi genetici paraleli [FAN09], algoritmi genetici modificați [SUN10], optimizarea cu ajutorul algoritmilor biogeografici [HAB11], algoritmi artificiali de colonii de albine [QUI11][WAN11], algoritmi de căutare tabu (TS) [BRA93], optimizări particulare de mulțime (PSO) [GAO06], optimizări după teoria coloniilor de furnici (ACO) [LIO07], algoritmi evolutivi [KAC02][KAC021], diferiți algoritmi hibridi [NAS11][XIA05][ZHA09][HON08][LIJ10], ș.a.m.d.

La nivel matematic, există deja o serie de modele în literatura de specialitate cum sunt:

- Modele bazate pe programare liniară cu variabile mixte (MILP) [CEM09]:
 - FJSP care implică probleme de secvențiere și rutare;
 - FJSP cu care implică flexibilitatea planului de proces;
- Modele construite după anumite scopuri [YUN12]:
 - Modele bazate pe variabile secvență-poziție;
 - Modele bazate pe variabile de precedență;
 - Modele indexate în funcție de timp.

Pentru o gamă și mai largă de modele matematice pentru FJSP, se poate verifica tabelul 1 din lucrarea lui Demir și İşleyen [YUN12].

Cu toate că se depune o muncă uriașă în zona de teoretizare a problemelor de programare a sarcinilor de producție simple sau flexibile, Demir și İşleyen atrag atenția în [YUN12] că formularea programării matematice a acestor modele nu este o soluție eficientă din cauza structurii NP-complexe a programării mașinilor, iar cercetătorii din această zonă trebuie să fie conștienți de eficiența relativă a acestor modele de programare!

Un sistem de producție dinamic, care implică un mix variabil în timp de produse, un timp variabil de așteptare și un timp variabil de flux, nu va intra niciodată într-o stare stabilă [RUE06]. Probleme ca transmiterea în timp real a informației de proces și controlul WIP în procesul actual de producție sunt adesea întâlnite de majoritatea întreprinderilor și sunt cu greu rezolvate de algoritmi, soluții la aceste probleme fiind cruciale proceselor de fabricație a modelelor mixte pe liniile actuale de fabricație [LEI09].

În concluzie, sistemele pot fi considerate a fi formate din faze de echilibru și de dezechilibru care pot fi reprezentate secvențial, trecându-se de la o stare de dezechilibru la una de echilibru prin evoluție, precum și de la o stare de echilibru la una de dezechilibru prin acumularea de noi informații și necesitatea de noi metode.

Pentru a se trece de la o stare de dezechilibru la una de echilibru este necesară folosirea de instrumente și metode. Cu cât instrumentele și metodele au o inteligență mai ridicată cu atât starea de echilibru este atinsă mai repede.

În ziua de astăzi se tinde spre starea de echilibru prin crearea de produse și servicii care se învârt în jurul unei singure entități: consumatorul. Necesitățile consumatorului au crescut foarte mult astfel încât tendința este de a se trece de la o producție de masă, folosită pe scară largă curent, la o producție de personalizare în masă.

Personalizarea în masă ridică o serie de probleme ca: dificultatea programării producției din cauza complexității ridicate generată de numărul mare de diferențe între fiecare produs, dificultatea optimizării fluxurilor de producție din cauza necesității producției unui număr mare de repere și, nu în ultimul rând, problemele de management al producției generate de coroborarea dificultăților prezentate anterior.

În prezent, o serie de modele matematice au fost dezvoltate pentru gestionarea acestor tipuri de probleme, însă acestea nu vor putea rezolva problemele de producție expuse anterior din cauza complexității de cel mai înalt grad de dificultate specific acestor probleme și din cauza imposibilității aducerii într-o stare de echilibru a acestor tipuri de linii de producție.

Având în vedere aceste aspecte, ne propunem să studiem aprofundat în această lucrare elementele care influențează în grad mare producția personalizată: tipurile de producție pretabile la personalizare în masă, transportoarele și sistemele de transport folosite la ora actuală, probleme de prioritizare precum și sisteme reprezentative funcționale folosite în scopul fabricării de produse personalizabile.

În urma acestor studii ne propunem să identificăm transportoarele, sistemele de transport precum și metodele de prioritizare care se pretează la personalizarea în masă, precum și metode actuale neexploatate suficient în direcția acestui scop (produs inteligent, CPS, entități autonome, descentralizare, etc.). În final ne propunem definirea unei noi metode de personalizare în masă, descrierea acestei metode și testarea performanței sale.

CAPITOLUL 2 - Stadiul actual al cercetărilor privind sistemele de fabricație flexibile

2.1. Generalități

Intr-o piață globală strâns interconectată, care posedă cereri tot mai mari de productivitate, flexibilitatea este un factor major de succes [BEA00]. Condițiile mereu în schimbare adeseori implică abilitatea de a răspunde rapid la schimbările din mediul de producție. Aceste schimbări includ adaptarea promptă a programului de producție la necesitățile clientului și, în consecință, relocarea mijloacelor de producție disponibile într-un timp foarte scurt [NYH09].

Pe de altă parte, producătorii trebuie să compenseze timpul necesar pentru evenimentele neplanificate în mediul operațional de producție, cum sunt defectarea mașinilor, calitatea slabă sau lipsa materialelor și a resurselor. Abilitatea de a soluționa aceste evenimente neplanificate este influențată semnificativ de activitățile precedente de planificare. Soluții flexibile sunt posibile când conținutul planificării poate fi adaptat rapid la condițiile schimbării. Astfel, la nivel operațional, funcția de management a planificării și controlului producției joacă un rol important pentru creșterea flexibilității producției [ZAE10].

Liniile tehnologice reprezintă un ansamblu tehnologic în care mașinile și locurile de muncă sunt amplasate în conformitate cu succesiunea tehnologică a operațiilor de execuție a unor produse sau faze ale procesului de fabricație, asigurându-se deplasarea obiectelor muncii într-un singur sens și cu cheltuieli reduse de transport¹.

Producția de serie este caracteristică pentru: produse și componente automotive, produse și componente electrocasnice, etc.

2.2. Linii flexibile de producție

În literatura de specialitate distingem două mari tipuri de linii de producție: producția discontinuă sau producția job-shop și producția continuă sau producția flow-shop.

2.2.1. Producția discontinuă

Producția discontinuă sau producția Job Shop, se caracterizează prin grupuri de mașini specializate pe anumite capacități sau posturi de lucru specializate fiecare în parte pe un anumit tip de operație. Este specifică producției de serie mică sau mijlocie și se pretează la producția de bunuri personalizate, semi-personalizate sau la producția pe loturi. În producția Job Shop este tipică

¹ <http://www.comunicatedepresa.ro/linie-tehnologica/definitie/> - 03.09.2013

mutarea de la o sarcină la alta (sarcină care poate avea un client diferit) imediat ce o sarcină a fost finalizată. Transportul între mașinile, posturile sau grupurile de mașini/posturi existente în job shop se realizează cu transportoare inconstante de tip: tractoare, AGV (Automated Guided Vehicle), stivuitoare, dar și cu transportoare pasive de tip carucioare.

Problema programării sarcinilor într-un Job Shop este considerată puternic NP-complexă (timp polinomial nedeterministic), și este considerată ca având cel mai mare grad de dificultate în rezolvare.

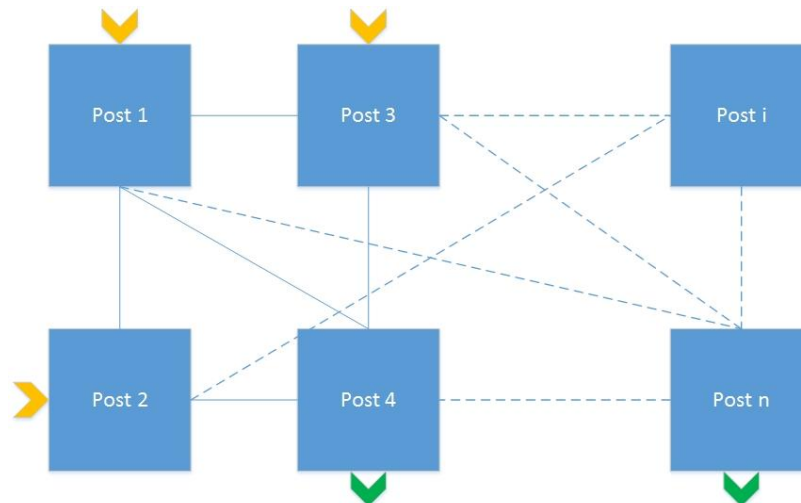


Figura 2.1 – Producția discontinuă (Job Shop)

2.2.2. Producția continuă

Producția continuă se caracterizează prin următoarele:

- Posturile de lucru sunt dispuse în linie:
 - Necesită o bună balansare a posturilor de lucru (posturi aranjate în ordinea operațiilor și proiectate astfel încât să se evite gâtuirile critice de producție);
 - Viteză regulată de transfer a materialelor;
 - Sistem de aprovizionare eficient;
- Produsele parcurg aceeași succesiune a operațiilor cu posibilitatea timpilor de prelucrare diferiți;
- Procesul de transformare a reperelor nu trebuie să se întrerupă între posturi de lucru consecutive, caz în care se creează blocaje cu efect asupra întregului proces de producție;
- Un grad ridicat de automatizare și investiții considerabile;
- Un volum al producției mare cu o bună stabilitate a cererii.

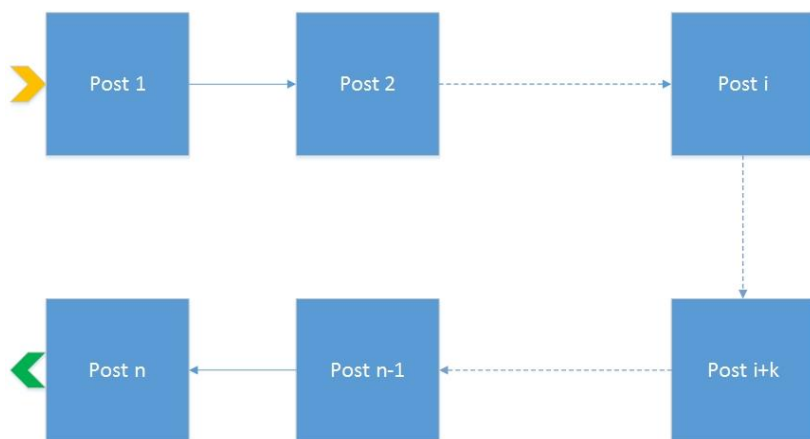


Figura 2.3 – Producția continuă (Flow Shop)

2.3.3. Clasificarea după constanța a transportoarelor

Transportoarele se clasifică în două mari categorii: transportoare constante și transportoare inconstante. Tipurile de transportoare constante și inconstante se regăsesc în figura 2.3.

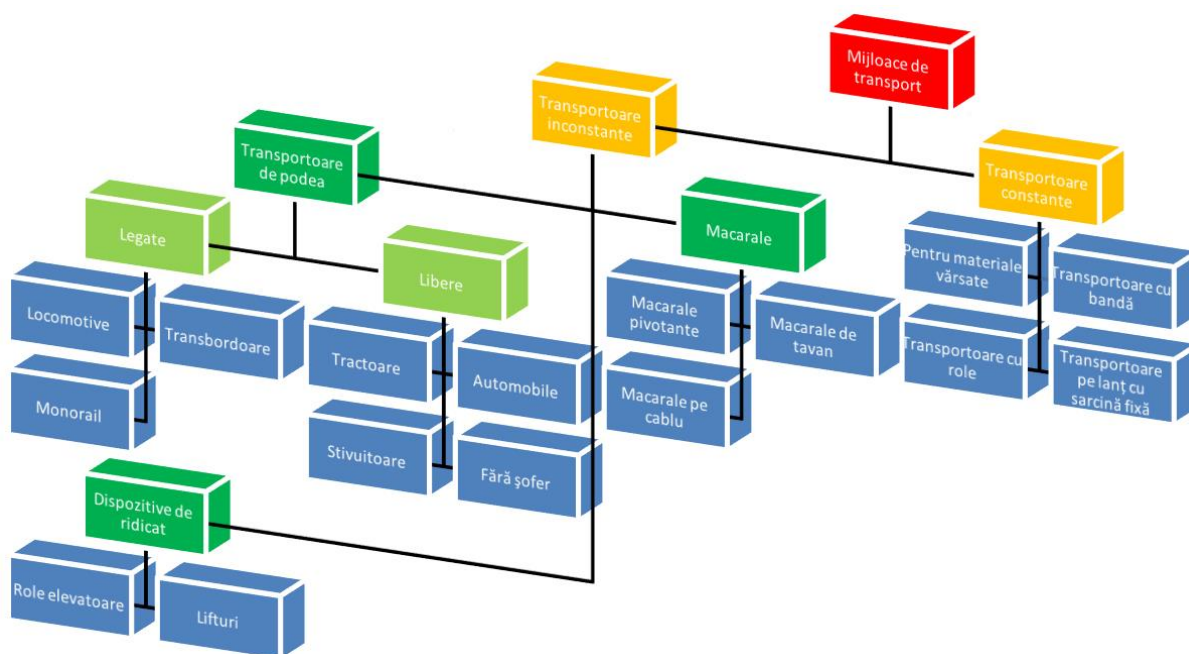


Figura 2.7 - Clasificarea după constanța a transportoarelor [ZUE08]

2.3.11. Generalizarea sistemelor de transport

Se pot remarca două zone: o zonă externă întreprinderii și o zonă internă întreprinderii. Includem în zona externă transportoare globale precum și transportoare pasive, iar în zona internă întreprinderii vom regăsi de asemenea transportoare pasive precum și transportoarele uzinale specifice fiecărui tip de producție și depozitare în parte.

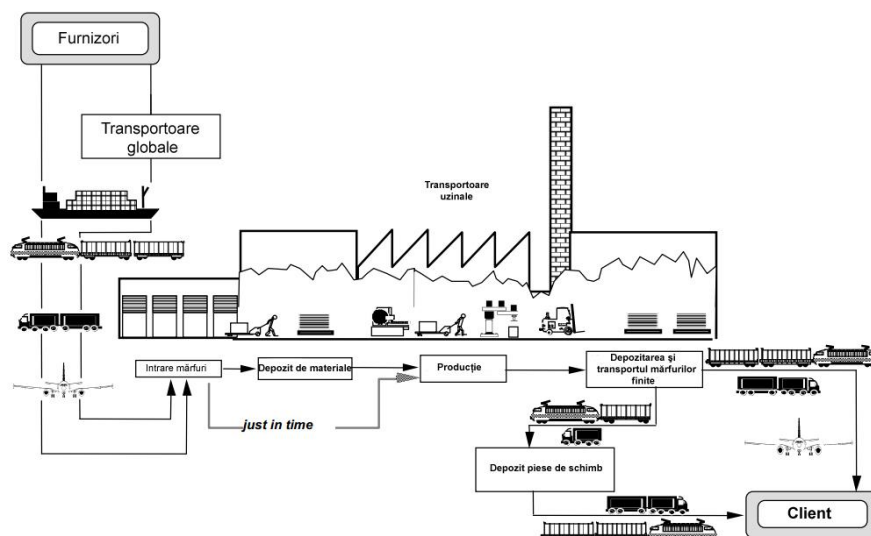


Figura 2.28 - Schemă generalizată a sistemelor de transport raportat la producție [ZUE08]

2.4. Problematika asamblării pe linii de producție de tip flow shop

2.4.2. Configurații ale liniilor de asamblare de tip flow shop

În continuare vom propune patru modele de configurații ale liniilor de asamblare: configurații liniare, configurații circulare, configurații circular-mixte, configurații liniar-selective.

Configurații liniare

Aceste sisteme prezintă o singură intrare principală a semifabricatelor de bază pe linie, intrare prin care pot patrunde diferite tipuri de semifabricate de bază reprezentate de diferite tipuri de surse. Posturile de lucru sunt înșiruite în serie și beneficiază, în general de intrări secundare pe unde pătrund materialele necesare finalizării operației specifice aceluși post, precum șuruburi, piulițe, șaibe, materiale precum cositorul la liniile de montaj al cablajelor sau diferite subansamble care se atașază la ansamblul principal. De asemenea, configurațiile liniare prezintă una sau mai multe ieșiri principale.

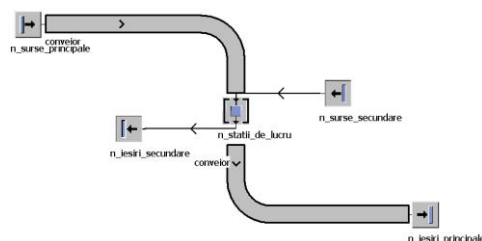


Figura 2.29 - Model generalizat pentru configurații liniare

Configurații circulare

Aceste sisteme de transport prezintă aceleași caracteristici ca cele liniare, cu deosebirea că linia transportoare (conveiorul) are o rută ciclică. Pe acest tip de sistem se folosesc transportoarele de cel puțin ordin II. Aceste transportoare intră pe linia de producție fie printr-o sursă de transportoare pe la intrarea în sistemul de conveioare, fie sunt poziționate manual de la început pe linia de producție.

Ieșirile principale pot fi poziționate:

- după fiecare post de lucru;
- separat;
- prin același loc cu intrarea liniei.

Transportoarele se refolosesc automat după ce produsul transportat iese de pe linie, fără efortul de colectare și reintroducere în sistem prezent în mod normal la configurațiile liniare.

Pe acest tip de configurație a sistemului de conveioare transportoarele pot avea un număr:

- constant: atunci când linia are o capacitate de producție bine determinată, caz în care se calculează un număr exact de transportoare necesare;
- inconstant: atunci când capacitatea liniei de fabricație diferă în timp.

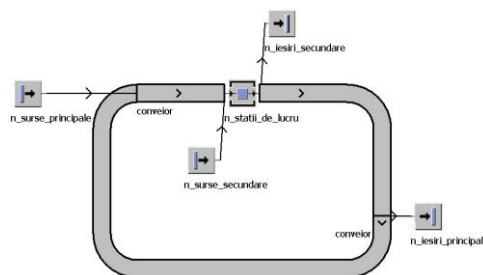


Figura 2.30 - Model generalizat pentru configurații circulare

Configurații circular-mixte

Configurația circular-mixtă este o combinație între configurația liniară și configurația circulară, acesta prezentând următoarele caracteristici:

- Un număr n de surse principale care generează n tipuri de semifabricate/subansamble principale;
- Un număr specific fiecărui post de lucru de surse secundare care generează un număr specific de tipuri de

materiale/semifabricate/subansamble secundare necesare la postul respectiv de lucru;

- Un număr specific fiecărui post de lucru de ieșiri secundare care scot din sistem deșeurile sau rebuturile din prelucrare;
- Un număr z de cicluri, fiecare ciclu definit prin caracteristicile configurațiilor circulare;
- Un număr x de linii reprezentând conveioarele (în general) de legătură dintre cicluri;
- Un număr t de ieșiri principale amplasate după fiecare post de lucru, separat, sau la ieșirea din sistem.

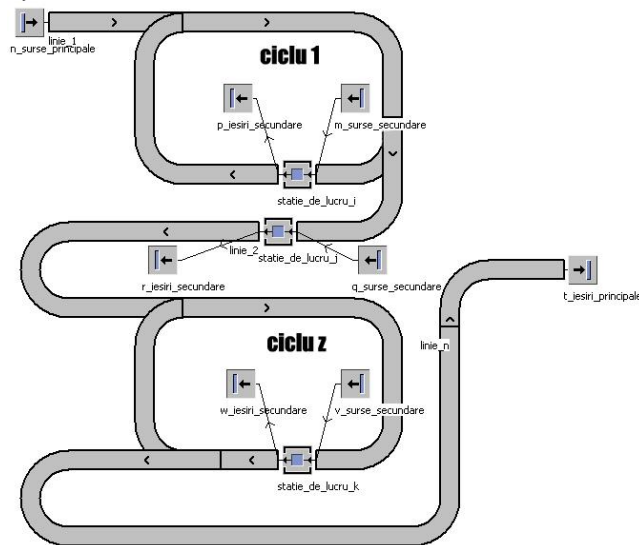


Figura 2.31 - Model generalizat pentru configurații circular-mixte

Ciclurile configurațiilor circular-mixte prezintă, așa cum s-a menționat, aceleași caracteristici ca și configurațiile circulare de sine stătătoare cu deosebirea că aceste cicluri sunt în sistem deschis, adică au legătură cu exteriorul printr-o serie de intrări și ieșiri.

Configurații liniar-selective

Acest tip configurație se caracterizează prin deplasarea liniară a entităților-obiectiv pe traseul necesar pentru finisarea lor, traseu care se construiește funcție de caracteristicile fiecărei entități-obiectiv care se urmărește a ieși la finalul fiecărei ramuri din sistemul de conveioare. Posturile de lucru care realizează operații necesare tuturor entităților-obiectiv se plasează pe ramura principală (statie_de_lucru_0), iar posturile specifice se plasează pe ramuri specifice ale sistemului de conveioare.

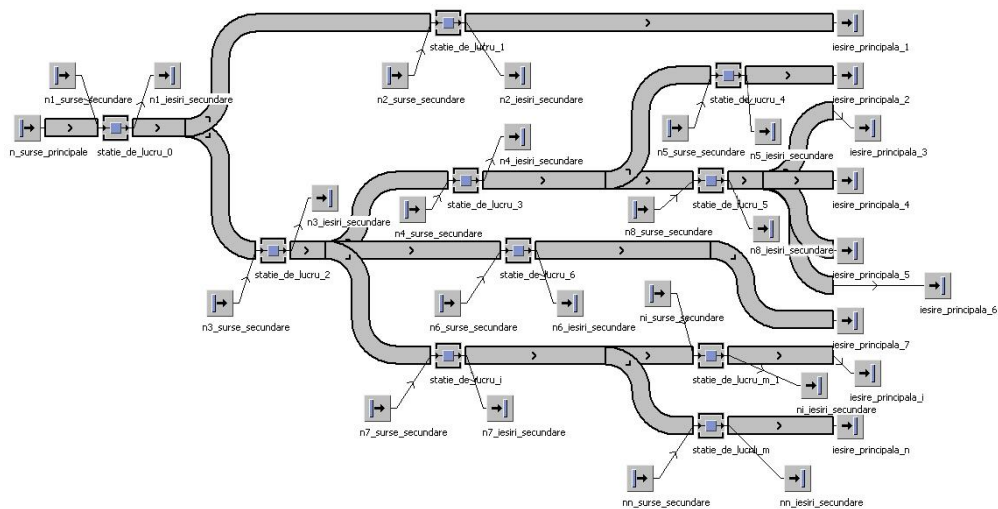


Figura 2.32 - Model generalizat al configurațiilor liniar-selective

2.5.3. Etapele satisfacerii unei comenzi

Din cauza complexității ce rezultă din multiplele tipuri similare de produse la care se adaugă și multiple variante pentru fiecare tip de produs, problema producției devine foarte complicată, cu impact asupra timpului dintre plasarea comenzii clientului și preluarea produsului de către acesta. Sturgeon ș.a., arată în lucrarea publicată în 2009 [TIM09] ponderea de timp alocată procesării unei comenzi în industria automotive, o industrie cu produse înalt personalizabile, în contextul actual al fabricației.

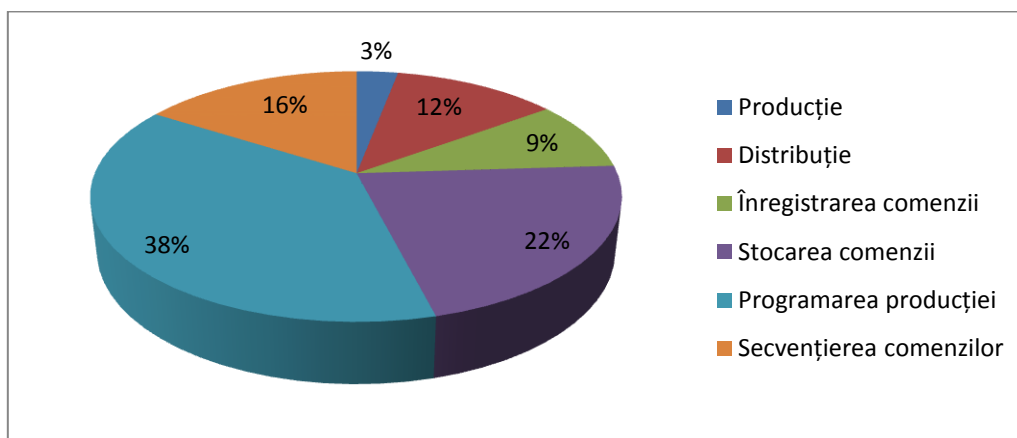


Figura 2.352 - Timpii consumați cu procesarea unei comenzi în industria automotive [TIM09]

Din figură se poate observa că cea mai mare cantitate de timp folosită pentru procesarea comenzii este consumată cu programarea producției, cu un procent de 38% din timp. De asemenea, un procent important de timp consumă și problemele legate de secvențierea produselor pe linia de producție cu un procent de 16%, și paradoxal, producția în sine consumând cel mai mic procent alocat procesării unei comenzi, cu doar 3% din lead time-ul total.

2.5.4. Fabricația descentralizată și mijloacele acesteia

Trei dintre cele mai influente abordări filosofice în gândirea industrială sunt: abordarea holonică, abordarea fractală și abordarea bionică. Practic toate aceste trei abordări au un punct comun: descentralizarea, deosebirea dintre ele fiind perspectiva din care este privită fiecare în parte.

A. Abordări descentralizate

- a. Abordarea holonică
- b. Abordarea fractală
- c. Abordarea bionică

B. Inteligența artificială

Inteligența artificială se construiește plecând de la cele mai simple mecanisme cum ar fi spre exemplu operațiile booleene. Făcând o analogie între limbajele de programare și lumea reală, un tip de operație booleană poate fi materializat prin acțiunea unei capcane cu laț și element vegetal elastic. Dacă o condiție este îndeplinită atunci mecanismul acționează singur în conformitate cu posibilitățile sale definite anterior artificial. Pe măsură ce aceste decizii sunt incluse într-un sistem mai mare, pe atât acel sistem devine mai inteligent. Un exemplu în acest sens sunt limbajele de programare care permit introducerea datelor de intrare în vederea prelucrării acestora și a generării ieșirilor necesare.

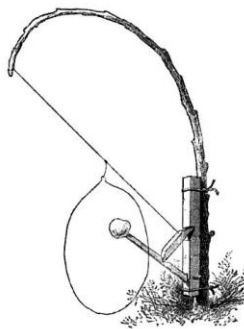


Figura 2.36 - Operație booleană reprezentată în analogie cu lumea reală

b.1. Mijloacele inteligenței artificiale

- b1.1. Nucleul software
- b.1.2. Dispozitivele de câmp
 - b.1.2.1. Senzorii
 - b.1.2.2. Actuatorii
- b.1.3. Agenți inteligenți

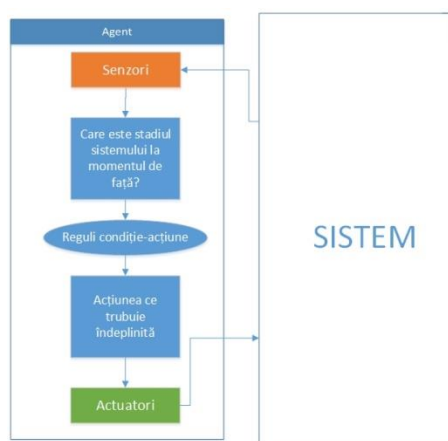


Figura 2.37 - Structura unui agent inteligent simplu

2.10. Concluzii

Făcând o sinteză asupra analizei precedente și a stadiului actual, putem trage următoarele concluzii importante:

- posturile de lucru sunt înalt specializate în cazul producției continue având timpi de pregătire-încheiere mai mici decât configurația posturilor de lucru ai fabricației discontinue, chiar în cazul schimbării tipului de produs;
- sistemul de transport în cazul producției continue oferă o alimentare constantă a posturilor de lucru, nu necesită transportoare adiacente inconstante, nu necesită spațiu adițional de așteptare înafara liniei sau spațiu adițional datorat traficului de transportoare inconstante de gabarit mare, nu se impun metode de organizare (cum este 5S) datorate aglomerării de transportoare de diferite tipuri în perimetrul zonei de producție, nu necesită coordonări speciale ale transportoarelor în perimetrul zonei de producție linia funcționînd după reguli bine stabilite din punct de vedere al transportului, însă au o flexibilitate scăzută comparativ cu transportoarele inconstante folosite în producția discontinuă;
- secvențierea pe linia de producție continuă este inflexibilă și în general fixă, fiind necesară o pre-secvențiere înaintea intrării reperelor pe linia de producție; pentru a realiza o schimbare de secvență este necesară instalarea de dispozitive speciale cum sunt bufferele de prioritizare (referinta mai sus), dispozitive costisitoare și care cresc numărul de repere în așteptare; deoarece secvența este liniară este imposibilă o secvențiere eficientă și dinamică între reperele existente deja pe linie și cele care tocmai au fost comandate;
- imposibilitatea prelucrării în acelaș ciclu de producție fără afectarea timpilor de tact sau fără a se efectua calcule laborioase înaintea fiecărui ciclu de producție a următoarelor tipuri de repere:

- repere care au succesiunea operațiilor diferită față de celelalte repere;
- repere care necesită un număr diferit de operații decât celelalte repere;
- prioritizarea pe liniile de producție continue se face greu din cauza inflexibilității sistemului de transport și a problemelor de complexitate mare ce trebuie rezolvate înaintea fiecărui ciclu de producție.

CAPITOLUL 3 - Obiectivele tezei de doctorat

Ținând cont de istoria evoluției sistemelor împreună cu evoluția paradigmelor de fabricație, apărute odată cu schimbarea nevoilor clientului de la produse standard spre produse înalt personalizate, domeniul abordat în prezenta lucrare vine în întâmpinarea câtorva deziderate ale noii revoluții industriale.

Pentru că tendința de producție se orientează spre o „personalizare de masă”, domeniul de cercetare al prezentei lucrări se axează pe metode de prioritizare în sistemele flexibile de montaj, cu flux continuu, folosite în producția de serie mijlocie și mare.

Pe baza analizei, sintezei și a pregătirii practice și teoretice desfășurată pe parcursul tezei de doctorat, dar având în vedere și experiența anterioară în modelarea și simularea liniilor de fabricație și montaj flexibile, dobândită pe parcursul elaborării lucrării de licență, obiectivele principale ale acestei teze sunt:

1. Evidențierea și sintetizarea stadiului actual al elementelor principale ale liniilor flexibile de fabricație (prezentat în capitolul anterior):
 - Evidențierea și sintetizarea stadiului actual al tipologiilor liniilor flexibile de fabricație;
 - Evidențierea și sintetizarea stadiului actual al entităților transportoare folosite pe liniile flexibile de fabricație;
 - Evidențierea și sintetizarea stadiului actual al inteligenței sistemelor și a entităților folosite în sistemele flexibile de fabricație;
 - Evidențierea și sintetizarea stadiului actual al metodelor de prioritizare pe liniile flexibile de fabricație.
2. Analiza prin prisma posibilităților de prioritizare a configurațiilor liniilor flexibile de fabricație, a tipologiilor de entități transportoare, a inteligenței sistemului și a entităților participante.
3. Determinarea configurațiilor liniilor flexibile de fabricație, a transportoarelor și a inteligenței necesare, pretabile la crearea unui mediu flexibil de fabricație de serie mijlocie și mare orientat spre prioritizare. Abordarea liniilor flexibile de fabricație orientate spre prioritizare din punct de vedere arhitectural, în detrimentul metodelor matematice.
4. Descrierea unui concept nou de fabricație orientat spre prioritizare. Stabilirea legilor care vor governa noul concept de fabricație.
5. Modelarea unui sistem conceptual de fabricație capabil să gestioneze comenzi stocastice ca și: moment de intrare în sistem, număr de caracteristici care trebuie materializate pe produs și prioritate.

6. Programarea agenților și a entităților inteligente pentru a putea gestiona fluxuri stocastice de repere. Crearea unui mediu de fabricație care să permită o prioritizare fizică fără să afecteze performanțele în comparație cu o tipologie de sistem flexibil uzual , și chiar să le îmbunătățească.
7. Simularea fluxurilor de repere cu ajutorul noului sistem conceptual. Analizarea performanței noului sistem conceptual de fabricație.

Metode de cercetare pe care ne propunem să le utilizăm în vederea îndeplinirii obiectivelor expuse:

- ❖ Analogia cu natura a sistemelor de fabricație pentru o expunere plastică a fluxului de materiale;
- ❖ Modelarea sistemelor de fabricație în medii speciale de modelare pentru expunerea configurațiilor sistemelor de fabricație analizate;
- ❖ Simularea sistemelor de fabricație în medii speciale de simulare pentru analizarea performanțelor de producție ale sistemului propus;
- ❖ Experimentarea factorială pe liniile de fabricație propuse și existente pentru cuantificarea performanțelor.

CAPITOLUL 4 - Fabricația cu feedere

Termenul „feeder” se referă la modul de alimentare cu reperi a posturilor de lucru. În prezenta lucrare, termenul „feeder” este folosit cu sensul de buffer de alimentare al posturilor de lucru și este descris detaliat în secțiunea 4.3.1.

4.1. Principiu

Într-un pahar cu apă minerală se poate observa cum bulele de gaz de diametru mai mare devansează bulele de gaz de diametru mai mic până să ajungă la suprafața paharului. De asemenea, la aruncarea unei pietre mari în apă se poate observa cum bulele mari apar imediat după aruncarea pietrei la suprafață, urmate apoi de un efect efervescent creat de bule mai mici. Ținând cont de acest fenomen natural vom realiza o analogie pentru fluxul de reperi în sisteme de fabricație.

În continuare vom denumi principiul de funcționare al noului sistem ca **principiul bulelor de gaz**. [MAR14]

Se consideră un recipient cu lichid în care se introduc sistematic bule de gaz pe la partea inferioară. Acestea vor ajunge la suprafața lichidului, vor rămâne o perioadă în contact cu atmosfera, după care se vor sparge. Se consideră că bulele cu diametru mai mare vor ajunge la suprafața lichidului înaintea celor cu diametru mai mic atunci când sunt introduse simultan, din cauza flotabilității lor mai ridicate. Fiecare bulă de gaz va dispărea din sistem (se va sparge) după un anumit timp de expunere la atmosferă, timp care poate fi diferit pentru fiecare bulă în parte. Se presupune că după dispariția unei bule din recipient, locul său va fi luat la suprafața lichidului de bule cu diametrul cel mai mare din zonă, înaintea celor cu diametru mai mic, datorită flotabilității sale ridicate și, implicit, a vitezei de deplasare superioare. Recipientul nu se va aglomera pentru a permite bulelor mari să ajungă la suprafață fără a fi blocate din cauza densității excesive.

Prin analogie la fenomenul natural expus mai sus, considerăm: recipientul ca fiind sistemul de fabricație, lichidul ca fiind sistemul de transport, bulele ca fiind reperele care necesită a fi prelucrate, mărimea bulelor ca fiind gradul de prioritate al reperelor, suprafața (atmosfera) ca fiind zona de prelucrare, timpul de expunere al bulelor la atmosferă până la dispariția acestora ca fiind timpul de prelucrare.

4.2. Modele cu bule de gaz

Pentru a putea face o comparație între modurile de fabricație ale modelelor mixte în ziua de astăzi și modul propus de a fabrica modele mixte bazat pe principiul bulelor de gaz, vom reprezenta toate aceste moduri folosind un recipient de lichid și o sursă de bule de gaz. Vom reprezenta alăturat etapele

necesare prin care trebuie să treacă o comandă de la intrarea în sistem și până la ieșirea de pe linia de fabricație spre procesele de împachetare și distribuție către client. Vom reprezenta procesul de fabricație considerând traseul pe care îl urmează o bulă de gaz de la intrarea sa într-un recipient cu lichid și până la dispariția sa din recipient prin contactul cu atmosfera de la suprafață, după ce a rămas în contact cu aceasta un timp suficient.

4.2.1. Modelul cu bule de gaz al fabricației de modele mixte cu programare și secvențiere

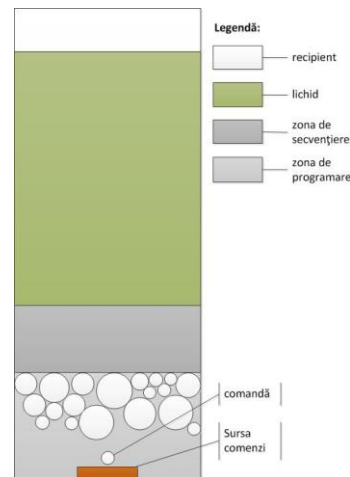


Figura 4.1 - Recipient și bule de gaz necesar pentru fabricația cu programare și secvențiere

În recipientul cu lichid realizat pentru fabricația cu programare și secvențiere vom găsi 3 zone reprezentative: zona de programare, zona de secvențiere, lichidul, care este asociat cu zona de transport, și zona de producție, asociată cu suprafața recipientului.

În figura de mai jos este prezentat secvențial sub forma bulelor de gaz principiul de funcționare al fabricației cu programare și secvențiere. În prima etapă se realizează stocarea comenzilor până la o anumită limită. Sursa comenzilor se consideră a fi în permanență deschisă, iar gradul de prioritate al comenzilor (mărimea bulei de gaz) se consideră a fi stocastic.

După stocarea comenzilor se trece la etapa a II-a unde se realizează programarea comenzilor ce vor urma să intre primele în producție. A se observa că programarea comenzilor ține cont de comenzile care au prioritatea cea mai mare și nu ține cont și de secvența care va fi trimisă în etapa a IV-a. Numărul de comenzi care se va programa va ține cont de capacitatea de producție a sistemului în discuție (în acest caz se poate observa că sistemul are o capacitate de 10 comenzi).

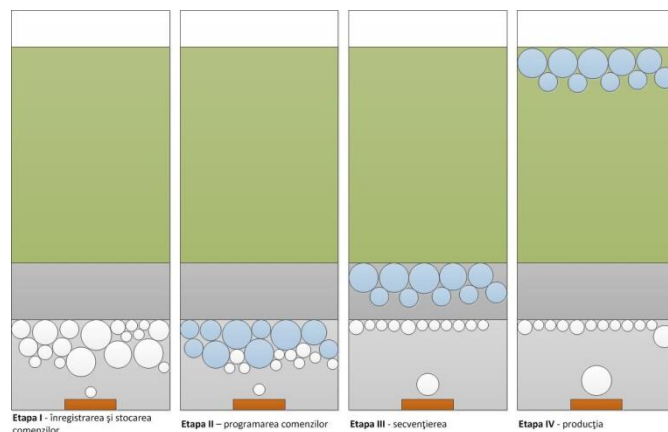


Figura 4.2 – Modelul fabricației cu programare și secvențiere reprezentată cu ajutorul bulelor de gaz

În etapa a III-a comenzile vor fi secvențiate funcție de importanța lor, astfel: comenzile cu cea mai mare prioritate vor fi așezate primele în secvența care urmează să intre în producție și comenzile cu prioritatea cea mai mică vor fi așezate ultimele în secvența care urmează să intre în producție.

După ce comenzile au fost secvențiate, secvența de comenzi este transportată în producție în etapa a IV-a (proces simbolizat de deplasarea bulelor prin lichid datorită flotabilității) unde vor fi prelucrate și scoase din sistem (proces simbolizat prin expunerea bulelor la atmosferă cu timpul necesar fiecăreia și prin spargerea bulelor).

Analizând acest proces putem observa că în etapa de programare a comenzilor și în etapa de secvențiere, procesul nu se desfășoară în mod natural, întrucât în etapa de programare comenzile prioritare sunt forțate artificial și nesortat să intre primele în etapa de secvențiere, etapă în care vor fi forțate din nou în mod artificial să se ordoneze funcție de prioritatea pe care o poartă pentru a intra în secvența corectă în producție.

4.2.2. Modelul cu bule de gaz al fabricației de modele mixte fără programare și secvențiere (FIFO)

În cazul fabricației de tip FIFO (First In First Out), unde nu se ține cont de prioritatea comenzilor, fără a fi nevoie de o prealabilă programare și secvențiere a producției, rezultatul va fi ca cel prezentat în figură, unde produsele intră în sistem și sunt prelucrate unul după altul.

Se observă că această soluție, pe lângă avantajul că elimină timpii de programare și secvențiere care reprezintă un procent foarte important din procesarea unei comenzi, are marele dezavantaj că nu procesează comenzile în funcție de gradul lor de importanță, procesul desfășurându-se în mod nenatural din perspectiva principiului bulelor de gaz.

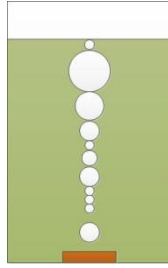


Figura 4.3 – Modelul fabricației de modele mixte fără programare și secvențiere reprezentată cu ajutorul bulelor de gaz

4.2.3. Modelul cu bule de gaz al fabricației de modele mixte bazat pe sistemul cu feedere

Așa cum se arată în descrierea principiului bulelor de gaz, noul concept de producție introduce prelucrarea produselor în sistemele de modele mixte într-un mod natural, astfel, produsele cu prioritatea cea mai mare vor ajunge primele în zona de prelucrare, în timp ce produsele cu prioritatea cea mai scăzută vor fi prelucrate ultimele, asta doar dacă nu mai există produse cu prioritate mai mare introduse între timp în sistem. Se consideră că produsele aflate deja în zona de producție vor fi prelucrate în ordinea importanței lor, iar dacă un produs de o importanță mai mică se află deja în zona de prelucrare și la scurt timp după ce acesta a ajuns acolo apare un produs de o importanță mai mare, în acest caz produsul de importanță mai mică va rămâne în continuare în zona de prelucrare până va fi finisat și abia apoi va intra produsul de importanță mai mare. Această regulă se impune pentru a asigura continuitatea producției și pentru a evita timpii de pregătire multipli pentru același produs care va fi prelucrat parțial cel puțin odată.

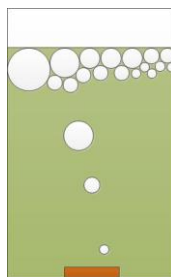


Figura 4.4 – Modelul fabricației cu feedere reprezentată cu ajutorul bulelor de gaz

În figura 4.4 este exemplificat principiul bulelor de gaz expus la începutul capitolului. Distingem două cazuri particulare:

- Cazul în care o bulă de diametru mai mare, intrată mai târziu în sistem, poate devansa o bulă de diametru mai mic, intrată mai devreme în sistem, este până în momentul în care aceste bule au atins suprafața lichidului, bula de diametru mai mare, din cauza flotabilității sale mai

ridicate, putând devansa, până să ajungă la suprafață, bula de diametru mai mic;

- Un al doilea caz, atunci când se așteaptă spargerea bulelor de la suprafață, aici, de asemenea din cauza flotabilității ridicate și doar în cazul în care sistemul nu este blocat de un strat prea gros, bulele de diametru mai mare vor ajunge la suprafață, la dispariția altei bule, înaintea celor de diametru mai mic. Așadar, în momentul în care o bulă s-a spart, locul său va fi luat la suprafață de o alta cu diametrul cel mai mare din zonă.

Așadar propunem o metodă naturală de selecție și prelucrare a comenzilor în fabricația de modele mixte, unde, foarte important, selecția se realizează fără programare și secvențiere prealabilă, programare și secvențiere a comenzilor care, așa cum s-a arătat în capitolele precedente, poate consuma peste 50% din timpul de procesare al unei comenzi.

4.3. Sistemul de fabricație cu feedere – principiu generalizat

Sistemul de fabricație funcționează pe principiul bulelor de gaz descris mai sus și are capacitatea de a prelucra, fără o programare și o secvențiere prealabilă a reperelor pe linia de fabricație, comenzile stocastice ca și importanță, caracteristici și moment de intrare în sistem, în ordinea importanței lor, chiar dacă acestea au intrat în sistem la momente diferite.



Figura 4.5 - Principiu generalizat al sistemului de fabricație cu feedere

4.4. Arhitectura sistemului de fabricație cu feedere

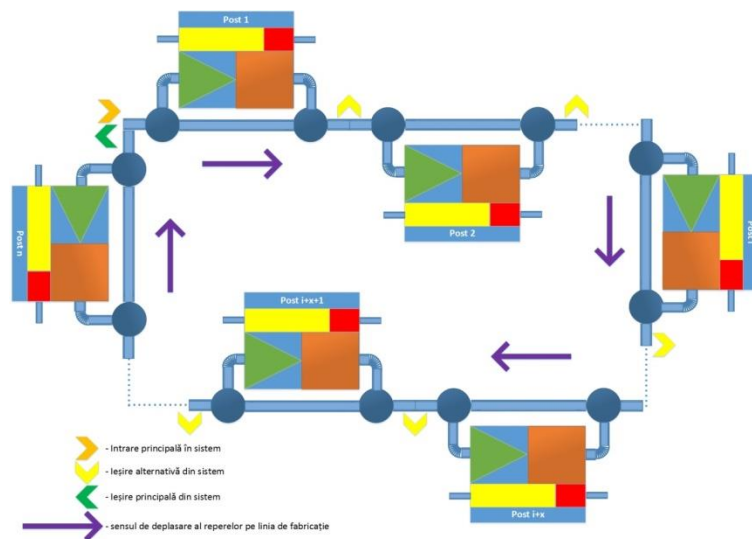


Figura 4.6 - Model generalizat al sistemului de fabricație cu feedere

Sistemul de fabricație cu feedere se compune din: posturi de lucru așezate de o parte și de cealaltă a sistemului de transport, noduri de interogare, și un sistem de transport de configurație ciclică. În sistem există o singură intrare și ieșire principală, însă pot exista și ieșiri secundare.

4.4.1. Posturile de lucru

Postul de lucru dintr-un sistem cu feedere este compus din două elemente și patru interfețe cu sistemul. Elementele componente sunt: feederul și zona de prelucrare.

Feederul precede zona de prelucrare și o alimentează cu repere. În zona de prelucrare are loc transformarea reperului funcție de necesitățile acestuia și de capacitățile mașinilor și uneltelor ce se regăsesc în această zonă.



Figura 4.7 - Post de lucru generalizat într-un sistem cu feedere

Postul de lucru din cadrul sistemului cu feedere se montează în paralel cu calea principală de rulare. Două dintre interfețele postului de lucru derivă direct din și în calea principală de rulare. O interfață a postului de lucru este intrarea în acesta, intrare prin care se face aprovizionarea cu repere neprelucrate. Prin această interfață reperele de prelucrat intră în postul de lucru direct în feeder. O altă interfață este interfața de ieșire, pe unde reperele prelucrate ies din nou pe calea principală de rulare. Există de asemenea posibilitatea și ca repere neprelucrate încă să iasă din postul de lucru prin aceeași interfață de ieșire, caz în care un reper de o prioritate mai mare decât cea mai mică prioritate a unui reper din feeder (feederul fiind plin) a ajuns la postul de lucru și trebuie să fie prelucrat pe acesta. Interfețele de intrare și ieșire din postul de lucru sunt direct legate de nodul de interogare de intrare și respectiv nodul de interogare de ieșire.

Mai există două interfețe ale postului de lucru prin care se face aprovizionarea cu materie primă (interfață de intrare secundară) și prin care se elimină deșeurile rezultate în urma prelucrării reperelor în zona de prelucrare (interfață de ieșire secundară).

4.4.2. Nodurile de interogare

La nivelul nodurilor de interogare se extrag necesitățile produselor, realizându-se comunicarea dintre sistem și produsul care evoluează în el. Nodurile de interogare sunt plasate în două poziții specifice pe linia de producție: la intrarea într-un post de lucru și la ieșirea dintr-un post de lucru.

Nodurile de interogare amplasate la intrarea într-un post de lucru

Acest tip de noduri de interogare au următoarele atribuții:

- interogarea tuturor containerelor, fără excepție, sub următoarele aspecte:
 - verificarea dacă reperul trebuie să fie prelucrat pe postul curent de lucru, dacă reperul nu trebuie să fie prelucrat pe postul curent de lucru atunci acesta își va continua evoluția în sistem până la următorul nod de interogare;
 - dacă reperul trebuie să fie prelucrat pe postul curent de lucru la nodul de interogare se va verifica în continuare dacă feederul postului de lucru are locuri libere;
 - dacă reperul trebuie prelucrat pe postul curent de lucru și feederul postului de lucru nu are locuri libere, atunci la nodul de interogare se va verifica dacă prioritatea alocată reperului curent este mai mare decât prioritatea cea mai mică alocată unui reper din feeder;
 - dacă prioritatea reperului curent este mai mare decât prioritatea cea mai mică a unui reper din feeder și feederul nu are locuri libere, atunci reperul cu prioritatea cea mai mică din feeder va părăsi postul de lucru pe la nodul de interogare de la ieșirea din post iar reperul curent îi va lua locul în feeder;
 - dacă prioritatea reperului curent este mai mică decât prioritatea cea mai mică a unui reper existent deja în feeder, atunci reperul curent își va continua evoluția în sistem până la următorul nod de interogare.

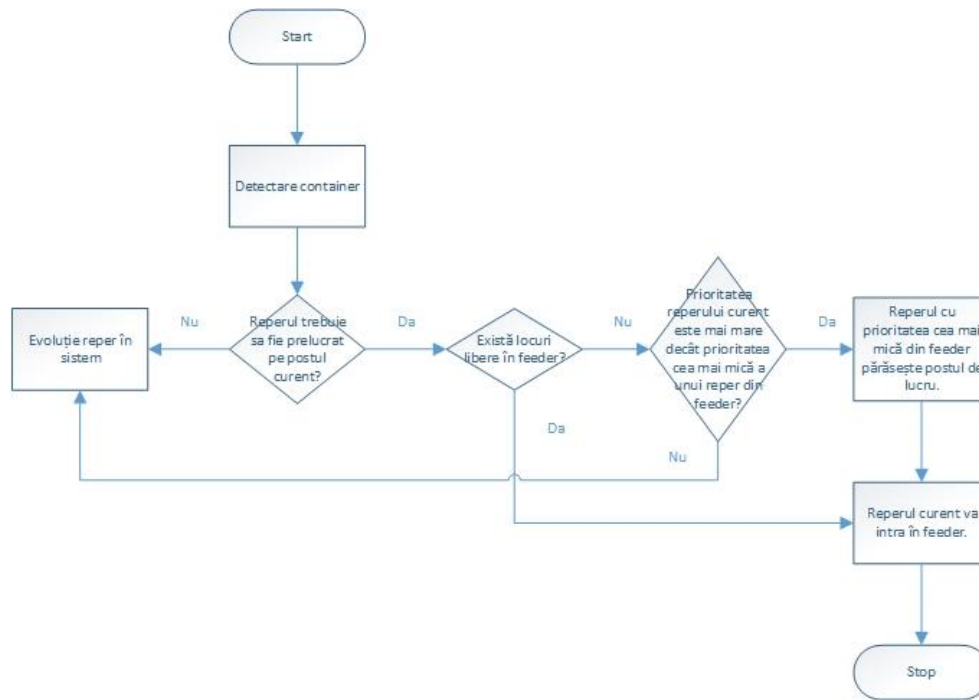


Figura 4.8 - Schema logică de funcționare a unui nod de interogare de intrare

Nodurile de interogare amplasate la ieșirea dintr-un post de lucru

Acest tip de noduri de interogare au următoarele caracteristici:

- se montează la intersecția dintre linia principală de producție și ieșirea din postul de lucru;
- verifică dacă există situația în care un container care iese din postul de lucru iese din post în același timp cu un container care evoluează pe linia principală și se află la nodul de interogare de ieșire;
- oprește containerul de pe linia principală și dă prioritate containerului care iese din postul de lucru.

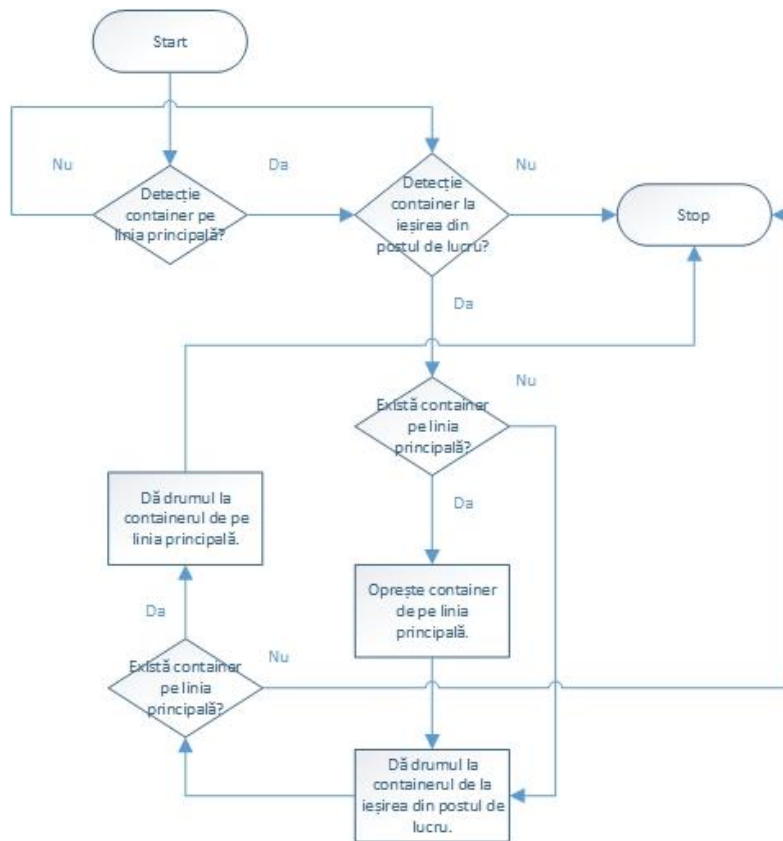


Figura 4.9 - Schema logică de funcționare a unui nod de interogare de ieșire

4.4.3. Feederul

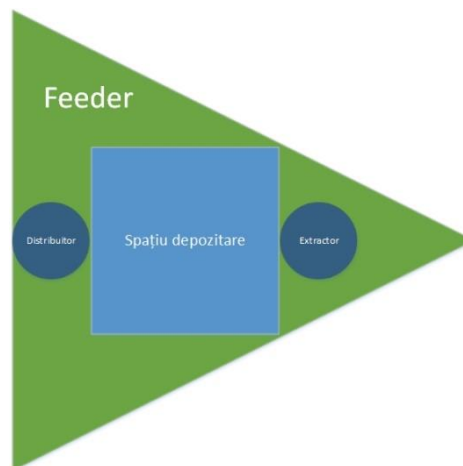


Figura 4.10 - Structura generalizată a feederului

Feederul are în componență un spațiu de depozitare pentru reperatele ce necesită prelucrare, un distribuitor și un extractor.

Spațiul de depozitare trebuie să permită accesul la orice reper în orice moment al producției.

Distribuitorul alimentează spațiul de depozitare determinând spațiile vacante și trimițând noul reper în zona cea mai favorabilă din acest spațiu.

Extractorul permite preluarea reperului cu cea mai mare prioritate din spațiul de depozitare și îl trimite spre zona de prelucrare imediat ce reperul precedent părăsește postul de lucru. Extractorul poate fi de două feluri: de sine stătător, format din dispozitive speciale de manipulare, sau integrat în spațiul de depozitare.

4.4.4. Sistemul de transport

Sistemul de transport are o configurație circulară (referința mai sus) pentru a permite refolosirea containerelor care sunt eliberate de produsele finite și pentru a permite reîntoarcerea containerelor ce transportă repere de prioritate scăzută pentru a fi prelucrate după prelucrarea reperelor de prioritate ridicată.

Sistemul transport comunică cu exteriorul prin trei tipuri de interfețe:

- o intrare principală pe unde intră reperul de bază pe care urmează să fie asamblate reperele și subansamblele componente;
- un număr de ieșiri alternative din sistem plasate după fiecare post de lucru și egal cu numărul posturilor de lucru din sistem minus unu (ultima ieșire alternativă coincide cu ieșirea principală din sistem);
- o ieșire principală din sistem care este folosită pentru produsele ce au nevoie de toate operațiile posturilor de lucru din sistem sau pentru produsele a căror ultimă operație o realizează ultimul post de lucru din sistem.

4.4.5. Legile sistemului de fabricație cu feedere

Sistemul de fabricație cu feedere este guvernat de o serie de legi care fac posibilă funcționarea sa în condiții optime. Aceste legi se referă la: funcționalitatea feederului, funcționalitatea zonei de prelucrare, asigurarea fluidizării fluxului de producție și evitării acumulării de repere cu prioritate mică în mod excesiv, asigurarea continuității producției.

Parametrii care influențează legile fabricației cu feedere

- Caracteristicile reperului în așteptare – se notează ca vector și se referă la tehnologia produsului, la posturile de lucru prin care trebuie să treacă reperul și la ordinea lor:
 - $C_i = \langle c_{i1}, c_{i2}, \dots, c_{ix} \rangle$; (4.1)
- Caracteristica relevantă a reperului în așteptare – se referă la caracteristica proximală ce trebuie prelucrată pe reper, sau postul de lucru proximal care trebuie vizitat: c_r ;

- Prioritatea reperului în așteptare: P_i ;
- Timpul static al reperului în așteptare – se referă la timpul necesar pentru ca reperul să ajungă în feeder, de la sosirea acestuia la postul de lucru și până la ocuparea locului în feeder: T_i ;
- Timpul de transport și manipulare al reperului în așteptare în feeder: T_{itm} ;
- Spațiu de așteptare necesar pe conveior pentru interogarea reperului în așteptare înainte de intrarea în feeder (dacă este cazul): S_i ;
- Priorități reperi din feeder – se referă la prioritățile tuturor reperelor din feeder, păstrate într-un vector:
 - $\mathbf{P}_f = \langle p_{f1}, p_{f2}, \dots, p_{fY} \rangle$; (4.2)
- Timpuri de așteptare a reperelor din feeder – se referă la timpul de așteptare al fiecărui reper în feeder înainte de prelucrare (dacă este cazul) și se păstrează într-un vector:
 - $\mathbf{T}_f = \langle t_{f1}, t_{f2}, \dots, t_{fZ} \rangle$; (4.3)
- Timpul de evacuare din feeder înapoi pe conveior – se referă la timpul necesar de evacuare a unui reper din feeder, în cazul în care acesta trebuie înlocuit cu un reper de prioritate mai mare: T_{fe} ;
- Timpul de transport și manipulare din feeder în zona de procesare: T_{fjm} ;
- Spațiu necesar pentru feeder: S_f ;
- Timpul de pregătire-încheiere: T_{pi} ;
- Timpul de procesare: T_p ;
- Timpul de transport și manipulare din zona de procesare înapoi pe conveior: T_{ptm} ;
- Timpul de așteptare al reperului aflat în trecere pe conveior: T_{ea} .

A. Legea de funcționarea a feederului

Funcționarea feederului depinde de o serie de parametri și se poate exprima ca o funcție care depinde de acești parametri:

$$L_f = f(C_i, c_r, P_i, T_i, T_{itm}, S_i, \mathbf{P}_f, \mathbf{T}_f, T_{fe}, T_{fjm}, S_f) \quad (4.4)$$

B. Legea de funcționare a zonei de procesare

Funcționarea postului de lucru depinde de o serie de parametri specifici care se pot scrie sub forma unei legi ca funcție de acești parametri:

$$L_p = f(c_r, T_{pi}, T_p, T_{ptm}) \quad (4.5)$$

C. Legea de funcționare a postului de lucru

Această lege se traduce ca fiind d totii parametrii de care depind elementele sale componente, în speță: feederul și zona de procesare

$$L_{pl} = f(C_i, c_r, P_i, T_i, T_{itm}, S_i, \mathbf{P}_f, \mathbf{T}_f, T_{fe}, T_{fjm}, S_f, T_{pi}, T_p, T_{ptm}) \quad (4.6)$$

D. Legea de balansare a gradelor de prioritate pe linia de producție

Această lege se enunță astfel:

- 1) dacă un reper a intrat în procesare, acesta va rămâne în procesare până la final, chiar dacă un reper de prioritate mai mare a intrat în feeder;
- 2) pe baza lungimi conveiorului și a capacității feederelor, se stabilește capacitatea optimă a liniei de producție; atunci când capacitatea maximă a fost atinsă în timpul procesului de producție, intrarea în sistem se blochează până la ieșirea de pe linie a unui produs finisat;
- 3) un reper care a ajuns la postul de lucru pe care trebuie să fie prelucrat, în cazul în care nu este acceptat în prelucrare, timpul său de transport până ajunge din nou la același post de lucru (ciclic) nu trebuie să depășească suma timpilor de prelucrare a reperelor aflate în postul de lucru:

$$\sum_{i=1}^{n_x} T_{p_{x_{ri}}} \leq T_{t_{n_x+1}} \quad (4.7)$$

Unde:

n_x – numărul total de repere aflate în capacitatea postului x de lucru (număr de repere aflate în zona de prelucrare + număr de repere aflate în feeder);
 i – indexul fiecărui reper din capacitatea postului de lucru;
 $T_{p_{x_{ri}}}$ – timpul de prelucrare al reperului cu indexul i pe postul de lucru x ;
 $T_{t_{n_x+1}}$ – timpul de transport al reperului care trebuie să fie prelucrat pe postul de lucru x , care se regăsește înafara capacității postului de lucru, primul în așteptare pe conveior, având prioritate mai mică decât toate reperele ce se regăsesc deja în capacitatea postului de lucru.

Cu ajutorul acestor trei ipoteze de lucru se asigură continuitatea procesului de producție și se evită acumularea de repere cu priorități mici care ar putea bloca sistemul din cauza posibilei acumulări excesive de repere pe linia de producție.

Exemplificare enunț 3:

Pentru asigurarea eficienței maxime în fabricația cu feedere, trebuie să se asigure continuitatea timpilor activi de producție, astfel, identificăm următorul caz critic:

- fie o linie de fabricație cu 2 posturi de lucru și o capacitate de feeder de 1 reper pentru fiecare post de lucru;

- considerăm scenariul în care 3 repere trebuie să fie prelucrate doar pe primul post de lucru;

- conform diagramei de comunicație în procesul de producție cu feedere, primul reper va intra în prelucrare în primul post de lucru, al doilea reper va intra în feederul primului post de lucru iar al treilea reper, în cazul în care are

prioritatea mai mică decât al doilea reper, își va continua drumul pe conveiorul ciclic până va ajunge din nou la primul post de lucru.

Pentru a se asigura continuitatea timpilor activi de lucru, timpul de transport al celui de-al treilea reper de la primul post de lucru până ajunge din nou la primul post de lucru (transport ciclic) trebuie să fie mai mic sau egal cu timpul de prelucrare al primului reper pe primul post de lucru însumat cu timpul de prelucrare al celui de-al doilea reper pe primul post de lucru.

$$Tp1_{r1} + Tp1_{r2} \leq Tt_{r3} \quad (4.8)$$

Unde:

$Tp1_{r1}$ – timpul de prelucrare pe primul post de lucru al reperului 1;
 $Tp1_{r2}$ – timpul de prelucrare pe primul post de lucru al reperului 2;
 Tt_{r3} – timpul de transport al reperului 3 de la primul post de lucru până la primul post de lucru (ciclic).

CAPITOLUL 5 - Analiza experimentală a sistemului de fabricație cu feedere

Pentru a determina performanța noului sistem de fabricație cu feedere se definesc două direcții în scopul experimentării.

Scopul experimentării:

- Determinarea timpilor de producție pe secvență comparativ cu un sistem uzual de producție;
- Determinarea gradientului de prioritate al secvențelor gata prelucrate, comparativ cu un sistem uzual de producție.

5.1. Parametri experimentali

Se vor proiecta două modele de linii de producție: o linie clasică de fabricație liniară netactată și asincronă și o linie cu feedere. Aceste modele se vor simula discret cu ajutorul Tecnomatix Plant Simulation 11 [PIR10] pentru a putea aplica parametrii experimentului factorial ce se va proiecta.

În modelele de sisteme flexibile de fabricație și în simulările construite cu scopul de a experimenta performanța sistemului de fabricație cu feedere, parametrii care au fost luați în considerare ca fiind importanți în influențarea rezultatelor finale sunt prezentați în continuare:

- Posturile de lucru:
 - Numărul posturilor de lucru din sistem NP ;
 - Timpul de producție al fiecărui post de lucru TP_i ;
- Segmentele de conveior:
 - Numărul segmentelor de conveior din sistem NC ;
 - Lungimea fiecărui segment de conveior LC_j ;
 - Viteza fiecărui segment de conveior VC_j ;
- Secvența de repere Sk :
 - Numărul de repere pe secvență NR_k ;
 - Prioritatea fiecărui reper PR_{mk} ;
 - Caracteristicile fiecărui reper $CR_{mk} [C_1, C_2, \dots, C_n]$;
 - Poziția fiecărui reper în secvență PS_{mk} .

În continuare, pentru a cuantifica performanța sistemului de fabricație cu feedere în comparație cu sistemele de fabricație curente, se va defini un sistem experimental liniar de producție și un sistem de fabricație cu feedere. Pentru flexibilitate maximă sistemul liniar va fi netactat asincron.

Pentru a avea un termen corect de comparație, următorii parametrii vor fi constanți și identici în cazul ambelor sisteme de fabricație experimentale:

- Numărul posturilor de lucru;
- Lungimea segmentelor de conveior din sistem însumate va fi identică pentru ambele sisteme experimentale;
- Viteza segmentelor de conveior va fi identică pentru toate segmentele din ambele sisteme experimentale.

Parametrii care se variază vor fi:

- Numărul de repere pe secvență NR_k ;
 - o Prioritatea fiecărui reper PR_{mk} ;
 - o Caracteristicile fiecărui reper $CR_{mk} [C1, C2, \dots, C_n]$;
- Timpul de producție al fiecărui post de lucru după cum urmează:
 - o $TP1_{liniar} = TP1_{feeder}$;
 - o $TP2_{liniar} = TP2_{feeder}$;
 - o ...
 - o $TPn_{liniar} = TPn_{feeder}$

5.2. Descrierea sistemului experimental liniar

Pentru definirea bazei experimentale și pentru extragerea rezultatelor se folosește programul Tecnomatix Plant Simulation 11², dezvoltat de producătorul de soluții PLM Siemens, program specializat pe simularea și controlul liniilor de producție.

Sistemul este format din patru posturi de lucru: P1, P2, P3, P4 și din patru segmente de conveior: L1, L2, L3, L4 (figura 5.1).

Fiecare post de lucru se caracterizează prin timpul de procesare, care este același pentru toate cele patru posturi de lucru din sistem.

Fiecare segment de conveior se caracterizează prin lungime și viteză. Acești doi parametrii sunt aceiași pentru toate cele patru segmente din sistemul de fabricație, și anume:

- Lungime: 10 m;
- Viteză 1 m/s.

Sistemul de transport are în total o lungime de 40 de metri.

² http://www.plm.automation.siemens.com/en_us/products/tecnomatix/manufacturing-simulation/material-flow/plant-simulation.shtml

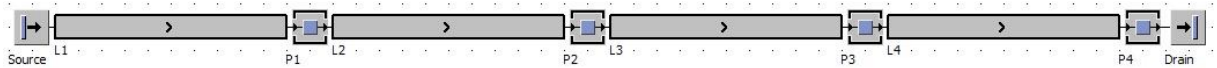


Figura 5.1 - Sistem experimental de producție

Se consideră un produs ce trebuie fabricat pe linia experimentală de producție caracterizat prin dimensiuni, caracteristici, și prioritate.


Se consideră dimensiunile produsului ca fiind:


- Lungime: 0,8 m;
- Lățime: 0,8 m;
- Înălțime: 0,2 m.

Se consideră patru caracteristici ale produsului: C1, C2, C3, C4. Fiecare caracteristică se consideră a putea fi materializată doar pe unul dintre posturile de lucru existente în sistemul de fabricație experimental, respectiv:


- Caracteristica C1 se materializează doar pe postul P1;
- Caracteristica C2 se materializează doar pe postul P2;
- Caracteristica C3 se materializează doar pe postul P3;
- Caracteristica C4 se materializează doar pe postul P4.


Se consideră 5 nivele de prioritate pe care fiecare produs le poate avea după cum urmează:

 prioritatea 1 – nivelul cel mai înalt de prioritate (marcat cu roșu în sistemul experimental);

 prioritatea 2 – nivelul secund de prioritate (marcat cu roz în sistemul experimental);

 prioritatea 3 – nivelul intermediar de prioritate (marcat cu galben în sistemul experimental);

 prioritatea 4 – nivelul penultim de prioritate (marcat cu verde în sistemul experimental);

 prioritatea 5 – cel mai mic nivel de prioritate (marcat cu albastru în sistemul experimental).

5.3. Descrierea sistemului experimental cu feedere

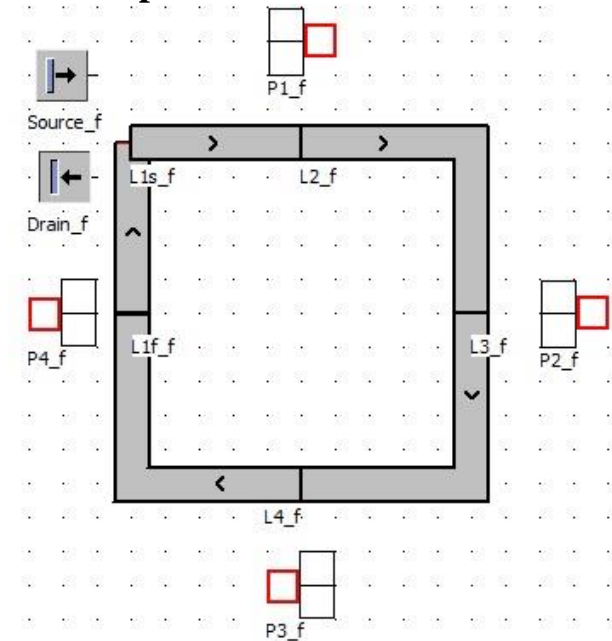


Figura 5.2 - Sistemul experimental de producție cu feedere

Considerând baza experimentală descrisă la punctul anterior, pentru a avea posibilitatea cuantificării rezultatelor sistemului cu feedere propus în această lucrare, sistemul liniar netactat și asincron se va transpune în configurația sistemului cu feedere.

Se consideră patru posturi de lucru identice cu posturile sistemului experimental liniar, respectiv caracterizate printr-un timp de procesare identic cu timpii de procesare ai posturilor de lucru din sistemul liniar. Fiecare postu de lucru are în plus un feeder cu două locuri.

Sistemul de transport este caracterizat de 5 segmente:

- L1s_f – segmentul de intrare pe linia de producție cu o lungime de 5 m și o viteză de 1 m/s;
- L2_f – având o lungime de 10 m și o viteză de 1 m/s;
- L3_f – având o lungime de 10m și o viteză de 1 m/s;
- L4_f – având o lungime de 10 m și o viteză de 1 m/s;
- L1f_f – având o lungime de 5 m și o viteză de 1 m/s.

Sistemul de transport are în total o lungime de 40 m identică cu lungimea sistemului de transport a sistemului liniar. Fiecare segment a sistemului de transport are o viteză de 1 m/s, identică cu viteza segemntelor din sistemul liniar.

Disponerea sistemului de transport este ciclică, cu posibilitatea reperelor de a se întoarce la posturile de lucru de care au trecut.

Similitudinile sistemului cu feedere cu sistemului experimental liniar:

- timpii de procesare ai posturilor de lucru, atât în cazul dispunerii liniare cât și în sistemul cu feedere sunt identici;
- lungimea totală a sistemului de transport ce trebuie parcurs de repere atât în cazul dispunerii liniare cât și în cazul sistemului cu feedere este identică;
- viteza conveierului, atât în cazul dispunerii liniare cât și în cazul sistemului cu feedere este identică;
- reguli de funcționare specifice sistemelor tactate caracteristice pentru ambele sisteme.

Diferențele sistemului de fabricație cu feedere față de sistemul liniar:

- Configurația sistemului de transport:
 - o Configurație în liniară a bazei experimentale;
 - o Configurație ciclică la sistemul cu feedere;
- Prezența feederelor la sistemul cu feedere;
- Regulile de funcționare specifice sistemului cu feedere (a se consulta diagrama de comunicație specifică sistemului cu feedere), ce se adaugă la regulile de funcționare a sistemelor netactate asincrone specifice ambelor sisteme.

Concluzie:

Parametrii celor două sisteme experimentale sunt identici însă fiecare sistem funcționează după configurația și regulile proprii.

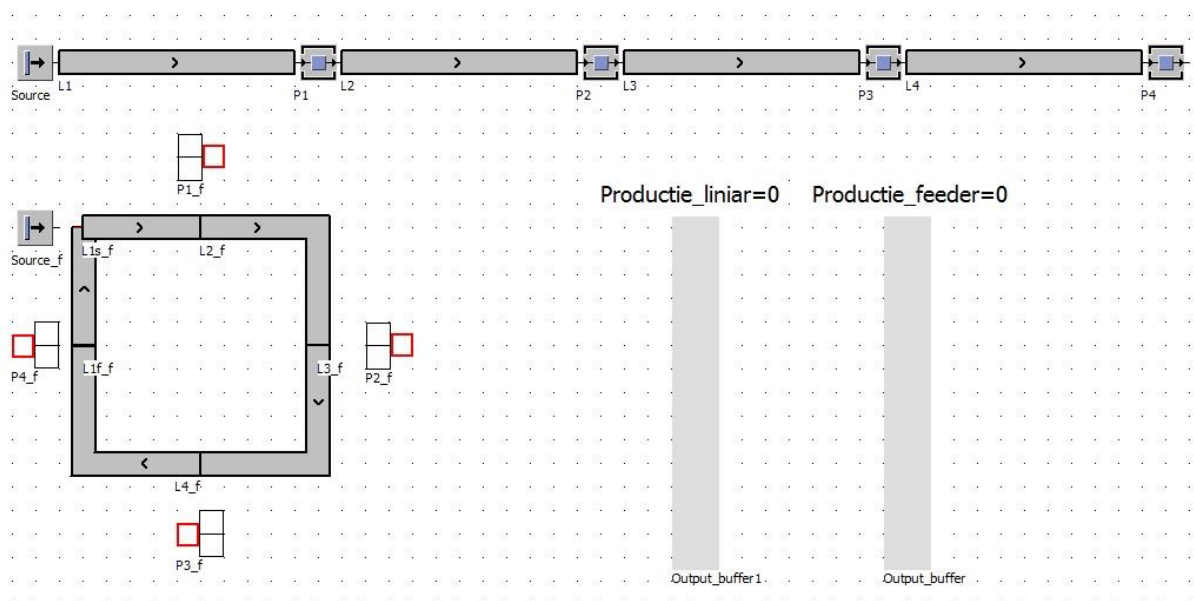


Figura 5.3 - Sistem experimental

5.4. Programarea agenților principali

5.4.2. Agentul de interogare la nodul de intrare în feeder

Acești agenți controlează comportamentul nodurilor de interogare de la intrarea în feeder, așa cum este definit în schema logică din figura 4.8.

5.4.3. Alți agenți de feeder

Mai există doi agenți importanți în interiorul feederului pe lângă agentul de interogare la nodul de intrare, aceștia fiind:

- agentul extractor: care se ocupă cu extragerea reperului de prioritatea cea mai mare din feeder și trimiterea lui în postul de lucru când acesta devine liber;
- agentul nodului de ieșire din postul de lucru: care se ocupă cu oprirea reperelor de pe linia principală de producție și evacuarea imediată a produsului prelucrat din postul de lucru.

5.4.4. Agentul de ieșire din sistem

Verifică dacă produsul a fost prelucrat complet și dacă da îl evacuează din sistem, în caz contrar lăsându-l să evolueze în continuare în sistem până va fi prelucrat complet.

5.5. Proiectarea experimentelor

Sistemele de fabricație experimentale trebuie să respecte condiția 9.1.

Experimentele de față se vor referi doar la linii de producție balansate corect și la reperi care respectă balansarea liniei - posturile de lucru trebuie parcurse în ordinea lor, indiferent de numărul necesar de posturi de lucru pe care trebuie prelucrat produsul.

Alegerea parametrilor experimentali

În alegerea parametrilor experimentali s-a plecat de la elementul central tratat în această lucrare, și anume: prioritatea reperelor. Pentru a determina factorii care pot influența performanța sistemului de fabricație cu privire la prioritizarea fizică a reperelor, analiza pentru determinarea acestora s-a făcut considerând atât factorii care influențează individual reperatele, cât și factorii care influențează secvența de reperi inițială, pe parcursul procesului de fabricație.

Factorii care influențează prioritizarea fizică pe o linie de fabricație continuă sunt:

1. Timpul de procesare al posturilor de lucru și aranjarea lor dealungul sistemului de transport. În tabelul 5.1 este prezentată secvența posturilor de lucru folosită în experimente, împreună cu timpii de procesare asociați.

Tabel 5.1 - Secvența posturilor de lucru pe linia de producție din punct de vedere al timpului de procesare

Poziția pe linia de producție	1	2	3	4
Postul de lucru	P1	P2	P3	P4
Timpul de producție	t1	t2	t3	t4

2. Prioritatea și secvența inițială de repere care intră pe linia de producție, cu privire la prioritate. În tabelul 5.2 este prezentată secvența de repere folosită în experimente, împreună cu prioritățile asociate fiecărui reper și poziția lor în secvență.

Tabel 5.2 - Secvența reperelor pe linia de producție din punct de vedere al priorității

Poziția în secvența inițială	1	2	3	4	5	6	7	...	n
Reper	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	...	Rn
Prioritate	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	...	pn

3. Caracteristicile ce trebuie materializate pe fiecare reper și secvența inițială de repere care intră pe linia de producție, cu privire la caracteristici. În tabelul 5.3 este prezentată secvența de repere folosită în experimente, împreună cu caracteristicile specifice fiecărui reper. Fiecare caracteristică poate fi cerută a se materializa pe reper (0) sau nu este specificat a fi materializată pe reper (1).

Tabel 5.3 – Secvența de repere pe linia de producție din punct de vedere al caracteristicilor reperelor

Poziția în secvența inițială	Reper	Caracteristici			
		C1	C2	C3	C4
1	R1	1/0	1/0	1/0	1/0
2	R2	1/0	1/0	1/0	1/0
3	R3	1/0	1/0	1/0	1/0
4	R4	1/0	1/0	1/0	1/0
5	R5	1/0	1/0	1/0	1/0
6	R6	1/0	1/0	1/0	1/0
7	R7	1/0	1/0	1/0	1/0
...

n	Rn	1/0	1/0	1/0	1/0
---	----	-----	-----	-----	-----

Nivelele de variație a parametrilor experimentali

1. Nivelele de variație ale secvenței timpilor de procesare.

Pentru variația secvenței timpilor de producție se disting patru nivele posibile:

- Timpii de procesare sunt egali pentru toate posturile de lucru;
- Timpii de procesare sunt dispuși în ordine crescătoare pe linia de producție, astfel: primul post de lucru va avea cel mai mic timp de procesare iar ultimul post de lucru va avea cel mai mare timp de procesare din sistem;
- Timpii de procesare sunt dispuși în ordine descrescătoare, astfel: primul post de lucru va avea cel mai mare timp de procesare iar ultimul post de lucru va avea cel mai mic timp de procesare din sistem;
- Timpii de procesare sunt dispuși în mod aleator, ca și durată raportată la fiecare post de lucru, pe linia de producție.

2. Nivelele de variație ale secvenței de priorități.

Pentru variația secvenței priorităților se disting patru nivele posibile:

- Priorități crescătoare pe secvență astfel: primul reper va avea cea mai mică prioritate iar ultimul reper va avea cea mai mare prioritate;
- Priorități descrescătoare pe secvență astfel: primul reper va avea cea mai mare prioritate iar ultimul reper va avea cea mai mică prioritate;
- Priorități aleatorii pe secvență;
- Priorități egale pentru fiecare reper din secvență.

Pentru că ultimul caz nu face sens, vom folosi în experimentare doar primele trei nivele de variație a secvenței de repere.

3. Nivelele de variație ale secvenței de caracteristici ale reperelor.

În experimentare am considerat un reper pe care se pot materializa maxim patru caracteristici posibile, asociate cu cele patru posturi de lucru prezente în sistemele experimentale. În acest context, putem distinge cinci nivele posibile ale variației secvenței de caracteristici ale reperelor:

- Secvența va fi compusă din repere care necesită a li se materializa o singură caracteristică;

- Secvența va fi compusă din repere care necesită a li se materializa două caracteristici;
- Secvența va fi compusă din repere care necesită a li se materializa trei caracteristici;
- Secvența va fi compusă din repere care necesită a li se materializa patru caracteristici;
- Secvența va fi compusă din repere care necesită a li se materializa caracteristici aleatorii ca și numări și tip.

Tabel 5.4 - Proiectarea experimentelor

Parametru	Nivel				
	1	2	3	4	5
TP (timp de procesare)	aleatorii	=	↘	↗	X
PR (priorități)	aleatorii	↗	↘	X	X
CR (caracteristici repere)	aleatorii	1c	2c	3c	4c
		C1	C1, C2	C1, C2, C3	C1, C2, C3, C4
		C2	C1, C3	C1, C2, C4	
		C3	C1, C4	C1, C3, C4	
		C4	C2, C3	C2, C3, C4	
			C2, C4		
			C3, C4		

Tabel 5.5 - Explicitarea simbolurilor folosite în proiectarea experimentelor

=	timi de producție egali pentru toate posturile de lucru
↘	timi de producție descrescători în ordinea aranjării posturilor de lucru în sistem priorități descrescătoare ale reperelor în ordinea intrării lor în sistem
↗	timi de producție crescători în ordinea aranjării posturilor de lucru în sistem priorități crescătoare ale reperelor în ordinea intrării lor în sistem
1c	fiecare reper are o caracteristică - necesită prelucrare pe un singur post de lucru din sistem
2c	fiecare reper are două carecteristici - necesită prelucrare pe două posturi de lucru din sistem
3c	fiecare reper are trei caracteristici - necesită prelucrare pe trei posturi de lucru din sistem
4c	fiecare reper are patru caracteristici - necesită prelucrare pe patru posturi de lucru din sistem
C_{NP}^2	Combinări de NP luate câte două
NP	Numărul posturilor de lucru din sistem

Proiectarea experimentului factorial

Pentru a avea un experiment total acoperitor vom folosi regulile de proiectare al unui experiment factorial.

Datele de intrare sunt:

- 3 parametrii;
- 4 nivele pentru primul parametru – secvența timpilor de procesare;
- 3 nivele pentru parametrul al doilea – secvența de priorități;
- 5 nivele pentru al treilea parametru – secvența de caracteristici.

Conform experimentului factorial, maximul de experimente posibile se calculează cu următoarea formulă:

$$N_e = 4 \times 3 \times 5 = 60 \text{ experimente}$$

În tabelul 5.7 prezentăm integral proiectarea experimentului factorial.

Tabel 5.6 - Parametrii experimentali conform experimentului factorial

Numar experiment	Parametrii		
	TP	PR	CR
1	=	aleatorii	aleatorii
2	=	aleatorii	1c
3	=	aleatorii	2c
4	=	aleatorii	3c
5	=	aleatorii	4c
6	=	↗	aleatorii
7	=	↗	1c
8	=	↗	2c
9	=	↗	3c
10	=	↗	4c
11	=	↘	aleatorii
12	=	↘	1c
13	=	↘	2c
14	=	↘	3c
15	=	↘	4c
16	↘	aleatorii	aleatorii
17	↘	aleatorii	1c
18	↘	aleatorii	2c
19	↘	aleatorii	3c
20	↘	aleatorii	4c
21	↘	↗	aleatorii
22	↘	↗	1c

23	↘	↗	2c
24	↘	↗	3c
25	↘	↗	4c
26	↘	↘	aleatorii
27	↘	↘	1c
28	↘	↘	2c
29	↘	↘	3c
30	↘	↘	4c
31	↗	aleatorii	aleatorii
32	↗	aleatorii	1c
33	↗	aleatorii	2c
34	↗	aleatorii	3c
35	↗	aleatorii	4c
36	↗	↗	aleatorii
37	↗	↗	1c
38	↗	↗	2c
39	↗	↗	3c
40	↗	↗	4c
41	↗	↘	aleatorii
42	↗	↘	1c
43	↗	↘	2c
44	↗	↘	3c
45	↗	↘	4c
46	aleatorii	aleatorii	aleatorii
47	aleatorii	aleatorii	1c
48	aleatorii	aleatorii	2c
49	aleatorii	aleatorii	3c
50	aleatorii	aleatorii	4c
51	aleatorii	↗	aleatorii
52	aleatorii	↗	1c
53	aleatorii	↗	2c
54	aleatorii	↗	3c
55	aleatorii	↗	4c
56	aleatorii	↘	aleatorii
57	aleatorii	↘	1c
58	aleatorii	↘	2c
59	aleatorii	↘	3c
60	aleatorii	↘	4c

Date relevante

- Timpul total de parcurgere a întregii linii de fabricație a unui singur reper în cazul ambelor demonstratoare:
 - lungimea totală a liniei: 40 m;

- viteza liniei: 1 m/s;

$$T_{total} = \frac{L_{total}}{v} \Rightarrow T_{total} = \frac{40 \text{ m}}{1 \text{ m/s}} \Rightarrow T_{total} = 40 \text{ s}$$

- Pentru realizarea experimentelor se consideră un flux constant și continuu de repere pe linia de fabricație, timpii de prelucrare ai posturilor de lucru permițând întoarcerea reperelor neprelucrate înaintea terminării prelucrării reperului curent;
- Secvența produselor pe linia de fabricație se consideră ca fiind aceeași: produsul 1 de pe linia cu feedere necesită aceleași caracteristici și are aceeași prioritate ca și produsul 1 din producția liniară; pentru toate celelalte produse se aplică aceeași regulă;
- Pentru analizarea rezultatelor se consideră două stive, câte una pentru fiecare linie, în care se așează produsele prelucrate în ordinea ieșirii lor de pe linia de fabricație.

5.6. Desfășurarea experimentelor

Scopul experimentării:

- Determinarea performanței sistemului de fabricație cu feedere în materie de timpii de producție a unei secvențe definite de repere;
- Determinarea performanței gradientului de prioritate pentru sistemul de fabricație cu feedere rezultat din fabricarea unei secvențe definite de repere.

Graficele gradientului de prioritate

Gradientul de prioritate reprezintă vectorul de priorități al produselor care au fost prelucrate și au ieșit de pe linia de producție, în ordinea ieșirii lor.

$$\mathbf{G} = [p_1, p_2, p_3, \dots, p_n] \quad (5.1)$$

Unde:

\mathbf{G} – vectorul gradientului;
 p_1, \dots, p_n – prioritățile reperelor în ordinea ieșirii lor din sistem după prelucrare.

Gradientul folosit reprezintă șirurile de priorități ale lotului de produse, așa cum au ieșit, prelucrate, de pe linia de producție.

În experimente s-au folosit două linii de producție: linia clasică și linia cu feedere. Pe ambele linii s-a considerat că intră simultan acelaș șir de repere, din punct de vedere al priorităților. Rezultatul ordinii priorităților în șirurile de la

ieșire a fost reprezentat pe graficele gradientului de prioritate. Sumarizând, avem 3 șiruri de repere considerate în experimente:

- Șirul de intrare – același pentru ambele linii;
- Șirul de ieșire pentru linia clasică de configurație liniară – reprezentat cu albastru pe graficele gradientelor;
- Șirul de ieșire al liniei cu feedere – reprezentat cu roșu pe graficele gradientelor.

Șirul de ieșire pentru linia clasică de configurație liniară coincide cu șirul de intrare, comun pentru ambele linii, deoarece liniile clasice, folosite curent se bazează pe o prioritizare virtuală, înaintea intrării reperelor pe linia de producție, și nu pe o prioritizare fizică, abordată în această lucrare cu ajutorul liniei cu feedere. Din această cauză, pe graficele gradientului nu a mai fost reprezentat șirul de intrare, care coincide cu șirul de ieșire al liniei clasice, reprezentat cu albastru pe grafic.

Pentru experimentare s-au considerat șiruri a câte 25 de repere, având priorități de la 1 (cea mai importantă) la 5 (cea mai puțin importantă), aranjate conform experimentului factorial prezentat la secțiunea **5.5**.

Graficele obținute vor indica un gradient mai bun de prioritate atunci când pe pantele obținute se va putea distinge o tendință ascendentă pe parcursul întregului gradient, sau parțial pe zone distincte, în detrimentul unei tendințe aleatorii a pantei graficului.

Un gradient care indică o prelucrare perfectă în ordinea priorităților va avea o pantă perfect crescătoare, iar un gradient care indică o prelucrare maximal imperfectă în ordinea descrescătoare a priorităților, va avea o pantă perfect descrescătoare. O pantă a gradientului poate fi aproximată cu ajutorul unui nor de puncte construit pe baza șirurilor de priorități ale produselor de la ieșirea de pe linia de producție. În figura de mai jos s-au construit spre exemplificare pantele șirurilor de ieșire ale celor două linii de experimentare pentru experimentul 12, întrucât acest experiment prezintă o diferență cât se poate de clară a pantelor approximate.

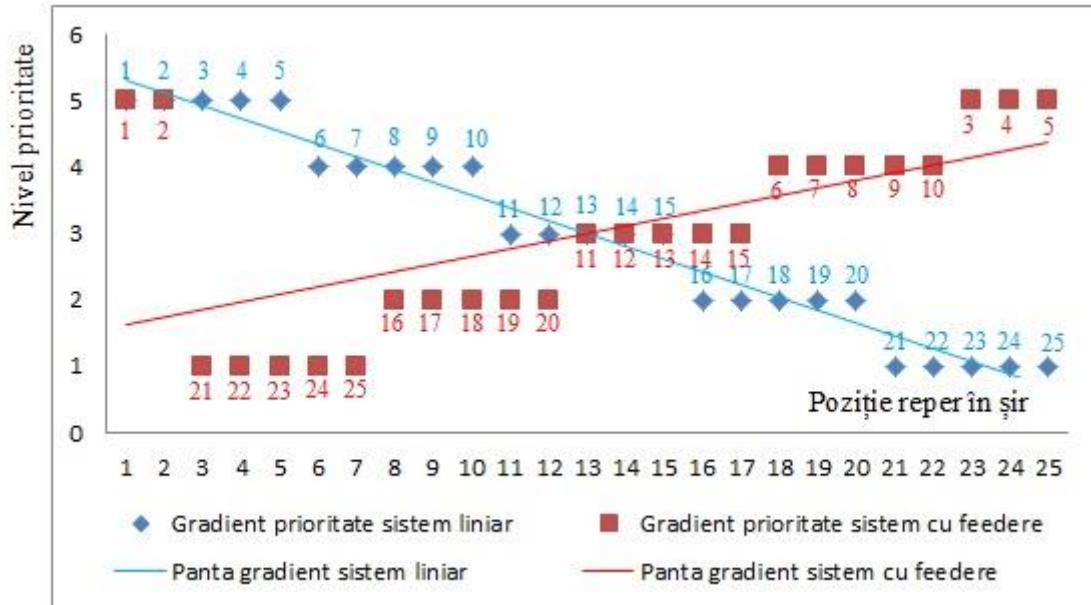


Figura 5.7 - Aproximarea pantei gradientului de prioritate

În figura 5.7 sunt reprezentate șirurile de ieșire ale liniei clasice și liniei cu feedere. Fiecare șir are 25 de elemente astfel: 5 reperi de prioritate 1, 5 reperi de prioritate 2, 5 reperi de prioritate 3, 5 reperi de prioritate 4 și 5 reperi de prioritate 5. Pe figură, primele două reperi de prioritate 5 se suprapun, fiind vizibile doar reperatele liniei cu feedere. De asemenea reperatele de prioritate 3 de pe pozițiile 13, 14 și 15 ale liniei clasice sunt suprapuse cu reperatele de aceeași prioritate și de pe aceleași poziții ale liniei cu feedere.

Din figură se poate observa foarte clar că panta aproximată a gradientului corespunzător liniei clasice (sau a sistemului liniar), reprezentată cu albastru, are o tendință clar descrescătoare. Întrucât șirul de priorități pe baza căruia s-a construit panta aproximată a liniei clasice reprezintă și șirul de intrare pe linia cu feedere, se poate observa foarte clar că sistemul cu feedere a realizat o prioritizare fizică, direct pe linia de producție, panta rezultată, aproximată pe baza șirului de priorități de la ieșire având o tendință clar crescătoare, chiar dacă șirul de intrare a avut o tendință clar descrescătoare.

Semnificația axelor graficelor:

Axa verticală – prioritatea reperului;

Axa orizontală – poziția reperelor în vectorul de priorități.

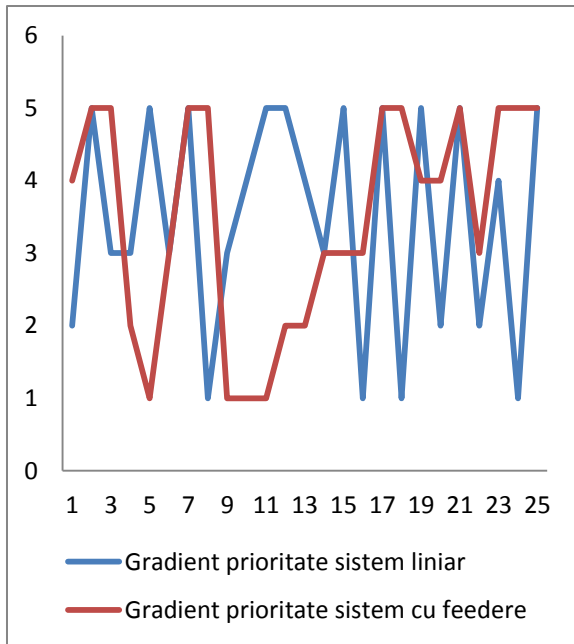


Figura 5.8 - Gradient de prioritate experiment 1

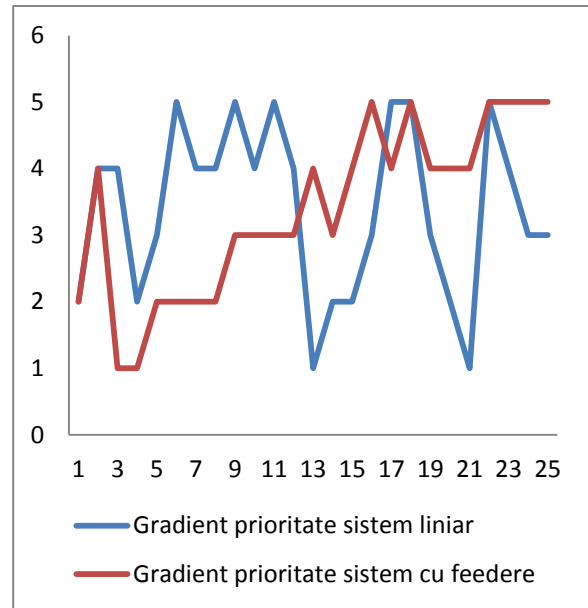


Figura 5.9 - Gradient de prioritate experiment 3

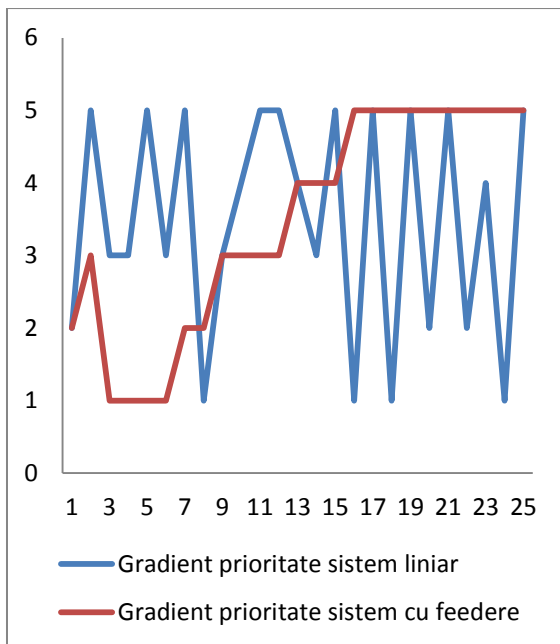


Figura 5.10 - Gradient de prioritate experiment 2

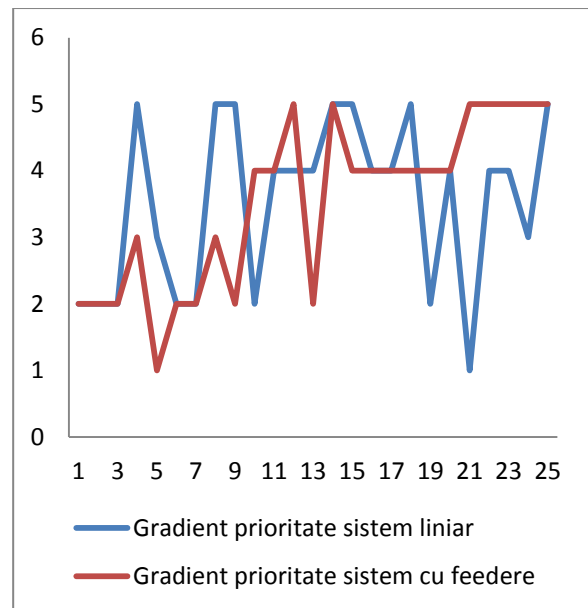


Figura 5.11 - Gradient de prioritate experiment 4

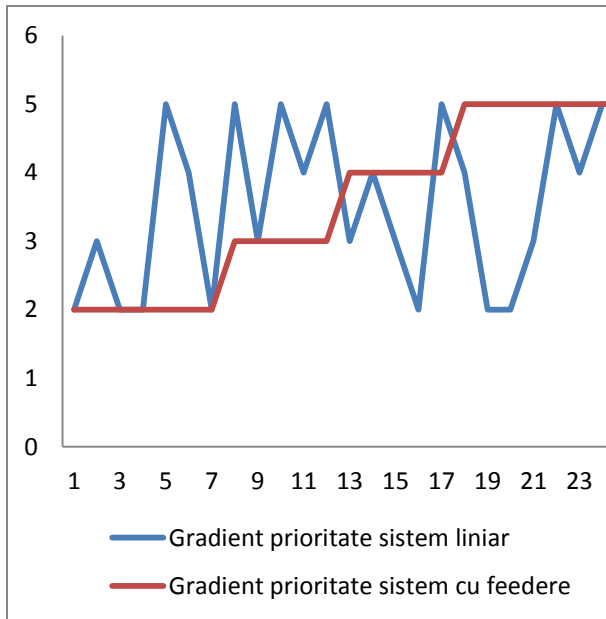


Figura 5.12 - Gradient de prioritate experiment 5

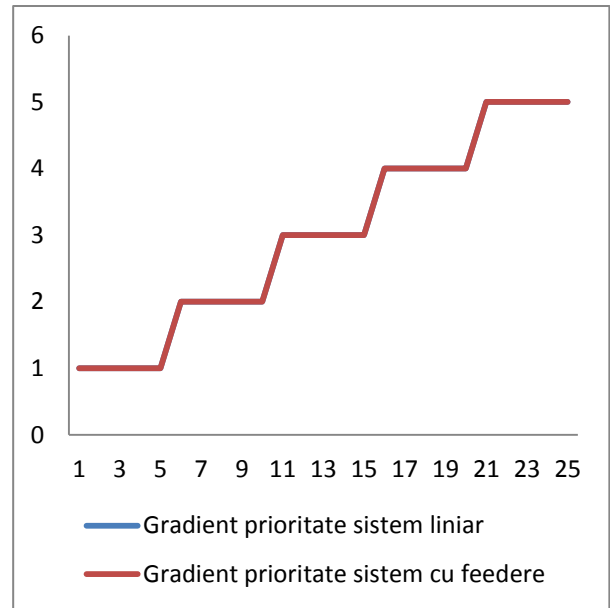


Figura 5.3 - Gradient de prioritate experiment 7

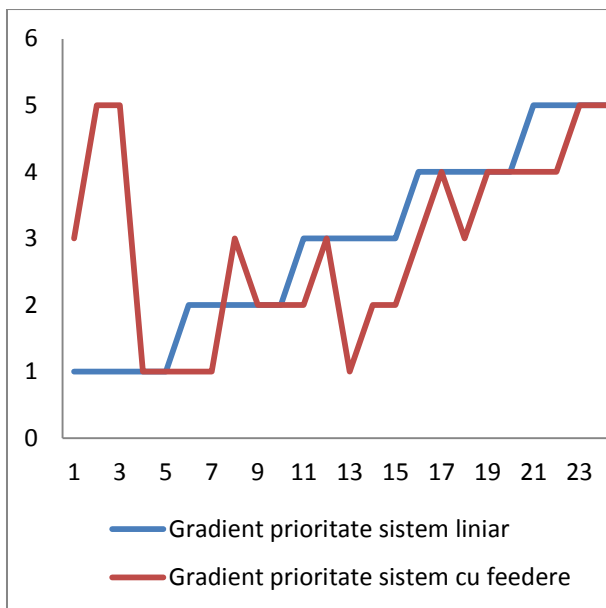


Figura 5.14 - Gradient de prioritate experiment 6

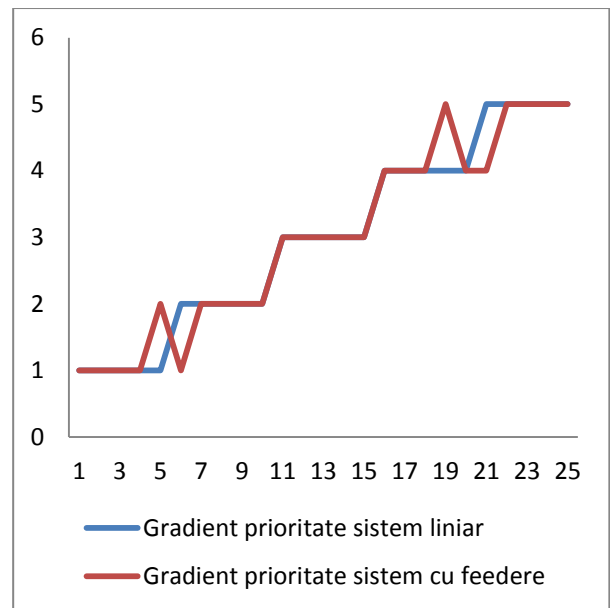


Figura 5.15 - Gradient de prioritate experiment 8

Graficele timpilor de producție pe lot

Pentru a cuantifica performanța din punct de vedere al timpului de producție al sistemului cu feedere s-au construit graficele comparative ale timpilor de producție pentru sistemul de fabricație liniar și sistemul de fabricație cu feedere. Timpii de producție pe lot reprezintă timpul necesar pentru a prelucra până la momentul ieșirii ultimului produs de pe linia de producție, a lotului de 25 de repere, așa cum este definit în experimentul factorial și identic pentru fiecare experiment pentru ambele linii de producție.

Pe graficele de mai jos timpii necesari pentru a prelucra lotul de 25 de repere pe sistemul de fabricație liniar sunt reprezentați cu albastru iar timpii necesari pentru a prelucra lotul de 25 de repere pe sistemul de fabricație cu feedere sunt reprezentați cu roșu.

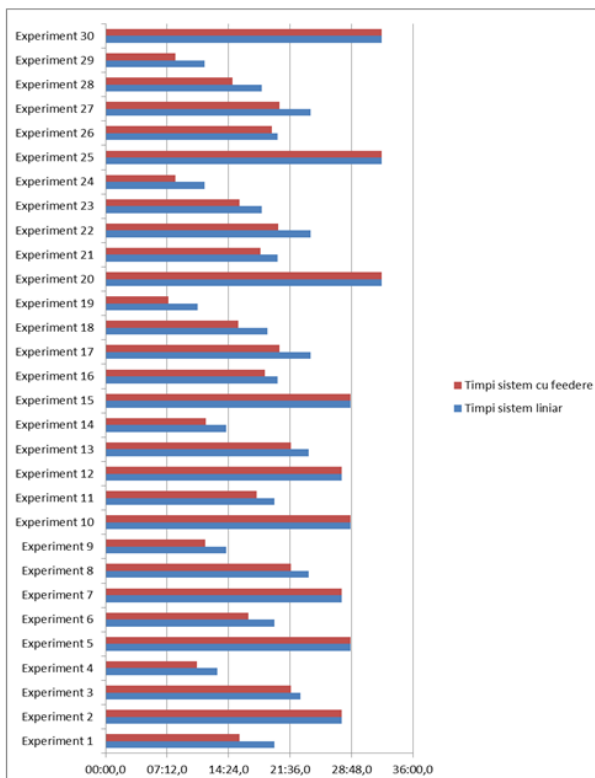


Figura 5.4 - Grafic comparativ al timpilor de producție (prima parte)

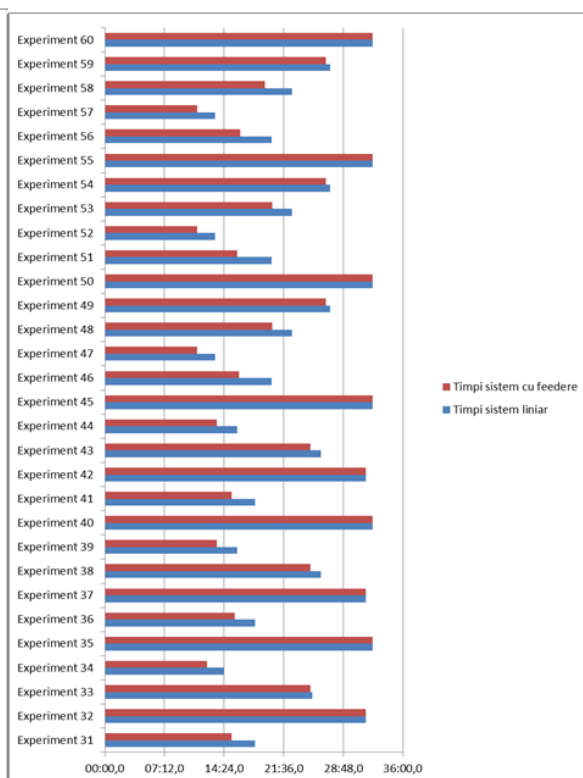


Figura 5.5 - Grafic comparativ al timpilor de producție (partea a doua)

5.7. Interpretarea rezultatelor experimentale

Pentru a testa performanța sistemului de fabricație cu feedere s-a proiectat un experiment factorial bazat pe un set de 3 parametri: timpul de procesare al fiecărui post de lucru, prioritățile și caracteristicile fiecărui reper. Acești parametri sunt considerați secvențial astfel: secvența de posturi de lucru așa cum se regăsește pe linia de producție, din punct de vedere al timpilor de procesare, secvența de repere din punct de vedere al priorităților și caracteristicilor,

analizată la intrarea și la ieșirea de pe linia de producție. Pentru explicații și desene detaliate a se consulta secțiunea 5.5.

În urma modelării și simulării sistemului de fabricație cu feedere, rezultatele experimentale arată o prioritizare evidentă care se realizează pe sistemul de fabricație cu feedere, prioritizare care se poate vedea pe graficele gradientului de prioritate prezentate în această secțiune, grafice care arată o tendință ascendentă față de secvența de intrare, tendință care semnifică prelucrarea reperelor de prioritate mai mare înaintea reperelor de prioritate mai mică, sau mai puțin semnificativă.

Din punct de vedere al timpilor de lucru, în figura 5.68 și 5.69 se poate observa foarte clar că sistemul de fabricație cu feedere termină prelucrarea secvenței de reperi în toate cazurile mai repede sau în același timp cu sistemul de fabricație folosit uzual în prezent și simulat de asemenea pentru comparație în această lucrare. Aceste rezultate care prezintă timpi mai mici sau egali de fabricație pentru sistemul cu feedere în comparație cu un sistem de fabricație uzual, coroborat cu prioritizarea reperelor care se realizează în acești timpi în sistemul de fabricație cu feedere arată clar o performanță superioară al noului concept din punct de vedere atât al prioritizării cât și al timpilor de fabricație. Rezultatele experimentelor arată clar un gradient de prioritate mai bun în cazul produselor fabricate cu sistemul cu feedere și un timp de fabricație mai mic cu până la 15% pentru secvența de reperi fabricată pe sistemul cu feedere.

CAPITOLUL 6 - Concluzii finale, contribuții originale și direcții viitoare de cercetare

6.1. Structura tezei de doctorat

Lucrarea cuprinde 6 capitole, prezentate în 304 de pagini, 142 figuri, 132 de tabele, 8 anexe, 181 de referințe bibliografice și este prezentată sintetic în continuare.

6.2. Contribuții proprii și direcții viitoare de cercetare

Cercetările teoretice au avut în vedere studiul și identificarea problemelor existente în următoarelor domenii de interes:

- Mecanismele de funcționare ale companiilor (ERP, MES, SCADA, SCM, CRM);
- Mecanismele de control ale companiilor (procesul PLM și instrumentele acestuia);
- Liniile flexibile de producție;
- Producția continuă și discontinuă;
- Transportoare și sisteme de transport;
- Problematika asamblării pe liniile de producție de tip flow shop;
- Balansarea liniilor de asamblare;
- Fabricarea de produse personalizabile în contextul actual;
- Studiul sistemului de producție Production2000+.

Contribuții proprii, teoretice și aplicative:

- Clasificarea sistemelor de transport după tipul de acționare al transportorului;
- Clasificarea transportoarelor:
 - După ordin;
 - După zona de acțiune;
- Modele generalizate ale configurațiilor liniilor de tip flow shop:
 - Liniare;
 - Circulare;
 - Circular-mixte;
 - Liniar-selective;
- Model generalizat în diagonală al sistemelor de conveioare;
- Calculul distanțelor de parcurs ale reperelor pe linia de producție dacă:
 - Disponibilitatea posturilor de lucru este în serie;
 - Disponibilitatea posturilor de lucru este în paralel;
 - Reperele ies pe la o ieșire alternativă din sistem;

- Definirea principiului de funcționare al sistemului de fabricație cu feedere în analogie cu natura, după principiul bulelor de gaz;
- Definirea principiului generalizat de fabricație al sistemului cu feedere;
- Definirea generalizată a arhitecturii sistemului de fabricație cu feedere;
- Definirea schemelor logice de funcționare a nodurilor de interogare de intrare și ieșire;
- Definirea structurii și funcționării feederului;
- Definirea diagramei de comunicație în sistemul de fabricație cu feedere;
- Definirea cazului critic pentru productivitatea sistemului de fabricație cu feedere;
- Dezvoltarea de simulări în vederea determinării performanței sistemului de fabricație cu feedere:
 - Studiul și descrierea sistemului experimental liniar de fabricație și a sistemului cu feedere;
 - Modelarea sistemului experimental liniar de fabricație și a sistemului cu feedere;
 - Analiza parametrilor reprezentativi și proiectarea experimentelor;
 - Proiectarea simulării;
 - Integrarea parametrilor reprezentativi în simulare și rularea experimentelor;
 - Centralizarea și analizarea rezultatelor;
 - Proiectarea unui experiment factorial pentru determinarea performanței sistemului de fabricație cu feedere;
 - Extragerea și analizarea rezultatelor,

Direcții viitoare de cercetare:

- Analizarea sistemului cu feedere folosind ieșiri alternative din sistem;
- Analiza sistemului cu feedere folosind cicluri alternative în sistem;
- Folosirea modelelor mixte cu caracteristici de tip aranjament, nu doar combinatoric.

Bibliografie selectivă

- [BEA00] Beach R, Muhlemann AP, Price DHR, Paterson A, Sharp JA (2000) A review of manufacturing flexibility. *Eur J Oper Res* 122:41-57
- [BRA93] Brandimarte P (1993) Routing and scheduling in flexible job shop by tabu search. *Ann Oper Res* 22: 158-183.
- [BRI11] Paul Dan Brîndașu, **Rareș Lucian Marin**, Livia Dana Beju – STUDY ON FIXING THE INSERTS AT BORING HEADS, The 5th International Conference on Manufacturing Science and Education, (2011), available at:
<http://conferences.ulbsibiu.ro/mse/MSE-2011/index.htm>
- [BUS01] Bussman S., Schild K. – An Agent-Based Approach to the Control of Flexible Production Systems, IEEE (0-7803-7241-7/01), 2001
- [CAR11] Carman K. M. Lee, Danping Lin, William Ho, Zhang Wu – Design of a genetic algorithm for bi-objective flow shop scheduling problems with re-entrant jobs, Springer-Verlag London Limited 2011.
- [CEM09] Cemal Özgüven, Lale Özbakir, Yasemin Yavuz – Mathematical models for job-shop scheduling problems with routing and process plan flexibility, *Applied Mathematical Modelling* 34, 1539-1548, Elsevier, 2009.
- [CHE03] Chen J, Chen FF (2003) Performance modelling and evaluation of dynamic tool allocation in flexible manufacturing systems using coloured Petri nets: An object-oriented approach. *Int J Adv Manuf Technol* 21 (2): 98-109.
- [FAN09] Fantahun M. Defersha, Mingyuan Chen – A parallel genetic algorithm for flexible job-shop scheduling problem with sequence dependent setups, *Int J Adv Manuf Tehnol*, Springer-Verlag London Limited 2009.
- [FAR12] Duncan McFarlane – Product Intelligence: Theory and Practice, INCOM 2012, KT-9 – KT-14.
- [GAO06] Gao L, Peng CY, Zhou C, Li PG (2006) Solving flexible job shop scheduling problem using general particle swarm optimization. In: *Proceedings of the 36th CIE Conference on Computers & Industrial Engineering*, Taipei, China, June 20-23, 2006, pp. 3018-3027.
- [HAB11] Sayed Habib A. Rahmati, M. Zandieh – A new biogeography-based optimization (BBO) algorithm for the flexible job shop scheduling problem, *Int J Adv Manuf Technol*, Springer-Verlag London Limited 2011.
- [HON08] Ho NB, Tay JC – Solving multiple-objective flexible job shop

- problems by evolution and local search. IEEE T Syst Man Cy C, Part C 38(5): 674-685, 2008.
- [HUE11] Michael Huelsmann, Anne Schwientek, Benjamin Korsmeier, Linda Austerschulte – Creating Customer Value in Logistics: Contributions and Limitations of Autonomous Cooperation-Based Technologies, from the book „Autonomous Cooperation and Control in Logistics. Contributions and Limitations – Theoretical and Practical Perspectives” by Michael Huelsmann, Bernd Scholz-Reiter and Katja Windt, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2011.
- [KAC02] Kacem I, Hammadi S, Borne P (2002) Pareto-optimally approach for flexible job-shop scheduling problems: hybridization of evolutionary algorithms and fuzzy logic. Math Comput Simul 60: 245-276.
- [KAC021] Kacem I, Hammadi S, Borne P (2002) Approach by localization and multi-objective evolutionary optimization for flexible job-shop scheduling problems. IEEE T Syst Man Cy C, Part C 32(1): 408-419.
- [KWA03] Kwangyeol Ryu, Mooyoung Jung – Agent-based fractal architecture and modelling for developing distributed manufacturing systems, International Journal of Production Research, Vol. 41, Taylor & Francis 2003.
- [LEI09] Lei Yang, Xiaopeng Zahng, Mingyue Jiang – An optimal kanban system in a multi-stage, mixe-model assembly line, Systems Engineering Society of China & Springer-Verlag 2009.
- [LIJ10] Li JQ, Pan QK, Liang YC – An effective hybrid tabu search algorithm for multi-objective flexible job shop scheduling problems. Comput Int Eng 59(4): 647-662, 2010.
- [LIO07] Liouane N, Saad I, Hammadi S, Borne P (2007) Ant systems & local search optimization for flexible job-shop scheduling production.
- [MAR10] **Rareş Lucian Marin** – EXTENSION OF THE UTILITY OF TECNOMATIX PLANT SIMULATION SOFTWARE THROUGH THE SIMULATION OF THE MORPHOLOGIC CREATIVE METHOD, The Knowledge-Based Organization - The 16th International Conference, (2010), available at: <http://www.armyacademy.ro/english/kbo.html>
- [MAR12] **Rareş Lucian Marin**, Daniela Căruţaşu - ASSEMBLY AND INSTALLATION PROCESS OF TANK TRACKS. ABSTRACTION, ANALYSIS BASIS AND AUTOMATION, International Journal - IJMMT ISSN 2067-3604, Vol. IV, No. 1, (2012), available at: <http://www.modtech.tuiasi.ro/vol4no12012.php>

- [MAR14] **Rareş Lucian Marin**, Paul Dan Brîndaşu – A NATURAL APPROACH TOWARDS MIXED-MODEL PHYSICAL PRIORITIZATION, Academic Journal of Manufacturing Engineering, Vol. 12, Issue 4, ISSN: 1583-7904 (2014)
- [MEY04] Meyr H. – Supply chain planing in the German automotive industry. OR Spectrum 26, 447-470, 2004.
- [NAS11] Nasr Al-Hinai, T. Y. ElMekkawy – An efficient hybridized genetic algorithm architecture for the flexible job shop scheduling problem, Flex Serv Manuf J, Springer Science+Business Media, LLC 2011.
- [NYH09] Nyhuis P, Muenzberg B, Kennemann M (2009) Configuration and regulation of PPC. Prod Eng Res Dev (WGP) 3:287-294
- [PAO05] Massimo Paolucci, Roberto Sacile – Agent-Based Manufacturing and Control Systems. New Agile Manufacturing Solutions for Achieving Peak Performance, CRC Press LLC 2005.
- [PAU04] Paulo Jorge Pinto Leitao – An Agile and Adaptive Holonic Architecture for Manufacturing Control, Porto, January 2004
- [PIR10] Bogdan Pîrvu, Ioan Bondrea, Carmen Simion, **Rareş Lucian Marin** – MODELLING AND CONTROL OF AN AUTOMATED MODULE USING DISCRETE EVENT SIMULATION AND OBJECT-BASED MODELLING, Academic Journal of Manufacturing Engineering, Vol. 8, Issue 2, (2010), available at:
http://www.eng.upt.ro/auif/journal_vol_8_2010_no_2.html
- [QUI11] Jun-Quing Li, Quan-Ke Pan, Kai-Zhou Gao – Pareto-based discrete artificial bee colony algorithm for multi-objective flexible jop-shop scheduling problems, Int J Adv Manuf Technol, Springer-Verlag London Limited 2011.
- [RUE06] Ruey-Shan Guo, David M. Chiang, Fan-Yun Pai – A WIP-based exception-management model for integrated circuit back-end production processes, Springer-Verlag London Limited 2006.
- [SUN10] Wei Sun, Ying Pan, Xiaohong Lu, Qinyi Ma – Research on flexible job-shop scheduling problem based on a modified genetic algorithm, Journal of Mechanical Science and Technology, Springer 2010.
- [TIM09] Timothy J. Sturgeon, Olga Memedovic, Johannes Van Biesebroeck, Gary Gereffi – Globalisation of the automotive industry: main features and trends, Int. J. Technological Learning, Innovation and Development, Vol. 2, Nos. 1/2, 2009.
- [WAN11] Ling Wang, Gang Zhou, Ye Xu, Shengyao Wang, Min Liu – An effective artifificial bee colony algorithm for the flexible job-shop scheduling problem, Int J Adv Manuf Technol, Springer-Verlag London Limited 2011.

- [XIA05] Xia WJ, Wu ZM (2005) An effective hybrid optimization approach for multi-objective flexible job-shop scheduling problems. *Comput Ind Eng* 48(2): 409-425.
- [XIA10] Xiaojuan Wang, Liang Gao, Chaoyong Zhang, Xinyu Shao – A multi-objective genetic algorithm based on immune and entropy principle for flexible job-shop scheduling problem, *Int J Adv Manuf Technol*, Springer-Verlag London Limited 2010.
- [YUN12] Yunus Demir, S. Kürşat İşleyen – Evaluation of mathematical models for flexible job-shop scheduling problems, *Appl. Math. Modell*, 2012. (documentul poate fi găsit la următoarea adresă: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apm.2012.03.020>)
- [ZAE10] Zaeh MF, Reinhart G, Ostgathe M, Geiger F, Lau C (2010) A holistic approach for the cognitive control of production systems. *Adv Eng Inform* 24:300-207
- [ZHA09] Zhang GH, Shao XY, Li PG, Gao L – An effective hybrid swarm optimization algorithm for multi-objective flexible job-shop scheduling problem. *Comput Ind Eng* 56(4): 1309-1318, 2009.
- [ZUE08] D. Zuehlke – *Förder und Lagertechnik in der automatisierten Produktion*, 2008

ANEXA I – Curriculum Vitae



Curriculum vitae Europass

Informații personale

Nume / Prenume	Marin, Rareș Lucian
Adrese	Str. 9 Mai nr. 11, orașul Sibiu, județul Sibiu, cod poștal: 550201, România
Telefon	Fix: +40269220986 Mobil: +40741272277
E-mail	rares.marin@ulbsibiu.ro
Naționalitate	Română
Data nașterii	20.11.1984
Sex	masculin

Experiența profesională

Perioada	Martie 2013 – prezent
Funcția sau postul ocupat	Inginer - proiectant
Activități și responsabilități principale	Managementul activităților mecanice
Numele și adresa angajatorului	Continental Automotive Systems S.R.L., Sibiu, România
Tipul activității sau sectorul de activitate	Cercetare – dezvoltare
Perioada	Martie 2012 – August 2012
Funcția sau postul ocupat	Cercetător invitat
Activități și responsabilități principale	Proiectare și optimizare dispozitive necesare demonstratoarelor folosite pentru verificarea tehnologiilor de ultimă generație
Numele și adresa angajatorului	DFKI GmbH (Centrul German de Cercetare pentru Inteligență Artificială), Kaiserslautern
Tipul activității sau sectorul de activitate	Cercetare
Perioada	August 2009 – Noiembrie 2009
Funcția sau postul ocupat	Inginer - proiectant
Activități și responsabilități principale	Migratie model harness din CATIA V4 în CATIA V5, dezvoltare model
Numele și adresa angajatorului	Kromberg & Schubert GmbH, Sibiu
Tipul activității sau sectorul de activitate	Cercetare - dezvoltare
Perioada	Februarie 2009 – Iunie 2009
Funcția sau postul ocupat	Student - muncitor

Activități și responsabilități principale	Dezvoltare simulare linie de producție și controlul liniei de producție din simulare
Numele și adresa angajatorului	DFKI GmbH (Centrul German de Cercetare pentru Inteligență Artificială), Kaiserslautern
Tipul activității sau sectorul de activitate	Cercetare
Perioada	Iulie 2008 – Ianuarie 2009
Funcția sau postul ocupat	Tehnician - proiectant
Activități și responsabilități principale	Dezvoltare model harness CATIA V4
Numele și adresa angajatorului	Kromberg & Schubert GmbH, Sibiu
Tipul activității sau sectorul de activitate	Cercetare - dezvoltare

Educație și formare

Perioada	Noiembrie 2009 – prezent
Calificarea / diplomă	Studiu doctoral
Disciplinele principale studiate / competențe profesionale dobândite	<ul style="list-style-type: none"> - Fluxuri de materiale - Arhitecturi de fabricație - Filosofii de fabricație - Proiectare 2D și 3D
Numele și tipul instituției de învățământ / furnizorului de formare	Universitatea „Lucian Blaga” Sibiu / Facultatea de Inginerie „Hermann Oberth”
Perioada	Februarie 2009 – Iunie 2009
Calificarea / diplomă obținută	Schimb de experiență / realizarea Lucrării de Diplomă "Simularea în Plant Simulation a Modulului Mobil SmartFactory ^{KL} și realizarea unei conexiuni printr-un server OPC."
Disciplinele principale studiate / competențe profesionale dobândite	<ul style="list-style-type: none"> - Montaj și micromontaj - Tehnici de transport și depozitare - Simulare - Conexiuni prin servere OPC
Numele și tipul instituției de învățământ / furnizorului de formare	Universitatea Tehnică din Kaiserslautern, Germania
Perioada	2004 – 2009
Calificarea / diplomă obținută	Inginer diplomat
Disciplinele principale studiate / competențe profesionale dobândite	<ul style="list-style-type: none"> - Geometrie descriptivă și desen tehnic - Proiectare 2D și 3D cu ajutorul softurilor specializate - Dispozitive - Organe de mașini - Calitate - Filosofii de fabricație - Mașini – unelte

Numele și tipul instituției de învățământ / furnizorului de formare	Universitatea „Lucian Blaga” Sibiu / Facultatea de Inginerie „Hermann Oberth”
Perioada	2000 – 2004
Calificarea / diplomă obținută	Diploma de Atestat Profesional, Diploma de Absolvire a Liceului, Diploma de Bacalaureat
Disciplinele principale studiate / competențe profesionale dobândite	- Limba și Literatura Română - Limba Engleză - Matematică - Informatică
Numele și tipul instituției de învățământ / furnizorului de formare	Liceul Teoretic „Onisifor Ghibu” Sibiu

Certificări adiționale

Perioada	Iulie 2011
Calificarea / diplomă obținută	Certificat Tecnomatix
Module	- Introducere în Fabricația Digitală - Robcad - Plant Simulation
Numele și tipul instituției de învățământ / furnizorului de formare	Siemens Industry Software / Lockheed Martin
Perioada	Iulie 2011
Calificarea / diplomă obținută	Certificat Teamcenter
Module	- Document and Knowledge Management
Numele și tipul instituției de învățământ / furnizorului de formare	Siemens Industry Software / Lockheed Martin
Perioada	Iulie 2011
Calificarea / diplomă obținută	Certificat Introduction to NX CAE Capabilities
Module	- NX Nastran
Numele și tipul instituției de învățământ / furnizorului de formare	Siemens Industry Software / Lockheed Martin
Perioada	Decembrie 2010
Calificarea / diplomă obținută	Certificat de limbă germană pentru nivelul A1.1. (calificativ obținut: foarte bine)
Numele și tipul instituției de învățământ / furnizorului de formare	Centrul Cultural German, Sibiu
Perioada	Martie 2010
Calificarea / diplomă obținută	Certificat de limbă germană pentru nivelul A1.2. (calificativ obținut: foarte bine)

Numele și tipul instituției de învățământ / furnizorului de formare	Centrul Cultural German, Sibiu
Perioada	Mai 2008
Calificarea / diplomă obținută	Diplomă de participare la cursul Tecnomatix Plant Simulation
Numele și tipul instituției de învățământ / furnizorului de formare	Siemens PLM / ADA Computers
Perioada	Decembrie 2007
Calificarea / diplomă obținută	Diplomă de participare la cursul Plant Simulation Basic Training
Numele și tipul instituției de învățământ / furnizorului de formare	Siemens

Aptitudini și competențe personale

Limba maternă **Română**

Limbi străine cunoscute

Autoevaluare

Nivel european (*)

Engleză

Germană

	Înțelegere				Vorbire		Scriere	
	Ascultare		Citire		Participare la conversație		Discurs oral	

(*) Nivelul Cadrului European Comun de Referință Pentru Limbi Străine

Competențe și abilități sociale

Vicepreședinte pe probleme sociale în cadrul organizației studențești SOLIDUS din cadrul Facultății de Inginerie „Hermann Oberth” din Sibiu (2008 – 2009)

Informații suplimentare**Referințe**

Dr. Ing. Jochen Schlick – Deputy Head of Department DFKI GmbH, Kaiserslautern, Germania

Jochen.Schlick@dfki.de

Publicații

„Assembly and Installation Process of Tank Tracks. Abstraction, Analysis Basis and Automation”, ModTech International Journal of Modern Manufacturing Technologies, ISSN 2067-3604, Vol. IV, No. 1 / 2012

„Study on Fixing the Inserts at Boring Heads”, MSE Proceedings of 5th International Conference on Manufacturing Science and Education, Sibiu 2011

„Modelling and Control of an Automated Module Using Discrete Event Simulation and Object-Based Modelling”, Academic Journal of Manufacturing Engineering, Vol. 8, Issue 2/2010

„Extension of the Utility of Tecnomatix Plant Simulation Software Through the Simulation of the Morphologic Creative Method”, The Knowledge Based Organization, Proceedings of the 16th International Conference, Sibiu 2010

„A natural approach towards mixed-model physical prioritization”, Academic Journal of Manufacturing Engineering, Vol. 12, Issue 4, ISSN: 1583-7904 (2014)