

**UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI**

Cu titlu de manuscris

CZU 621: 005.591.6:001.894/.895 (043)

**IAȚCHEVICI VADIM**

**SELECTAREA ȘI EVALUAREA TEHNOLOGIILOR PENTRU  
TRANSFER ÎN CONSTRUCȚIA DE MAȘINI**

**271.01. INGINERIA ȘI MANAGEMENTUL PRODUCERII  
(pe ramuri ale producerii industriale)**

Teză de doctor în științe inginerești

Conducător științific:



Toca Alexei, dr., conf. univ.

Autor:



Iațchevici Vadim

**CHIȘINĂU, 2024**

**© Iațhevici Vadim, 2024**

<b>CUPRINS</b>	
<b>ADNOTARE.....</b>	<b>5</b>
<b>ANNOTATION.....</b>	<b>6</b>
<b>АННОТАЦИЯ.....</b>	<b>7</b>
<b>LISTA TABELELOR.....</b>	<b>8</b>
<b>LISTA FIGURILOR.....</b>	<b>8</b>
<b>LISTA ABREVIERILOR.....</b>	<b>9</b>
<b>INTRODUCERE.....</b>	<b>11</b>
<b>1. ANALIZA METODELOR UTILIZATE PENTRU SELECTAREA ȘI EVALUAREA TEHNOLOGIILOR.....</b>	<b>22</b>
1.1. Tehnologie și modele de tehnologie.....	22
1.2. Metode și criterii de selectare și evaluare a tehnologiilor.....	23
1.3. Metode cu criterii multiple de selectare și evaluare a tehnologiilor.....	28
1.4. Instrumente de suport în evaluarea tehnologiilor.....	31
1.5. Evaluarea tehnologiilor bazată pe maturitatea tehnologică.....	35
1.6. Evaluarea tehnologiilor prin funcția tehnologică.....	40
1.7. Factorii ce determină succesul adoptării tehnologiilor avansate.....	42
1.8. Transferul/dezvoltarea tehnologică în condițiile actuale industriale .....	45
1.9. Concluzii la capitolul 1.....	50
<b>2. EVALUAREA ȘI MĂSURAREA FUNCȚIILOR TEHNOLOGICE, FUNCȚIILOR DE TRANSFER/DEZVOLTARE .....</b>	<b>52</b>
2.1. Proprietățile obiectelor ingineriei mecanice și industriale și manifestarea acestora.....	52
2.2. Funcția tehnologică.....	59
2.3. Definirea și măsurarea proprietăților funcțiilor tehnologice.....	63
2.4. Evaluarea și măsurarea proprietăților funcțiilor de transfer/dezvoltare tehnologică în aspectele conceptului Industrie 4.0.....	66
2.5. Condițiile de transfer/dezvoltare și implementare a tehnologiilor industriale digitale avansate .....	77
2.6. Concluzii la capitolul 2.....	81
<b>3. METODĂ DE SELECTARE ȘI EVALUARE A TEHNOLOGIILOR PENTRU TRANSFER/DEZVOLTARE ÎN CONSTRUCȚIA DE MAȘINI.....</b>	<b>83</b>
3.1. Sistemica evaluării tehnologiilor și a factorilor tehnologici.....	83

3.2. Organizarea procesului de selectare și evaluare a tehnologiilor.....	90
3.3. Structurarea selectării și evaluării tehnologiilor.....	102
3.4. Instrumentul de lucru al metodei de selectare și evaluare a tehnologiilor pentru transfer/dezvoltare în construcția de mașini.....	107
3.5. Evaluarea maturității tehnologiilor prin metodele TRL, MRL și IRL.....	113
3.6. Concluzii la capitolul 3.....	114
<b>4. STUDIU DE CAZ: APLICAREA METODEI DE SELECTARE ȘI EVALUARE A TEHNOLOGIILOR PENTRU TRANSFER/DEZVOLTARE.....</b>	<b>116</b>
4.1. Procesul de selectare și evaluare a tehnologiilor de produs.....	116
4.2. Selectarea și evaluarea tehnologiilor de produs în întreprinderea ITA „Mecagro” .....	118
4.3. Aprecierea maturității tehnologiilor evaluate prin prisma TRL și MRL.....	135
4.4. Concluzii la capitolul 4.....	136
<b>CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI.....</b>	<b>138</b>
<b>CERCETĂRI ULTERIOARE DE PERSPECTIVĂ.....</b>	<b>140</b>
<b>BIBLIOGRAFIE.....</b>	<b>141</b>
<b>ANEXE.....</b>	<b>155</b>
Anexa 1. Act de implementare a rezultatelor științifice.....	155
Anexa 2. Colectarea informațiilor despre mașinile de stropit autopropulsate.....	156
Anexa 3. Colectarea informațiilor despre mașinile de stropit cu ventilare-pulverizare locală....	162
Anexa 4. Colectarea informațiilor despre sistemele modulare multifuncționale pentru mașinile de stropit.....	165
Anexa 5. Colectare informațiilor despre utilajele pentru prelucrarea solului între rânduri din livezi.....	169
Anexa 6. Certificat nr. 1807.8/11.07.2022 - medalie de bronz "Târgul Internațional de Inventică și Educație Creativă pentru Tineret ICE-USV" .....	172
<b>DECLARAȚIA PRIVIND ASUMAREA RĂSPUNDERII.....</b>	<b>173</b>
<b>CURRICULUM VITAE AL AUTORULUI.....</b>	<b>174</b>

## ADNOTARE

la teza de doctor cu tema „*Selectarea și evaluarea tehnologiilor pentru transfer în construcția de mașini*” prezentată de către Vadim Iațhevici pentru obținerea titlului științific de doctor în științe inginerești la specialitatea 271.01. *Ingineria și managementul producerii*, Chișinău, 2024

**Structura tezei:** lucrarea include introducere, patru capitole, concluzii generale și recomandări, bibliografie din 132 titluri, 6 anexe, 121 pagini text de bază, 43 de figuri și 9 tabele. Rezultatele studiului au fost publicate în 8 articole științifice, dintre care 6 semnate numai de autorul tezei.

**Cuvinte-cheie:** tehnologie, managementul tehnologic, transfer tehnologic, proprietate, interfață, funcție tehnologică, funcție de transfer/dezvoltare tehnologică, evaluare și selectare, criterii de evaluare și selectare, descriptori de performanță, Industrie 4.0, fabricație inteligentă.

**Scopul lucrării** constă în dezvoltarea metodei, criteriilor și mecanismelor de selectare și evaluare a tehnologiilor specifice construcției de mașini bazate pe măsurarea proprietăților funcțiilor tehnologice, funcțiilor de transfer/dezvoltare tehnologică și a efectelor acestora asupra factorilor tehnologici, inclusiv în noile condiții de dezvoltare industrială.

**Obiectivele cercetării:** identificarea mecanismelor de asigurare a măsurabilității tehnologiilor și a efectelor tehnico-economice ale utilizării tehnologiilor; identificarea și cercetarea sistemului de factori pentru definirea și caracterizarea funcțiilor tehnologice, funcțiilor de transfer/dezvoltare tehnologică și a efectelor acestora; identificarea factorilor de evaluare și măsurare a proprietăților funcțiilor tehnologice și funcțiilor de transfer/dezvoltare tehnologică în contextul conceptului Industrie 4.0; identificarea factorilor de amplificare a transferului tehnologic în condițiile actuale industriale din Republica Moldova; dezvoltarea și validarea unei metode sistemice de selectare și evaluare a tehnologiilor pentru transfer/dezvoltare în construcția de mașini și ușor accesibile și adaptabile la nevoile specifice ale companiilor.

**Noutatea și originalitatea științifică** constă în: dezvoltarea conceptului de funcție tehnologică bazată pe măsurabilitatea tehnologiilor prin variația proprietăților provocate de reorganizarea funcțiilor interne ale operatorului, interfeței și operandului; dezvoltarea conceptului de funcție de transfer/dezvoltare tehnologică bazată pe interacțiunea interfațată a factorilor de mediu tehnologic; identificarea sarcinilor de transfer tehnologic al cuplelor tehnologice specifice construcției de mașini – tehnologie Industrie 4.0 și specificarea caracteristicilor transferului tehnologic în condițiile actuale industriale din Republica Moldova; dezvoltarea unei metode sistemice de selectare și evaluare a tehnologiilor pentru transfer bazată pe criterii, descriptori de performanță și filtre.

**Problema științifică soluționată** constă în demonstrarea măsurabilității tehnologiilor prin proprietățile obiectelor în interacțiune orientată, mecanismul de interacțiune dintre obiecte cu interfațare și cu formarea funcției tehnologice, legităților de manifestare a funcțiilor tehnologice prin reorganizarea funcțiilor interne ale operatorului, interfeței și operandului, mecanismelor de definire și de măsurare a proprietăților funcțiilor tehnologice, mecanismelor de transfer/dezvoltare tehnologică în cuplele: tehnologie specifică construcției de mașini – tehnologie Industrie 4.0., fapt care a condus la elaborarea și implementarea metodei sistemice multistrat de selectare și evaluare a tehnologiilor pentru transfer în construcția de mașini bazată pe criterii și descriptorii de performanță originali.

**Semnificația teoretică** constă în dezvoltarea și cercetarea unei noi abordări de proces cu caracteristici măsurabile la selecția și evaluarea a tehnologiilor pentru transfer/dezvoltare.

**Valoarea aplicativă** a lucrării constă în dezvoltarea metodei și a instrumentelor de selectare și evaluare a tehnologiilor pentru transfer/dezvoltare în cadrul întreprinderilor constructoare de mașini și aprobarea acestora prin implementarea în una din întreprinderile din RM. Metoda poate fi ușor aplicată pentru orice tip de tehnologii.

**Implementarea rezultatelor științifice** a fost efectuată în cadrul Institutului de Stat de Tehnică Agricolă „Mecagro”, Republica Moldova.

## ANNOTATION

for the PhD thesis „*Selection and evaluation of technologies for transfer in machine building*” presented by Vadim Iatchevici for conferring the degree of Doctor of Engineering, specialty 271.01. *Engineering and production management*, Chişinău, 2024

**Thesis content:** the thesis itself includes introduction, four chapters, final conclusions, 132 references, 6 annexes, 121 text pages basic text, 43 figures and 9 tables. Based on the results of the study, 8 scientific articles were published, of which 6 were single-author.

**Keywords:** technology, technology management, technology transfer, property, interface, technology function, technology transfer/development function, evaluation and selection, evaluation and selection criteria, performance descriptors, Industry 4.0, smart manufacturing.

**Purpose of the work:** the development of the methodology, criteria and mechanisms for selecting and evaluating the technologies specific to machine building based on the measurement of the properties of technological functions, the functions of technological transfer/development and their effects on the technological factors, including in the new conditions of industrial development.

**Research objectives:** identifying the mechanisms for ensuring the measurability of technologies and the technical-economic effects of their use; identification and research of the system of factors for the definition and characterization of technological functions, technological transfer/development functions and their effects; the identifying the factors for evaluating and measuring the properties of technological functions and the functions of technological transfer/development in the context of the Industry 4.0 concept; the identification of the factors for enhancing the technological transfer in the current industrial conditions in the Republic of Moldova; the development and validation of a systemic methodology for selecting and evaluating technologies for transfer/development in the machine building and easily accessible and adaptable to the specific needs of companies.

**The scientific novelty and originality consists in:** the development of the concept of technological function based on the measurability of technologies through the variation of properties caused by the reorganization of the internal functions of the operator, the interface and the operand; the development of the concept of technological transfer/development function based on the interfaced interaction of technological environment factors; the identification of technological transfer tasks of technology couples specific to machine building - Industry 4.0 technology and the specification of technological transfer characteristics in the current industrial conditions of the Republic of Moldova; developing a systematic methodology for selecting and evaluating technologies for transfer based on criteria, performance descriptors and filters.

**The solved scientific problem** consists in demonstrating the measurability of technologies through the properties of objects in oriented interaction; the mechanism of interaction between objects with interfacing and with the formation of the technological function; the laws of manifestation of technological functions by reorganizing the internal functions of the operator, the interface and the operand; the mechanisms for defining and measuring the properties of technological functions, the mechanisms of technological transfer/development in couplings: technology specific to machine building - Industry 4.0 technology, which led to the development and implementation of the multi-layered systemic methodology for selecting and evaluating technologies for transfer in machine construction based on criteria and the original performance descriptors.

**Theoretical meaning:** consists of developing and research of a new process approach with measurable characteristics in the selection and evaluation of technologies for transfer-development.

**Applicative value:** The applicative value of the work consists in the development of the methodology and the tools for selecting and evaluating technologies for transfer/development within the machine building companies and its approval through implementation in one of the companies in the Republic of Moldova. The methodology can be easily applied for any type of technologies.

**Application of the scientific results.** The implementation of the scientific results took place within the State Institute of Agricultural Technique "Mecagro", Republic of Moldova.

## АННОТАЦИЯ

для диссертации „*Отбор и оценка технологий для трансфера в машиностроении*”  
представленной Вадимом Яцкевичем для присвоения ученой степени Доктора  
Инженерных Наук по специальности 271.01. *Инженерия и менеджмент  
производства*, Кишинёв, 2024.

**Содержание диссертации:** работа включает введение, четыре главы, основные выводы, библиографию из 132 источников, 6 приложений, 121 страниц основного текста, 43 рисунок и 9 таблиц. Результаты диссертации опубликованы в 8 научных статьях, 6 из которых без соавторов.

**Ключевые слова:** технология, управление технологиями, трансфер технологий, свойство, интерфейс, технологическая функция, функция трансфера/развития технологий, оценка и выбор, критерии оценки и выбора, дескрипторы значимости, Индустрия 4.0, умное производство.

**Цель работы** состоит в разработке методологии, критериев и механизмов выбора и оценки технологий, специфичных для машиностроения, на основе измерения свойств технологических функций, функций технологического трансфера/развития и их влияния на технологические факторы, в том числе в новых условиях промышленного развития.

**Задачи исследования:** установление механизмов обеспечения измеримости технологий и технико-экономического эффекта от их использования; выявление и исследование системы факторов для определения и характеристики технологических функций, функций технологического трансфера/развития и их эффектов; выявление факторов оценки и измерения свойств технологических функций и функций технологического трансфера/развития в контексте концепции Индустрии 4.0; выявление факторов усиления технологического трансфера в современных промышленных условиях Республики Молдова; разработка и валидация системной методологии выбора и оценки технологий машиностроения для удобного трансфера/развития, также адаптируемой к конкретным потребностям компаний.

**Научная новизна и оригинальность заключается в:** разработке концепции технологической функции, основанной на измеримости технологий посредством изменения свойств, вызванного реорганизацией внутренних функций оператора, интерфейса и операнда; разработке концепции функции технологического трансфера/развития на основе сопряженного взаимодействия факторов технологической среды; определение задач технологического трансфера пар технологий специфичных для машиностроения – технологии Индустрии 4.0, и определение характеристик технологического трансфера в текущих промышленных условиях Республики Молдова; разработка систематической методологии выбора и оценки технологий для трансфера на основе критериев, показателей эффективности и фильтров.

**Решаемая научная задача** состоит в демонстрации измеримости технологий через свойства объектов при ориентированном взаимодействии, механизма взаимодействия объектов с интерфейсом и с формированием технологической функции, закономерности проявления технологических функций через реорганизацию внутренние функции оператора, интерфейс и операнд, механизмы определения и измерения свойств технологических функций, механизмы трансфера/развития технологий в парах: технология, специфичная для машиностроения – технология Индустрии 4.0, которая привела к разработке и внедрению многоуровневая системная методология выбора и оценки технологий для трансфера в машиностроении на основе критериев и оригинальных показателей эффективности.

**Теоретическая значимость** заключается в разработке и исследовании нового процессного подхода с измеряемыми характеристиками при выборе и оценке технологий для трансфера/развития на предприятиях машиностроения.

**Прикладная ценность** работы заключается в разработке методологии и инструментария выбора и оценки технологий для трансфера/развития на машиностроительных предприятиях и их апробации путем внедрения на одной из компаний Республики Молдова. Методику можно легко применить для любого типа технологий.

**Внедрение научных результатов** проходило в Государственном Институте Сельскохозяйственной Техники «Mecagro», Республика Молдова.

<b>LISTA TABELELOR</b>		Pag.
Tabelul 3.1. Descriptor al performanței atractivității pieței		95
Tabelul 3.2. Filtru de triaj pentru selectarea tehnologiilor		106
Tabelul 3.3. Evaluarea performanțelor tehnologiilor		108
Tabelul 4.1. Colectarea datelor privind tehnologiile propuse pentru transfer		120
Tabelul 4.2. Filtru de triaj pentru selectarea tehnologiilor		128
Tabelul 4.3. Evaluarea tehnologiilor pentru transfer		129
Tabelul 4.4. Performanțele tehnologiilor conform criteriilor		134
Tabelul 4.5. Evaluarea tehnologiilor conform metodei TRL		135
Tabelul 4.6. Evaluarea tehnologiilor conform metodei MRL		135

<b>LISTA FIGURILOR</b>		Pag.
Fig. 1.1. Configurarea competențelor de bază și specifice, reprodus după [78]		36
Fig. 1.2. Ciclul de viață al tehnologiei bazat pe maturitatea tehnologiei, reprodus după [8]		37
Fig. 1.3. Model pentru evaluarea capabilităților, competențelor tehnologice și competențelor de bază ale companiei, reprodus după [78]		39
Fig. 1.4. Extras din chestionarul de evaluare a capabilităților, competențelor tehnologice și competențelor de bază ale companiei, reprodus după [78]		40
Fig. 1.5. Model digital, umbră digitală și geamă digital. Reprodus după [113]		50
Fig. 2.1. Formarea proprietăților obiectelor în interacțiunea „de oglindire”: a) între obiectele $A$ și $B$ ; b) între obiectul $A$ și mulțimea de obiecte $\{B\}$ [117]		53
Fig. 2.2. Legături externe fizico-tehnice și legături abstractizate de esență: a) între obiectele $A$ și $B$ ; b) între mulțimile de obiecte $\{A\}$ și $\{B\}$ [117]		54
Fig. 2.3. Formarea proprietăților conceptului Industrie 4.0 prin proprietăți dezvoltate în tehnologiile sale [117]		58
Fig. 2.4. Formularea obiectivului tehnologic $\{Pr^V\}$		60
Fig. 2.5. Obiect cu proprietăți reale $\{Pr^{OR}\}$ ce pot fi aduse la dimensiunile formulate de obiectiv $\{Pr^V\}$		60
Fig. 2.6. Constituirea funcțiilor tehnologice [117]		60
Fig. 2.7. Atingerea obiectivului prin sarcini tehnologice parțiale [117]		61
Fig. 2.8. Reacții suportate de purtătorul de sarcini tehnologice [117]		62
Fig. 2.9. Realizarea funcției tehnologice prin reorganizarea funcțiilor interne ale obiectului extern (operandului), purtătorului de sarcini tehnologice (operatorului) și a interfeței [117]		63
Fig. 2.10. Artefact de prelucrat „cerc-diamant-pătrat” pentru stabilirea proprietăților funcțiilor tehnologice ale centrelor de prelucrare CNC [123]		64
Fig. 2.11. Artefact de testare a unei tehnologii aditive [124]		65
Fig. 2.12. Artefact de testare a parametrilor de calitate a suprafețelor formate aditiv [125]		65
Fig. 2.13. Tehnologiile Fabricației Inteligente și ale Industriei 4.0. Dezvoltare după [26]		67
Fig. 2.14. Modelul funcției de transfer/dezvoltare tehnologică (actualizarea tehnologiilor prin tehnologii-interfețe din mediul tehnologic)		69
Fig. 2.15. Actualizarea factorilor tehnologiilor ciclului de viață al unui produs [27]		71
Fig. 2.16. Modificarea proprietăților fizice ale operatorului, operandului și interfeței prin reorganizarea funcțiilor interne ale acestora [127]		72
Fig. 2.17. Actualizarea proprietăților virtuale prin reorganizarea funcțiilor interne virtuale ale operatorului, operandului și interfeței (umbră digitală) [127]		72
Fig. 2.18. Sincronizarea modificării proprietăților fizice și virtuale prin reorganizarea funcțiilor interne fizice și virtuale ale operatorului, operandului și interfeței (geamă digital) [127]		72



Fig. 2.19. Coordonarea realizării sarcinilor roboților autonomi și colaborativi prin tehnologii-interfețe M2M și/sau IIoT	74
Fig. 2.20. Augmentarea informațională prin tehnologii-interfețe de simulare și crearea a geamănului digital sau de integrare verticală și orizontală	74
Fig. 3.1. Funcții tehnologice: a) elementare, b) complexe	83
Fig. 3.2. Exemplu de evaluări a mulțimilor funcțiilor tehnologice structurate pe trei nivele ierarhice	85
Fig. 3.3. Modelul funcției de transfer/dezvoltare tehnologică aplicat pentru stabilirea interinfluenței tehnologiilor și strategiei tehnologice	85
Fig. 3.4. Modelul funcției transfer/dezvoltare tehnologică aplicat pentru stabilirea interinfluenței strategiei tehnologice și strategiei de afaceri	86
Fig. 3.5. Factori de evaluare a transferabilității tehnologiilor	86
Fig. 3.6. Mecanismul de dublă dimensionare a funcției tehnologice	87
Fig. 3.7. Selectarea și evaluarea tehnologiilor [131]	93
Fig. 3.8. Transferul/dezvoltarea tehnologică interfațată nemijlocit de strategiile tehnologice (a) și de afaceri (b) și de alți factori	95
Fig. 3.9. Transferul/dezvoltarea tehnologică interfațată nemijlocit de factorul financiar și asociat de alți factori	96
Fig. 3.10. Transferul/dezvoltarea tehnologică interfațată nemijlocit de factorul industrie/piață și asociat de alți factori	96
Fig. 3.11. Transferul/dezvoltarea tehnologică interfațată nemijlocit de factorii interni (competențele de bază) și asociat de alți factori	97
Fig. 3.12. Transferul/dezvoltarea tehnologică interfațată nemijlocit de specificații tehnologice cheie și asociat de alți factori	98
Fig. 3.13. Transferul/dezvoltarea tehnologică interfațată nemijlocit de factori intangibili (competitivitate, potențial, imagine, rol etc.) și asociat de alți factori	99
Fig. 4.1. Model de transfer/dezvoltare a tehnologiei de produs în produs cu valoare de întrebuințare	117
Fig. 4.2. Model de transfer/dezvoltare a tehnologiei de produs cu valoare de întrebuințare parțială	117
Fig. 4.3. Imagini reprezentative ale tehnologiilor de produs evaluate	119
Fig. 4.4. Punctaj mediu total pentru fiecare tehnologie de produs evaluată	134
Fig. 4.5. Poziționarea tehnologiilor de produs evaluate după grupurile de criterii utilizate	134

### LISTA ABREVIERILOR

3IR	A Treia Revoluție Industrială (engl. 3 Industrial Revolution)
4IR	A Patra Revoluție Industrială (engl. 4 Industrial Revolution)
AHP	Proces Analitic de Ierarhizare (engl. Analytical Hierarchy Process)
AR	Realitatea Augmentată (engl. Augmented Reality)
CAD	Engl. Computer Aided Design
CALS	Achiziții Continui și Suportul Informațional al Ciclului de Viață (engl. Continuous Acquisition and Life-Cycle Support)
CAM	Engl. Computer Aided Manufacturing
CAPP	Engl. Computer Aided Process Planning
C/D	Cercetare/Dezvoltare
CIM	Computer Integrated Manufacturing – Fabricație Integrată de Calculator
CNC	Comanda Numerică prin Calculator (engl. Computer Numerical Control)

COD	Codul cu privire la știință și inovare, Legea nr. 259 din 15.07.2004
CPS	Sisteme Fizico-Cibernetice (engl. Cyber-Physical Systems)
CVP	Ciclul de viață al produsului
DPI	Drepturile de Proprietate Intelectuală
DRL	Niveluri de Pregătire a Digitalizării (engl. Digital Readiness Levels)
DT	Digital Twin – Geamă Digitală
IAMOT	Asociația Internațională pentru Managementul Tehnologiilor (engl. International Association for the Management of Technology)
IoT	Internetul Lucrurilor (engl. Internet of Things)
IIoT	Internetul Industrial al Lucrurilor (engl. Industrial Internet of Things)
IRL	Nivelul de pregătire pentru inovare (engl. Innovation Readiness Level)
IRR	Rata Internă de Întoarcere (engl. Internal Reimbursement Rate)
ITA	Institutul de Tehnică Agricolă
M2M	Engl. Machine to Machine
MRL	Nivelul de Pregătire pentru Fabricație (engl. Manufacturing Readiness Level)
MT	Managementul Tehnologiilor (engl. Management of Technology)
NASA	Administrația Națională pentru Aeronautică și Spațiu (engl. National Aeronautics and Space Administration)
PCA	Engl. Patent co-Citation Approach
PDM	Engl. Product Data Management
PLC	Controler Logic Programabil (engl. Programmable Logic Controller)
PLM	Engl. Product Data Life Cycle Management
RFID	Identificarea prin Frecvențe Radio (engl. Radio Frequency Identification)
ROI	Recuperarea Investiției (engl. Return On Investment)
SCADA	Engl. Supervisory Control and Data Acquisition
TA	Tehnologii Avansate
TIC	Tehnologia Informației și Comunicațiilor
TP	Tehnologie de Produs
TRL	Nivelul de pregătire a tehnologiei (engl. Technology Readiness Level)
UNIDO	Organizația Națiunilor Unite pentru Dezvoltarea Industrială (engl. United Nations Industrial Development Organization)

## INTRODUCERE

Fenomenul transferului de tehnologie este, pe de o parte, recunoscut ca sursă importantă a dezvoltării tehnicii și tehnologiei, iar pe de altă parte, este adesea tratat simplist și unilateral. Realitatea este, însă, alta – transferul de tehnologie este un proces complex care necesită efort intelectual, financiar și organizatoric depus de mulți „actori” în munca în echipă. Mai mult, fără cunoașterea profundă a subiectului (tehnologia în sine, procesele de transfer de tehnologie) și fără o cunoaștere bine sistematizată a acestuia, transferul de tehnologie poate fi ineficient sau poate fi considerat ineficient. În consecință, transferul de tehnologie este subestimat. În acest sens, deseori, cercetătorii utilizează termenul de revoluție tehnologică în locul termenului de revoluție industrială. Această înlocuire este îndreptățită cel puțin din considerentul că, spre deosebire de tehnologiile actuale, care deseori sunt integrate energetic adică sunt hibride (se bazează pe interacțiunea diferitor energii), tehnologiile moderne au devenit integraționiste fizico-informațional. Mai mult, fizicul și informaționalul interacționează reciproc dinamic rezultând efecte tehnologice majore.

Transferul de tehnologie este în esență dezvoltarea tehnologiei prin achiziționare externă sau internă și procesul de transformare a tehnologiei într-un produs rentabil. Acest rezultat este consecința unei combinații a mai multor componente, și anume:

- efortul tehnic necesar pentru a transforma tehnologia într-un produs util (tehnologia de produs), pentru a transforma tehnologia în fabricație (tehnologia de fabricație) și pentru a organiza producția produselor în cantități suficiente și la nivelul de calitate adecvat;
- managementul afacerii și marketingul pentru a determina nevoile reale ale pieței în tehnologie (de produs, de fabricație etc.) pentru a efectua operațiunile de proprietate intelectuală, pentru a asigura buna funcționare a firmelor nou-create sau existente care se află în zona de afaceri cu noua tehnologie (proiectare, fabricație, distribuție, întreținere și așa mai departe);
- factorii de producție (accesul la resursele tehnico-tehnologice, organizatorice, financiare, la infrastructură și logistică, la forța de muncă calificată adecvată etc.).

Transferul tehnologic este definit și este perceput în mod diferit în mai multe surse. De aceea, pentru abordarea problemei ce ține de selectarea și evaluarea tehnologiilor pentru transfer în construcția de mașini este important să fie pus accentul pe o abordare cât mai aproape de domeniu. Procesul de selectare și evaluare a tehnologiilor și procesul de transfer tehnologic fac parte din domeniul managementului tehnologiilor și trebuie să fie privite ca două procese

distincte. Selectarea și evaluarea tehnologiilor poate fi realizată în cadrul aceleiași companii, iar tehnologiile selectate urmează a fi transferate într-un mediu real. Procesul de transfer tehnologic definit și de către Comisia Europeană ca: „procesul de transmitere a rezultatelor obținute din cercetarea științifică și tehnologică către piață și societate, împreună cu competențele și procedurile asociate și este, ca atare, o parte intrinsecă a procesului de inovare tehnologică” [1]. În Republica Moldova, Legea nr. 259 din 15.07.2004 privind aprobarea Codului cu privire la știință și inovare (COD) definește transferul tehnologic astfel: „Proces de punere în aplicare, în cadrul unor proiecte, a rezultatelor inovării în scopul obținerii produselor și serviciilor noi, sporirii performanțelor, precum și în scopul îmbunătățirii eficienței acestora” [2].

Transferul tehnologic este un proces de diseminare a tehnologiei de la o persoană sau organizație care o deține către o altă persoană sau organizație în încercarea de a transforma tehnologia, ca rezultat al proceselor de creativitate, de invenție, de cercetare științifică în produse și servicii noi. Noțiunea de transfer vrea să sublinieze faptul că diseminarea tehnologiei se poate face către o entitate nouă tehnologiei, adică de la o companie la alta, de la un sector la altul, de la o ramură industrială la alta, de la o țară la alta, inclusiv în regim transfrontalier [3].

Încă în anii '90 a fost formulată definiția transferului tehnologic ca o perspectivă rațională și sistematică care răspunde oportunităților tehnologice și inovațiilor tehnologice și care tratează consecințele acestora. Prin această definiție, scopul managementului tehnologiilor a fost redus la probleme de decizie ce trebuie luate la toate nivelurile referitoare la crearea și utilizarea activelor tehnologice și a capabilităților tehnologice. Ulterior, în managementul tehnologiilor au fost incluse toate activitățile de management asociate cu procurarea tehnologiilor, cu cercetarea, dezvoltarea, adaptarea, acomodarea tehnologiilor în întreprindere și cu exploatarea tehnologiilor pentru producția de bunuri și servicii [4]. În același sens integrator, managementul tehnologiilor reprezintă practica integrării strategiei tehnologice cu strategia de afaceri, iar o astfel de integrare necesită coordonarea deliberată a cercetării-dezvoltării cu fabricația și cu alte funcții operaționale ale organizației industriale [5].

Aceste definiții sunt acceptate de comunitatea științifică care se regăsește prin poziția *Asociației Internaționale pentru Managementul Tehnologiei (International Association for the Management of Technology – IAMOT)*, care acceptă punctul de vedere asupra managementului tehnologiilor ca disciplină care ia în considerare activele tehnologice.

Analiza literaturii de specialitate privind noțiunea de management al tehnologiilor conduce la concluzia că nu există o definiție general acceptată a acestui concept. Se recunoaște că lipsa de acord asupra definiției poate fi o barieră în dezvoltarea conceptului de management al tehnologiilor. O mare parte a literaturii privind managementul tehnologiilor se concentrează pe aplicarea metodelor specifice ale științei managementului la managementul tehnologiilor. Alt

domeniu de interes prevalent se referă la etapele ciclului de viață al tehnologiilor, în sensul că managementul tehnologiilor include managementul fiecărei etape a ciclului de viață, adică a tehnologiilor caracteristice fiecărei dintre aceste etape.

În contextul celor expuse, sunt definite și justificate astfel de noțiuni ca *transfer tehnologic* și *managementul tehnologiilor*. Vorbind despre implementarea acestora în sistemul inovațional din Republica Moldova se menționează necesitatea implementării opțiunilor de îmbunătățire a procesului de transfer tehnologic prin asigurarea calității, standardizării și protecției drepturilor de proprietate intelectuală (DPI). Acestea pot fi realizate în cooperare a sectorului de cercetare cu mediul de afaceri. Pentru asigurarea calității, cunoștințele privind managementul tehnologiilor trebuie sporite în rândul companiilor pentru a le pregăti să-și asume riscuri de cercetare și dezvoltare, să înregistreze DPI și să le exploateze în continuare.

Capacitatea sectorului întreprinderilor de a implementa inovații este o provocare importantă. Pentru a le aborda este necesar să se stimuleze capacitatea de absorbție a cunoștințelor de către industrie, cu accent pe produsele cu valoare adăugată mare pentru creșterea potențialului de export. Acestea se pot realiza prin modernizare legislației Republicii Moldova în domeniul transferului de tehnologie. O astfel de modernizare poate stimula implementarea practică a rezultatelor științifice și îmbunătăți legătura dintre cercetare, inovare în întreprinderi și economia reală. În acest domeniu pot fi implementate cele mai bune practici și de succes din alte țări. Adoptarea unor politici speciale care sunt capabile să promoveze o legătură mai strânsă între cercetarea industrială și cea științifică poate aduce beneficii ambelor părți. Și, cel mai important, aceasta va garanta un proces în care cercetarea va fi orientată spre a răspunde nevoilor societății și industriei moldovenești. Cooperarea mai activă dintre regiuni cu un mediu similar va putea contribui în continuare la acest proces.

Două dintre aspectele tehnice-cheie ale transferului de tehnologie sunt: dezvoltarea produsului și crearea tehnologiei de producție adecvate. Primul aspect necesită eforturile combinate ale cercetătorilor, inginerilor de concepție și tehnologilor pentru a transforma inovația în tehnologie de produs și într-un anumit produs cu caracteristici tehnice și estetice relevante, care să fie atractive pentru potențialii cumpărători și, în același timp, să permită procese de producție eficiente. Al doilea aspect – crearea tehnologiei de fabricație (care este doar o secvență a procesului general) și stabilirea parametrilor de control al procesului.

Selectarea și evaluarea tehnologiilor specifice construcției de mașini pentru transfer se produce într-un spațiu de factori obiectivi legați de nivelul tehnic al tehnologiei, potențialul de dezvoltare etc. și de factori subiectivi legați de incertitudinea măsurabilității tehnologiilor, efectelor tehnologiilor și de atitudinea diferită a specialiștilor și managerilor privind tehnologia

dată. Creșterea obiectivismului evaluării tehnologiilor este determinată de măsurabilitatea caracteristicilor și a efectelor acestora, se poate asigura prin definirea funcțiilor tehnologice și cercetarea manifestării sistemice a acestora. Dezvoltarea tehnologică prin inovare și transfer în Republica Moldova poate și trebuie să se producă în contextul alinierii la prevederile conceptului Industrie 4.0, concept care deschide posibilități mari și pentru țările slab dezvoltate industrial cum este și RM.

### **Actualitatea și importanța temei abordate**

Începând cu anii 2000 Republica Moldova se manifestă tot mai ferm în procesele internaționale și regionale industriale realizându-se activități de proiectare inginerescă și de fabricare a produselor industriale, diferitor sisteme tehnice etc. Suportul tehnico-tehnologic al acestor procese este unul de nivel internațional atât pentru domeniul de proiectare cât și pentru cel de fabricație datorită mai multor companii și filiale de companii cu capital străin, care se impun cu instrumente moderne de proiectare asistată de calculator a produselor și a proceselor.

Majoritatea companiilor, mai ales mici și mijlocii caracteristice Republicii Moldova, nu au dezvoltate și/sau nu dispun de procese formalizate de selectare și evaluare a tehnologiilor pentru transfer/dezvoltare, fapt ce duce la transferuri tehnologice întâmplătoare sau de eficiență joasă.

Fenomenul de transfer tehnologic a existat din timpurile cele mai vechi. Dar numai în secolului 20 s-au manifestat canale vizibile ale fluxurilor tehnologice, în special, internaționale. Procesele de transfer tehnologic s-au dezvoltat și s-au modificat odată cu modificarea accentelor puse pe tehnologii.

Anii 50 pot fi considerați convențional ca anii producerii, producerea fiind preponderent de masă, iar produsele conceptual și constructiv neschimbate perioade lungi de timp. Transferul tehnologic s-a concentrat pe tehnologiile de fabricație mai ales în scopul sporirii productivității la fabricare. Criteriul de bază la selectarea și evaluarea tehnologiilor pentru transfer se referea la specificațiile, caracteristicile tehnologiilor.

În anii 60 a început să se manifeste supraproducerea, astfel încât s-a dezvoltat știința despre piață (marketingul) și respectiv procedurile și procesele specifice acestui domeniu. Importante valoric pentru transfer au devenit pe lângă tehnologiile de fabricație și tehnologiile de produs (performanțe, diversificare etc.), acestea împreună fiind selectate și evaluate prin prisma valorii pe piață, mărimii piețelor. Procesele de analiză, de cercetare a pieței au fost și ele sistematizate și structurate obținând caracteristici de tehnologie de marketing. Presiuni asupra

costurilor și performanțelor activităților întreprinderilor exercită trei tipuri de tehnologii: de fabricație, de produs, de marketing.

Anii 70 pot fi considerați convențional anii dezvoltării conceptului de strategie, concept care prevede stabilirea de către întreprindere a unui ansamblu de obiective economice, tehnologice, de produs, de afaceri etc., a ansamblului de acțiuni ce trebuie întreprinse pe diferite orizonturi de timp (pe termen scurt – 1...2 ani, pe termen mediu – 3...5 ani, pe termen lung – mai mult de 5 ani) și a modurilor de alocare a resurselor în vederea menținerii competitivității și a dezvoltării viitoare a companiei. Sistematizarea și structurarea proceselor conceptului de strategie au dus la formarea și aplicarea tehnologiei specifice acestui domeniu. Activitatea întreprinderilor este determinată, astfel, de patru factori tehnologici: fabricație, produs, marketing, strategie.

Anii 80 sunt considerați convențional anii stabilirii conceptului de calitate definită ca un ansamblu de proprietăți ce îndeplinește cerințele, iar cerința este o nevoie, o necesitate sau așteptare declarată, în general implicită sau obligatorie. Ca și în cazurile precedente conceptul finalizează cu acțiuni sistematizate și structurate, cu caracteristici de tehnologie a calității. Este suficient de amintit de structurarea procesului de calitate conform ciclului Deming (Planifică – Efectuează – Verifică - Acționează). La această etapă, presiuni asupra costurilor și performanțelor activităților întreprinderilor exercită interacțiunea a cinci tipuri de tehnologii: de fabricație, de produs, de marketing, de strategie, de calitate.

Anii 90 s-au manifestat prin segmentarea puternică a piețelor, astfel încât a fost formulată o nouă transformare strategică de succes - "de la producția de masă la personalizarea în masă". Personalizarea în masă a produselor, serviciilor, tehnologiilor este rezultatul diversificării evolutive a acestora sub acțiunea conceptelor de marketing, strategie, calitate etc. Cele cinci tipuri de tehnologii (de fabricație, de produs, de marketing, de strategie, de calitate) interacționează în cu totul alte condiții de piață.

Producția cu un nivel înalt de productivitate, marketingul bine dezvoltat, analizele cu efecte strategice, implementarea sistemelor de asigurare a calității în condițiile unor piețe puternic segmentate dar globalizate – toate împreună au scos la ordinea de zi în anii 00 problema Inovării și Transferului tehnologic în calitate de factori de influență majoră asupra dezvoltării tehnologice industriale. Astfel, raportul Organizației Națiunilor Unite pentru Dezvoltarea Industrială (United Nations Industrial Development Organization – UNIDO) pentru anii 2002/2003 este intitulat "Competitivitate prin inovare și învățare" (Competing through innovation and learning).

Anii 10 s-au soldat cu inițierea unei serii de concepte de dezvoltare industrială bazate pe digitalizare și informatizare integratoare, primul și cel mai popularizat fiind „Industry 4.0” (Germania, 2010). Principiile și tehnologiile inovative ale Industriei 4.0 reprezintă factori tehnologici de care trebuie să se țină cont la selectarea și evaluarea tehnologiilor. Spectrul de tehnologii ale industriei 4.0 este suficient de larg, se dezvoltă în timp și include: roboți autonomi și colaborativi, realitate augmentată, simulare/gemeni digitali, tehnologii de fabricare aditive, integrare orizontală și verticală, securitate cibernetică, internet industrial al obiectelor (IIoT), computerizare în nori (cloud computing), analize a datelor mari (big data analytics) și inteligență artificială, fabricație în nori (cloud manufacturing), M2M (machine to machine - comunicare directă între mașini, dispozitive) etc.

Trebuie menționate tehnologiile ciclului de viață al produsului - CVP (marketing, proiectare conceptuală, proiectare constructivă, proiectare tehnologică, fabricație, control/testare/încercare, exploatare, lichidare) și tehnologiile de suport informațional al CVP (CAD, CAE, CAPP, CAM, CNC, PDM, PLM etc.).

Transferul/dezvoltarea tehnologică se produce și pe căile determinate de purtătorii de competențe tehnologice înglobate în echipamentele și utilajele tehnice (technoware), personalul (humanware), înregistrările informaționale (infoware) și în caracteristicile specifice organizatorice (orgware).

Lucrarea a fost inițiată pornind de la faptul că practica transferului tehnologic implică tot mai frecvent luarea în considerare a unui spectru de factori tehnologici foarte vast, multidisciplinar, distribuit pe diferite niveluri ierarhice ale proceselor în întreprindere și în cele din urmă determină imaginea și locul întreprinderii în spațiul concurențial - piața. Factorii tehnologici sunt integrați într-un sistem prin legături de inter-influențe reciproce bilaterale și multilaterale. Transferul tehnologic realizat întru dezvoltarea unui factor tehnologic iminent modifică și alți factori de sistem, astfel încât și această modificare - reacție servește ca criteriu de eficacitate și de eficiență a transferului tehnologic.

Un alt aspect este determinat de substanța fizico-tehnică a tehnologiilor în ramura construcției de mașini materializate în:

- ✓ produse mecanice bazate pe fenomenele forței, cinematicii, dinamicii, interacțiunilor solid - solid și solid - fluid, materiale;
- ✓ procese de turnare, injecție, matrițare, ștanțare, așchiere, asamblare, neconvenționale, aditive etc.



**Scopul tezei de doctorat** constă în dezvoltarea metodei, criteriilor și mecanismelor de selectare și evaluare a tehnologiilor specifice construcției de mașini bazate pe măsurarea proprietăților funcțiilor tehnologice, funcțiilor de transfer/dezvoltare tehnologică și a efectelor acestora asupra factorilor tehnologici, inclusiv în noile condiții de dezvoltare industrială.

**Ipoteze de cercetare.** Locul central al tuturor factorilor tehnologici menționați mai devreme, indiferent de natură, aparține caracterului artificial, adică dezvoltării determinate de obiective bine definite și rezultate măsurabile formulate de către factorul uman. Măsurabilitatea este strâns legată de noțiunea de proprietate, iar capacitatea de a atinge obiectivele și de a le transforma în realități măsurabile este definită în teoria sistemelor ca funcție.

Pentru realizarea scopului cercetării, pornind de la ipotezele formulate, au fost definite următoarele **obiective ale cercetării**:

- identificarea mecanismelor de asigurare a măsurabilității tehnologiilor și a efectelor tehnico-economice ale utilizării tehnologiilor;
- identificarea și cercetarea sistemului de factori pentru definirea și caracterizarea funcțiilor tehnologice, funcțiilor de transfer/dezvoltare tehnologică și a efectelor acestora;
- identificarea factorilor de evaluare și măsurare a proprietăților funcțiilor tehnologice și a funcțiilor de transfer/dezvoltare tehnologică în contextul conceptului Industrie 4.0;
- identificarea factorilor de amplificare a transferului/dezvoltării tehnologice în condițiile actuale industriale din Republica Moldova;
- dezvoltarea și validarea unei metode sistemice de selectare și evaluare a tehnologiilor pentru transfer/dezvoltare în construcția de mașini ușor accesibile și adaptabile la nevoile specifice ale companiilor.

**Problema științifică soluționată** constă în demonstrarea măsurabilității tehnologiilor prin proprietățile obiectelor în interacțiune orientată, prin mecanismul de interacțiune dintre obiecte cu interfațare și cu formarea funcției tehnologice, legităților de manifestare a funcțiilor tehnologice prin reorganizarea funcțiilor interne ale operatorului, interfeței și operandului, mecanismelor de definire și de măsurare a proprietăților funcțiilor tehnologice, mecanismelor de transfer/dezvoltare tehnologică în cuplurile: tehnologie specifică construcției de mașini – tehnologie Industrie 4.0, fapt care a condus la elaborarea și implementarea metodei sistemice multistrat de selectare și evaluare a tehnologiilor pentru transfer bazată pe criterii și descriptorii de performanță originali.

### **Rezultatele științifice înaintate spre susținere:**

- măsurabilitatea tehnologiilor bazată pe proprietățile obiectelor în interacțiune orientată;
- modelul interacțiunii dintre obiecte cu interfațare și formarea funcției tehnologice și funcției de transfer/dezvoltare tehnologică;
- legitățile de manifestare a funcțiilor tehnologice și a funcțiilor de transfer/dezvoltare tehnologică prin reorganizarea funcțiilor interne ale operatorului, interfeței și operandului;
- mecanismele de definire și de măsurare a proprietăților funcțiilor tehnologice și a îmbunătățirii acestora în mediul tehnologic al fabricației inteligente;
- precizarea sarcinilor de transfer/dezvoltare tehnologică în cuplurile: tehnologie specifică construcției de mașini – tehnologie a Industriei 4.0;
- determinarea specificului caracteristicilor transferului/dezvoltării tehnologice în condițiile actuale industriale din Republica Moldova;
- metoda sistemică multistrat de selectare și evaluare a tehnologiilor pentru transfer în construcția de mașini;
- criteriile și descriptorii de performanță elaborați pentru selectarea și evaluarea tehnologiilor în construcția de mașini;
- rezultatele obținute în urma unui studiu de caz de implementare a metodei.

**Noutatea și originalitatea științifică** constă în: dezvoltarea conceptului de funcție tehnologică bazată pe măsurabilitatea tehnologiilor prin variația proprietăților provocate de reorganizarea funcțiilor interne ale operatorului, interfeței și operandului; dezvoltarea conceptului de funcție de dezvoltare/transfer tehnologic bazată pe interacțiunea interfațată a factorilor de mediu tehnologic; identificarea sarcinilor de transfer tehnologic al cuplurilor tehnologice specifice construcției de mașini – tehnologie Industrie 4.0 și specificarea caracteristicilor transferului tehnologic în condițiile actuale industriale din Republica Moldova; dezvoltarea unei metode sistemice de selectare și evaluare a tehnologiilor pentru transfer bazată pe criterii, descriptorii de performanță și filtre.

Este de menționat faptul că instrumentarul funcției tehnologice și al funcției de transfer/dezvoltare tehnologică este utilizat în premieră la evaluarea tehnologiilor pentru transfer. Cel puțin, sursele bibliografice analizate nu conțin astfel de utilizări.

**Delimitări.** În lucrare este abordată problematica selectării și evaluării tehnologiilor pentru transfer/dezvoltare atât la nivel general și comun tuturor ramurilor de producție, cât și la nivel specific determinat de substanța fizico-tehnică a tehnologiilor în ramura construcției de mașini materializate în:

- ✓ produse mecanice bazate pe fenomenele forței, cinematicii, dinamicii, interacțiunilor solid - solid și solid - fluid, materiale;
- ✓ procese și tehnologii de turnare, injecție, matrițare, ștanțare, așchiere, asamblare, neconvenționale, aditive etc.

### **Sumarul capitolelor tezei**

*Primul capitol* este dedicat analizei critice a surselor bibliografice relevante temei cercetării. În primul rând, este precizată noțiunea de tehnologie, sunt analizate modele de tehnologie și purtătorii acesteia sau formele de existență ale tehnologiei cum sunt: tehnică (technoware), umană (humanware), informațională (infoware) și organizatorică (orgware). Sunt analizate metode de selectare și evaluare a tehnologiilor cu criterii simple și multiple, este tratată problema analizei riscului și incertitudinii asociate cu selectarea și evaluarea tehnologiilor, sunt trecute în revistă insuccesele în procesul de selectare și evaluare a tehnologiilor, fiind analizate efectele acestor insuccese. Sunt analizate și caracterizate instrumente de suport în evaluarea tehnologiilor cum sunt cele nouă Niveluri de Pregătire Tehnologică (Technology Readiness Level – TRL), cele zece Niveluri de Pregătire a Fabricației (Manufacturing Readiness Level – MRL) și cele șase Niveluri de Pregătire pentru Inovare (Innovation Readiness Level – IRL). Sunt analizate metodele de evaluare a tehnologiilor bazate pe maturitatea tehnologică, pe capacități, pe competențe și competențe de bază. Este analizată metoda de evaluare a tehnologiei prin funcția tehnologică, sunt analizați factorii ce determină succesul adoptării tehnologiilor avansate. Sunt caracterizate condițiile actuale industriale ale RM pentru transferul/dezvoltarea tehnologică în contextul tehnologiilor – pilon ale conceptului Industrie 4.0. În baza analizelor au fost formulate obiectivele cercetării.

*În capitolul doi* se argumentează științific metoda de evaluare a tehnologiilor prin asigurarea măsurabilității acestora. Pentru asigurarea măsurabilității este argumentată necesitatea definirii și analizei proprietăților obiectelor și a manifestării acestora. Este importantă observația că proprietatea se manifestă în interacțiune cu participarea a cel puțin două obiecte și prin oglindirea reciprocă. Analistul observă și înregistrează proprietățile (schimbarea, oglindirea). Evaluarea tehnologiilor de diferite origini este, de fapt, o comparație a acestora. Astfel, și interacțiunile, și legăturile analizate se fac între obiecte de diferită origine fizică, inclusiv cu cele imateriale. Se analizează interacțiunile obiectelor și caracterul acestora, se constată formarea iminentă în interacțiune a unor interfețe. Un rol important în evaluare joacă funcția tehnologică și funcția de transfer/dezvoltare tehnologică, care sunt rezultatul interacțiunii orientate între obiecte cu proprietăți compatibile pentru anumite mecanisme de interacțiuni și de interfețe formate

astfel, încât să se obțină un rezultat, un efect formulat anticipat. Sunt date și caracterizate noțiunile de obiectiv tehnologic, sarcină tehnologică, purtător de sarcină tehnologică. Funcția tehnologică este definită ca și capacitatea purtătorului de sarcini tehnologice de a efectua modificările proprietăților inițiale reale ale unui obiect în proprietățile acestuia finale tot reale. Tehnologia, în acest context, poate fi definită ca un proces orientat, structurat în spațiu și în timp de modificare a proprietăților unui oarecare obiect. Funcția tehnologică și funcția de transfer/dezvoltare se manifestă prin reorganizarea dinamică a funcțiilor interne ale operandului, operatorului și interfeței. Măsurarea proprietăților funcțiilor tehnologice și funcțiilor de transfer/dezvoltare tehnologică se produce prin măsurarea variației proprietăților operandului, operatorului și interfeței. Proprietățile pot fi reale sau reprezentative. Un rol important în acest capitol este atribuit evaluării și măsurării proprietăților funcțiilor de dezvoltare ale tehnologiilor conceptului Industrie 4.0, care formează un mediu tehnologic de perspectivă foarte apropiată. Se arată că conceptul Industrie 4.0 oferă un mediu digital de dezvoltare a tehnologiilor de prelucrare mecanică, sudare, turnare, matrițare, ștanțare, asamblare prin tehnologii informaționale industriale CAD, CAE, CAPP, CAM/CNC, PDM/PLM etc. caracteristice construcției de mașini. Se arată cum interacționează tehnologiile deja tradiționale cu cele ale Industriei 4.0, în ce constă esența transferului/dezvoltării tehnologice și care sunt responsabilitățile-cheie ale specialiștilor din ramura construcției de mașini în acest proces. Se constată că transferul tehnologic trebuie să aibă caracter sistemic, iar faptul că RM este o țară atribuită la categoria raetardelor canalizează eforturile companiilor spre crearea capabilităților informatice și de comunicare de bază, modernizarea și integrarea resurselor tehnologice, crearea și modernizarea infrastructurii digitale, depășirea decalajului de capacitate digitală între diferite ramuri și companii, asigurarea suportului pentru accesul la tehnologii digitale și înlesnirea accesibilității acestora. Sunt specificate condițiile specifice pentru transferul/dezvoltarea tehnologică în contextul tehnologiilor – pilon ale conceptului Industrie 4.0 și, în special, a tehnologiei *Simulare/gemeni digitali care* este caracteristică ingineriei mecanice și industriale. Capitolul se încheie cu concluzii.

**În capitolul trei** este tratată problema sistematicii funcțiilor tehnologice, care pot fi elementare cu posibilitatea măsurării fizico-tehnice a proprietăților operandului, operatorului și interfeței, pot fi complexe cu posibilitatea măsurării efectelor funcțiilor tehnologice. Se arată că evaluarea funcțiilor tehnologice trebuie realizată la trei nivele ierarhice succesive. Sunt definiți factorii (criteriile) de evaluare a tehnologiilor și este propusă o nouă metodă de evaluare utilizând modelul funcției de transfer/dezvoltare tehnologică. În acest model orice factor este

tratat numai în interacțiune cu unul altul prin intermediul interfețelor oferite de restul factorilor. Astfel, evaluarea este multicriterială și sistemic orientată.

Se descrie pas cu pas metoda elaborată pentru selectarea și evaluarea tehnologiilor pentru transfer în construcția de mașini. Scopul acesteia este de a ajuta companiile să selecteze tehnologiile prioritare, să le evalueze și să aleagă cele mai promițătoare tehnologii pentru transfer în cadrul întreprinderilor. Metoda este bazată pe procesul multilateral de luare a deciziilor, criterii de selectare și evaluare, descriptori de performanță, niveluri de performanță și niveluri de referință, care ajută managerii de tehnologie să ia decizii complexe într-un mod mai puțin complex privind selectarea și evaluarea tehnologiilor. Capitolul se încheie cu concluzii.

În cel de-al *patrulea capitol* este prezentat un studiu de caz de aplicare a metodei pentru selectarea și evaluarea tehnologiilor de produs pentru transfer/dezvoltare. Metoda se aplică la Institutul de Tehnică Agricolă „Mecagro” în cadrul cercetărilor realizate de acesta. Capitolul conține mai multe informații colectate despre tehnologiile de produs analizate spre transfer în cadrul întreprinderii. Capitolul se încheie cu concluzii.

În compartimentul **concluzii generale și recomandări** sunt trecute în revistă constatările importante ale autorului lucrării și sunt trase concluzii generalizatoare raportate la întregul spectru al cercetărilor și la realizarea obiectivelor formulate.

# 1. ANALIZA METODELOR UTILIZATE PENTRU SELECTAREA ȘI EVALUAREA TEHNOLOGIILOR

## 1.1. Tehnologie și modele de tehnologie

Transferul tehnologic este o latură importantă a dezvoltării tehnologice. Deseori, acesta este tratat ca un act de utilizare a unei noi tehnologii achiziționate de la care se așteaptă rezultate pozitive. Este adevărat ca în multe cazuri această abordare se manifestă pozitiv, dar pentru perioade scurte de timp. În realitate, însă, este mai dificil, deoarece sursele de tehnologii moderne reprezintă tot mai mult sisteme nu numai fizico-tehnice, dar mai ales fizico-tehnico-informaționale. Fără a cunoaște bine ce reprezintă o tehnologie, care sunt sursele și purtătorii de tehnologie, cum se manifestă o sursă de tehnologie este greu de realizat evaluarea mai ales bazată pe măsurare [6].

Termenul *tehnologie* (En.: Technology) datează de la începutul secolului 17 (Anglia) și provine din limba greacă (*tekhnē* - meserie, artă și *logos* – cuvânt) cu semnificația inițială de *discurs asupra meseriilor, artelor*. Începând cu secolul al 19-lea au început să se folosească și termenii "Technik" (Germană) sau "Technique" (Franceză) pentru a se referi la un „mod de a face”, având aceeași semnificație ca și termenul tehnologie [7]. Actualmente, tehnologia este tratată ca „suma tehnicilor, abilităților, metodelor și proceselor utilizate în producția de bunuri sau servicii, sau în realizarea obiectivelor, cum ar fi cercetarea științifică”. În lucrările [8, 9] tehnologia este tratată ca totalitatea instrumentelor, mașinilor, sistemelor și proceselor utilizate în activitățile practice și în inginerie. Se poate observa ca totalitatea menționată include componente de diferite origini (artefacte și procese), fapt ce generează anumite probleme de percepție. Se lasă de înțeles, totuși, că toate componentele sunt procese în interacțiune.

Tehnologia include nu numai conceptele, artefactele, cunoștințele, dar și sistemele sociotehnice necesare identificării problemelor tehnice, formulării, conceperii, dezvoltării, cercetării, aplicării, testării, difuzării și menținerii eficienței soluțiilor pentru aceste probleme ce sunt de asemenea variabile în timp. Tehnologiile sunt entități de proces destinate reproducerii funcțiilor artificiale [10]. În această afirmație, cuvintele-cheie sunt „funcțiile artificiale”, astfel fiind pus accentul pe rolul omului la selecția procesului și realizarea lui. „Artificialul” arată ca entitățile sau sunt create de om, sau sunt naturale, dar sunt utilizate altfel decât "natural". "Funcția” se referea la modul de utilizare a lucrurilor.

Relația dintre tehnologie și cercetarea aplicativă este una de reciprocitate. Tehnologia nu se reduce la științele aplicate, deoarece a ști cum să reproduci un efect util nu înseamnă și a ști cum și de ce se produce acest efect. Această deosebire duce la definirea tehnologiei în termeni de

funcții artificiale, care generează rezultatele scontate [10]. Deseori în baza observației și cunoașterii sunt reproduse artificial funcțiile și nu este obligatorie înțelegerea. Înțelegerea, nefiind un element obligatoriu al practicii tehnologice, totuși servește ca element activ și organizatoric pentru următorul pas în dezvoltarea tehnologică.

Activitățile de transfer/dezvoltare tehnologică sunt amplificate de necesitatea rezolvării anumitor probleme. Observația, cunoașterea, înțelegerea, cercetarea se focusează asupra problemei pentru a obține un rezultat predeterminat. Astfel, tehnologiile sunt entități de proces rezultate din rezolvarea problemelor, care produc transformări și schimbări în baza unei idei preconcepționate, unui plan sau unui proiect pentru a da naștere funcțiilor artificiale dorite [10]. Evaluarea în general și evaluarea tehnologiilor se face cu utilizarea modelelor, care reflectă o legătură între intrări și ieșiri. Anume modelele fac posibilă o înțelegere structurată a proceselor și a efectelor acestora.

Sharif N. [11] a specificat 4 instrumente sau forme purtătoare de tehnologie: tehnică (technoware), umană (humanware), informațională (infoware) și organizatorică (orgware). Forma tehnică a tehnologiei „technoware” include facilități în formă de resurse de capital, produse, utilaje, mașini-unelte, roboți, unități de transport și de stocare, echipamente fizice, scule, procese fizico-tehnice etc. Forma umană a tehnologiei „humanware” include abilități de înțelegere, de aplicare a cunoștințelor, de know-how, de a rezolva probleme, de muncă în proiectare, fabricare, organizare, gestionare etc. Forma informațională „infoware” este forma tehnologiei încorporată prin înregistrări deschise sau codificate despre relații și principii fizico-tehnice, științifice, despre standarde, informații tehnice, programe de calculator etc. Forma organizatorică a tehnologiei „orgware” este forma tehnologiei în care se conțin tehnici de organizare a muncii și a proceselor, tehnici de utilizare, mentenanță și control al factorilor de fabricație. Modelul Sharif este unul clar, dar pune accent pe componente, instrumente, aspecte, fapt ce le face, într-un fel, statice. Important este ca aceste instrumente să fie eficient utilizate [11], fapt ce se poate realiza, considerandu-le procese în interacțiune. Chiar și în aceste condiții, cele patru componente menționate pot fi luate ca bază pentru a înțelege complexitatea și multidisciplinaritatea tehnologiilor și a proceselor de evaluare a acestora pentru transfer și/sau dezvoltare.

## **1.2. Metode și criterii de selectare și evaluare a tehnologiilor**

Transferul de tehnologie este parte componentă a managementului tehnologic, care este „un proces, care include planificarea, conducerea, controlul și coordonarea dezvoltării și implementării capacităților tehnologice pentru a modela și îndeplini obiectivele strategice și operaționale ale unei organizații” [12]. Această definiție combină sintetic atât aspecte „dure” ale

tehnologiei (știință și inginerie), cât și dimensiuni „soft”, cum ar fi procesele care permit aplicarea eficientă a acesteia. Unul dintre modelele managementului tehnologic include șase activități generice după cum urmează [12]:

1. Identificarea tehnologiilor de evidentă sau probabilă importanță pentru afacere, care ține cont atât de evoluțiile tehnologice, cât și de schimbările pieței. Identificarea se referă la definirea, evaluarea, colectarea datelor și analiza tehnologiilor.
2. Selectarea tehnologiilor potențial utile pentru companie. Selecția este un act decizional, care ia în considerare aspectele strategice relevante și capacitatea de evaluare. În acest sens selecția ține cont de obiectivele strategice, de prioritățile de dezvoltare și de potențialul de aliniere a tehnologiei la strategia de afaceri.
3. Achiziționarea tehnologiilor selectate. Adoptarea tehnologiei se face dintre alternativele de a cumpăra, de a dezvolta în colaborare, de a dezvolta în intern.
4. Exploatarea tehnologiilor cu scopul obținerii beneficiilor dorite, acumulării cunoștințelor și formării competențelor tehnologice.
5. Protecția cunoștințelor și a competențelor încorporate în produse, tehnologii și sisteme de producție prin acte de protecție a proprietății industriale și de păstrare a personalului.
6. Învățarea din dezvoltarea și operarea tehnologiilor este un aspect critic al competenței tehnologice, presupune analize asupra desfășurării proiectelor de dezvoltare tehnologică, stabilirea bunelor practici și a factorilor de succes.

Primele două activități indică la faptul că din funcțiile importante ale managementului tehnologic fac parte selecția și evaluarea tehnologiilor ce urmează a fi implementate în rezultatul transferului tehnologic sau prin dezvoltarea tehnologiilor cu forțele proprii sau în colaborare cu terțe părți.

Procesul de selectare și evaluare a tehnologiilor asistă transferul tehnologic și răspunde la problemele identificării celor mai optimale tehnologii propuse spre transfer în cadrul întreprinderilor și industriilor. Pentru abordarea problematicii date au fost elaborate și se utilizează diverse metode de selectare și evaluare a tehnologiilor, de exemplu metodele tehnico-economice, fiind considerate simple, și cele multicriteriale și programarea matematică, fiind numite complexe.

Metodele sunt utilizate pentru extragerea și tratarea informațiilor relevante despre o problemă tehnologică, deoarece realitatea este și ea una complexă de gestionat în întregime. Prin urmare, orice metodă, oricât de sofisticată ar fi, întotdeauna va reprezenta doar o parte din realitatea pe care intenționează să o reflecte și poate produce doar un rezultat optim în propriul său cadru particular [13].



O metodă de selectare și evaluare a tehnologiilor poate fi un instrument valoros pentru o organizație, care să ajute la alegerea tehnologiilor, în special dacă poate genera informații utile în timp util (optim) și la un cost acceptabil [14].

Aceste opinii ale autorilor lucrărilor [13, 14] sugerează că există diverse abordări și preocupări de luat în considerare atunci când se selectează o metodă de evaluare din mai multe posibile.

*Caracteristicile și principiile metodelor de selectare și evaluare a tehnologiilor utilizate.* Conform autorilor lucrării [15], următoarele șase aspecte sunt cele mai importante într-o metodă de selectare și evaluare a tehnologiilor:

- realism: exactitatea reprezentării lumii reale în reflectarea deciziei firmei asupra situației, obiectivelor, limitărilor, riscurilor etc.;
- capacitate: posibilitatea reală de a analiza diferite tipuri de variabile de decizie și de a face față mai multor factori și perioade de timp;
- flexibilitate: aplicabilitate la diferite tipuri de tehnologii și probleme și ușurința de modificare ca răspuns la schimbările din mediul factorizat al companiei;
- utilizare: ușurința de înțelegere și aplicare a metodei (claritate, ușor de înțeles de către toți membrii organizației);
- cost: cheltuielile legate de configurarea și utilizarea metodei trebuie să fie inferioare beneficiilor potențiale ale tehnologiei și relativ scăzute în raport cu costul tehnologiei;
- computerizare ușoară: colectarea, stocarea și procesarea informațiilor cu software curent disponibile.

În lucrarea [16] a fost prezentată o listă vastă de principii, „bunele practici”, pentru instrumentele de management tehnologic observate de mai mulți autori, dintre care multe se aplică în special instrumentelor de selectare și evaluare a tehnologiilor, precum: robust (teoretic posibil și fiabil); economic, simplu și practic de implementat; integrat în alte procese și instrumente ale afacerii; flexibil (adaptabil pentru a se potrivi contextului particular al afacerii și mediului său).

Autorii ambelor lucrări [15, 16] subliniază responsabilitatea tehnico-economică a evaluatorilor de tehnologii pentru rezultatele potențial obținute.

Autorii lucrărilor [17, 18] împart metodele de evaluare în următoarele cinci categorii: metode financiare, strategii de afaceri, diagrame cu bule (sau hărți de portofoliu), metode de punctaj, liste de verificare. Se poate de spus că numai primele două menționate pot fi tratate în calitate de metode, iar ultimele trei reprezintă instrumente de analiză a informațiilor.

Cele cinci categorii sus-menționate sunt explicate în continuare și se prezintă câteva avantaje și dezavantaje.

*Metodele financiare.* Metodele numite financiare conform autorilor [13] reflectă efectul final al transferului tehnologic care, de regulă, este valabil pentru orizonturi de timp mici, deoarece managerii financiari preferă perioade scurte de rambursare pentru a minimiza riscul. Poate fi folosit criteriul de returnare a investițiilor (Return On Investment – ROI) ce se bazează pe valoarea netă actualizată (Net Present Value – NPV) sau pe rata internă de întoarcere (Internal Rate of Return – IRR). Metodele financiare sunt simple de utilizat și de înțeles, țin cont de riscuri și permit luarea de decizii „absolute” Go / Kill. Acestor metode le sunt caracteristice un dezavantaj major - ignoră toți factorii nemonetari.

*Metoda strategiei de afaceri.* Conform [17], numeroase întreprinderi care utilizează abordarea dată nu folosesc o metoda formală de clasament pentru a acorda prioritate tehnologiilor. Drept urmare, indicatorii importanți cum ar fi factorii de risc sau monetari ar putea să nu fie luați în considerare și să influențeze negativ decizia. Mai mult, portofoliul rezultat nu va avea beneficiul maxim cumulat pentru bugetul disponibil.

*Metoda diagramei cu bule.* Chiar dacă diagramele cu bule par a fi mai mult un instrument eficient de sprijin decât o metodă dominantă pentru selectarea și evaluarea tehnologiilor, utilizarea acesteia este recomandată de manageri mai mult decât altele. Metoda permite managerilor să formeze întregul portofoliu de tehnologii într-un format vizual grafic.

*Metode de punctaj.* Metodele de punctaj, care se deosebesc mult prin complexitatea și cerințele lor de informare, au fost dezvoltate pentru a utiliza mai multe criterii pentru evaluarea tehnologiilor. Punctajul poate fi neponderat ”0 / 1” sau ponderat ”0...1”. Avantajele metodei rezidă în faptul că pentru evaluare și luarea deciziilor pot fi utilizate multiple criterii și de diferite origini (tehnică, economică, socială, de mediu etc.). Dezavantajele metodelor de punctaj sunt următoarele [13]: punctajul tehnologiei este o măsură strict relativă, prin urmare, nu reprezintă valoarea absolută a acesteia și nu indică în mod direct dacă tehnologia trebuie susținută sau nu; metodele de punctaj neponderat presupun că toate criteriile sunt de aceeași „importanță”, ceea ce este aproape sigur contrar faptului. În lucrarea [14] se afirmă că majoritatea metodelor de punctaj au limitări importante, deoarece sunt influențate de relevanța criteriilor selectate și acuratețea ponderilor acestora. La acestea se poate de adăugat și caracterul multidisciplinar al echipei de evaluare, fapt se poate genera probleme de percepție și de înțelegere reciprocă.

*Metoda lista de verificare.* Listele de verificare sunt de obicei folosite ca instrument de decizie categorică "Go/Kill" (aprobare/respingere) pentru o tehnologie concretă [17] datorită naturii subiective a procesului de evaluare [14] cu calificative: *înalt*, *mediu* sau *scăzut*. O listă de

verificare poate fi utilizată și pentru a prioritiza mai multe tehnologii prin numărarea simplă a numărului de răspunsuri pozitive pentru a obține punctajul final.

*Criterii utilizate în metodele de selectare și evaluare a tehnologiilor.* Se consideră că, chiar dacă rentabilitatea investiției este unul dintre factorii primari pentru prioritizarea tehnologiei, trebuie luate în considerare și alte aspecte, cum ar fi alinierea la strategie, crearea ecosistemelor tehnologice, echilibrul dintre investițiile în tehnologii și mentenanța acestora, alocarea eficientă a resurselor și a altor beneficii nefinanciare.

În lucrarea [19] se afirmă că intuiția poate fi eficientă dacă provine din experiență puternică, dar în mod surprinzător poate deveni înșelătoare în situații nefamiliare, ceea ce este caracteristic tehnologiilor inovaționale. Astfel, trebuie folosită o evaluare cu structură logică pentru a susține decizia.

Este imposibil a defini un anumit set de criterii adecvate pentru toate circumstanțele, deoarece acestea vor diferenția mult între ele în diferite companii și diferite tehnologii. Există foarte multe criterii utilizate pentru selectarea și evaluarea tehnologiilor de diferite tipuri și în diferite condiții, există și diferite moduri în care criteriile pot să fie organizate, ordonate [2, 14, 19, 20, 21, 22].

*Categorii de criterii.* Autorii lucrărilor [21, 23] scot în evidență criteriile cu efecte: financiare (rentabilitatea, fluxul de numerar, costurile etc.); asupra consumatorilor (valoarea de piață, satisfacția părților interesate, momentul comercializării etc.); asupra proceselor interne (contribuție la competențele de bază, corespundere cu misiunea și obiectivele strategice ale companiei); asupra învățării și creșterii capacităților resurselor umane, sistemelor și proceselor; asupra riscurilor și incertitudinii (probabilitatea succesului tehnic și comercial etc.). Un aspect complementar și similar este utilizat în lucrarea [19], în care se propun criterii de variație: a volumului (dimensiunea pieței, potențialul de vânzare, beneficiul clienților, intensitatea concurențială pe piață); a marjei (reducerea costurilor afacerii, pregătirea industriei/pieței); a creșterii viitoare (creșterea pieței, potențialul viitor); a caracteristicilor produsului (diferențierea produsului, durabilitatea provocărilor concurențiale și tehnice); a aptitudinilor și cunoștințelor (cunoștințe de piață, capacitate tehnică); a proceselor de afaceri (potrivire pentru vânzări și/sau distribuție, potrivire pentru producție și/sau lanțul de aprovizionare); a suportului organizațional (potrivire strategică, organizațională).

O altă modalitate de organizare a criteriilor se poate face cu privire la ordinea de impact a costului tehnologiei și a beneficiilor. Dificultatea în măsurarea și evaluarea costurilor și beneficiilor crește când abordarea se schimbă de la direct la indirect și de la tangibil la intangibil. Modurile în care criteriile de evaluare a tehnologiilor pot fi organizate în acest sens pot fi:

- *Direct și tangibil* (prima ordine). Rezultatul transferului tehnologiei este unul direct (imediat) și ușor măsurabil (ex.: valoarea actuală netă);
- *Indirect și tangibil* (a doua ordine). Rezultatul transferului tehnologiei este unul indirect (neimediat), este mai dificil de atribuit acesteia, este necesar un instrument suplimentar de evaluare a efectului (ex.: vânzările complementare);
- *Necorporale* (a treia ordine). Rezultatul transferului tehnologiei nu poate fi evaluat corect în mod monetar, este dificil de cuantificat (ex.: impactul asupra imaginii de marcă).

Avantajul acestei clasificări constă în faptul că permite companiei să aleagă diferite niveluri de complexitate în procedura de determinare a impactului potențial al tehnologiilor transferate.

*Criterii intangibile.* Identificarea criteriilor intangibile legate de tehnologie trebuie făcută pentru a înțelege întregul set al efectelor atât pozitive, cât și negative, care derivă din tehnologia transferată, nu numai după selectarea și evaluarea acesteia, ci și în timp de exploatare. Tehnologiile implementate trebuie evaluate periodic pentru a determina impactul asupra companiei și asupra mediului său. Intangibilitatea criteriilor le face greu de cuantificat.

Așa cum este arătat în [13], o tehnologie menită să ușureze activitatea personalului poate avea efecte pozitive substanțiale asupra moralului și productivității acestuia. Pe de altă parte, înlocuirea unei părți a forței de muncă cu o nouă tehnologie poate fi simțită financiar pozitiv pentru companie, dar ar putea afecta moralul și productivitatea personalului într-o măsură care reduce profitabilitatea.

Numărul de criterii este potențial foarte mare, astfel în lucrarea [22] este prezentată o listă de 47 de criterii diferite utilizate în problemele de punctare, selectare și evaluare a tehnologiilor.

### **1.3. Metode cu criterii multiple de selectare și evaluare a tehnologiilor**

Alegerea eficientă a tehnologiilor emergente devine o adevărată provocare. În astfel de scenarii eterogene, modelele de luare a deciziilor cu criterii multiple sunt, de obicei, propuse ca o abordare adecvată de luare a deciziilor. Mai multe lucrări de cercetare abordează selecția anumitor tehnologii în aplicații industriale, dar foarte puține referințe pot fi găsite legate de instituțiile de cercetare și, în special, centrele de cercetare și dezvoltare [24]. Prin urmare, un model decizional multicriterial pentru evaluarea tehnologiilor pentru transfer este foarte important și util.

Se poate constata că, în societățile avansate cu industrii moderne, domeniul de cercetare–dezvoltare–inovare este recunoscut pe scară largă ca fiind necesar pentru a asigura o dezvoltare socioeconomică durabilă [25]. Relevanța acestuia este înțeleasă atât pentru bunăstarea celor mai avansate țări, cât și pentru dezvoltarea țărilor aflate în diferite stadii de dezvoltare industrială și

tehnologică [26, 27, 28]. În acest context, cercetarea/dezvoltarea (C/D) urmărește două obiective principale:

- reducerea perioadei de maturizare a tehnologiei, astfel încât durata penetrării pe piață a acesteia să fie cât mai scurtă posibil;
- creșterea eficienței tehnologiei care este definită în două moduri: selecția și evaluarea corectă a tehnologiei care urmează a fi dezvoltată sau transferată [29, 30]; ajustarea resurselor din lanțul de producție pentru a optimiza raportul dintre rentabilitate și investiție [31].

**Metode de luare a deciziilor cu criterii multiple pentru selectarea tehnologiei.** Există un șir de metode de luare a deciziilor multicriteriale ca instrument central pentru obiectivarea analizei și luării deciziilor în procesul de evaluare și selecție a tehnologiei [32, 33, 34, 35]. Metodele multicriteriale configurează o familie de instrumente de analiză care s-au manifestat relevant în analiza problemelor complexe datorită capacității lor inerente de a evalua diferite alternative pe baza stabilirii, evaluării și ponderării criteriilor omogene sau eterogene pentru selectarea celei mai potrivite alternative tehnologice. Caracteristicile diferențiale ale metodelor multicriteriale constau în capacitatea lor de a încorpora criterii multiple neproporționale și eterogene, calitative și cantitative, cu unități de măsură diferite între ele, și prezența unor alternative foarte diferite [36, 37].

Această versatilitate a metodelor multicriteriale a permis acestora să fie aplicate în domenii foarte diverse precum: energia, mediul și sustenabilitatea, managementul strategic, managementul producției, managementul lanțului de aprovizionare, administrarea calității, managementul proiectelor, securitatea și managementul riscurilor, managementul informației, tehnologie și sisteme de producție, dezvoltarea de software și hardware, managementul turistic, educație, administrație publică [33, 35].

Aplicarea instrumentelor metodelor multicriteriale este foarte răspândită în evaluarea și selecția tehnologiilor. Aplicațiile acestor metode în evaluarea și selecția tehnologiilor, în special în scenarii industriale, variază de la selecția unor tehnologii strict particulare [38, 39, 40] și echipamente tehnologice [41, 42] până la decizii strategice mai ample despre tehnologii și afaceri [43, 44, 45, 46], strategia și configurare a portofoliului de tehnologii [47, 48, 49]. În cadrul metodelor multicriteriale există metode care utilizează funcțiile valorice pentru a caracteriza factorii de evaluare a proceselor, minimizând subiectivitatea în evaluare [50, 51, 52].

Trebuie remarcat faptul că majoritatea metodelor multicriteriale de evaluare aplicate se referă la tehnologiile industriale. Autorii lucrării [49] au analizat strategiile competitive pentru a construi o metodă de selecție a tehnologiilor în companiile de producție, adunând caracteristicile de bază pentru formularea strategiei companiei. Aceste caracteristici au ajutat la definirea

relevanței costurilor, calității, flexibilității și dependenței pentru rentabilitatea și viabilitatea pe termen lung.

Evaluarea potențialului de performanță poate fi realizată prin aplicarea metodei de ierarhizare analitică a procesului (Analytic Hierarchy Process – AHP) [53, 54]. Ierarhizarea se referă la un model de selecție a tehnologiilor de fabricație bazat pe un proces progresiv care prevede definirea obiectivelor strategice, identificarea tehnologiilor avansate de fabricație, identificarea atributelor-cheie ale acelor tehnologii și, în final, evaluarea și selecția.

Modelul analizat în lucrarea [55] face legătura dintre aspectele analitice ale deciziilor de selecție a tehnologiei și aspectele interne atât comportamentale, cât și organizaționale provocate de tehnologie. Modelul prezentat în lucrarea [56] permite luarea în considerare a factorilor tangibili și intangibili în procesul de evaluare și selecție a tehnologiei prin metoda AHP.

În lucrarea [57] a fost prezentat un caz de utilizare a metodei intervalelor aplicată la selectarea multicriterială a unui sistem de fabricație flexibil. Autorii lucrării [58] au introdus conceptul „cadru” pentru selecția tehnologiei cu efecte de reducere progresivă a numărului de tehnologii candidate pentru transfer.

Ierarhizarea tehnologiilor prin metoda AHP pentru transfer este cu atât mai eficientă cu cât este mai bine structurată echipa pluridisciplinară constituită pentru luarea deciziilor și mai bine sunt definite și structurate etapele procesului de evaluare a tehnologiilor. Efecte pozitive au fost demonstrate în lucrarea [60] cu referire comercializarea produselor bazate pe noi tehnologii. Ierarhizarea a ținut cont de aspectele tehnologice, organizaționale, de marketing și de afaceri. Ierarhizarea bazată pe o analiză aprofundată a caracteristicilor tehnologiei pe criteriile de inovație, semnificație, potențial de extindere, durabilitate, beneficii și riscuri a fost abordată în în lucrarea [61]. Ierarhizarea bazată pe cuantificarea riscurilor și beneficiilor intangibile a fost realizată într-un studiu privind selecția tehnologiilor avansate de fabricație [62].

O metodă de orientare a inovației în organizațiile publice de cercetare și dezvoltare dezvoltată în special pentru țările în curs de dezvoltare la alegerea adecvată a strategiei de cercetare a fost propusă în lucrarea [63], pornind de la misiune, strategia de cercetare, colaborarea tehnologică, managementul tehnologiei. Autorii lucrării [43] au utilizat alți doi factori de ordonare în modelul decizional: analiza riscului pentru selecția tehnologiei de fabricație în contextul lanțului de aprovizionare. Un model integrat valoric bazat pe structurarea minuțioasă și pe AHP a fost utilizat în lucrarea [50], fiind utilizate și unele funcții valorice pentru evaluările ponderate în intervalul “0...1”. Un alt model de structurare - ierarhizare a ținut cont de frecvența citării patentelor (Patent co-Citation Approach–PCA) [64].

Se observă că evaluările bazate pe abordările mai bine structurate, chiar și în condițiile de luare în considerare a diferitor serii de factori pentru ierarhizare, au efecte mai bune pentru veridicitatea transferului tehnologic.

#### **1.4. Instrumente de suport în evaluarea tehnologiilor**

*Nivelul de pregătire tehnologică (Technology Readiness Level – TRL).* Măsurarea TRL a fost dezvoltată inițial de NASA în anii 1970 pentru tehnologii noi și complexe pentru sisteme de zbor spațial ce necesitau investiții relativ mari și pentru care trebuiau luate decizii tehnico-economice sigure strategic. TRL este o scală de evaluare a maturității a unei tehnologii concrete în proces de dezvoltare și nu poate fi aplicat pentru compararea diferitor tehnologii.

Nivelurile de pregătire tehnologică (TRL) sunt un sistem structurat de măsurare care susține evaluarea maturității unei anumite tehnologii și asigură compararea maturității diferitelor tipuri de tehnologie, reprezentând, astfel, un mijloc util de evaluare a riscului asociat cu dezvoltarea ulterioară a tehnologiei.

*Definiții și descriere a TRL* lansate de NASA și adaptate la necesitățile industriale ale domeniilor largi [65]: TRL 1 – principii de bază observate și raportate; TRL 2 – conceptul de tehnologie și de aplicații formulate; TRL 3 – dovada conceptului este realizată prin funcții critice experimentale și analitice; TRL 4 – tehnologie validată în mediu de laborator și cu machete; TRL 5 – componente și machete validate în medii relevante; TRL 6 – modele de sisteme/subsisteme sau prototipuri demonstrate în medii relevante; TRL 7 – prototipul sistemului integrat demonstrat în mediu relevant operațional; TRL 8 – sistemul este complet și calificat; TRL 9 – sistemul este integrat și demonstrat prin teste reale.

*Nivelul de pregătire a fabricației (Manufacturing Readiness Level – MRL).* În mod similar cu nivelurile TRL, nivelurile de pregătire a fabricației (MRL) reprezintă un sistem structurat de măsurare care susține evaluări ale maturității și riscurilor ce stau la baza proceselor de fabricație legate de un anumit sistem sau produs tehnologic. Metrica este utilă pentru a lua decizii informate legate de investiții în procesele de fabricație.

Trebuie să se considere că atât TRL, cât și MRL sunt măsuri care se referă la tehnologiile individuale, ale căror caracteristici sunt cunoscute în mod specific și în ascendență, și, prin urmare, sunt greu transferabile pentru grupuri mai largi sau familii de tehnologii, cu excepția cazului în care sunt utilizate ca o gamă pentru a furniza informații despre maturitatea anumitor tehnologii sau familii de tehnologii. Pentru o anumită tehnologie, TRL poate fi determinat în mod specific, în timp ce pentru o familie de tehnologii, doar o serie de TRL pot fi indicate pe baza TRL-urilor tehnologiilor specifice. La fel, se întâmplă și pentru MRL. Pentru un anumit

sistem tehnologic sau produs, MRL poate fi determinat în mod specific. Pentru o familie de sisteme sau produse numai o serie de MRL pot fi de referință.

Nici TRL și nici MRL nu pot fi determinate în mod specific datorită varietății de soluții tehnologice care stau la baza unui grup de produse. Într-o astfel de condiție, ar fi posibil să se indice doar o gamă de TRL sau MRL bazate pe TRL sau MRL ale soluțiilor tehnologice care stau la baza grupului de produse de interes, dacă astfel de soluții tehnologice ar fi cunoscute. Dacă în plus, produsele ar fi cele inovatoare și soluțiile tehnologice aplicate nu ar fi cunoscute pe lângă faptul că multe soluții tehnologice ar fi aplicabile pentru a aborda o funcționalitate similară, determinarea TRL sau MRL este considerată a fi deloc imposibilă. Într-o astfel de situație, indicarea, cu aproximare, a maturității tehnologice sau de fabricație ar putea fi calitativă pe baza informațiilor disponibile.

Succesul unei tehnologii nu se regăsește în propriile sale limite, tehnologia trebuie să se manifeste în cadrul produselor și sistemelor de producție. Astfel, a apărut necesitatea în evaluarea sistemelor de fabricație în sensul capacității acestora de a funcționa cu tehnologia dată. Noțiunea-cheie pentru sistemele de fabricație este nivelul de pregătire a fabricației raportat la tehnologia concret analizată. Nu există nivele universale de pregătire a fabricației. Au fost formulate și caracterizate 10 niveluri de pregătire a fabricației ce trebuie tratate în comparație [66, 67, 68]. Aceste nivele sunt după cum urmează.

*MRL 1: Implicațiile de bază ale producției identificate.* Cercetarea de bază extinde principiile științifice care pot avea implicații de producție. Accentul se pune pe o evaluare la nivel înalt al oportunităților de producție. Cercetarea este neîngrădită.

*MRL 2: Conceptele de fabricație identificate.* Invenția începe. Știința producției și/sau conceptul este descris în contextul aplicației. Identificarea abordărilor materiale și proceselor se limitează la studii și analize pe hârtie. Se constată fezabilitatea inițială a producției și problemele aferente.

*MRL 4: Capacitatea de a produce tehnologia într-un mediu de laborator.* Investițiile necesare, cum ar fi dezvoltarea tehnologiei de producție identificate. Procesele pentru asigurarea fabricabilității, productivității și calității sunt în vigoare, fiind suficiente pentru a produce demonstratori de tehnologie.

*MRL 5: Capacitatea de a produce componente prototip într-un mediu relevant pentru producție.* Strategia de producție este rafinată și integrată cu planul de management al riscului. Identificarea tehnologiilor și componentelor critice este completă. Materialele prototip, sculele și echipamentele de testare, precum și abilitățile personalului au fost demonstrate pe componente



într-un mediu relevant pentru producție, dar multe procese și proceduri de producție sunt încă în dezvoltare.

*MRL 6: Capacitatea de a produce un sistem prototip sau un subsistem într-un mediu relevant pentru producție.* S-a dezvoltat abordarea inițială a producției. Majoritatea proceselor de fabricație au fost definite și caracterizate, dar există încă modificări semnificative de inginerie/proiectare. A finalizat proiectarea preliminară a componentelor critice. Evaluările productivității tehnologiilor-cheie sunt finalizate. Materialele prototip, sculele și echipamentele de testare, precum și abilitățile personalului au fost demonstrate pe subsisteme/sisteme într-un mediu relevant pentru producție.

*MRL 7: Capacitatea de a produce sisteme, subsisteme sau componente într-un mediu reprezentativ de producție.* Proiectarea detaliată este în curs de desfășurare. Specificațiile materialelor sunt aprobate. Materialele disponibile pentru a îndeplini programul de construire a liniei-pilot sunt planificate. Procesele și procedurile de producție sunt demonstrate într-un mediu reprezentativ de producție. Studiile detaliate de producție comercială și evaluările riscurilor sunt în curs. Modelele de cost sunt actualizate cu proiectarea detaliată, sunt completate la nivel de sistem și urmărite în funcție de obiective.

*MRL 8: Capacitatea liniei-pilot demonstrată. Gata să înceapă producția cu rată redusă.* Proiectarea detaliată a sistemului în esență este completă și suficient de stabilă pentru a intra în producție cu ritm redus. Toate materialele sunt disponibile pentru a îndeplini programul planificat de producție cu rate reduse. Procesele și procedurile de producție și de calitate sunt demonstrate într-un mediu de linie-pilot pentru producție la rate reduse.

*MRL 9: Producție cu rată scăzută demonstrată. Capacitatea existentă pentru a începe producția la rata completă.* Caracteristicile majore de proiectare a sistemului sunt stabile și dovedite prin teste și evaluare. Materialele sunt disponibile pentru a îndeplini programul de producție planificat. Procesele și procedurile de producție sunt stabilite și controlate la nivelul de calitate adecvat pentru a îndeplini toleranțele-cheie caracteristice de proiect într-un mediu de producție cu viteză scăzută. Monitorizarea riscului de producție este în curs de desfășurare.

*MRL 10: Producția cu rate pline este complet demonstrată și practicile de producție sunt în vigoare.* Acesta este cel mai înalt nivel de pregătire a producției. Modificările de inginerie/proiectare sunt puține și limitate la îmbunătățirea calității și a costurilor. Sistemul, componentele sunt în curs de producție și îndeplinesc toate cerințele de inginerie, performanță, calitate și fiabilitate. Toate materialele, procesele și procedurile de fabricație, echipamentele de inspecție și testare sunt în funcție și controlate la un alt nivel de calitate adecvat.

*Nivelul de pregătire pentru inovare (Innovation Readiness Level – IRL).* În procesul de gestionare a inovației, atât TRL, cât și MRL oferă liste de verificare utile a caracteristicilor-cheie ale fazelor de dezvoltare tehnologică, astfel încât riscul asociat dezvoltării tehnologiei, precum și dezvoltării proceselor de fabricație aferente să poată fi evaluat în mod corespunzător prin comparație și astfel gestionat. Cu toate acestea, inovația nu este asociată numai cu dezvoltarea tehnologică de succes. Inovația este mai degrabă un proces care implică o multitudine de aspecte care depind reciproc, în care sunt luate în considerare nu numai tehnologia, piața și organizația, ci și alte aspecte-cheie.

Cadrul conceptual al IRL este dezvoltat în mai multe lucrări, printre care [69] și cuprinde șase faze (adică niveluri de pregătire), având în vedere cinci aspecte-cheie care determină implementarea eficientă a inovației: tehnologie, piață, organizare, parteneriat, risc. În consecință, ciclul de viață al inovației este împărțit în șase faze de evaluare asociate după cum urmează.

*IRL1. Conceptul:* principiile științifice de bază ale inovației sunt respectate și raportate, iar fezabilitatea tehnologiei este confirmată, ceea ce înseamnă că funcțiile și/sau caracteristicile critice sunt confirmate prin experimente (echivalente cu TRL 1-3). În plus, sunt observate aspecte ale cererii și sunt luate primele abordări pentru a lucra cu clienții-țintă pentru a confirma aspectele din partea cererii și direcțiile strategice.

*IRL2. Componentele:* componentele individuale sunt dezvoltate și validate prin testare, iar prototipurile sunt dezvoltate pentru a demonstra inovarea/tehnologia (echivalent cu TRL 4-6). În plus, proprietatea intelectuală este protejată, clienții finali sunt identificați, potențialul de afaceri este analizat cu atenție și se emite un plan de afaceri, cuprinzând un plan detaliat de lansare a pieței; din punct de vedere organizațional, nu numai riscul tehnologic, ci și riscul organizațional este luat în considerare, este inițiat un plan de investiții și investiția devine activă.

*IRL3. Finalizarea:* dezvoltarea tehnologică este finalizată și funcționalitatea completă a sistemului este dovedită pentru domeniu (echivalent cu TRL 7-9), proprietatea intelectuală este protejată definitiv, tehnologia/produsul este documentat și lansarea acestuia poate apărea odată ce sunt cunoscute nevoile și cerințele specifice ale clienților, au fost prezise și stabilite segmentele de piață, dimensiunile și acțiunile, opțiunile de preț în funcție de poziționarea pieței, de modelarea afacerilor, precum și de planificarea ce cuprinde o analiză atentă a pieței și a cadrului competitiv, crearea de parteneriate, marketing, dezvoltarea de canale de vânzare și relații cu clienții, formalizarea organizației corporative.

*IRL4. Prăpastia* (prăpastia dintre primii entuziaști și vizionari care adoptă o înaltă tehnologie și produsul inovativ, și majoritatea timpurie imediat următoare): tehnologia/produsul

sunt introduse pentru prima dată pe piață, se formează expertiza și poziționarea pe piață, sunt consolidate parteneriate, canale de vânzare, relații cu clienții, strategii de marketing.

*IRL5. Concurența:* piața atinge o fază matură, poziționarea pe piață este menținută și îmbunătățită, inclusiv prin inovația incrementală și diferențierea produsului/tehnologiei, prin apariția serviciilor aferente și crearea de noi parteneriate etc.

*IRL6. Schimbarea/Închiderea:* acestea sunt cele două opțiuni în stadiul de declin al pieței. Schimbarea se referă la reinovarea tehnologiei, inaugurarea de noi piețe, transformarea modelului de afaceri și reinventarea corporativă în scopul de a căuta și dezvolta în continuare un avantaj competitiv. Pe de altă parte, închiderea înseamnă că inovația a ajuns la uzură și este epuizată.

În mod practic, IRL este un cadru cuprinzător care descrie dezvoltarea unei inovații de-a lungul ciclului său de viață și, prin urmare, poate oferi o listă de verificare utilă a criteriilor pentru gestionarea unui ciclu de viață al inovației. În scopul monitorizării și evaluării tehnologiei IRL oferă mai degrabă o listă de verificare a criteriilor care trebuie îndeplinite înainte de a face următorii pași într-un ciclu de viață al inovației.

### **1.5. Evaluarea tehnologiilor bazată pe maturitatea tehnologică**

Producătorii din țările industrial dezvoltate sunt expuși unei concurențe internaționale intense. Pentru a rămâne competitive, companiile sunt forțate să implementeze inovații și noi tehnologii de producție (tehnologii de produs, planificarea resurselor, structura producției, planificarea și dezvoltarea tehnologiilor de fabricație etc.) din cele mai potrivite pentru a corespunde cerințelor de dezvoltare viitoare [70, 71]. În acest context, termenul *tehnologie de fabricație* este unul suficient de larg și se referă la toate procesele de fabricație ce sunt necesare pentru a fabrica un produs [72]. Astfel, și termenul *tehnologie* este unul extins în diferite domenii fizico-tehnice, adică este pluridisciplinar. Mai mult, în contextul noțiunii de Inginerie Integrată, tehnologiile sunt tratate ca cunoștințe ale profesiilor ce țin de proiectarea-dezvoltarea produselor, pregătirea fabricației, producția (fabricația), comercializarea, mentenanța, lichidarea.

Tehnologiile trec printr-o dezvoltare evolutivă, iar maturitatea acestora crește în timp [73]. Această evoluție tehnologică poate fi descrisă ca un ciclu de viață al tehnologiei. Tehnologiile nu sunt întotdeauna suficient de mature pentru a fi utilizate eficace și eficient în sarcinile de producție, care sunt în permanență schimbare și dezvoltare. În special, tehnologiile emergente necesită dezvoltări suplimentare de adaptare până când pot fi integrate în mediul de producție existent [74, 75]. Din acest motiv, companiile trebuie să investească în resurse, capacități, competențe de bază și specifice pentru tehnologia respectivă. Aceste elemente constituie un sistem stratificat [76, 77, 78], așa cum se arată în figura 1.1. Capacitățile,

competențele de bază și cele specifice constituie "know-how" tehnologic.

Resursele includ resurse fizice (materii prime, utilaje etc.), resurse umane (cunoștințe, experiență etc.) și resurse organizaționale. Cunoștințele și abilitățile pentru rezolvarea problemelor tehnice sunt definite ca capabilități, în timp ce combinațiile capabilităților individuale sunt definite ca competențe [76].

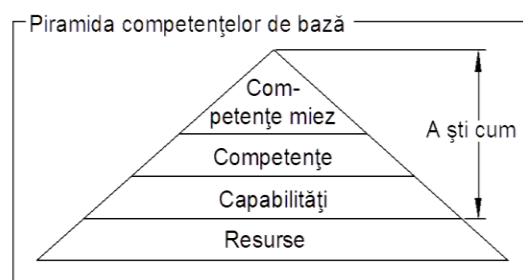
Competențele de bază reprezintă o sinteză a competențelor iminent selectate [78] pentru a stabili avantaje competitive. Competențele de bază sunt atât de lungă durată, cât și transferabile pe diferite piețe, companii, divizii sau produse diferite și nu pot fi imitate sau înlocuite. Stabilirea și extinderea competențelor de bază este un factor-cheie de succes pentru companiile producătoare. În acest scop, companiile trebuie să fie conștiente de stadiul actual de maturitate al competențelor de bază tehnologice. Astfel, modelele de evaluare a tehnologiilor trebuie să urmărească determinarea maturității tehnologiei unei companii, a resurselor, capabilităților, competențelor.

Pentru a evalua maturitatea unei tehnologii bazate pe capabilități și competențe în cadrul unei companii, trebuie luată în considerare evoluția, dezvoltarea acestora în timp. Această evoluție, dezvoltare poate fi descrisă prin modelul ciclului de viață al tehnologiei [78].

*Ciclul de viață și maturitatea tehnologiei.* În literatură există o gamă largă de modele ale ciclului de viață al tehnologiei [78, 79]. Figura 1.2 reprezintă unul dintre aceste modele în care creșterea maturității tehnologiei este dată în timp [78]. În acest context, maturitatea se referă la stadiul de dezvoltare a unei tehnologii [81].

Ciclul de viață al tehnologiei poate fi împărțit în patru etape diferite: tehnologia inovativă, tehnologia-cheie, tehnologia standard și tehnologia depășită (de înlocuit) [78].

Pentru a determina stadiul actual de maturitate a tehnologiei, există modele calitative și cantitative. Modelele calitative investighează în mod estimativ maturitatea prin clasificarea tehnologiei în funcție de indicatorii calitativi cum ar fi rezerva de dezvoltare ulterioară și timpul necesar acestei dezvoltări. În contrast, modelele cantitative evaluează în mod recurent maturitatea pe baza răspunsurilor la chestionare privind principiile, activitățile, conceptele sau prototipurile unei tehnologii. Cum a mai fost menționat, un model fundamental a fost introdus de către NASA pentru a evalua stadiul actual de maturitate a sistemelor aerospațiale și astronautice, utilizând nouă niveluri de pregătire a tehnologiei (TRL) [65].



**Fig. 1.1. Configurarea competențelor de bază și specifice, reprodus după [78]**

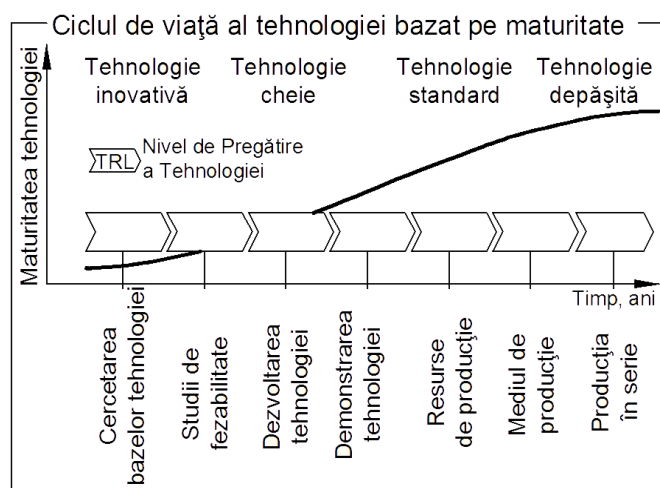
Pentru domeniul proceselor și tehnologiilor de fabricație, numărul de niveluri TRL menționate anterior au fost reduse la șapte (fig. 1.2): cercetarea tehnologiei de bază, studii de fezabilitate, dezvoltarea tehnologiei, demonstrația tehnologiei, resursele de producție, mediul de producție, producția în serie [74, 75, 81]. E de menționat că lucrările sunt datate cu 2009 și 2010 și nu țin cont de cerințele de integrare a tehnologiilor de produs și a celor de fabricație stipulate în conceptul de dezvoltare integrată a produselor.

*Evaluarea capabilităților și competențelor tehnologice.* În lucrarea [78] sunt analizate modele de planificare a utilizării tehnologiei bazate pe competențe caracteristice tehnologiilor. Sunt analizate și evaluate resursele tehnologice, capabilitățile, competențele și competențele de bază ale companiilor. Acest model ia în considerare patru aspecte: direcția și specificațiile strategiei competitive orientate spre tehnologie, structurile de produse și sistemele de produse actual necesar de fabricat, procesele de bază tehnologice ale companiei, structurile tehnologiilor și ale capabilităților. În cadrul modelului sunt aplicate metode precum interviurile, atelierele de lucru, analiza proceselor și costurilor.

În lucrarea [82] autorul descrie o abordare în pași pentru a identifica competențele de bază ale unei companii. Primul pas se referă la hărțile mentale ale resurselor strategice importante care sunt create prin efectuarea de interviuri cu angajații care au cunoștințe abstracte despre

operațiunile companiei. Hărțile mentale stau la baza unui chestionar standardizat care permite o evaluare a resurselor companiei. Un alt pas se referă la o analiză a mediului tehnologic, iar rezultatele analizei sunt folosite pentru a recomanda modalități de dezvoltare a competențelor de bază ale companiei. Analiza tehnologiei și a mediului tehnologic poate fi tratată ca o etapă a creării ecosistemelor tehnologice.

O altă direcție de evaluare a capabilităților și competențelor tehnologice prevede dezvoltarea unui cadru de referință pentru a îndemna companiile de a se alinia la tehnologia informației în obiectivele de afaceri prin identificarea sistematică a competențelor de bază. În acest cadru, se reflectă relația dintre resurse, capabilități și competențe de bază [77]. Conform lucrării, la baza unei companii stau resursele care se referă la: calitatea relației dintre componente



**Fig. 1.2. Ciclul de viață al tehnologiei bazat pe maturitatea tehnologiei, reprodus după [78]**

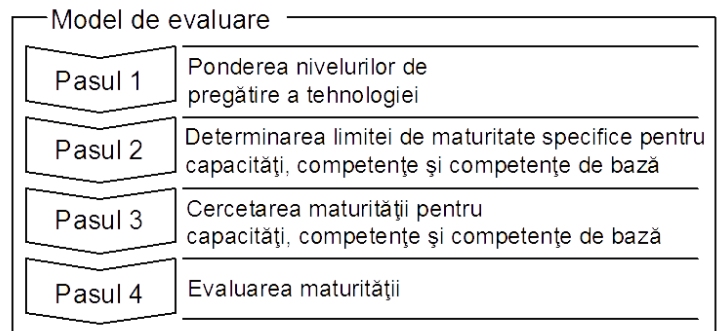
și procese, calitatea capitalului uman și nivelul de flexibilitate a infrastructurii. Aceste resurse sunt combinate pentru a forma capabilități. Fiecare departament sau unitate de afaceri din cadrul unei companii poate avea propriile sale resurse și capabilități. Combinația resurselor și capabilităților tuturor elementelor funcționale din companie formează competențele de bază care sunt în cele din urmă concepute pentru a oferi valoare clientului.

În lucrarea [83] este conceput și dezvoltat un instrument de evaluare a capabilității tehnologice pentru a ajuta companiile să se autocalizeze în patru tipuri pe baza maturității lor pe dimensiunile cheie ale managementului tehnologiei. Companiile de tip 1 sunt pasive sau nu sunt conștiente de necesitatea schimbării tehnologice. Companiile de tip 2 recunosc nevoia schimbării, dar nu sunt sigure asupra modului de implementare a acestor schimbări. Companiile de tip 3 au un simț strategic de a implementa schimbări inovatoare. Companiile de tip 4 au un set bine dezvoltat și structurat de capabilități tehnologice și exploatează tehnologia în mod creativ pentru avantaje competitive. Pentru a ajuta companiile să-și evalueze capabilitatea tehnologică și să-și atribuie compania la unul dintre cele patru tipuri este folosit un chestionar. Evaluarea chestionarului este vizualizată într-o diagramă polară, în care profilul companiei este comparat cu cele mai bune practici. Acest instrument demonstrează necesitatea autoanalizei tehnologice structurate și importanța abordării sistemice a propriilor activități.

Un sistem de măsurare și evaluare a capabilității tehnologice a fost dezvoltat și în lucrarea [84]. Autorii și-au pus scopul de a monitoriza traiectoria acumulării capabilității tehnologice și de a identifica parametrii care ar putea duce la competitivitate și creștere în cadrul industriei analizate. Capabilitățile tehnologice sunt determinate și influențate fie de factori externi ai companiei cum ar fi concurența, schimbarea tehnologică și politica guvernamentală, fie de factori interni, cum ar fi cercetarea și dezvoltarea, experiența de lucru și formarea la locul de muncă. Capabilitățile tehnologice sunt împărțite în continuare în trei mari categorii: capabilitatea de investiții; capabilitatea de producție; capabilitatea de rețea. Pentru fiecare categorie sunt dezvoltate modele matematice pentru măsurarea capabilității specifice. Acest sistem se bazează pe analiza multiplelor informații structurate și este valabil pentru companii mari cu istorie tehnologică.

Modelul dezvoltat în lucrarea [78] determină maturitatea capabilităților, competențelor și competențelor de bază ale companiei prin combinarea ciclului de viață al tehnologiei și a abordărilor de evaluare a capabilităților și competențelor. Modelul include patru etape (fig. 1.3). Pentru a crea un model care să fie potrivit pentru fiecare companie de producție, importanța fiecărui TRL este evaluată individual în primul pas. În cel de al doilea pas sunt determinate limitele de maturitate specifice pentru capabilități, competențe și competențe de bază pentru

companie în modul caracteristic acesteia. Limitele reprezintă cerințe minime de maturitate pentru aplicarea unei tehnologii în cadrul companiei. Al treilea pas este reprezentat de un chestionar standardizat. Astfel, sunt examinate capabilitățile, competențele și competențele de bază ale unei tehnologii în funcție de TRL. În etapa finală se evaluează atât maturitatea fiecărui TRL, cât și a tehnologiei. O companie poate alege cea mai potrivită tehnologie care să îndeplinească cerințele viitoare de producție prin compararea rezultatelor evaluării diferitelor alternative tehnologice.



**Fig. 1.3. Model pentru evaluarea capabilităților, competențelor tehnologice și competențelor de bază ale companiei, reprodus după [78]**

*Pasul 1 – determinarea influenței TRL.* În aspectul planificării strategice, fiecare companie se orientează spre perioadele diferite ale ciclului de viață tehnologic, de exemplu, performanța tehnologică. Aceasta duce la faptul că fiecare TRL are un impact diferit asupra evaluării finale. Astfel, fiecare TRL devine ponderat. Deoarece aceasta este o problemă cu criterii multiple, este utilizată metoda de ierarhizare analitică a procesului (Analytic Hierarchy Process – AHP). Această metodă reprezintă un proces de luare a deciziilor bazat pe ierarhizarea activităților în termeni de scale de proporții relative [33].

*Pasul 2 – determinarea limitei specifice de maturitate.* În cel de al doilea pas, pentru fiecare TRL trebuie să fie determinate limitele de maturitate specifice celor patru categorii menționate mai devreme (resurse, capabilități, competențe și competențe de bază). Pentru a clasifica o tehnologie drept subdezvoltată, satisfăcător dezvoltată sau bine dezvoltată sunt necesare două limite de maturitate, o valoare minimă și o valoare maximă.

Pentru a determina fiecare limită de maturitate specifică, se va răspunde în prealabil la un chestionar. Limitele de maturitate sunt determinate de un anumit număr de răspunsuri „da” la întrebările puse. Dacă un anumit număr este atins, tehnologia este evaluată ca "satisfăcător dezvoltată", iar la un număr semnificativ mai mare, tehnologia este evaluată ca "bine dezvoltată".

*Pasul 3 – conținutul și procedura chestionarului.* După ponderarea TRL și determinarea limitelor de maturitate, se utilizează un chestionar standardizat pentru a investiga detaliat maturitatea tehnologiei. Pentru fiecare dintre cele șapte TRL au fost elaborate întrebări bazate pe indicatori cantitativi și calitativi privind capabilități, competențe și competențe de bază (fig. 1.4).

Întrucât tehnologiile trebuie evaluate cât mai obiectiv, întrebările sunt formulate astfel, încât să se poată răspunde prin utilizarea afirmațiilor matematico-logice de genul 'Da' și 'Nu', fiind astfel posibilă utilizarea scalei în limitele intervalului {1, 0} [85].

Pasul 4 – *evaluarea capabilităților tehnologice, a competențelor și a competențelor de bază*. Rezultatele chestionarului reprezintă specificațiile tehnologiei

din fiecare TRL cu privire la resurse, capabilități, competențe și competențe de bază. Pentru a evalua aceste rezultate, maturitatea celor patru categorii și maturitatea generală a tehnologiei sunt calculate folosind o logică binară. Valorile 1 și 0 sunt atribuite, respectiv pentru „da” și „nu”.

O maturitate mare a unui TRL nu implică întotdeauna o maturitate ridicată în toate categoriile. De exemplu, o maturitate mare a TRL poate rezulta din două categorii înalt îndeplinite, în timp ce a treia poate fi deficitară. Rezultatele evaluării sunt corelate cu limitele de maturitate stabilite în pasul 2. Dacă valoarea-limită maximă determinată în pasul 2 este depășită, tehnologia se consideră "bine dezvoltată" în cadrul TRL considerat. În plus, neatingerea valorii-limită minimă implică o necesitate de îmbunătățire a capabilităților tehnologice, competențelor și competențelor de bază.

Evaluarea maturității tehnologiilor este un proces complex și multilateral, dar, în cele din urmă, pentru a compara alternativele tehnologice este nevoie de o singură valoare comparativă. Astfel, pot interveni cu succes instrumentele mixte de evaluare cu atribuirea punctajelor.

### 1.6. Evaluarea tehnologiilor prin funcția tehnologică

Funcția tehnologiei este tratată ca partea activă și artificială a acesteia, care face ca tehnologia să se manifeste în felul și la dimensiunile așteptate. Autorii lucrării [86] analizează funcțiile tehnologice specifice prin prisma a patru fenomene caracteristice: universalitatea, posibila lipsă de succes, restricții fizice și inovație. Aceste fenomene se reflectă în patru deziderate care se propun pentru teoria funcțiilor tehnologice. Atare deziderate trebuie să țină seama de faptul că: (1) artefactele au un număr limitat de funcții proprii durabile, precum și funcții accidentale mai tranzitorii (dezideratul propriu-accidental); (2) ideile despre funcționarea

Chestionar pentru investigarea maturității	
Cercetarea bazelor tehnologice	
Resurse	Se știe că principiul fizic îndeplinește o funcție tehnologică
Capabilități	Există cel puțin un expert în producție în cadrul companiei
Competențe	Funcția tehnologică are caracteristici speciale pentru un avantaj competitiv durabil?
Competențe de bază	Principiul funcției tehnologice are proprietăți legate de producție cu efecte durabile, neimitabile și transferabile?
Producție în serie	

**Fig. 1.4. Extras din chestionarul de evaluare a capabilităților, competențelor tehnologice și competențelor de bază ale companiei, reprodus după [78]**



corectă a unui artefact pot fi în dezacord cu funcționarea reală a acestuia, ceea ce permite să se decidă asupra funcționării defectuoase a acestuia (deziderat defectuos); (3) există o măsură de sprijin pentru atribuirea unei funcții unui artefact, chiar dacă artefactul este disfuncțional sau dacă are o funcție doar tranzitorie (deziderat de susținere); (4) designerii și utilizatorii au capacitatea de a atribui intuitiv funcții corecte artefactelor inovatoare (deziderat de inovare). Clasificarea dată se referă la legătura deloc simplă dintre artefact (obiect) și funcțiile acestuia în aspectele: natural - artificial, tradițional - netradițional (inovativ), util - inutil sau dăunător etc. Funcțiile nu sunt atribuite întotdeauna artificial artefactelor tehnologice. Acestea rezultă dintr-un proces de cercetare științifică, proiectare și dezvoltare efectuat de ingineri și utilizatori [86]. Prin urmare, conceptul de funcție tehnică și designul artefactului tehnologic care se presupune că îl va manifesta, de obicei, nu izvorăsc spontan din mintea lor. Astfel, teoria funcțiilor tehnice pare a fi foarte restrânsă în sensul că oferă doar un instrument conceptual pentru a evalua dacă un artefact are o funcție desemnată.

Autoarea lucrării [86] propune să se exploreze cum trebuie dezvoltat un raport al funcțiilor tehnologice care să găzduiască și proiectarea/dezvoltarea artefactelor tehnologice pentru îndeplinirea funcțiilor dorite. Se afirmă că sunt necesare cel puțin trei noțiuni pentru dezvoltarea acestei relatări, și anume: conceptul de funcție tehnologică, manifestările funcțiilor tehnologice și fenomenele fizice (substanțe, proprietăți sau procese) care produc sau sunt considerate responsabile pentru funcționarea sau defectarea unui artefact tehnologic. Științele ingineriei se concentrează pe crearea și intervenția asupra fenomenelor fizice care produc funcționarea corectă și/sau necorespunzătoare a artefactelor tehnologice. Cercetarea-dezvoltarea se referă la abordarea funcțiilor artefactelor tehnologice și are ca scop nu numai găsirea modalităților de îmbunătățire a funcționării acestora, dar și crearea unor funcții tehnologice care noi.

Se constată [86] că artefactele tehnologice, adică ansamblurile de materiale, procesele, aparatele și instrumentele conțin și/sau generează fenomene fizico-tehnice care produc funcționarea acestora (artefactelor), funcționare perceptibilă și măsurabilă, adică manifestări de funcții tehnologice. Pentru ca un artefact tehnologic să-și îndeplinească funcția (funcțiile) tehnologică dorită, cercetătorii și inginerii urmăresc să producă și să amplifice proprietățile care sunt manifestări ale funcționării corespunzătoare și să excludă, să limiteze, să modifice, să diminueze apariția proprietăților care sunt manifestări ale defectiunii sale. Științele ingineriei traduc de obicei problemele tehnologice (de exemplu, problema modului de a crea sau a îmbunătăți o funcție tehnologică) în întrebări științifice prin conceperea funcționării unui artefact tehnologic în termeni de fenomene fizico-tehnice considerate responsabile pentru funcționarea

acestui sau pentru manifestările acestuia. Aceste fenomene devin apoi subiect de cercetare științifică, care, pe lângă alte lucruri, vizează cunoașterea care să permită gândirea asupra posibilităților de a crea, reproduce, preveni, controla, îmbunătăți sau interveni în alt mod cu aceste fenomene prin artefacte tehnologice.

Se consideră că, în contexte de cercetare și proiectare, conceptualizarea funcțiilor tehnologice îmbunătățibile sau nou realizate implică utilizarea a unor tipuri distincte de cunoștințe [86]. Conceptualizarea funcțiilor tehnologice poate începe cu formularea unei probleme care reprezintă scopul practic al unei funcții tehnologice. Ideile tehnologice mai mult sau mai puțin abstracte despre tipul de soluție implică concepții despre tipuri de artefacte tehnologice care îndeplinesc funcții tehnologice relevante. Manifestarea acestor noi tipuri de soluții posibile tehnologice necesită cunoștințe empirice și/sau teoretice despre modul în care funcționează diversele artefacte tehnologice. Aceasta implică cunoștințe empirice, tehnologice și teoretice despre fenomenele fizice care pot produce o funcție specifică. Conceptualizarea noilor funcții tehnologice se poate baza pe cunoașterea fenomenelor care, luate în considerare dintr-o perspectivă teoretică, pot fi utilizate pentru îndeplinirea unei funcții dorite.

Dacă pornim de la ideea că o funcție reprezintă capacitatea unui sistem de a îndeplini o sarcină în modul dorit, atunci o funcție tehnologică reprezintă capacitatea sistemului de a realiza o sarcină dintr-o serie (un lanț) de sarcini corelate în timp și spațiu.

### **1.7. Factorii ce determină succesul adoptării tehnologiilor avansate**

Companiile moderne se găsesc în stare de concurență globală. Ca răspuns concurenței companiile mari au adoptat sau adoptă tehnologiile avansate (TA). Avantajele companiilor din țările industrial dezvoltate de la implementarea tehnologiilor conceptului Industrie 4.0 sunt mari, dar de durată scurtă, deoarece companiile din țările în curs de dezvoltare nu investesc în cercetări, dar asimilează rapid noile cunoștințe și tehnologii și le aplică la eficiență înaltă.

Dezvoltarea rapidă a tehnologiei informației și comunicațiilor (TIC) influențează substanțial toate industriile. Conceptul Industriei 4.0 scoate în prim plan informatizarea tehnologiilor și sistemelor de fabricație, permite să se producă o viziune a fabricii inteligente, care se poate schimba în timp real, poate eficientiza resursele proprii, poate integra clienții și partenerii de afaceri în procesele proprii pentru creșteri valorice. Conceptul este inovativ în așa măsură încât una din problemele principale este cum pot fi adaptate întreprinderile existente la noile condiții de funcționare [87].

Mai multe companii din Republica Moldova pot beneficia de aceste oportunități, deoarece o bună parte activează în calitate de filiale ale companiilor din țările dezvoltate cu tehnologii moderne sau produc pentru export în aceste țări.

Eficiența adoptării tehnologiilor avansate de către companii este determinată de mai mulți factori de succes, fiecare dintre care este constituit din elemente - subfactori. Dintre factorii de bază pot fi menționați: strategia, organizația, managementul de vârf, tehnologia și mediul [88].

**Strategia.** Strategia reflectă modul de atingere a obiectivelor, iar acestea pot să fie orientate spre producție, fabricație, flexibilitate, calitate, cost etc. Strategiile orientate spre producție, fabricație sunt considerate strategii-cheie pentru competitivitate oferind cele mai sigure avantaje. Sunt identificați cinci subfactori strategici critici de succes după cum urmează [88]:

✓ *Planificarea strategiei* care stabilește modul de funcționare a companiei ce asigură îndeplinirea unui set specific de obiective și performanța operațională. Dezvoltarea unei strategii de implementare a TA se poate face numai după stabilirea punctelor forte și punctelor slabe. Resursele umane și managementul companiei sunt elemente fundamentale ale implementării tehnologiei prin alocarea sarcinilor adecvate nivelului de competență ale angajaților.

✓ *Beneficii tangibile/intangibile* ce pot fi atinse prin implementarea TA. Beneficiile tangibile se referă la indicatorii operaționali, iar beneficiile intangibile se referă la avantajele competitive obținute din TA.

✓ *Poziția financiară* care este considerată un factor important în implementarea TA, deoarece sunt necesare investiții suficient de mari, dar să se potrivească cu strategia de business a companiei.

✓ *Poziția companiei* care reflectă nivelul de adecvare al deciziilor financiare și capacitatea de efectuare a investițiilor.

**Managementul de top.** Managementul de top se manifestă prin responsabilitățile de dezvoltare, îmbunătățire și priorizare a activităților de implementare a TA în companie, deoarece inspiră dorința de schimbare, motivând și sprijinind angajații să înțeleagă și să adopte noile tehnologii, ținând cont de [88]:

➤ *Circulația financiară* care reflectă intensitatea tranzacțiilor activelor companiei, investițiile fiind surse de beneficii strategice (intrarea la timp și liderismul pe piață, personalizarea produselor etc.).

➤ *Strategia de fabricație* ce se manifestă prin obiectivele sistemic coordonate și activitățile utilizate în limitele funcției de producție a companiei, urmărind asigurarea avantajelor durabile. Se constată că planificarea strategică la nivel de afaceri trebuie să fie asistată de planificarea strategică la nivel de fabricație.

➤ *Viziunea asupra fabricației* care este reflectată prin decizii strategice ale managementului pentru utilizarea de către companie a TA, capabilitățile și resursele implicate.

➤ *Angajamentul managementului de top* ce se manifestă prin atitudinea față de politicile și activitățile orientate spre atingerea obiectivelor legate de pregătirea, implementarea și utilizarea TA. În așa mod efectele perturbatoare ale schimbării pot fi mult reduse.

**Organizația.** Organizația include în sine componentele, personalul, infrastructura unei companii și este un factor important pentru procesul de implementarea a TA prin [88]:

✓ *Structura organizatorică* ca o reflecție a calității organizaționale ce determină măsura corespunderii proceselor și rolurilor de muncă cu mecanismele administrative, de control și de integrare.

✓ *Beneficiile tehnologiei avansate* care pot fi indirecte și directe, tangibile și intangibile și sunt un argument forte pentru implementare.

✓ *Alinierea organizației și businessului.* Structurile organizației și afacerii trebuie să corespundă reciproc, să fie coerente obiectivelor de atins. Structura trebuie să fie flexibilă, iar atingerea nivelului înalt de flexibilitate necesită investiții mari și atenție din partea managementului la nivel strategic.

✓ *Cunoștințele angajaților* care sunt cele strâns legate de tehnologiile ce trebuie implementate, astfel încât angajații trebuie să fie formați, instruiți și educați pentru a înțelege scopurile, obiectivele și principiile urmărite. Transformarea personalului din executori în adepți este cheia succesului.

**Tehnologia.** Tehnologia este definită ca „totalitatea instrumentelor, mașinilor, sistemelor și proceselor utilizate în activitățile practice și în inginerie” [8]. Nivelul de dezvoltare tehnologică determină capacitatea de a adopta TA, iar factorul de selecție a tehnologiei este esențial pentru succesul fazei de justificare și de planificare [89]. La selecție este important ca tehnologiile avansate să se poată alinia, ajusta la tehnologiile actuale. Sunt importante:

➤ *Tehnologia în uz* care determină tipul de tehnologie ce trebuie implementată în companie. TA pot transforma tehnologiile tradiționale în uz în tehnologii moderne pentru a atinge cu succes obiectivele tehnologice și cele de afaceri. Anume tehnologia determină capacitatea unei companii de a conștientiza realitatea concurenței, varietatății de produse, cerințelor clienților etc.

➤ *Facilitățile și infrastructura* ce se manifestă prin dotările disponibile și necesare oferite procesului de implementare a TA. Importantă este și structura industriei în calitate de mediu prietenos inovării tehnologice [90]. Implementarea TA depinde de nivelul de dezvoltare a infrastructurii informaționale care cuprinde diverse hardware și software organizate în rețea și care ajută la furnizarea de capabilități tehnologice [91].

➤ *Resursele umane și tehnologice* care determină capacitatea personalului și a tehnologiilor de a constitui procese coerente om-mașină. Calificarea personalului, capacitatea de a înțelege și de a acționa în conformitate cu noile principii de organizare industrială este un factor major.

**Mediul inconjurator.** Mediul de afaceri este unul factorizat care influențează, ajută, dar și afectează activitățile companiei (resursele financiare, sprijinul furnizorilor, concurența etc.). Mediul impune companiile să inoveze, să actualizeze sistematic tehnologiile pentru a fi competitive. Pot fi menționate următoarele procese [88]:

✓ *Presiunea externă* care se manifestă, în primul rând, prin variația cerințelor clienților și a pieței și care obligă compania să adopte TA. Noile tehnologii pot fi rezultatul presiunii din partea partenerilor, actelor legislative reglementatoare etc.

✓ *Dezvoltarea furnizorilor* care reflectă activitățile de ajustare sistemică a performanțelor tehnologice ale partenerilor de afaceri. Astfel TA devin obiectivul mai multor companii strâns legate prin lanțul valoric.

✓ *Planificarea afacerii* care stabilește obiectivele, strategiile și activitățile predictive pentru a asigura competitivitatea și dezvoltarea companiei pentru un anumit orizont de timp. Astfel planificarea devine o condiție prin care TA se manifestă ca factor de dezvoltare tehnologică.

Schimbările tehnologice creează destabilizări în activitatea companiilor dar și oportunități de dezvoltare tehnologică pentru lansarea de noi și diversificate. Destabilizările se depășesc, iar oportunitățile trebuie să fie valorificate printr-un management tehnologic activ, dinamic, fapt ce se poate produce prin inovare și transfer tehnologic. Astfel, în prim plan se plaserază capacitățile dinamice de a reconfigura, redirecționa, transforma și integra în mod adecvat competențele proprii de bază existente cu resursele externe și complementare pentru a face față provocărilor concurenței și situațiilor ce se schimbă rapid sub presiunea timpului.

Conform UNIDO dezvoltarea tehnologică a țărilor în curs de dezvoltare, dar și a celor slab dezvoltate este condiționată de [92]: crearea capacităților de bază, modernizarea și integrarea resurselor tehnologice, crearea și modernizarea infrastructurii digitale, depășirea decalajului de capacitate digitală, accesul la tehnologii și accesibilitatea acestora.

### **1.8. Transferul/dezvoltarea tehnologică în condițiile actuale industriale**

Toate revoluțiile industriale au avut ca rezultat formarea economiilor conducătoare și următoare, în funcție de implicarea acestora în crearea și utilizarea tehnologiilor emergente caracteristice revoluțiilor. Se poate constata că o parte importantă a țărilor din lume rămânea de fiecare dată în afara revoluțiilor în curs. Abia după mai multe decenii decalajul se reducea după ce tehnologiile deveneau suficient de ieftine. Se consideră că actualmente există circa 30 de țări dezvoltate, cca 80 de țări în curs de dezvoltare printre care Cehia, Ungaria, Polonia, Bulgaria,

România etc., iar restul – slab dezvoltate, printre care și Republica Moldova. Această clasificare este importantă din punctul de vedere al potențialului de dezvoltare inclusiv prin transfer tehnologic. Dorința de dezvoltare trebuie susținută prin capacități de absorbție a tehnologiilor noi, capacități ce trebuie pregătite tehnico-tehnologic (technoware), organizatoric (orgware), informațional (infoware) și uman (humanware). Or, aceste capacități sunt foarte diferite în lumea modernă de azi și în contextul digitalizării economiilor.

Conform raportului UNIDO pentru anul 2020 [93], în domeniul tehnologiilor digitale avansate de producție doar zece economii *lidere* (Statele Unite ale Americii, Japonia, Germania, China, Taiwan Provincia Chinei, Franța, Elveția, Regatul Unit, Republica Coreea și Țările de Jos) reprezintă 90% din brevete și 70% din exporturi de tehnologii digitale. Urmează alte 40 de economii, *urmăritorii*, dar cu valori cu mult mai mici în cercetarea/dezvoltarea și comercializarea tehnologiilor digitale. Țările în curs de dezvoltare dispun de tehnologii și sisteme tehnologice caracteristice Revoluției industriale 3.0 (3 Industrial Revolution – 3IR), uneori în variante incomplete și le modernizează pentru a le transforma corespunzător Revoluției industriale 4.0 (4IR). Lipsa capacităților de a stăpâni automatizarea de bază a tehnologiilor 3IR și a tehnologiilor informaționale și de comunicare, de asemenea, le provoacă dificultăți să valorifice pe deplin oportunitățile tehnologiilor digitale avansate de producție. Principalele provocări și oportunități pentru țările în curs de dezvoltare constau în integrarea treptată a tehnologiilor digitale avansate în cadrul sistemelor de producție 3IR existente, modernizarea sistemelor de producție în aspectele în care integrarea informațională este posibilă. Alte țări fie că au activitate mai mică (*întârziatele*), fie că nu reușesc din diferite motive să ia parte la crearea și utilizarea acestor tehnologii (*retardele*).

Aproximativ 70% din companii se află încă în condițiile producției analogice. Trecerea la tehnologiile 4IR depinde de condițiile țării și ale industriei acesteia. O problemă-cheie a țărilor, în care majoritatea producției se află preponderent în domeniul analogic, este cum ar putea să urce pe scara tehnologică. Deschiderea digitală masivă prin instrumente neindustriale face ca companiile să poată sări peste câteva generații sau să treacă direct la cele mai avansate. Diferențele dintre capacități, dotări și eforturi tehnologice, dintre caracteristici organizaționale și condițiile infrastructurale și instituționale interne nu numai că explică de ce unele companii și țări reușesc să urce pe scara digitală a tehnologiilor, dar și demonstrează că avansarea este posibilă [93]. Condițiile obiective de dezvoltare, efectele de scară a factorilor industriali, efectele politicilor statale de dezvoltare economică a Republicii Moldova plasează țara în categoria *rătărze*, dar condițiile adecvate de adoptare a acestor tehnologii de către companiile industriale

poate stimula dezvoltarea industrială incluzivă și durabilă și atingerea obiectivelor de dezvoltare durabilă industrială.

Conform UNIDO, dezvoltarea industrială a unei țări poate fi evaluată prin indicele capacității industriale [92]. Capacitățile industriale reprezintă abilitățile personale și colective, cunoștințele productive și experiențele acumulate de agenții industriali și de organizațiile companiilor pentru îndeplinirea diferitor sarcini productive, să absoarbă noile tehnologii și să coordoneze producția de-a lungul lanțului de aprovizionare. Indicele capacității industriale poate fi luat ca un indicator aproximativ al capacităților de bază ale țărilor în domeniul producției, care îmbină trei dimensiuni: capacitatea de a produce și de a exporta produse fabricate, aprofundarea și modernizarea tehnologică, impactul mondial și/sau regional.

Companiile responsabile recunosc că trebuie să investească în noile tehnologii de digitalizare și de îmbunătățiri ale sistemelor de producție pe termen lung [94]. În acest proces este necesară o abordare realistă și o integrare informațională optimă a noilor tehnologii cu infrastructurile existente. Potențialul este bine conștientizat, dar aducerea ideilor la nivelul fabricii se confruntă cu provocări mari. Sunt necesare strategii, sprijin ghidat, foi de parcurs pentru a ajuta companiile să adapteze cu efecte bune tehnologiile digitale cheie. O abordare - cadru structurată pe etape poate servi ca instrument decizional, ca ghid pentru selectarea tehnologiilor și strategiilor adecvate de implementare a acestora. Procesul - cadru de selecție a tehnologiei de fabricație include șase pași interconectați sistemic [95]:

1) Evaluarea situației curente. Principala problemă de rezolvat aici este evaluarea performanțelor curente a companiei în contextele concurenței și pieței pentru a reevalua strategia de afaceri și a defini zonele în care compania este capabilă să concureze.

2) Stabilirea factorilor strategici critici pentru implementarea Industriei 4.0 care ar permite companiei producătoare să concureze cu succes. Părțile tari și părțile slabe sunt surse pentru redefinirea strategiei de afaceri în condițiile pieței. Există mai mulți factori care afectează implementare prevederilor Industriei 4.0 în mod direct succesul producției digitale și modul de ce pot fi grupați după cum urmează: factori tehnico-tehnologici, de complexitate și de interfețe, de performanță și de calitate; factori de management al proiectelor, de finanțare, de dependențe de proiect, de resurse și de prioritizare; factori organizaționali, de planificare, de control și de comunicare; factori externi, de furnizori, de reglementări, de piață și de clienți.

3) Definirea intervalului de planificare (orizontului de timp). Strategia de afaceri redefinită, natura pieței și a afacerii sunt factori ce determină orizontul de timp. În rezultat se obține o hartă de perspective ordonate în timp util al activităților de implementare a prevederilor

Industriei 4.0. Orizontul de timp definește dacă compania adoptă o abordare rapidă, revoluționară sau una mai moderată, evolutivă.

4) Identificarea tehnologiilor ce pot adecvat îndeplini obiectivele critice definite prin factorii strategici. Este necesară o analiză tehnologiilor, a conformității tehnice așteptate. Una din principalele tehnologii-cheie a Industriei 4.0 sunt sisteme ciber-fizice, care asigură achiziția și procesarea datelor, comunicarea mașină-mașină, interacțiunea om-mașină etc. [96].

5) Evaluarea detaliată a tehnologiilor în scopul identificării tehnologiilor alternative pentru atingerea obiectivelor de fabricație și de afaceri. Oportunitățile se pot referi la modurile de funcționare, la strategie, la mediu, la personal. Cele mai importante caracteristici legate de Industria 4.0 se referă la viabilitatea și competitivitatea viitoare, la calificarea angajaților și capacitatea acestora de a asimila noi tehnologii.

6) Evaluarea riscurilor alternativelor tehnologice. Conceptul Industria 4.0 este unul relativ nou și din această cauză pot apărea noi riscuri legate de tehnicile modificate, infrastructura IT complexă și specifică. Factorii de risc pot afecta negativ atingerea obiectivelor, astfel încât identificarea a riscurilor este extrem de importantă. Un risc neidentificat nu va fi luat în considerare și poate avea consecințe grele [97]. Riscurile legate de implementarea prevederilor conceptului Industrie 4.0 pot fi clasificate după cum urmează [95]: risc operațional determinat de mașini-unelte și tehnologii de fabricație, de metodele de prelucrare, de scule utilizate, de materiale, de mentenanță, de calificarea personalului; risc legat de securitatea informațiilor (atacuri cibernetice), de confidențialitate, de pierderea integrității datelor și de disponibilitatea informațiilor.

***Simulare/gemeni digitali.*** Una din cele mai apropiate domenii ingineresc tehnologii-pilon a Industriei 4.0 este procesul de simulare și de creare a gemenilor digitali care reprezintă, de fapt, o continuare a ceea ce în literatura de specialitate poartă denumirea abreviată de CALS (Continuous Acquisition and Life-Cycle Support – Achiziții Continui și Suportul Informațional al Ciclului de Viață) dezvoltat în SUA în anii 1990.

Cercetările legate de crearea și completarea gemenilor digitali sunt foarte intense și acoperă mai multe domenii precum: proiectarea produsului [98, 99], procesele de asamblare [100], procesele de fabricație mecanică și aditivă [101, 102], prelucrarea mecanică [103, 104, 105], mașini-unelte CNC [106, 107], scule așchietoare [108], materiale [109], fenomene tribologice [110] și altele.

Din punct de vedere cronologic relația obiectelor și proceselor fizice cu aspectele lor virtuale este una în dezvoltare ce se manifestă prin măsura de integrare. Conform [111] pot fi caracterizate câteva etape:



1. Spațiul fizic predomină, de acesta depinde tot.
2. Spațiul virtual apare, este în creștere și se îmbunătățește.
3. Spațiul fizic și cel virtual interacționează,
4. Spațiul fizic și cel virtual interacționează tot mai mult și tind să convergă.

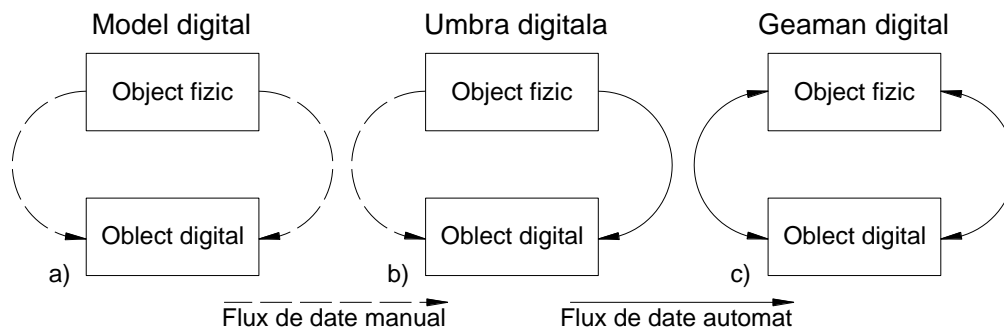
Tranziția de la etapa a doua la etapa trei a fost determinată de implementarea conceptului de fabricație integrată pe computer (CIM), de digitalizarea CNC a mașinilor-unelte, de dezvoltarea asistată de calculator a produselor CAD/CAE/CAM. Actualmente industria parcurge etapa a treia prin tehnologiile emergente de internet al obiectelor (IoT), de analiza Big Data etc., care facilitează interacțiunea între spațiile virtuale și cele fizice. Lansarea celei de a patra etape este determinată de dezvoltarea conceptului Digital Twins (DT), care utilizează interacțiunea intensivă în ambele direcții datorită sistemelor informatico-ciberfizice [111].

Conceptul de geamăn digital a obiectelor sau proceselor fizice existente a fost propus de Grieves în 2002 la Universitatea din Michigan pentru formarea managementului ciclului de viață al produsului (PLM) și constă din trei elemente [111]: 1. obiect sau proces fizic într-un spațiu real; 2. obiect sau proces virtual cu set de subsisteme virtuale într-un spațiu virtual; 3. legături prin date și informații între cele două spații virtual și fizic real împreună cu obiectele respective.

Una din primele definiții clare geamănelui digital a fost dată de NASA: „Un geamăn digital este o simulare probabilistică integrată, multi-fizică, multi-scală a unui vehicul sau sistem care utilizează cele mai bune modele fizice disponibile, actualizări ale senzorilor, istoricul zborurilor etc. pentru a oglindi viața geamănelui său zburător” [112].

Natura și direcția fluxului de date între sistemele fizice și virtuale fac diferențele dintre modelele digitale, umbre digitale și gemenii digitali [112]. Modelul digital al unui obiect sau proces fizic existent nu prevede schimbul automat de date cu obiectul fizic, astfel încât modelul digital odată creat nu mai este capabil să reflecte modificările în timp a obiectului fizic (fig. 1.5,a) [112, 113]. În cazul umbrei digitale, există fluxuri de date generate de obiectul fizic orientate atât automat cât și manual spre obiectul digital, astfel încât acesta este actualizat cu informații noi din lumea reală (fig. 1.5, b).

În gemenii digitali fluxurile de date sunt automate și direcționate atât de la obiectul fizic spre obiectul digital cât și în direcție inversă. O modificare a obiectului fizic este reflectată automat în obiectul digital și invers. Astfel obiectul digital permite formarea informațiilor necesare controlului funcționării obiectului fizic adecvate situației externe și interne în timp real. Fundamentul geamănelui digital este conexiunea fizicului și digitalului (fig. 1.5, c) [113].



**Fig. 1.5. Model digital, umbră digitală și geamă digitală. Reprodus după [113]**

Simularea se deosebește de geamă digitală prin faptul că caracterizează stările viitoare ale obiectului fizic pe baza setului de date și ipoteze inițiale [114]. Geamă digitală interconectează datele obiectului fizic și a celui digital și formează seturile de date pentru simulare. Astfel simularea în contextul gemenilor digitali devine un proces practic continuu [112, 115].

Funcția principală a unui geamă digital este combinația abordărilor bazate pe modelare și pe date colectate pentru a obține un instrument virtual de previziune ce poate evolua în timp. În acest sens geamă digitală oferă posibilitatea de a rezolva probleme tehnice în aplicații ingineresti. Reducerea incertitudinilor legate de aplicarea cunoștințelor în luarea deciziilor este realizată prin utilizarea datelor obiectiv înregistrate de geamă fizic, prin teste reale sau reprezentative de laborator. Este important ca datele înregistrate și livrate să fie caracteristice structurilor îngemănate. În aspectul organizațional geamă digitală utilizează un format ierarhic, fapt ce înlesnește integrarea obiectelor și proceselor de diferite origini fizice și pe mai multe scări dimensionale. Se urmărește și scopul depășirii obstacolelor organizaționale prin îmbunătățirea conectivității prin interfețe logice pentru diferitele modele de calcul și simulare [116].

### 1.9. Concluzii la capitolul 1

- Noțiunea de tehnologie s-a dezvoltat pe parcursul anilor, inițial pornind de la fabricație în perioada clasică industrială, iar actualmente referindu-se la toate procesele caracteristice etapelor ciclului de viață al produsului. Tehnologia definită ca „suma tehnicilor, abilităților, metodelor și proceselor utilizate în producția de bunuri sau servicii, sau în realizarea obiectivelor...” poate fi structurată în mai multe feluri: 4 instrumente sau forme purtătoare de tehnologie cum ar fi tehnică (technoware), umană (humanware), informațională (infoware) și organizatorică (orgware); tehnologii de produs, de fabricație, de proiectare a produsului, de proiectare a tehnologiei de fabricație, de simulare, de mentenanță, de exploatare, de lichidare etc.; tehnologii specifice ramurilor de producție industrială (construcția de mașini, electronică, energetică etc.).

- Dezvoltarea tehnologică, transferul tehnologic s-au dezvoltat simultan cu obiectul acestora (tehnologia) devenind procese complexe și multidisciplinare cu efecte tehnico-economice care trebuie să fie evaluate anticipat actului de dezvoltare și/sau de transfer. În baza metodelor, modelelor, instrumentelor și criteriilor de evaluare analizate se poate constata că evaluarea tehnologiilor pentru transfer se produce în aspecte sistemice sau parțial sistemice la nivelul propriu tehnologiei în calitate de element al sistemului de producție (specificatii tehnologice, capacități și competențe tehnologice, performanță specifică, TRL, maturitatea tehnologică, funcția tehnologică), la nivelul sistemului de producție (MRL, strategie tehnologică, ecosistem tehnologic, finanțe, alți factori interni etc.), la nivelul macrosistemului de funcționare concurențială (lanț de aprovizionare, strategie de afaceri, piață, imagine etc.).
- Ținând cont de faptul că efectele dezvoltării/transferului tehnologic se manifestă la trei nivele ierarhice sistemice (menționate mai devreme) este necesar ca evaluările să fie robuste, multilaterale și obiectiv bazate pe măsurări, să fie realizate de echipe bine structurate ca competențe specifice criteriilor adoptate, cu o metodică capabilă, chiar și în condițiile de luare în considerare a diferitor serii de factori, să permită ierarhizarea variantelor de transfer tehnologic,
- La adoptarea metodelor de selectare și evaluare a tehnologiilor trebuie să țină cont: de caracteristica modernă a tehnologiilor; de frecvența mare de apariție a versiunilor noi în perspectiva transferului tehnologic continuu incremental; de rezerva (perspectiva) de dezvoltare înglobată în tehnologia nouă; de caracterul sistemic al tehnologiei, adică de posibilitatea de a constitui sisteme și medii tehnologice sau de a se înscrie sistemic în medii tehnologice existente; de capacitatea de absorbție a tehnologiei determinată de nivelul tehnic și de nivelul de calificare a personalului; de realitatea tehnico-economică în fabricație sub aspectul costurilor.
- În calitate de criteriu sau de ghid al corectitudinii evaluării tehnologiei pentru transfer poate fi recomandat gradul de ajustare și de interacționare a tehnologiei cu tehnologiile-pilon ale conceptului Industrie 4.0. Datorită tehnologiilor TIC istoricul dezvoltării tehnologice industriale pierde din importanță și crearea condițiilor adecvate de integrare cu aceste tehnologii de către companiile industriale poate stimula dezvoltarea industrială incluzivă și durabilă și atingerea obiectivelor de dezvoltare durabilă industrială.
- Metodele, instrumentele, criteriile de evaluare a tehnologiilor au caracter general și pot fi aplicate tehnologiilor din toate ramurile de producție industrială, având, totuși, aspecte specifice legate de natura fizică a tehnologiei.

## 2. EVALUAREA ȘI MĂSURAREA FUNCȚIILOR TEHNOLOGICE, FUNCȚIILOR DE TRANSFER/DEZVOLTARE TEHNOLOGICĂ

### 2.1. Proprietățile obiectelor ingineriei mecanice și industriale și manifestarea acestora

Construcția de mașini ca ramură a producției industriale se bazează preponderent pe două domenii a științelor ingineresti cum sunt ingineria mecanică și ingineria industrială.

Ingineria mecanică se referă la studiul obiectelor/proceselor fizice bazate pe forță și mișcare combinând principiile fizicii ingineresti și matematicii cu știința materialelor pentru a proiecta, analiza, fabrica și întreține sisteme mecanice.

Ingineria industrială se referă la optimizarea proceselor, sistemelor sau organizațiilor complexe prin interacțiuni integrate ale oamenilor, cunoștințelor, informațiilor, echipamentelor, finanțelor în condiții de concurență.

Ingineria mecanică și industrială folosesc instrumente precum proiectarea asistată de calculator (CAD), fabricarea asistată de calculator (CAM), inginerie asistată de calculator (CAE), orice asistată de calculator (CAX), managementul ciclului de viață al produsului/proceselor etc.

Abordările moderne de dezvoltare integrată a produselor și proceselor largesc substanțial spectrele de subiecte ale ingineriei mecanice și industriale.

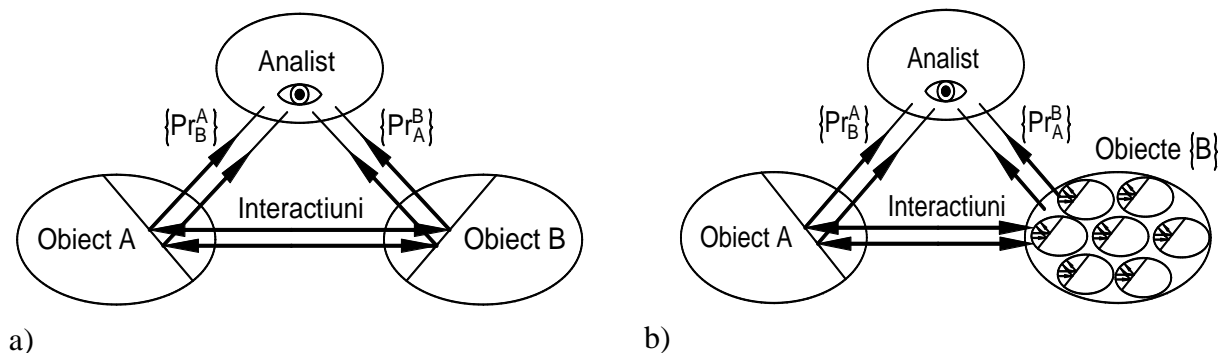
Evaluarea tehnologiilor pentru transfer trebuie să se facă în baza unor mărimi ce pot fi clar identificate, măsurate, comparate. În acest sens, foarte atractivă este noțiunea de *proprietate*. În domeniul construcțiilor de mașini, la proiectare și fabricare se folosesc foarte multe proprietăți ale obiectelor. De exemplu, materialele sunt caracterizate de proprietăți clasificate astfel: fizice, chimice, mecanice, tehnologice, termice, optice, electrice, magnetice, radiologice, igienosanitare toxice etc. În procesul de transfer, noțiunea de *proprietate a tehnologiei* devine una fundamentală, deoarece anume proprietatea este cauza inițierii transferului, este și elementul principal de evaluare și măsurare [117].

În orice obiect există ceva „pentru sine” (obiect în sine), ceva ce se regăsește în limitele lui (obiectului) și nu depinde de altceva. Simultan, în orice obiect există ceva „pentru altcineva” (obiect pentru un alt obiect), ceva ce este condiționat exclusiv în legătură cu altceva [118]. Proprietatea nu este doar o manifestare exterioară, ci și o unitate a aparenței și esențialității, fiind un mesager către exterior despre calitatea internă [119]. Astfel, proprietatea se naște în interiorul calității obiectului, în sfera esenței sale, iar genotipul proprietății este determinat de totalitatea tuturor legăturilor interne. Proprietatea reprezintă un moment de determinabilitate calitativă

proprie a unui obiect, care prin interacțiunea cu un alt obiect se desprinde de propriul fundament, pătrunde în acel alt obiect, dobândește în și prin acesta vizibilitate și există deja pe bază străină, pe purtător străin (fig. 2.1, a).

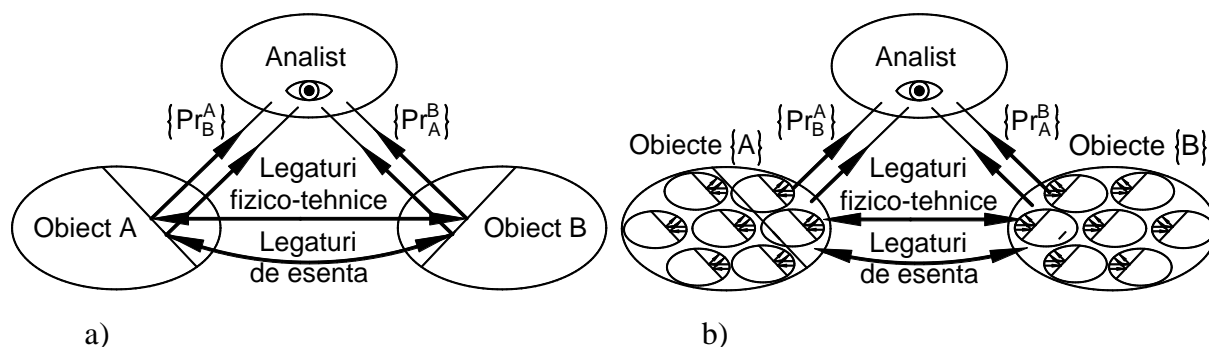
Interacțiunea este reciprocă, astfel încât în ochii analistului se manifestă atât proprietatea obiectului A în baza B ( $Pr_B^A$ ), cât și proprietatea obiectului B în baza A ( $Pr_A^B$ ). Interacțiunea este, de regulă, multiplă, se produce pe diferite canale fizice (de exemplu, mecanic de forță, mecanic de frecare, termic etc.), astfel simultan se manifestă și sunt observate mulțimi de proprietăți ale ambelor obiecte  $\{Pr_B^A\}$  și  $\{Pr_A^B\}$ . Interacțiunile se pot produce simultan cu mai multe obiecte, astfel încât fiecare cuplu de obiecte generează proprietăți, mulțimea ultimelor devenind foarte mare. Mai mult, interacțiunea obiectului A cu mulțimea de obiecte  $\{B\}$ , generând interacțiuni în interiorul acestei mulțimi cu efecte foarte variate pentru proprietăți (fig. 2.1, b).

O proprietate este o calitate, un potențial reflectat într-un obiect, este o calitate din domeniul posibilului. O posibilă proprietate se dezvăluie în exterior în interacțiunea cu alt obiect și prin acest alt obiect.



**Fig. 2.1. Formarea proprietăților obiectelor în interacțiunea „de oglindire”: a) între obiectele A și B ; b) între obiectul A și mulțimea de obiecte  $\{B\}$  [117]**

Interacțiunile se produc prin stabilirea legăturilor dintre obiecte. Legătura este un mod de prezență a unui obiect în altul, un mijloc de existență a diferitelor obiecte în unitatea lor [119]. Există două tipuri principale de legături (fig. 2.2): 1) legătură externă prin contact de forță (energetic) al obiectelor cu menținerea reciprocă efectului de forță în spațiu și timp; 2) legătură externă abstractizată a esențelor inerente interne ale obiectelor cum ar fi, de exemplu, legăturile cauză–efect, general–particular etc. Primul tip de legături are caracter real bazat pe legile fizico-tehnice, iar cel de-al doilea are caracter virtual, reprezentând, de fapt, direcții de schimbare și dezvoltare orientată.



**Fig. 2.2. Legături externe fizico-tehnice și legături abstractizate de esență: a) între obiectele A și B ; b) între mulțimile de obiecte  $\{A\}$  și  $\{B\}$  [117]**

O legătură este înțeleasă ca o acțiune reciprocă a obiectelor, astfel încât fiecare dintre ele, schimbându-se cantitativ în alianță cu celălalt, continuă totuși să-și mențină clar determinabilitatea calitativă.

Obiectele își manifestă proprietățile în interacțiuni cu alte obiecte prin schimbările ce se produc. Or, numai prezența sau lipsa unor schimbări poate fi observată prin comparație a ceea ce a fost și ceea ce este. Astfel, proprietatea poate fi definită ca fiind capacitatea inerentă a obiectului în anumite interacțiuni de a produce (a nu produce) într-un alt obiect careva schimbări și/sau de a se schimba (a nu se schimba) sub influența altor obiecte [118]. Schimbarea sau lipsa schimbării în esență reprezintă proprietatea. Aici nu este nici o contradicție, deoarece la interacțiune participă cel puțin două obiecte și pentru fiecare dintre ele pot fi formulate criteriile și cerințele individuale de schimbare sau de neschimbare și măsura acestor fenomene.

Proprietățile pot fi interioare și exterioare [120]. O proprietate internă (intrinsecă) este una pe care obiectul dat o are de la sine, apriori, independent de alte obiecte. O proprietate externă (extrinsecă sau relațională) este una care depinde de legăturile obiectului dat cu alte obiecte.

Este necesară o precizare a noțiunii de obiect. În domeniile ce țin de tehnologie și tehnică, de procese și produse, de industrie și întreprinderi pot fi luate în considerare o mulțime de obiecte. Comun pentru ele sunt interacțiunile (legăturile) cu transfer de materie și/sau energie și/sau informație. Particularitățile analizei vor scoate în prim-plan unul din aspectele menționate (material, energetic, informațional), fiind prezente iminent și celelalte două.

În domeniul ingineriei mecanice și industriale pot fi menționate diferite categorii de obiecte cu caracter real [117]:

- *obiecte fizico-tehnice materiale* (solide, lichide, gazoase, plasmă, mașini-unelte, dispozitive, scule, semifabricate, piese, ansambluri, mecanisme, mașini, produse etc.);

- *obiecte fizico-tehnice energetice* (câmp gravitațional, câmp magnetic, câmp electric, câmp electromagnetic, fascicul laser, fascicul de electroni etc.);

- *obiecte-procese fizico-tehnice* (mecanic, de așchiere, de deformare plastică, de sudare, termic, magnetic, electric, electromagnetic, de uzură, de oxidare, de fisurare, de acoperire, de depunere, de distrugere, tehnologic, de fabricare, de producție, de transport, de depozitare etc.).

Sunt de menționat și obiectele imateriale cu un conținut esențial, care sunt create de către oameni prin observație, analiză și cercetare și care oferă un fundament general-metodologic pentru dezvoltarea noilor tehnologii și produselor industriale. Altfel spus, aceste obiecte reprezintă medii prietenoase pentru dezvoltare. Drept exemple pot fi enumerate următoarele obiecte [117, 118]:

- *obiecte geometrice*, care definesc forma altor obiecte prin limite spațiale și le asociază la idealități geometrice reprezentate grafic sau modelate matematic;

- *obiecte-procese* (de marketing, de concepție, de proiectare constructivă, de proiectare tehnologică, de logistică, de organizare, de inovare, de transfer tehnologic, de digitalizare, de informatizare etc.);

- *obiecte organizatorice*, care reflectă și reglementează existența și manifestarea în timp și spațiu a obiectelor din orice categorie;

- *obiecte-programe* – combinație de instrucțiuni codificate și de date ce permit unui sistem de calcul sau de comandă să efectueze calcule sau funcții de comandă;

- *timpul* este obiect-factor prin care se stabilește faptul, măsura și viteza schimbării (neschimbării) altor obiecte în interacțiuni cu efecte fizico-tehnice (îmbătrânirea fizică, îmbătrânirea naturală a aliajelor, fluajul materialelor, timpul de înjumătățire radioactivă  $t_{1/2}$  etc.), cât și cu efecte de esență (îmbătrânire morală, nivelul tehnic, nivelul tehnologic etc.);

- *obiecte-fenomene tehnico-economico-sociale* cum ar fi, de exemplu, ciclurile lungi și scurte economice Condratiev, revoluțiile industriale, producția, marketingul, strategia economică, calitatea, diversificarea și personalizarea piețelor, inovarea și transferul tehnologic, Industria 4.0, ecologia, dezvoltarea durabilă etc.;

- *obiecte-concepte* care reprezintă generalizări și sinteze de noi idei bazate pe experiențe avansate, cum ar fi:

- ✓ concepte de tehnologii de fabricare (subtractive, aditive, asamblare, sudare, matrițare, ștanțare, turnare, injecție, așchiere la viteze mari, așchiere uscată etc.);

- ✓ concepte de fabricație (de masă, serii, unicate, automatizată, flexibilă, digitală, directă din calculator, avansată, deșteaptă, inteligentă etc.);

- ✓ concepte industriale: „Industry 4.0” (Germania, 2010 ), „Advanced Manufacturing Partnership 2.0” (SUA, 2011), „Catapult Centers” (Marea Britanie, 2011), „Intelligent Factories Clusters” (Italia, 2012), „Made in China 2025” (China, 2014), „Intelligent Factories Clusters” (Belgia, 2014), „Industry of the Future” (Franța, 2015), „Revitalization/Robots Strategy” (Japonia, 2015), „Manufacturing Innovation 3.0” (Coreea de Sud, 2015);
- ✓ concepte de noi tehnologii ale Industriei 4.0: roboți colaborativi autonomi, simulări și gemeni virtuali, realitate augmentată, integrare sistemică pe orizontală și pe verticală, internet industrial al obiectelor, fabricare aditivă, analiza datelor mari, computerizare în nori, securitizare cibernetică etc.;
- *obiecte-teorii* care reprezintă o abstractizare și o conceptualizare a realității obiective, devenind astfel o formă a cunoașterii raționale și sisteme de cunoștințe structurate pentru descriere și explicație a domeniilor realității.

Din această listare a categoriilor de obiecte se poate afirma că ele (obiectele) sunt constituite dintr-un nucleu, dintr-o substanță individualizată, iar în jurul nucleului se formează un nor de legături de interacționare, un nor de proprietăți, datorită cărora obiectul își păstrează identitatea.

Dacă un obiect este ceva specific, deosebit de ceea ce sunt alte obiecte, atunci acesta are și alte proprietăți. Și invers, dacă un obiect manifestă alte proprietăți decât manifestă alte obiecte, atunci el este ceva specific, deosebit de ceea ce sunt alte obiecte. În multe cazuri este importantă identitatea obiectelor. Două obiecte sunt identice, au identități similare, dacă manifestă aceleași proprietăți.

Din această listare a categoriilor de obiecte se poate afirma că ele (obiectele) sunt constituite dintr-un nucleu, dintr-o substanță individualizată, iar în jurul nucleului se formează un nor de legături de interacționare, un nor de proprietăți datorită cărora obiectul își păstrează identitatea.

Obiectele există, interacționează și se manifestă prin proprietăți în timp. Timpul reprezintă un cadru de desfășurare a interacțiunilor, de stabilire a legăturilor, o condiție pentru schimbări, o măsură a existenței obiectelor, o caracteristică a schimbării stărilor obiectelor și a dezvoltării lor. Ca urmare, proprietățile sunt rezultatul unor procese cuantificate în timp și, în general, sunt variabile. Starea unui obiect, în acest context, nu este altceva decât mulțimea de proprietăți manifestate de acest obiect în cuantele date de timp și spațiu.

*Interacțiunea obiectelor.* Proprietățile obiectelor se manifestă dacă există interacțiune cu stabilirea legăturilor, adică dacă apare o sarcină de mărime suficientă (fizică și/sau



informațională) capabilă să producă o stare de solicitare reciprocă. În calitate de surse ale proprietăților servesc ambele obiecte din cuplu. Într-un alt cuplu vor fi prezente alte proprietăți. Același cuplu de obiecte solicitate reciproc într-o altă interacțiune vor manifesta alte proprietăți.

Din cele relatate rezultă că interacțiunea nu reprezintă o sursă de apariție a proprietăților obiectelor, ci numai o condiție de manifestare a acestora. Această condiție include trei elemente: prezența interacțiunii propriu-zise ca fenomen, selectarea mecanismului interacțiunii și selectarea interfeței interacțiunii.

Interacțiunea poate fi definită ca un impuls specific material și/sau de energetic și/sau informațional produs de unul din obiectele cuplului și perceput, suportat de celălalt obiect al cuplului. Efectul perceperii, suportului impulsului de către cel de-al doilea obiect este și el un impuls de reacție perceput și suportat de primul obiect.

Realizarea unei interacțiuni dintre obiectele cuplului este determinată de manifestarea proprietăților compatibile și a comportamentelor relevante ale obiectelor. În același timp, trebuie să fie specificate condițiile, limitările, cuantificările de spațiu și de timp, scenariile de operare respectarea cărora favorizează interacțiunea.

*Mecanismul interacțiunii* caracterizează calitativ și cantitativ impulsul specific, modalitățile și parametrii interacțiunii, reprezentând astfel forma concretă a interacțiunii, o variantă din multele posibile.

În construcția de mașini, în ingineria mecanică interacțiunile reale au caracter fizico-tehnic și se produc în baza mai multor legi fizice. O interacțiune fizico-tehnică este realizată dacă este selectat un efect fizic și o geometrie adecvată (de exemplu, efectul fizic de rostogolire a profilurilor evolventice ale dinților roților).

*Interfața interacțiunii.* Noțiunea *interfață* este comuna domeniilor ingineriei mecanice, ingineriei sistemelor, având și o utilizare universală, uzuală pentru toată lumea. Fiecare domeniu lasă o amprentă specifică, astfel ingineria mecanică formulează interfața în mai multe variante [117, 118, 121, 122]:

- locul de trecere a interacțiunii dincolo de limitele spațiale ale obiectelor;
- o relație fizică sau funcțională de împerechere între două obiecte prin care se produce interacțiunea;
- un mijloc facilitator ce face posibilă realizarea interacțiunii dintre două obiecte;
- o relație intenționată de interacțiune între două obiecte;
- locul unde apar proprietățile, mijlocul prin care obiectul poate fi conceput pentru a îndeplini anumite cerințe funcționale;

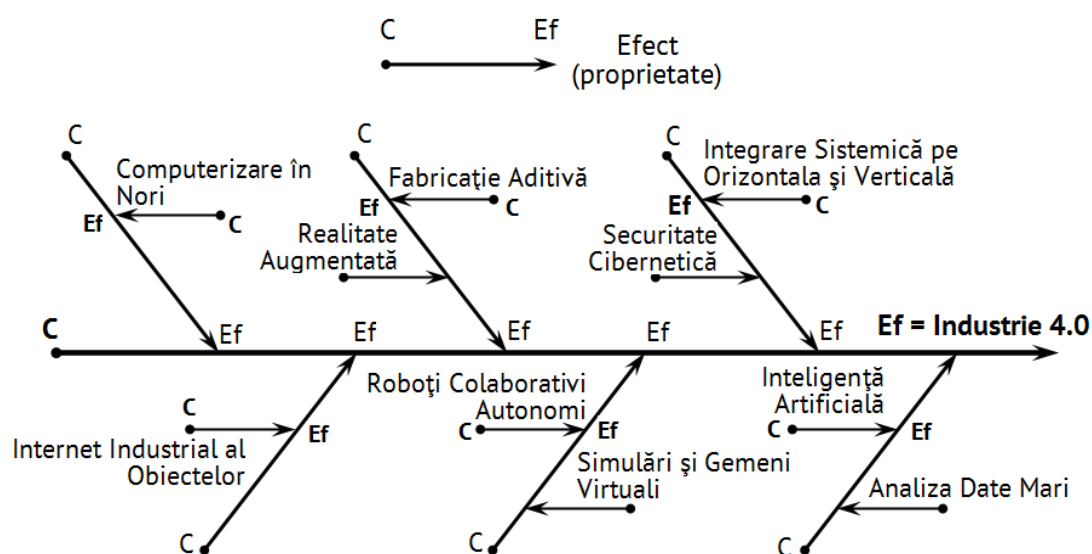
- orice relație fizică sau logică necesară pentru a reuni granițele obiectelor, inclusiv a obiectului cu mediul extern al lui.

În interacțiune se găsesc simultan cel puțin două obiecte, ambele având porțiuni de frontiere comune – interfețe. Fiecare dintre obiectele cuplului dispune de propria porțiune de frontieră comună, adică dispune de propria interfață. Este o abordare ce definește interfețele simple.

Altă abordare consideră că interfața este un obiect în sine, care în același timp unește obiectele și le separă. Fiind ceva separat, interfața este constituită din obiectele în interacțiune și este una complexă [117, 118].

În foarte multe cazuri, mecanismul inițial intenționat al interacțiunii se suplimentează cu mecanisme derivate, astfel încât apar interacțiuni suplimentare, apar interfețe noi, eventual sunt implicate în interacțiune și alte obiecte. Interacțiunile derivate pot fi rezultatul de reacție al mecanismului interacțiunii intenționate, pot fi și o consecință a mecanismului unei interacțiuni derivate deja definite. Mecanismele interacțiunilor intenționate și derivate și fenomenele fizico-tehnice ale acestora se manifestă toate împreună, astfel sarcina analistului constă în stabilirea ordinii manifestării fenomenelor și obiectivității legăturilor cauză–efect ale interacțiunilor.

O variantă de reprezentare a procesului de formare a proprietății este sintagma cauză–efect. Acest fapt înlesnește cu mult reprezentarea formării proprietăților complexe de sinteză prin diagrama Ishikawa (fig. 2.3). Diagrama permite structurarea logică a complexității formării proprietăților prin modele cauză–efect. În calitate de exemplu, în figura 2.3 este dată formarea proprietăților conceptului Industrie 4.0 prin tehnologiile-piloni.



**Fig. 2.3. Formarea proprietăților conceptului Industrie 4.0 prin proprietăți dezvoltate în tehnologiile sale [117]**

## 2.2. Funcția tehnologică

Interacțiunile dintre obiecte pot fi naturale cu efecte utile sau fără ele, dar pot fi și inițiate, organizate, realizate intenționat de către om, fiind artificiale. Anume aceste din urma interacțiuni reprezintă începutul oricărei tehnologii. Cronologic, acest proces include următoarele acțiuni: selectarea obiectelor, inițierea interacțiunii, alegerea mecanismului interacțiunii, formarea interfeței interacțiunii, stabilirea legăturilor și observarea proprietăților obiectelor.

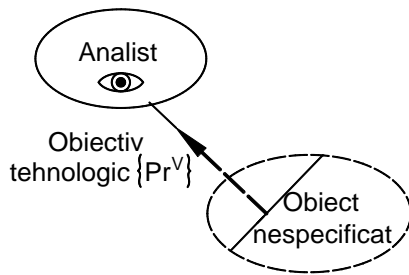
Odată ce foarte multe proprietăți ale obiectelor sunt cunoscute, precum și gradele lor de compatibilitate și acest fapt reprezintă un potențial de interacționare. În contextul activităților practice ingineresti există posibilitatea nu numai de a selecta, dar și de a crea orientat obiecte cu proprietăți compatibile pentru anumite mecanisme de interacțiuni și de interfețe formate, astfel încât să se obțină un rezultat, un efect formulat anticipat. În acest caz, se schimbă cronologia acțiunilor: selectarea proprietăților compatibile, alegerea obiectelor purtătoare de asemenea proprietăți, alegerea mecanismului și interfeței interacțiunii, inițierea interacțiunii, stabilirea legăturilor, observarea și înregistrarea rezultatului formulat anticipat (proprietăților), verificarea (testarea) proprietăților manifestate.

E de menționat că compatibilitatea reciprocă este necesară și pentru proprietăți, și pentru interfețe. Lipsa unui element de compatibilitate duce la neformarea legăturii, iar rezultatul, efectul așteptat nu este obținut.

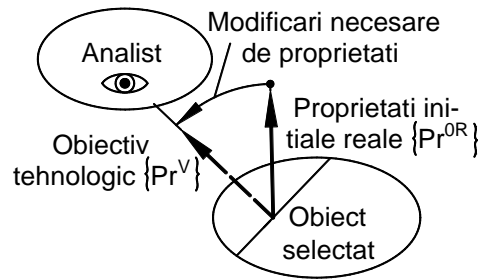
Pentru a satisface cerințele, este necesar un obiect cu un set adecvat de proprietăți. Dacă un astfel de obiect există și este disponibil, necesitatea este satisfăcută. În caz contrar, anumite obiectele pot fi modificate favorabil. Inițial se formulează obiectivul tehnologic.

Obiectivul tehnologic reprezintă o stare a unui obiect oarecare, un set de proprietăți al acestuia  $\{Pr^V\}$  ce poate fi realizat prin acțiune orientată (fig. 2.4). Caracterul obiectivului este unul imaginar, virtual, încă inexistent real, corespunde întrebării „ce?” și nu prevede răspunsuri la alte întrebări cum ar fi „cum?” și „din ce?” [117, 118].

Se constată că există un obiect cu un set de proprietăți inițiale reale  $\{Pr^{OR}\}$  ce nu corespund pe deplin necesității (fig.2.5), dar care poate fi modificat până la dimensiunea setului formulat de obiectivul tehnologic  $\{Pr^V\}$  (fig.2.4). Aici se dă răspuns la întrebarea „din ce?”. Urmează selectarea modalității de acționare asupra obiectului pentru modificarea proprietăților acestuia.



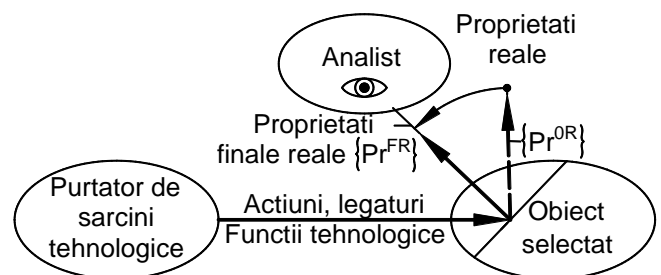
**Fig. 2.4. Formularea obiectivului tehnologic  $\{Pr^V\}$**



**Fig. 2.5. Obiect cu proprietăți reale  $\{Pr^{OR}\}$  ce pot fi aduse la dimensiunile formulate de obiectiv  $\{Pr^V\}$**

Modalități de acționare sunt mai multe, dar se alege una singură, astfel se obține concret și univoc răspunsul la întrebarea „cum?” (fig.2.6). Acțiunea, la rândul său, poate fi realizată de mai multe obiecte purtătoare de sarcini tehnologice și urmează alegerea numai a unuia. Fiind definite acțiunile, se alege purtătorul de sarcini tehnologice, se alege mecanismul și interfața interacțiunilor, sunt inițiate acțiunile, sunt stabilite legăturile, se observă și se înregistrează modificările proprietăților, se verifică prin testare proprietățile finale reale (fig. 2.6).

Purtătorul de sarcini tehnologice realizează o concretizare continuă a modului de modificare a proprietăților, fiind un sistem de transformare „cum?” a intrărilor „din ce?” în ieșiri „ce?” [118]. Purtătorul de sarcini tehnologice are capacitatea de a transforma, necesară atingerii obiectivului.



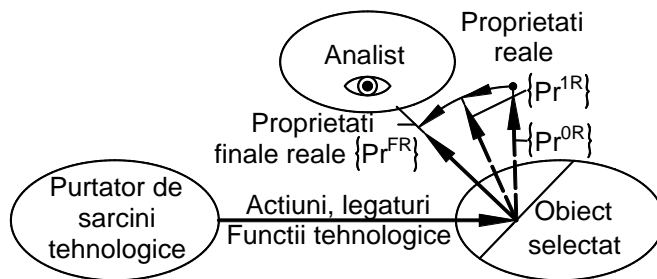
**Fig. 2.6. Constituirea funcțiilor tehnologice [117]**

La modificarea proprietăților inițiale se va ține cont că cele utile trebuie să fie păstrate, amplificate, scoase în evidență, iar cele inutile, cu influență negativă trebuie să fie diminuate, lichidate, neadmise. Amplificarea unor proprietăți și concomitentă diminuare a altor proprietăți rareori este asigurată de aceeași acțiune. Importantă este și diferența dintre valorile proprietăților inițiale reale și cele formulate prin obiectivul tehnologic. În consecință, modificarea necesară a proprietăților se face prin sarcini tehnologice parțiale cu stabilirea obiectivelor intermediare (fig. 2.7).

O sarcină tehnologică reprezintă diferența ce trebuie să fie acoperită prin acțiune între o stare inițială reală dată și o stare intermediară sau finală virtuală, posibilă, imagină [118]. În rezultat, modificarea proprietăților se face în faze distincte și neliniar, adică nu există modificări numai spre „bine”, pot fi și „căderi” de proprietăți, care ulterior vor fi recuperate. În unele faze

prioritate se efectuează acțiunile pentru proprietățile “bune”, iar în alte faze – cele pentru combaterea proprietăților “rele”.

*Funcția tehnologică caracterizează capacitatea purtătorului de sarcini tehnologice de a efectua modificările proprietăților inițiale reale ale unui obiect în proprietățile acestuia finale tot reale.* Tehnologia, în acest context, poate fi definită ca un proces structurat în spațiu, ordonat în timp și orientat spre modificarea proprietăților obiectului.



**Fig.**

### 2.7. Atingerea obiectivului prin sarcini tehnologice parțiale [117]

Pentru tehnologie este importantă funcția rezultată din

proces și nu fenomenul fizico-tehnic utilizat pentru asta. Funcțiile definesc esența tehnologiilor, astfel încât tehnologiile reprezintă artefacte, informații și cunoștințe [10]. Deoarece funcțiile au orientare externă, tehnologiile pot fi multiplicare prin multe opțiuni fizico-tehnice adecvate funcțiilor și utilizărilor funcționale. Abordarea funcțională a entității tehnologice poziționează tehnologia într-un sistem de valori ce permit aprecieri privind calitatea și eficiența tehnologiilor.

Se observă că acțiunile purtătorului de sarcini tehnologice au și o reacție pe aceleași sau pe alte canale fizice, devenind astfel obiect cu proprietăți în proces de modificare. În ambele obiecte se produc fenomene cu efecte observabile și analiza poate fi axată pe unele sau altele dintre ele.

Obiectivul tehnologic este definit ca un set de proprietăți ce poate fi obținut sau realizat prin acțiuni, efort și are caracter imaginar, virtual. Fiind specificat un purtător adecvat de sarcină tehnologică, obiectivul cu setul de proprietăți imaginare se transformă și își însușește un set de proprietăți finale reale.

Astfel, sarcina tehnologică definește o cerință, iar funcția tehnologică definește realitatea în care se îndeplinește sarcina, adică reprezintă un răspuns cerinței.

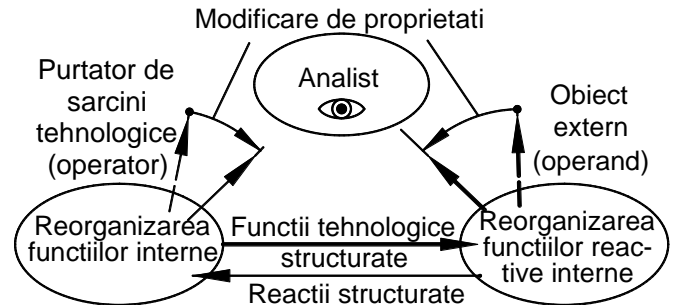
La baza funcției tehnologice sunt puse acțiunile ce se desfășoară în timp, astfel, la formularea funcției tehnologice ca și capacitate a purtătorului de sarcini de a da efectiv răspunsuri la întrebările „din ce?”, „ce?”, „cum?” se mai adaugă și factorul de timp „când?”.

Performanțele finale ale unei funcții tehnologice sunt generate în rețele de interacțiuni cauză–efect, astfel încât rezultatele unui proces reprezintă condițiile de lansare pentru următorul proces. Interacțiunile nu sunt ideale și pentru a obține rezultate funcționale, componentele

tehnologice trebuie să fie de anumită calitate și să fie plasate fizic, spațial și logic în anumite poziții pentru a funcționa [10].

În procesul de funcționare a tehnologiei se pot evidenția mai multe faze [117, 118] (fig. 2.8), cum ar fi:

- ✓ interacțiunea obiectului purtător de sarcini tehnologice cu un alt obiect extern, fiind astfel inițiată o funcție tehnologică fie ca o influență din partea obiectului extern, fie ca tendința a purtătorului de sarcini tehnologice să ajungă într-o stare proprie mai preferențială, tendință ce provoacă acțiune asupra obiectului extern;



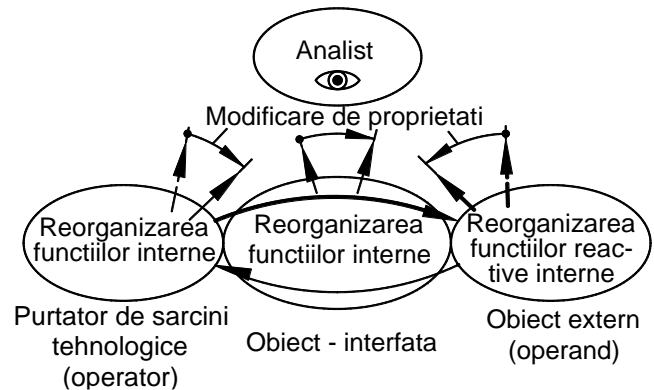
**Fig. 2.8. Reacții suportate de purtătorul de sarcini tehnologice [117]**

- ✓ inițierea de către obiectul purtător de sarcini tehnologice a unui mecanism structurat în spațiu și timp de interacțiune cu obiectul extern;
- ✓ formarea unei interfețe structurate de interacțiune între obiectul purtător de sarcini tehnologice și obiectul extern;
- ✓ adaptarea reciprocă a obiectului purtător de sarcini tehnologice și a obiectului extern prin subordonare, adică prin modificarea intensivă a proprietăților obiectului extern, iar modificarea se produce prin reorganizarea funcțiilor interne ale acestuia;
- ✓ perceperea efectului reacției structurate de la obiectul extern de către structură internă a obiectului purtător de sarcini tehnologice; reorganizarea structurii funcțiilor interne ale obiectului purtător de sarcini cu repartizarea sarcinilor pe elemente funcționale și coordonarea acțiunilor pentru a asigura capacitatea acestuia să realizeze funcția tehnologică externă;
- ✓ reorganizarea structurii funcțiilor interne ale obiectului purtător de sarcini cu repartizarea sarcinilor pe elemente funcționale și coordonarea acțiunilor pentru a asigura capacitatea acestuia să realizeze funcția tehnologică externă;
- ✓ modificarea proprietăților obiectului purtător de sarcini tehnologice (simultan cu modificarea proprietăților obiectului extern) ca rezultat al reorganizării funcțiilor interne.

Astfel, funcțiile tehnologice structurate provoacă reacții structurate și reorganizarea funcțiilor interne atât al obiectului extern, cât și al purtătorului de sarcini tehnologice. În același timp, funcțiile tehnologice se manifestă prin interfețe comune obiectelor în interacțiune și acestea (interfețele) pot fi considerate obiecte separate. *Actul de realizare a funcției tehnologice include reorganizarea funcțiilor interne cu modificarea proprietăților a trei obiecte distincte: a*

*purtătorului de sarcini tehnologice (operatorului), a obiectului extern (operandului) și a interfeței (fig.2.9).*

Reorganizarea funcțiilor interne, modificarea proprietăților sunt procese ce derulează în timp, astfel obiectele menționate sunt obiecte-procese, adică obiecte tehnologice. În afara interacțiunilor acest obiect–interfață nu există. Obiectul purtător de sarcini tehnologice are definită structura funcțională internă, iar obiectul extern are definită structura funcțională reactivă internă. Aceste trei obiecte, proprietățile și variația acestora reprezintă factori ai funcției tehnologice.



**Fig. 2.9. Realizarea funcției tehnologice prin reorganizarea funcțiilor interne ale obiectului extern (operandului), purtătorului de sarcini tehnologice (operatorului) și a interfeței [117]**

Dacă într-un proces de interacționare obișnuit, fără așteptarea unui rezultat dorit, stabilirea legăturilor este condiționată de compatibilitatea proprietăților obiectelor, atunci realizarea unei funcții tehnologice este posibilă dacă se respectă compatibilitatea și a structurilor funcționale interne ale obiectelor - factori (operator, operand, interfață).

### **2.3. Definirea și măsurarea proprietăților funcțiilor tehnologice**

Definirea proprietăților funcțiilor tehnologice se face în formă de manifestare externă observabilă a reorganizării funcțiilor interne ale operatorului, operandului și interfeței.

Proprietățile în sine sunt importante, dar mai importantă este amploarea modificării acestora, amplificarea celor utile, diminuarea (blocarea) celor dăunătoare, formarea unor proprietăți noi etc. Acest lucru se constată prin măsurare. Măsurarea reprezintă un set de acțiuni cu utilizarea diferitelor tipuri de scale de măsurare.

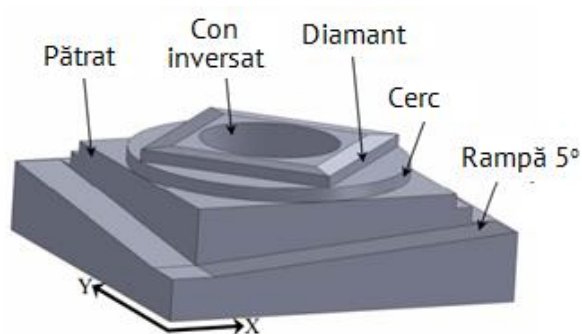
Mulțimea aplicațiilor funcțiilor tehnologice este foarte mare, deoarece este determinată de mulțimea și varietatea obiectelor ce se manifestă prin funcții tehnologice, de multiplele variante ale cuplelor de obiecte ce pot fi puse în interacțiune pentru manifestarea proprietăților. Variate sunt și condițiile de interacționare, mecanismele și interfețele, legăturile instalate, condițiile ce se pot modifica în rezultatul interacțiunii. Analistul poate schimba cu locurile operatorul și operandul, dacă este în interesul unei cercetări speciale. În consecință, numărul de proprietăți

manifestate prin reorganizarea funcțiilor interne ale obiectului purtător de sarcini tehnologice, a obiectului extern și a interfeței este mare.

*Măsurarea proprietăților funcțiilor tehnologice reale fizico-tehnice.* Obiectele cu caracter real fizico-tehnic pot fi puse în interacțiuni „pe viu” sau reprezentativ. Proprietățile reale ale funcțiilor tehnologice se manifestă atunci când atât purtătorul de sarcini tehnologice, cât și obiectul asupra căruia se acționează sunt reale. Aceste proprietăți sunt măsurate real, sunt veridice, dar au caracter particular cuplei de interacțiune utilizate. Drept exemplu poate fi dată prelucrarea mecanică a unei piese pe mașină-unealtă. Atât mașina unealtă, cât și piesa sunt reale, dar au caracteristici individualizate chiar în limitele claselor de mașini-unelte și tipurilor de piese.

Pentru generalizări și pentru diminuarea numărului de proprietăți luate în considerare până la „suficient și necesar”, există practica proprietăților reprezentative evaluate și măsurate în condițiile unor teste standardizate. Standardizarea este necesară pentru a avea posibilitatea de a compara proprietățile, pornind de la o bază comună. Un standard tehnologic este un proces de evaluare și măsurare a proprietăților, care reproduce stabil o funcție tehnologică structurată și o reacție tehnologică tot structurată. O proprietate reprezentativă este una similară cu proprietatea reală la un grad de veridicitate considerat acceptabil. Reprezentativitatea este o evaluare a similitudinii proprietăților, pornind de la ideea că, odată ce sunt similare cauzele și efectele, trebuie să fie similare și proprietățile.

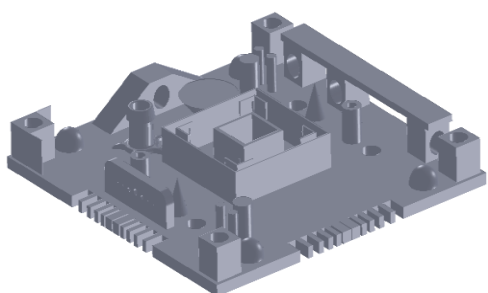
Exemplu de determinare a proprietăților reprezentative ale funcțiilor tehnologice de prelucrare mecanică pe centre de prelucrare CNC reprezintă măsurarea parametrilor geometrici de precizie ai unei piese standardizate prelucrate (fig. 2.10). Piesa are suprafețe de diferite forme și în poziții specifice. Dacă prelucrarea acestei piese este conform cerințelor tehnice [123], atunci se consideră că centrul de prelucrare CNC realizează funcții tehnologice adecvate pentru o clasă de piese cu geometrii și cerințe tehnice similare. Pentru alte geometrii, inclusiv mai complexe ale pieselor de prelucrat, sunt utilizate alte artefacte de complexitate corespunzător mai înaltă.



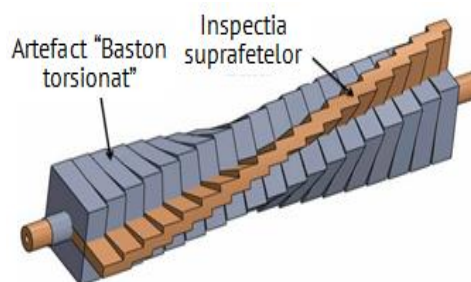
**Fig. 2.10. Artefact de prelucrat „cerc-diamant-pătrat” pentru stabilirea proprietăților funcțiilor tehnologice ale centrelor de prelucrare CNC[123]**



Dacă în cazul tehnologiilor tradiționale de prelucrare mecanică fenomenul fizico-tehnic de generare a suprafețelor este preponderent aşchiera prin diverse metode, atunci tehnologiile aditive se bazează pe mult mai multe fenomene fizico-tehnice cu problematici specifice de creare a formelor. Pentru acest domeniu, care se dezvoltă foarte rapid, se elaborează artefacte de forme geometrice specifice funcțiilor tehnologice realizate (fig. 2.11, 2.12). Uneori testarea se face cu echipamente reale pe piese reale. Totuși, preponderent se utilizează artefacte standardizate, astfel funcțiile tehnologice sunt evaluate reprezentativ.



**Fig. 2.11. Artefact de testare a unei tehnologii aditive [124]**



**Fig. 2.12. Artefact de testare a parametrilor de calitate a suprafețelor formate aditiv [125]**

Ingineria modernă se bazează în mare măsură pe modelare cu variații sistematice ale parametrilor pentru a mapa comportamentul și a înțelege cauzele care stau la baza acestuia. Proprietățile funcțiilor tehnologice pot fi definite și măsurate prin interacțiuni virtuale (simulări) bazate pe modele geometrico-matematice. Modelele, deși au caracter virtual, se bazează și oglindesc comportamental fenomenele fizico-tehnice, obiecte și condiții reale. Modelele sunt definite ca abstracții ce reflectă aspecte ale entităților cărora le sunt similare. Proprietățile entităților sunt și ele părți componente ale modelelor. Proprietățile măsurate astfel au caracter reprezentativ și necesită determinarea nivelului de veridicitate.

*Măsurarea proprietăților funcțiilor tehnologice ale obiectelor complexe imateriale.* Obiectele complexe imateriale se manifestă funcțional tehnologic în raport cu alte tehnologii prin imbolduri de dezvoltare, prin deschideri de noi posibilități și/sau alternative, prin provocare de interese tehnice, economice și sociale etc. Abordarea oricărei tehnologii, având în vedere nucleul central în jurul căruia se formează un mediu vital al tehnologiei, face ca tehnologia să nu poată fi văzută în granițe clare și bine definite. Mediul vital al tehnologiei este unul format din tehnologii coerente deja adaptate reciproc și funcționează echilibrat, dar și unul format din tehnologii noi, cum ar fi cele digitale, ce provoacă dezechilibrare pentru dezvoltare. Astfel, este generat un proces de co-evoluție tehnologie–mediu cu îmbunătățiri incrementale în alternanță. Tehnologia

reprezintă rezultatul acestui proces de co-evoluție în care funcțiile tehnologice, cunoștințele, artefactele și mediul lor vital se adaptează și se îmbunătățesc reciproc.

Potențialul tehnologic al acestor obiecte imateriale este multiplicat prin exemplul propriu – sunt în permanentă modificare, schimbare, sunt dinamice, prezintă noi și noi versiuni.

Proprietățile funcțiilor tehnologice ale versiunilor mai vechi sunt deja evaluate și măsurate. Sunt bine cunoscute efectele și problemele. Proprietățile versiunilor mai noi au un grad de credibilitate istorică și se măsoară calitativ prin interesul manifestat de către reprezentanții din industrie, din cercetare etc. Cu cât interesul este mai mare, cu atât sunt considerate mai valoroase proprietățile funcțiilor tehnologice. Măsurarea se face prin scientometrie, care este un instrument de studiere cantitativă a evoluției domeniilor științifice, tehnologice, a conceptelor industriale prin statistici ale informațiilor publicate în anumite perioade de timp de referință (lucrări științifice teoretice și aplicative, citări etc.).

O altfel de măsurare este realizată prin analiza experiențelor de succes (așa-numitele „bune practici”), cu rezultate reale ale agenților economici exprimate în valori tehnico-tehnologice și economice. Valorile absolute deseori nu sunt suficient de semnificative, astfel fiind utilizată măsurarea sensibilității. Sensibilitatea reflectă formarea unei valori–efect neproportională valorii–cauză. Bunele practici sunt diseminate, adaptate la diverse condiții concrete, iar măsura proprietăților devine tot mai aproape de cea reală.

#### **2.4. Evaluarea și măsurarea proprietăților funcțiilor de transfer/dezvoltare tehnologică în aspectele conceptului Industrie 4.0**

*Funcția de transfer/dezvoltare tehnologică poate fi definită ca capacitatea factorilor tehnologici externi să-și atribuie rol de purtător de sarcini tehnologice și să modifice proprietățile inițiale reale ale unei tehnologii în proprietățile acesteia finale tot reale.*

Conceptul Industrie 4.0 reprezintă un obiect complex imaterial cu influență majoră asupra dezvoltării tehnologiilor și asupra transferului tehnologic. În figura 2.13 este reprezentat schematic acest concept al Industriei 4.0 în interacțiune cu tehnologiile din ramura construcției de mașini. Fabricația inteligentă integrează procesele (tehnologiile) în întreprindere, tehnologiile de produse mecanice, tehnologiile de fabricație a obiectelor materiale, tehnologiile de suport informațional (proiectare asistată de calculator etc.) și tehnologiile digitale ale conceptului Industrie 4.0.

În contextul fabricației inteligente, sistemul de tehnologii este unul mixt, dar funcționează într-un mediu digital foarte profund și larg [127].

La dezvoltarea tehnologică prin transfer sau prin suport de cercetare–dezvoltare propriu se va ține cont de perspectivele deschise de acest concept *Industria 4.0*. Perspectivele sunt canalizate de șase principii de proiectare: descentralizare, virtualizare, modularitate, interoperabilitate, orientare către servicii, capacitate în timp real.

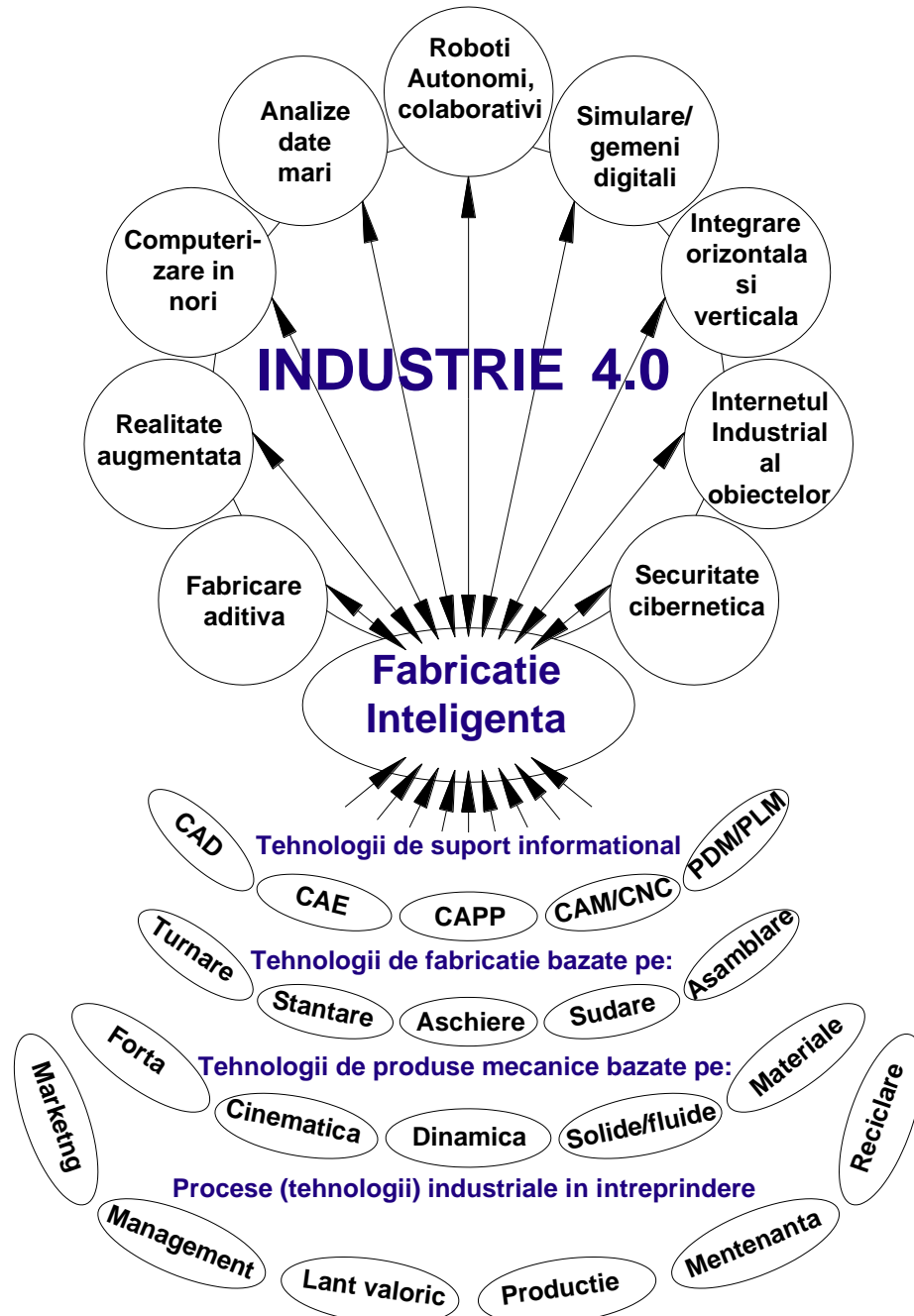


Fig. 2.13. Tehnologiile Fabricației Inteligente și ale Industriei 4.0. Dezvoltare după [126]

*Descentralizarea.* Acest principiu subliniază capacitatea sporită a oricărei entități industriale de la orice nivel de a lua decizii proprii în limitele participării la un proiect sau activitate complexă comună. Descentralizarea se referă la orice întreprindere, mașini și la personalul autonom, care, prin instrumentele proprii, are o mai mare libertate de a identifica și de

a lua decizii cu efecte utile pentru binele propriu și binele comun. Autonomia nu se referă numai la sistemele cyber-fizice, roboți etc., dar și la programele de calculator (CAD, CAE, CAPP, CAM, PDM, PLM etc.), care se activează în timp real, pornind de la situația concretă creată în spațiul propriu de responsabilității [127].

*Virtualizarea.* Acest principiu prevede crearea gemenilor virtuali ai lumii fizice reale inițial prin modele grafice, matematice, baze de date etc., pentru ca ulterior, în baza unor modele de simulare ce absorb datele de la sensori, procesele-gemenii să se maturizeze și să reprezinte material pentru analize de date mari în scopul evaluării și măsurării caracteristicilor de performanță, dar și a problemelor. Geamănul virtual reprezintă un instrument cu potențial ridicat pentru a facilita munca umană.

*Interoperabilitatea.* Acest principiu se realizează prin faptul că sistemele tehnice de producție au caracter cyber-fizic, adică au facilități inteligente și autonome de stocare și schimb de informații, pot iniția și controla independent activitățile. Astfel, oamenii și mașinile interacționează sincronizat în toate activitățile industriale.

*Modularitatea.* Acest principiu orientează la crearea sistemelor modulate, care pot fi mai adaptabile și mai flexibile la cerințele în permanentă schimbare, la includerea noilor tehnologii.

*Capacitate în timp real.* Acest principiu prevede ca în procesul de fabricație, sistemele tehnice inteligente conduse de software specifice să se adapteze imediat și automat deciziilor luate ca răspuns la necesitățile de producție. Capacitatea în timp real este una din caracteristicile centrale ale Industriei 4.0, deoarece asigură reactivitatea la factorii interni și externi în permanentă schimbare.

*Orientarea către servicii.* Acest principiu caracterizează disponibilitatea resurselor de producție tehnice, umane etc. pentru a fi utilizate de către terțe părți interesate, fiind asigurată trecerea de la sintagma “produs fabricat” la “produs – serviciu oferit”. În acest sens, Industria 4.0 se bazează pe performanța rețelelor și parteneriatelor cu toate părțile interesate (clienți, parteneri industriali, furnizori etc.).

Tehnologiile-pilon ale Industriei 4.0 sunt determinate prin instrumente de scientometrie. Au fost specificate următoarele tehnologii-cheie ale Industriei 4.0 [127] (fig. 2.13): roboți autonomi și colaborativi, realitatea augmentată, tehnologii de fabricare aditive, simularea/gemeni digitali, integrarea orizontală și verticală, securitatea cibernetică, internetul industrial al obiectelor (IIoT), computerizarea în nori (cloud computing), analiza datelor mari (big data analytics). La această listă se mai poate adăuga inteligența artificială (deseori împreună cu analiza datelor mari), fabricația în nori (cloud manufacturing), M2M (comunicare directă între mașini, dispozitive) etc.

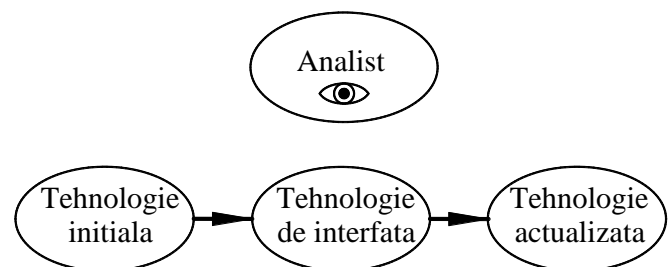
Pentru fiecare dintre tehnologiile Industriei 4.0 luate separat, celelalte tehnologii reprezintă mediul extern, iar elementele proprii (tehnologiile parțiale) reprezintă mediul intern. În abordarea sistemică se consideră că "mediul intern și cel extern al sistemului sunt continui (mediul, în general, este continuu, iar divizarea în mediu extern și intern este relativă)", "componentele sistemului și sistemul în întregime se supun unor legi de dezvoltare (... acționează și se manifestă în comun în vederea realizării unor obiective bine definite) și "mediul extern reprezintă mediul de existență al sistemului de unde își ia resursele, iar mediul intern – mediul de viață" [118]. Se poate trage concluzia că interacțiunea dintre tehnologia inițială și cea actualizată se produce cu participarea mediului extern, constituit din alte tehnologii-factori, astfel încât tehnologiile din mediu pot și devin interfețe în structura funcției de transfer/dezvoltare tehnologică (fig. 2.14). Și, deoarece, orice schimbare în mediul tehnologic produce dezechilibru, se constată o dezvoltare tehnologică sistemică continuă provocată și susținută de instrumentele Industriei 4.0.

*Funcția de transfer/dezvoltare tehnologică se manifestă prin reorganizarea funcțiilor interne ale tehnologiei inițiale în funcții interne ale tehnologiei dezvoltate prin intermediul uneia sau mai multora tehnologii de interfață.*

Dezvoltarea modernă a tehnologiilor tradiționale construcției de mașini se datorează fenomenelor integrative dintre procesele în cadrul întreprinderilor datorită succeselor informatice și de comunicație. Totuși,

esența proceselor caracteristice și specifice diferitor industrii rămâne în calitate de substanță, miez, nucleu. În așa mod, are loc și divizarea responsabilităților domeniilor industriilor concrete, pe de o parte, și a informaticii cu comunicarea, pe de altă parte. Tehnologiile menționate în figura 2.13 sunt de fapt duale, conținând atât instrument de procesare, cât și obiect instrumentat, dar specific ramurii industriale.

Atât construcția de mașini, cât și alte ramuri industriale sunt reprezentate în noul concept industrial de tehnologiile specifice proprii. În cazul construcției de mașini, aceste tehnologii sunt: turnarea, matrițarea, ștanțarea, așchiera, tratamentele termice, sudarea, asamblarea etc. Esența acestor procese este fizico-tehnică. Operanzii sunt obiecte din materiale metalice, plastice, compozite etc.. Operatorii sunt mașini-unelte, echipamente, scule etc. ce asigură solicitări



**Fig. 2.14. Modelul funcției de transfer/dezvoltare tehnologică (actualizarea tehnologiilor prin tehnologii-interfețe din mediul tehnologic)**

preponderent mecanice asistate deseori de cele energetice. Proiectarea și conducerea proceselor este tot mai frecvent asistată de calculator (CAD, CAE, CAPP, CAM, CNC, PDM, PLM etc.).

***Tehnologiile-pilon ale Industriei 4.0.*** Tehnologiile-piloni ai conceptului Industrie 4.0 sunt definite scientometric, conform interesului științifico-practic manifestat de cercetare și de industrie. Sunt specificate mai frecvent următoarele tehnologii: Roboți Autonomi și Colaborativi, Simulări și Gemeni Virtuali, Computerizare în Cloud, Integrare Sistemică Verticală și Orizontală, Internet Industrial al Obiectelor, Fabricare Aditivă, Realitate Augmentată, Analiza Datelor Mari (frecvent menționată împreună cu Inteligența Artificială), Securizare Cibernetică.

Tehnologiile-pilon ale conceptului Industrie 4.0 sunt de origini diferite, dar fiecare dintre acestea contribuie esențial la integrarea tuturor proceselor. Pentru orice obiect sau proces factorul integrator este digitalizarea ciclului de viață. În acest sens de cel mai mare interes este tehnologia "Simulare și gemeni digitali".

***Simulare/gemeni digitali.*** O îngemănare digitală reprezintă o simulare virtuală a mașinilor, produselor, proceselor, oricărui sistem din lumea reală bazată, inclusiv, pe datele furnizate de sensori și IIoT. Geamănul digital permite o mai bună înțelegere, analiza, îmbunătățirea performanței, întreținerea sistemelor și produselor industriale.

Gemenii digitali pot fi creați și completați în două situații deosebite. În prima situație obiectul fizic este proiectat cu instrumente moderne asistate de calculator, astfel încât chiar de la început există și în varianta digitală de nivel al detalierei determinat de programul de calculator utilizat. Cea de a doua situație se referă la obiectul fizic existent proiectat cu instrumente clasice, varianta digitală nefiind disponibilă [127].

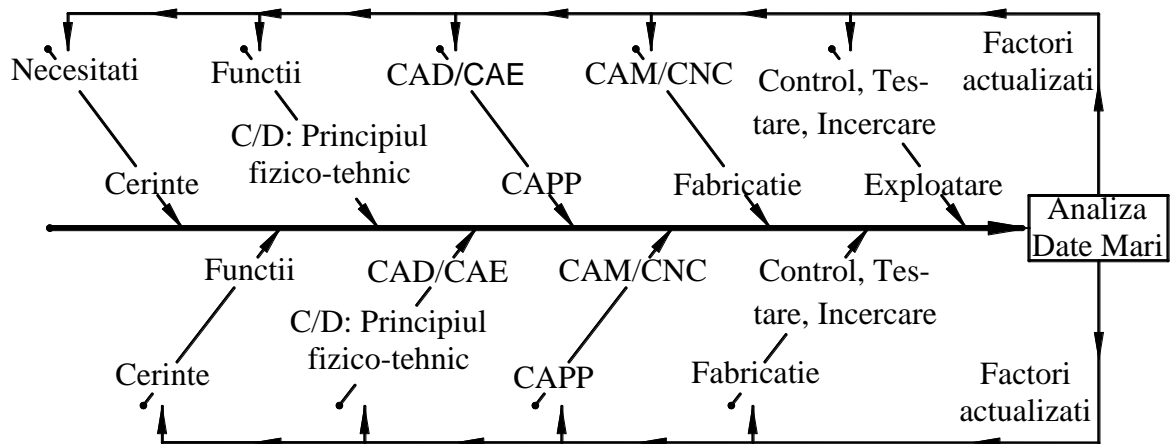
În contextul gemenilor digitali se schimbă abordările legate de modalitățile de analiză, de proiectare și de simulare a obiectelor și proceselor în calitate de subsisteme. Este o reflecție naturală, majoritatea obiectelor și proceselor ingineresti moderne fiind extrem de complexe, astfel încât este logică existența a multiplelor echipe de experți din diferite domenii ce activează în paralel. Subsistemele funcționează în baza diferitelor legități fizice și la diferite scări dimensionale (macro, mezo, micro, nano) și, în consecință, acestea cu greu pot fi integrate într-un model comun.

Simulările și crearea gemenilor digitali se referă în aceeași măsură la obiecte și procese, la produse și tehnologii. Geamănul digital include informații-factori (ce reprezintă influențe sau potențiale influențe) determinate adecvat și obiectiv de echipa de lucru și acumulate pe parcursul etapelor ciclului de viață. În baza aceluiași factori sunt create modele ale obiectelor/proceselor sau ale componentelor acestora pentru simulări. Definirea factorilor este un proces complex, care se bazează pe cunoștințe și experiență. Complexitatea selectării și definirii factorilor este legată

de faptul ca factorii pot avea caracter evident și implicit, sistematic și aleatoriu, pot să se manifeste independent sau în legătură cu alți factori, pot să se manifeste sinergetic etc. Originea factorilor este foarte diversificată și se referă la cuplele de transformare: necesități–cerințe, cerințe–funcții (valori de întrebuințare), funcții–fenomene fizico-tehnice, fenomene fizico-tehnice–varianțe constructive (structuri), construcție–parametri tehnici, parametri tehnici–proces, procese–tehnologie, tehnologie–fabricație, fabricație–control/testare/încercare, control/testare/încercare–exploatare.

În figura 2.15 este reprezentată actualizarea factorilor tehnologiilor etapelor ciclului de viață al unui produs în baza geamănului digital prin intermediul tehnologiei Analiza Datelor Mari (Big Data Analytics) [127].

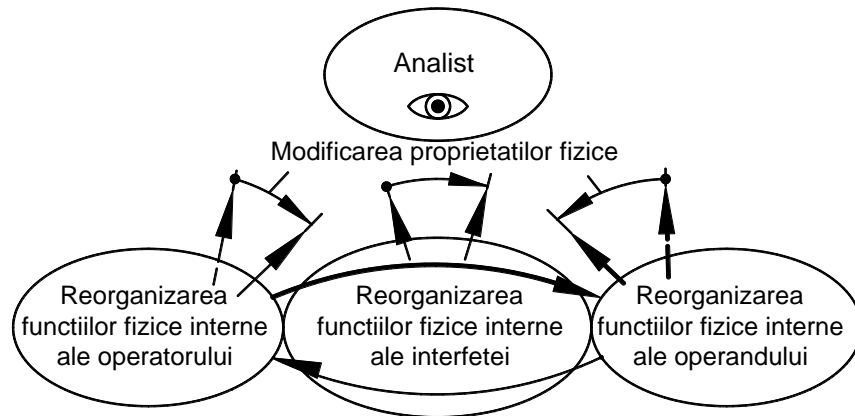
Informațiile-factor pentru geamănul digital provin: din surse informaționale specifice produsului în cauză, specifice domeniului produsului, din bazele de date și de cunoștințe ingineresti; de la măsurătoare și/sau senzorii de stare în procesul de fabricație, de control/testare/încercare, de exploatare.



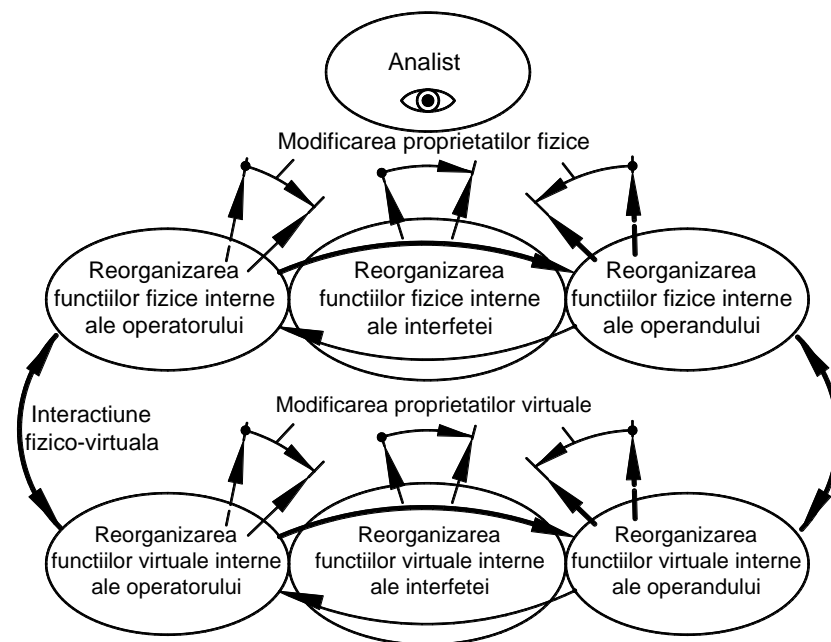
**Fig. 2.15. Actualizarea factorilor tehnologiilor ciclului de viață al unui produs [127]**

Analiza datelor mari permite prin metode logico-matematice să scoată în evidență factorii, care în mod normal nu sunt luați în considerare. Nii factori pot avea caracter situațional sau sistematic (general valabili).

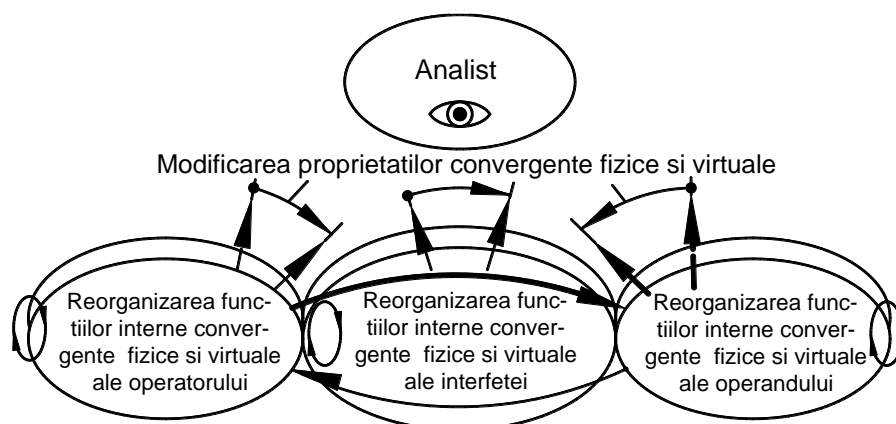
Rezultatul funcției tehnologice sunt modificările proprietăților operandului, operatorului și interfeței funcționale. Aceste modificări sunt produse prin reorganizarea funcționării interne a obiectelor menționate cu efecte funcționale externe ale fiecăruia dintre acestea (fig. 2.16) [117].



**Fig. 2.16. Modificarea proprietăților fizice ale operatorului, operandului și interfeței prin reorganizarea funcțiilor interne ale acestora [127]**



**Fig. 2.17. Actualizarea proprietăților virtuale prin reorganizarea funcțiilor interne virtuale ale operatorului, operandului și interfeței (umbră digitală) [127]**



**Fig. 2.18. Sincronizarea modificării proprietăților fizice și virtuale prin reorganizarea funcțiilor interne fizice și virtuale ale operatorului, operandului și interfeței (geamă digitală) [127]**



Din punct de vedere al maturității tehnologia geamăului digital este una emergentă, este una ce are semnificație în multe aspecte ingineriei, poate oferi noi soluții la problemele actuale și potențiale cu care se confruntă ingineria obiectelor și proceselor complexe.

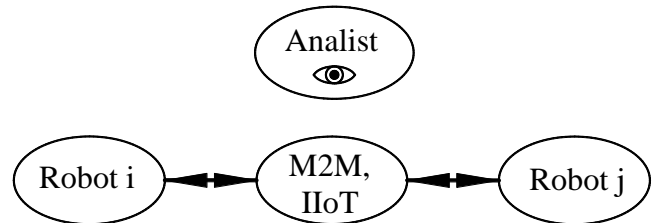
Drept exemplu vom descrie geamăul digital al produsului, care include informații digitale după cum urmează [127]:

- descrierea necesităților ce trebuie îndeplinite de către produs;
- descrierea cerințelor față de produs;
- descrierea funcțiilor (externe) ale produsului;
- descrierea principiului fizico-tehnic de funcționare, a schemei principiale;
- modelul CAD al ansamblului produsului cu specificarea:
  - ✓ referințelor la originile informaționale ale componentelor complexe (subansamblurilor);
  - ✓ ajustajelor, dimensiunilor și toleranțelor de conectare, dimensiunilor de gabarit etc.;
  - ✓ materialelor pieselor și tratamentelor termice cu referințe la standardele respectate în privința proprietăților reprezentative importante pentru funcționarea în condiții de rezistență, rigiditate, regimuri termic, de uzură etc.;
  - ✓ parametrii de regim al cuplelor de alunecare și de rostogolire;
- modelele CAE și rezultatele simulărilor:
  - ✓ funcționalității produsului și/sau a ansamblurilor acestuia;
  - ✓ rezistenței, rigidității etc. a ansamblurilor, pieselor;
- modelele CAPP și descrierea parametrilor proceselor elaborate;
- caracteristica mașinilor-unelte, a altor utilaje implicate în procesele tehnologice (model, parametrii funcționali, de precizie etc.);
- caracteristica sculelor așchietoare, a altor scule implicate în procesele tehnologice (model, parametrii funcționali, de precizie etc.);
- modelele CAM/CNC și descrierea parametrilor proceselor de fabricație;
- rezultatele controlului tehnic al pieselor, testărilor, încercărilor cu concretizarea ajustajelor etc.;
- parametrii condițiilor de ambalare, depozitare și transportare;
- parametrii înregistrați în timp real a condițiilor de funcționare și de funcționare înregistrați de sensori etc.;
- regimul și parametrii de mentenanță;
- parametrii condițiilor de ieșire din funcție, a cauzelor, a efectelor și a criticității acestora;
- regimul și parametrii de lichidare.

***Roboți autonomi si colaborativi.*** Acești roboți îndeplinesc sarcini de diversitate mare cu o minimă intervenție umană, fiind dotați cu software modern, cu inteligență artificială, cu diferiți

senzori și cu viziune artificială. Ei colaborează și interacționează cu alte sisteme fizico-tehnice și cu personalul uman. Denumirea de robot în acest context este una mai largă și include întreg spectrul de sisteme tehnice utilizate în fabricație: mașini-unelte CNC, dispozitive, sisteme de sudare, roboții propriu-zis etc.

Autonomia roboților constă în capacitatea acestora de a stabili și a realiza sarcini de fabricație, transportare, depozitare etc. Colaborativitatea roboților implică coordonarea activităților de realizare a sarcinilor între roboți prin tehnologiile-interfețe de comunicare directă M2M (Machine to Machine) sau prin Internetul Industrial al Lucrurilor (Industrial Internet of Things – IIoT) (fig. 2.19).



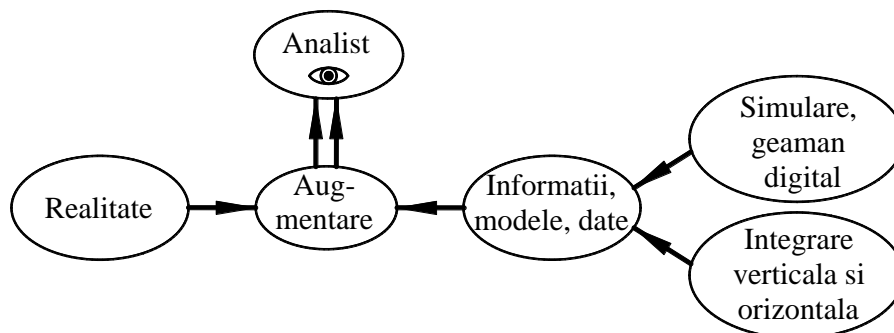
**Fig. 2.19. Coordonarea realizării sarcinilor roboților autonomi și colaborativi prin tehnologii-interfețe M2M și/sau IIoT**

Autonomia și colaborativitatea roboților se poate asigura numai dacă aceștia vor fi sisteme fizico-cibernetice (Cyber Physical Systems) capabile să genereze informații și să proceseze informații provenite din mediu și/sau din propriile structuri.

Noțiunea de robot autonom și colaborativ poate fi extinsă și în afara mediului industrial, astfel încât cerința de a fi sistem fizico-cibernetice se referă și la produsele de complexitate cel puțin medie dotate cu senzori, actuatori etc.

**Realitatea augmentată.** Este o tehnologie care permite suprapunerea unui conținut digital pe un mediu observat real static sau dinamic în timp real. Personalul este dotat cu dispozitive mobile de vizualizare în timp real a imaginilor reale și a datelor digitale suprapuse corespunzător, a instrucțiunilor de ghidare a comportamentului situațional etc.

Tehnologia realității augmentate este orientată spre îmbunătățirea percepției realității de către personalul companiei prin completarea operativă și adecvată a informației formate prin văz și auz cu informații formate digital (ex.: simulare, geamă digitală; integrare verticală și orizontală) (fig. 2.20).



**Fig. 2.20. Augmentarea informațională prin tehnologii-interfețe de simulare și creare a geamăului digital sau de integrare verticală și orizontală**

Tehnologiile realității augmentate permit, de exemplu, stabilirea lejeră a stării generale a programului de fabricație, a funcționalității, stării tehnice și a necesității mentenanței pentru utilaje și locuri de muncă, produsele finalizate, produsele în curs, starea stocurilor.

***Integrarea orizontală și verticală.*** Integrarea prevede alinierea tehnologiilor, oamenilor, proceselor care în condițiile moderne a devenit crucială pentru competitivitatea oricărei companii.

Integrarea orizontală se face între companii pentru colaborări strânse prin intermediul sistemelor informaționale și de comunicare prin crearea lanțurilor valorice și de aprovizionare.

Integrarea orizontală se referă la următoarele:

- ✓ simularea și crearea gemenilor digitali,;
- ✓ analize ale datelor mari;
- ✓ analize fizico-tehnice;
- ✓ internetul industrial al lucrurilor (Industrial Internet of Things - IIoT);
- ✓ computerizare în nori (Cloud Computing);
- ✓ fabricație în nori (Cloud Manufacturing);
- ✓ logistică inteligentă;
- ✓ algoritmi predictivi;
- ✓ activarea tehnologiilor pe orizontală etc.

Integrarea verticală se face în interiorul sistemului de producție și stă la baza colaborării și schimbului de informații dintre diferitele componente și procese ale companiei după cum urmează:

- planificarea resurselor întreprinderii (Enterprise Resource Planning – ERP);
- controlul și achiziția datelor („Supervisory Control and Data Acquisition – SCADA”);
- CAD, CAE, CAPP, CAM/CNC, PDM, PLM;
- planificarea corporativă;
- urmărirea și analiza capacităților de fabricație;
- lanțul valoric corporativ;
- mașinile și sistemele de execuție, roboții;
- controlerele logice programabile (Programmable Logic Controller – PLC), senzorii, actuatorii;
- realitatea augmentată;
- produsele inteligente;
- fabricația aditivă (Additive Manufacturing) etc.

**Securitatea cibernetică.** Odată cu sporirea interconectării digitale în regim permanent prin rețele de calculatoare a tuturor componentelor industriale este foarte importantă securitatea cibernetică. Riscurile de compromitere a datelor trebuie contracarate eficient.

**Internetul industrial al obiectelor (IIoT).** În concepția Industriei 4.0, obiectele fizice (mașini, roboți, dispozitive, echipamente, produse) sunt dotate cu senzori pentru a genera și a furniza în timp real date despre starea sa, performanță, locație etc. Această tehnologie face bine vizibilă starea componentelor sistemelor de producție, a componentelor lanțurilor valorice și permite luarea de decizii operativ și corect.

**Computerizarea în nori.** Această tehnologie este un mare suport al altor componente ale Industriei 4.0, deoarece datele lor se află în nori și în siguranță. Tehnologia permite reducerea costurilor prin eliminarea propriei infrastructuri IT din organizație.

**Analiza datelor mari.** Datele mari se referă la un mare volum de date nestructurate generate și trimise de multiplele componente dotate cu senzori, trimise prin rețele de comunicare (IIoT, M2M) etc. Datele procesate și structurate pentru diverse domenii specifice stau la baza luării deciziilor respective.

**Fabricația aditivă.** Fabricația aditivă este o tehnologie de ruptură în care obiectele materiale se produc direct din calculator prin depunerea și consolidarea materială, fiind posibile forme complexe personalizate la fabricarea unicată, dar și forme complexe la fabricarea distribuită.

**Fabricația în nori.** Tehnologia fabricației în nori este descendentă din tehnologia computerizării în nori și se manifestă ca o nouă paradigmă de producție de perspectivă, ca un nou model de organizare foarte colaborativă a producției și ca o transformare a producției de produs în fabricarea de servicii.

**Inteligența artificială.** Inteligența artificială este astăzi considerată o tehnologie-pilon separată a Industriei 4.0. Noile programe de calculator bazate pe inteligența artificială îmbunătățesc substanțial comunicarea și colaborarea utilajelor și echipamentelor fizico-cibernetice și sporesc efectele Industriei 4.0.

Unul dintre cuvintele-cheie ce caracterizează tehnologiile moderne și transferul tehnologic este inteligența. Pot fi menționate următoarele aspecte evaluate scientometric.

**Proiectarea inteligentă** (CAD, CAE, CAPP, CAM) este proiectarea tradițională modernizată cu realitatea virtuală (VR), cu realitatea augmentată (AR), cu date procesate, cu capacitatea de a avea ca obiect de proiectare și de interacțiune sisteme fizico-cibernetice (Cyber-Physical Systems – CPS). Aici se manifestă două tendințe emergente: 1) clienții sunt parte a procesului de proiectare pentru a crea de comun acord produse îmbunătățite personalizate și 2)

produsele și tehnologiile însele devin inteligente cu capacități de comunicare cu alte obiecte din ciclul lor de viață.

**Prelucrarea inteligentă** se face cu mașini-unelte, roboți și se sincronizează în timp real. Mașinile-unelte inteligente sunt constituite din componente CPS identificate în mod unic prin etichete RFID. Sensorii de forță, de accelerație, de temperatură etc. și alte dispozitive colectează în timp real date despre elementele funcționale ale sistemului tehnologic și despre procesul de prelucrare realizat. Sistemul de comunicare procesează, integrează, distribuie și gestionează datele de prelucrare în timp real colectate de la mașinile-unelte inteligente. După colectarea tuturor datelor, gemenii digitali ai componentelor funcționale critice ale sistemului tehnologic sunt utilizați pentru a simula și reprezenta atributele fizice și starea acestora.

**Monitorizarea inteligentă** a fabricației se realizează prin utilizarea senzorilor ce furnizează date despre obiecte de fabricație cum ar fi consumul de energie electrică, temperatura, viteza, vibrațiile cu vizualizarea grafică a acestor date.

**Comanda inteligentă** este una adaptivă și poate fi realizată prin sisteme ciber-fizice în principal pentru a gestiona fizic componentele inteligente ale sistemului tehnologic (mașina-uneltă, roboții, dispozitivele, sculele așchietoare, unitățile de transport și de stocare) printr-o platformă activată în nori (cloud).

**Planificarea inteligentă** utilizează modele și algoritmi ce se bazează pe datele despre funcționarea și starea componentelor sistemului tehnologic procesate și sistematizate în nori (cloud).

## **2.5. Condițiile de transfer/dezvoltare și implementare a tehnologiilor industriale digitale avansate**

Capacitatea companiilor din RM de a produce și de a exporta produse fabricate este una redusă. Companiile mari și ineficiente postsovietice au falimentat, iar cele noi și moderne sunt încă puține și, de regulă, sunt mici și mijlocii. Aprofundarea și modernizarea tehnologică este axată pe proiectarea asistată de calculator, pe tehnologiile CNC, pe comunicații 4G (cu perspectiva apropiată 5G) etc. și nu comportă caracter sistemic, ci unul insular. Ameliorarea situației se poate realiza prin integrarea europeană, prin colaborare industrială internă și internațională. Astfel, vizibilitatea industrială a companiilor din RM poate fi în creștere, inițial intermediată de partenerii din țările dezvoltate și în curs de dezvoltare, apoi și în mod direct.

Dezvoltarea companiilor din domeniul construcției de mașini ce activează în Republica Moldova este determinată în mare măsură de transferul tehnologic prin investiții străine directe. Astfel, în ultima perioadă (începând cu anul 2006) au fost deschise filiale ale mai multor

companii din țările industrial-dezvoltate cum ar fi: Mod Engineering (Italia), International Services Data Processing (Belgia), 3d Drawing & Management (Belgia), Engineering Office Fortan (Olanda), DSM Draexlmaier System Technology (Germania), Railtechnique (Olanda), Technologies For Design (Italia), Industrial Manufacturing Group (Italia), Grip Engineering (Germania), Aileron-M (SUA), AGA Tech (Italia), Inoxpa Solutions (Spania), Isomeca Grup (Monaco), Oiltech (Italia), Zetadue Engineering (Italia), Fabbri-Inox (Franța), Wissmatec (Germania), TMF Design (România/Italia) etc.

Activitatea acestor companii este axată pe proiectarea de produs și pe fabricație. Totuși, accentul este pus pe proiectare, astfel încât transferul de tehnologii digitale avansate se produce prin factorul uman în măsura în care compania-mamă este implicată în modernizarea propriilor tehnologii. Utilizarea programelor de calculator licențiate CAD/CAE/CAPP/CAM/PDM/PLM (deseori de pe serverele companiilor din țările dezvoltate), lucrul în echipe mixte de proiect, produsele proiectate în conformitate cu cerințele clienților din țările industrial dezvoltate produce efecte digitale cuprinzătoare. Mai reduse ca amploare sunt activitățile de fabricație, dar și în acest domeniu se manifestă pozitiv transferul tehnologic corporativ legat de utilizarea utilajelor programabile CNC și de programele licențiate de calculator CAPP/CAM.

Companiile industriale din domeniul construcției de mașini se confruntă cu mai multe provocări, care pot deveni și mari oportunități pentru implementarea tehnologiilor industriale digitale avansate. Preocupările principale ale companiilor moldovenești sunt:

- *Crearea capacităților de bază.* Capacitățile necesare pentru absorbția și implementarea tehnologiilor digitale avansate sunt inegale pentru companiile de proiectare și pentru cele de fabricație. Proiectarea nu numai că definește structura funcțional-constructivă a obiectului în cauză, dar determină condițiile de fabricare și de exploatare, determină informațional participanții lanțurilor de aprovizionare etc. Proiectul produsului servește ca cerință majoră, ca un punct de pornire spre fabricare. Fabricarea este mai complexă, deoarece dă un răspuns funcțional cerinței de proiect, efortul este multiplicat fizic de valoarea seriei, de complexitatea produsului și componentelor acestuia. La fabricare se manifestă fizic și informațional de facto participanții lanțurilor de aprovizionare și de valori.
- *Modernizarea și integrarea resurselor tehnologice.* Companiile din domeniul proiectării investesc operativ în noile versiuni ale programelor de calculator și în noile aplicații. Programele de calculator, fiind rezultatul concurenței între producătorii de soft, sunt tot mai frecvent coerente și compatibile reciproc. Noile versiuni ale programelor sunt integrative (CAD/CAE/CAPP/CAM/PDM/PLM), acoperă multiple necesități cu referire la obiecte și procese ingineresti și oferă posibilități mari de simulare și de creare a așa-numitori gemeni

digitali. Companiile din domeniile fabricării dispun deja de resurse pentru tehnologiile mai vechi adoptate și trebuie să învețe și să investească în modernizarea și integrarea noilor tehnologii de producție digitală în fabricile deja existente. Înlocuirea frontală a utilajelor și echipamentelor învechite analogice cu cele digitale este costisitoare și mai rară, deoarece necesită investiții semnificative și schimbări radicale. Programarea numerică CNC și programele de calculator CAPP/CAM sunt mai ușor de accesat și asimilat, deoarece ele reprezintă tot mai frecvent sisteme integrate de tip produs–proces CAD/CAE/CAPP/CAM/PDM/PLM.

- *Crearea și modernizarea infrastructurii digitale.* Noile tehnologii 4IR necesită o infrastructură substanțială informațională și de conectivitate fiabilă și securizată pentru a asigura în timp real proiectarea și fabricarea. Resursele 4G sunt suficiente pentru starea actuală a necesităților de comunicare. Perspectiva 5G este una iminent necesară, mai ales pentru companiile din domeniul fabricației cu multiplicarea fluxurilor informaționale caracteristică acesteia prin utilizarea sistemelor tehnice de tip fizico-cibernetice (utilaje, echipamente, instrumente, măsurătoare, produse și componente în curs, senzori etc.) generatoare și utilizatoare de informații procesate și structurate.

- *Depășirea decalajului de capacitate digitală.* Multe companii din țările dezvoltate și în curs de dezvoltare se angajează în mod ascendent în activități cu tehnologiile digitale avansate. Dar multe dintre aceste tehnologii rămân în cadrul companiei sau pot fi utilizate de un număr redus de parteneri din lanțul valoric cu capacități de bază suficient de dezvoltate. Aceste insule de tehnologii 4IR pot fi înconjurate de companii partenere ce folosesc încă tehnologii tipice 3IR sau mai vechi. Acest fenomen este o frână în activitățile companiilor-lider și un pericol pentru companiile cu capacități digitale slabe. Dacă acest decalaj al capacităților digitale este de lungă durată și suficient de mare, implementarea tehnologiilor digitale avansate rămâne a fi limitată. Companiile moldovenești din domeniul proiectării și cele din domeniul fabricației cu capital străin nu sunt pasibile formării decalajelor profunde, activitățile fiind asigurate de programe de calculator comune cu companiile de bază și de asistența corporativă. Riscul major de decalaj au companiile autohtone din domeniul fabricației, deoarece nu au suficiente resurse de modernizare atât financiare, cât și umane corespunzător calificate.

- *Accesul la tehnologii și accesibilitatea acestora.* Tehnologiile digitale avansate reprezintă elemente majore de proprietate intelectuală, astfel încât difuzarea acestora reprezintă un act comercial în condiții de protecție a drepturilor. Drept consecință, aceste tehnologii sunt controlate efectiv de un număr limitat de țări, iar companiile din acestea au avantaje competitive necomerciale la implementare și utilizare. Companiile din alte țări se bazează pe importul acestor tehnologii în condițiile dependenței de furnizorii de componente hardware și aplicații software.

Pentru companiile moldovenești autohtone accesul și accesibilitatea sunt iminent comerciale, cu excepția doar a situațiilor de inovare deschisă (open innovation) sau de transfer tehnologic susținut de stat în interesul tuturor companiilor din domeniu, sau prin proiecte. Pentru companiile moldovenești cu capital străin, accesul și accesibilitatea au caracter corporativ și sunt asigurate de companiile de bază. Practica demonstrează accesul și accesibilitatea cu decalaj pentru companiile din domeniul fabricației, utilajele digitale de fabricație sunt de obicei de mâna a doua. Totuși se manifestă tendința de ameliorare a acestor decalaje.

Toate tehnologiile digitale industriale avansate au caracter evolutiv constant. Pentru companiile din țările slab dezvoltate (Republica Moldova) cu venituri mici oportună este învățarea abundă, adică formarea competențelor factorului uman (humanware). Competențele factorului uman devin atractive pentru companiile străine care vin cu investiții în programe de calculator (software), în asigurarea tehnică cu calculatoare, rețele de comunicare, utilaje CNC etc. (technoware), se formează noi versiuni organizatorice de funcționare (orgware). Se constată, astfel, prioritatea învățământului pe domeniul tehnologiilor industriale digitale avansate, care ar lansa și celelalte aspecte ale transferului tehnologic. În companiile din țările în curs de dezvoltare deja există aplicații digitale cu acoperire *humanware*, *software*, *technoware* și *orgware* în multe sectoare care pot fi folosite drept căi de transfer tehnologic mai extins și mai profund.

Implementarea tehnologiilor digitale industriale avansate de către companiile moldovenești este una reală. Tehnologiile date sunt interdependente, astfel încât se impune sau implementarea frontală a cel puțin câtorva tehnologii mai strâns conectate, sau implementarea acestora una câte una cu efecte reale pozitive amânate în creștere lentă. Decalajul digital actual dintre companii este determinat de diferențele de dimensiune, de capacități și disponibilități, de existența și funcționarea sistemelor de sprijin al inovării și transferului tehnologic.

Un rol deosebit în promovarea transferului tehnologic modern aparține guvernului RM și altor structuri statale, care trebuie să pună accente mai concrete pe inovarea industrială pentru a stimula adoptarea tehnologiilor digitale avansate în inginerie, să încurajeze investițiile în cercetare/dezvoltare și diversificarea producției industriale cu valoare adăugată mare, pentru a spori capacitatea de răspuns la cerințele noi de proiectare și fabricare a produselor.

Tuturor țărilor, inclusiv și Republicii Moldova, le sunt necesare politici de transfer tehnologic adecvate care să conducă implementarea tehnologiilor digitale industriale avansate, reducând simultan costurile și riscurile asociate cu adoptarea acestora.



## 2.6. Concluzii la capitolul 2

- Transferul tehnologic este o latură importantă a dezvoltării tehnologice și ca orice proces necesită evaluare nu numai calitativă, dar și cantitativă prin măsurare. Pentru aceasta în lucrare sunt propuse și analizate modelul funcției tehnologice și modelul funcției de transfer/dezvoltare a tehnologiei, adică modelele obiectului ce se manifestă funcțional, se dezvoltă și/sau se transferă.
- Modelele propuse se bazează pe noțiunea de proprietate (capacitatea de schimba alte obiecte și sau de a se schimba sub acțiunea altor obiecte), iar proprietățile se manifestă în interacțiuni cu stabilirea legăturilor fizico-tehnice și de esență (de substanță) dintre operator (purtător de sarcini tehnologice) și operand (obiect extern asupra căruia se aplică acțiunea). Noutatea modelului constă în formarea în rezultatul interacțiunii a unui al treilea obiect cu proprietăți specifice - a interfeței, astfel încât funcția tehnologică este definită ca reorganizarea funcțiilor interne ale operatorului, interfeței și operandului condiționate de interacțiune și are caracter de modificare a proprietăților acestora, fapt ce oferă posibilitatea de a le măsura.
- Funcțiile tehnologice se realizează de către obiectele purtătoare de sarcini tehnologice: fizico-tehnice (materiale, energetice, de proces etc.) cu manifestarea funcțiilor tehnologice și/sau cu manifestarea funcțiilor de transfer/dezvoltare tehnologică; imateriale (teorii, concepte, date, cunoștințe etc.) cu manifestarea funcțiilor de transfer/dezvoltare tehnologică. Măsurarea proprietăților funcțiilor tehnologice se efectuează la interacțiunea obiectelor reale sau reprezentative în condiții reale sau reprezentative, în cele mai multe cazuri proprietățile măsurate fiind reprezentative. Măsurarea proprietăților funcțiilor de transfer/dezvoltare tehnologică ale obiectelor complexe imateriale se efectuează cu ajutorul instrumentelor scientometrice statistice (lucrări științifice teoretice și aplicative, citări etc.) și analizei experiențelor de succes (bunele practici).
- Transferul/dezvoltarea tehnologică întru ajustarea tehnologiilor construcției de mașini la prevederile conceptului Industrie 4.0 se produce prin efortul specialiștilor de ramură, deoarece factorii de proces sunt specifici domeniului concret și pot fi îmbunătățiți în limitele tehnologiilor tradiționale cu suportul instrumentelor informaționale și de comunicare. Tehnologiile de funcționare a întreprinderii, tehnologiile de produs mecanice, tehnologiile de fabricare, tehnologiile de suport informațional (CAD, CAE, CAPP, CAM/CNC, PDM/PLM etc.) caracteristice construcției de mașini se integrează în și prin mediul tehnologiilor-piloni ale Industriei 4.0 (simulare/gemeni digitali, roboți autonomi și colaborativi, realitatea augmentată, integrare orizontală și verticală, internetul industrial al obiectelor,

computerizarea în nori, analiza datelor mari, fabricație aditivă, fabricație în nori, inteligența artificială etc.) și formează spațiul unic al Fabricației Inteligente.

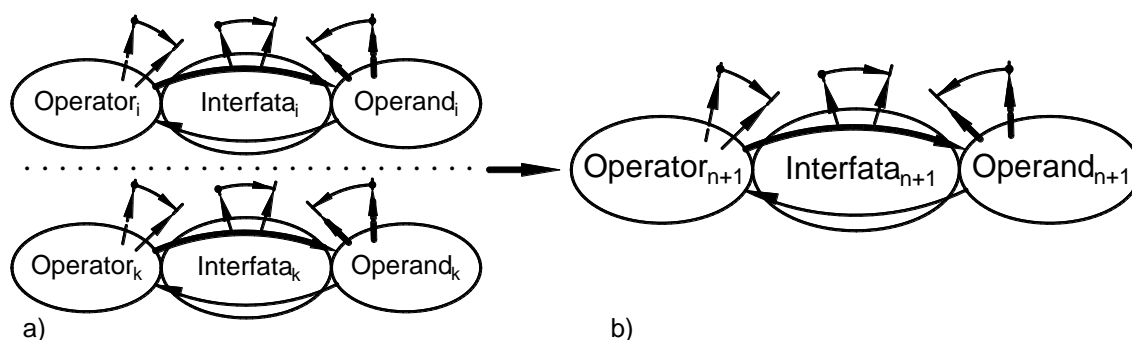
- În condițiile actuale caracteristice dezvoltării industriale a RM, transferul tehnologic trebuie să aibă caracter sistematic și sistemic canalizat spre: crearea capacităților de bază informatice și de comunicare, modernizarea și integrarea resurselor tehnologice, crearea și modernizarea infrastructurii digitale, depășirea decalajului de capacitate digitală dintre diferite ramuri și companii, asigurarea suportului pentru accesul la tehnologii digitale și înlesnirea accesibilității acestora.
- Un domeniu de tot mai largă utilizare a măsurării proprietăților reprezentative ale funcțiilor tehnologice este simularea, crearea și cercetarea gemenilor digitali, care reflectă proprietățile obiectelor reale și comportamentul acestora.

### 3. METODĂ DE SELECTARE ȘI EVALUARE A TEHNOLOGIILOR PENTRU TRANSFER/DEZVOLTARE ÎN CONSTRUCȚIA DE MAȘINI

#### 3.1. Sistematica evaluării tehnologiilor și a factorilor tehnologici

În capitolul 2 au fost dezvoltate noțiunile de funcție tehnologică și funcție de transfer/dezvoltare tehnologică ca punct de pornire pentru evaluarea prin măsurare a variației proprietăților operandului, interfeței și operatorului.

Funcția tehnologică poate fi una elementară bazată pe o singură interacțiune, dar poate fi și una complexă bazată pe mai multe interacțiuni (fig. 3.1).



**Fig. 3.1. Funcții tehnologice: a) elementare, b) complexe**

În cazul proceselor de prelucrare mecanică funcția tehnologică elementară de prelucrare corespunde fazei tehnologice, caracterizată de invarianta cuplului sculă – suprafață prelucrată. Procesele realizate în cadrul unei instalări sau a unei operații se încadrează în funcții tehnologice de prelucrare complexe. În cazul mecanismelor, produselor de origine mecanică un ajustaj între două piese reprezintă funcție tehnologică de produs elementară. Mecanismul în întregime reprezintă funcție tehnologică de produs complexă. În mod respectiv, un proces tehnologic de prelucrare reprezintă o funcție tehnologică complexă de prelucrare de rang mai înalt decât cel al operației, iar un ansamblu de mecanisme reprezintă funcție tehnologică de produs complexă de rang mai înalt decât cel al mecanismului.

Procesele legate de produs, în mod tradițional, sunt abordate prin prisma etapelor ciclului de viață al acestuia: marketingul, cercetarea/dezvoltarea, proiectarea constructivă, proiectarea tehnologică, ajustarea sistemului tehnologic, fabricația, controlul/testarea/încercarea, distribuția, exploatarea, lichidarea. Astfel, produsul este tratat ca un proces și noțiunea de tehnologie de produs devine uzuală. Fiecare etapă a ciclului de viață se realizează prin seturi de tehnologii (funcții tehnologice) specifice după cum urmează:

- marketingul – stabilește și formulează necesitățile clienților și transformă informația despre acestea în informații despre cerințele față de produs și față de costurile acestuia;

- cercetarea/dezvoltarea – stabilește și formulează funcțiile externe ale produsului ca un răspuns cerințelor, stabilește principiul fizic de funcționare, schema principală și funcțiile fizico-tehnice interne, astfel, fiind formulată ideea produsului;
- proiectarea constructivă – ideii produsului i se dă o formă concretă, o variantă constructivă, se formează informația grafică și cerințele tehnice ale variantei constructive (desene de ansamblu, desene de execuție etc.);
- proiectarea tehnologică – oferă informații privind metodele și ordinea de asamblare a produsului, de prelucrare a pieselor, precizia și calitatea acestora;
- ajustarea sistemului tehnologic – oferă informații privind funcțiile, proprietățile, regulile și regimul de funcționare a sistemelor tehnologice adecvate proceselor de asamblare sau de prelucrare;
- fabricarea – se planifică și se realizează procesele de asamblare și prelucrare în conformitate cu procesele tehnologice, se formează informații în timp real privind modificarea și starea obiectelor procesate, informații privind realizarea planurilor operative etc.;
- controlul, testarea, încercarea – oferă informații privind adecvarea caracteristicilor tehnice, funcțiilor interne și celor externe, cerințelor impuse în etapele precedente;
- distribuția (vânzarea) – se face ambalarea, depozitarea, transportarea și plasarea către client a produsului, se acumulează informații privind localizarea acestuia în timp real;
- exploatarea – produsul este pus în funcție, se colectează informații privind starea acestuia în funcționare, privind măsura îndeplinirii necesităților, privind ieșirile din funcție, cauzele, caracterul și modurile de restabilire a funcționalității etc.;
- lichidarea – produsul se reciclează sau se distruge, se formează informații privind comportamentul și proprietățile produsului la lichidare, privind tehnologia și costurile.

Urmând această logică, se poate constata că atât funcțiile tehnologice elementare cât și cele complexe reprezintă sisteme cu toate atributele caracteristice acestora:

- se manifestă ca entități întregi și, în același timp, sunt divizibile în părți componente;
- între elementele componente sunt stabilite legături semnificative;
- elementele componente sunt organizate în timp și/sau în spațiu;
- dispun de proprietăți integrative (reprezentative) care nu sunt inerente nici unui din elementele componente.

Funcția tehnologică complexă este una generalizatoare, le reprezintă pe cele elementare pe care le organizează în timp și spațiu, dar pierde din esența fizico-tehnică. Dacă în cazul funcției tehnologice elementare pot fi observate, definite și măsurate în mod direct proprietățile sau

variația proprietăților operandului, interfeței și operatorului, atunci pentru funcțiile tehnologice complexe observate, definite și măsurate pot fi efectele provocate de funcții. Aceste efecte provin din manifestarea proprietăților integrative.

Evaluarea sistemică a funcțiilor tehnologice trebuie făcută la trei niveluri [128]:

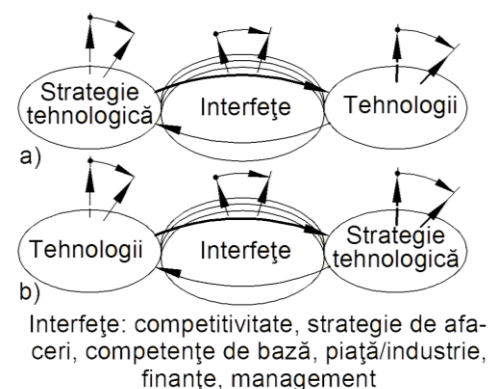
- funcția tehnologică ca element al unui sistem tehnologic ( $El_{ST}$ ) în legături și relații cu alte tehnologii cu rolurile specifice proprii;
- funcția tehnologică ca sistem în sine ( $ST$ ) pentru a detecta proprietățile sale integratoare, amploarea acestor proprietăți (parametri, indicatori), alte proprietăți care nu provin din analiza tehnologiei în cadrul unui sistem de tehnologii;
- funcția tehnologică ca sistem ce constă din elemente proprii ( $ST_{El}$ ), care reprezintă cea mai complexă evaluare pentru că trebuie să răspundă la întrebări legate de principiul fizico-tehnic de funcționare, numărul și caracterul elementelor, rolul elementelor, numărul și caracterul legăturilor dintre elemente, rolul legăturilor, proprietățile elementelor etc.

Numărul de niveluri ierarhice tehnologice poate fi foarte mare, astfel încât se cere realizarea unei serii de evaluări la trei niveluri consecutive (fig. 3.2).

Comaniile își organizează activitatea în baza unor seturi de tehnologii (de produs, de fabricație etc.), care este rezultatul dezvoltării tehnologice în timp. Tehnologiile oferă întreprinderilor avantaje competitive. Pentru a utiliza tehnologiile ca un instrument de creștere a competitivității, managerii trebuie să le gestioneze ca rezultat al unei strategii de transfer/dezvoltare tehnologică (fig. 3.3, a). În același timp orice tehnologie nouă transferată sau dezvoltată este capabilă să modifice strategia tehnologică, să o adapteze la noile realități (fig. 3.3, b). În ambele cazuri influențele tehnologiilor asupra strategiei

Nivelul ierarhic	Evaluări		
$i + 4$			$\{FT_{ElST}^{i+4}\}$
$i + 3$		$\{FT_{ElST}^{i+3}\}$	$\{FT_{ST}^{i+3}\}$
$i + 2$	$\{FT_{ElST}^{i+2}\}$	$\{FT_{ST}^{i+2}\}$	$\{FT_{STEl}^{i+2}\}$
$i + 1$	$\{FT_{ST}^{i+1}\}$	$\{FT_{STEl}^{i+1}\}$	
$i$	$\{FT_{STEl}^i\}$		

**Fig. 3.2. Exemplu de evaluări a mulțimilor funcțiilor tehnologice structurate pe trei niveluri ierarhice**



**Fig. 3.3. Modelul funcției de transfer/dezvoltare tehnologică aplicat pentru stabilirea interinfluenței tehnologiilor și strategiei tehnologice**

tehnologice și invers sunt interfațate

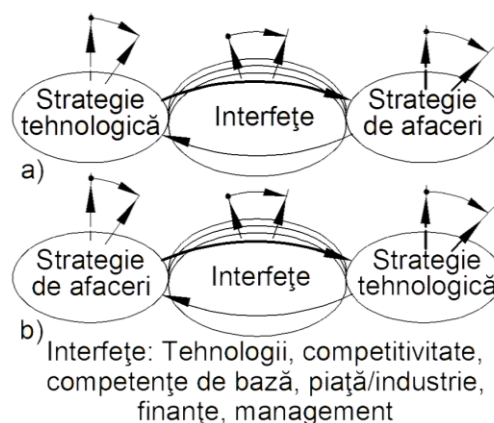
de strategia de afaceri, competențele de bază ale întreprinderii, de piață, industrie, finanțe, management, necesitatea asigurării competitivității etc. Unele elemente ale interfeței au caracter de stimulare a schimbărilor, altele - de restricționare. Printre strategiile tehnologice cunoscute pot fi menționate cele bazate pe suplețe (lean), pe agilitate (agile), pe circularitate (circular).

Strategia de afaceri poate impulsiona implementarea unor tehnologii prin modificarea strategiei tehnologice, dar poate și să restricționeze acest proces, dacă nu este asigurată coerența (fig. 3.4).

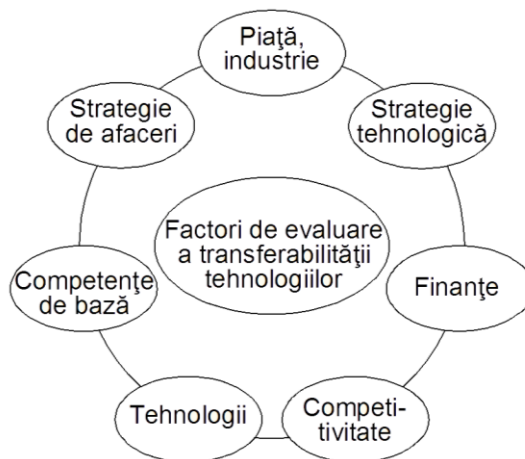
Strategia de afaceri este formulată în termeni de avantaje competitiv și economic durabile. Strategia tehnologică este formulată în termeni de obținere a unui avantaj tehnologic durabil care ar asigura avantajul competitiv și cel economic. Ambele strategii se influențează reciproc, se modifică coordonat fiind interfațate de tendințele de dezvoltare tehnologică, de competențele de bază, de piață, de industrie, de disponibilitatea finanțelor, de management, de necesitatea asigurării competitivității etc. E de menționat că interfațarea este un proces dinamic, în permanentă schimbare și reprezintă ferestre de oportunități ce se deschid și se închid.

Pentru orice cuplu dintre factorii de influență asupra transferabilității (dezvoltării) tehnologice poate fi aplicat modelul funcției dezvoltării tehnologice, astfel încât factorii din cuplu reprezintă operatorul, operandul, iar restul - interfețe (fig. 3.5). Interinfluența factorilor operator și operand este una reversibilă, dar se realizează prin mecanisme și logici diferite.

În procesul dezvoltării tehnologice prin transfer factorii tehnologici de interfață reprezintă condiții, criterii de evaluare, iar rezultatul dezvoltării urmează a fi evaluat inclusiv prin prisma modificărilor produse în structura acestor tehnologii - interfețe.



**Fig. 3.4. Modelul funcției transfer/dezvoltare tehnologică aplicat pentru stabilirea inter-influenței strategiei tehnologice și strategiei de afaceri**



**Fig. 3.5. Factori de evaluare a transferabilității tehnologiilor**

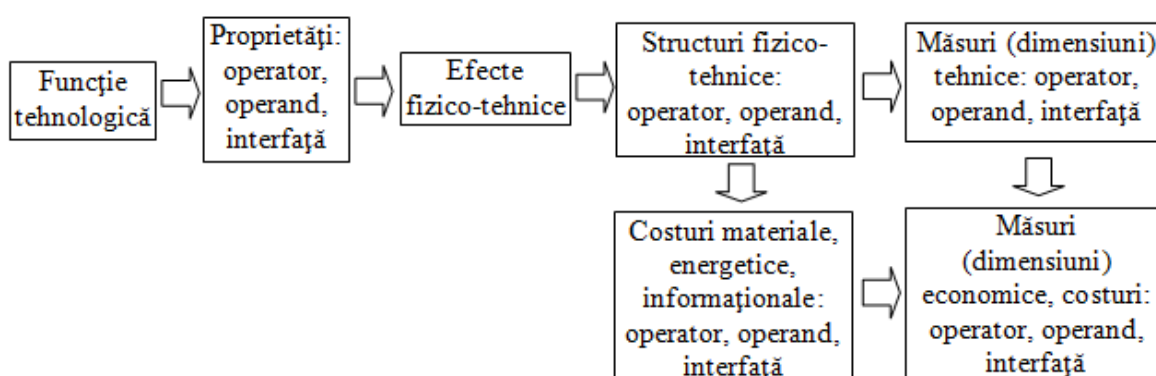
Activitatea industrială poate fi tratată în două aspecte diferite legate de două entități ce interacționează: produsul și întreprinderea. Ambele entități reprezintă procese realizate prin tehnologii specifice.

Întreprinderea ca entitate distinctă se manifestă și prin alte procese ce nu sunt legate de produs, dar care asigură apariția și formarea acestuia: aprovizionarea, mentenanța sistemelor tehnologice, gestiunea financiară, gestiunea personalului etc.

Din cele menționate se observă că în întreprindere există mai multe seturi de tehnologii distincte pasibile de modificare, îmbunătățire și modernizare, inclusiv prin transfer tehnologic. În companie trebuie să se formeze un spațiu tehnologic omogen constituit din elemente nu numai cu rezerve de dezvoltare, dar și compatibile tehnic, energetic și informațional. În acest sens, selectarea și evaluarea tehnologiilor pentru transfer este un proces complex și neunivoc.

Dacă transferul tehnologic se referă la una din funcțiile tehnologice elementare, atunci evaluarea variantelor se poate face prin stabilirea pentru structurile operatorului, operandului și interfeței (fig. 2.9) a dimensiunilor tehnice, pe de o parte, și dimensiunilor economice prin costurile materiale, energetice și informaționale, pe de altă parte (fig. 3.6). Drept criteriu de selecție poate servi dimensiunea economică, dar este importantă și evaluarea rezervelor și direcțiilor de dezvoltare.

Dacă transferul tehnologic se referă la mai multe funcții tehnologice complexe și/sau din diferite seturi, atunci problema trebuie tratată din punct de vedere al criticității fiecăreia dintre acestea. O funcție tehnologică devine critică dacă nu mai are rezerve de dezvoltare, nu mai corespunde calitativ celorlalte seturi de funcții și problema înlocuirii prin transfer tehnologic sau dezvoltare devine iminentă.



**Fig. 3.6. Mecanismul de dublă dimensionare a funcției tehnologice**

Ciclul de viață al inovației include două faze mari [129]: dezvoltarea tehnologică și evoluția/dezvoltarea pieței. Prin urmare, nivelul de pregătire pentru inovare (IRL) privește nu numai dezvoltarea tehnologică, ci și evoluția pieței, oferind un cadru pentru manageri pentru a se

poziționa și a se ține seamă de elementele-cheie legate de inovație de-a lungul ciclului său de viață.

Evaluarea tehnologiei se poate face și cu instrumente TRL și MRL care pot și trebuie utilizate împreună. Ambele instrumente oferă posibilitatea de a determina riscurile asociate cu includerea tehnologiei într-un sistem tehnologic, deoarece „puterea” unui sistem este determinată de „puterea” elementului cel mai slab. Este bineînțeles că pregătirea fabricației este determinată de pregătirea tehnologiei și de stabilitatea produsului.

Industria modernă se caracterizează prin faptul că stabilitatea produsului este din ce în ce mai mică, fiind înlocuit cu o varietate de produse, astfel încât utilizarea instrumentelor TRL și MRL devine iterativă, dinamică cu rezultate fiabile în intervale de timp relativ mici.

TRL și MRL au caracter sistemic și din acest motiv pot fi folosite pentru a defini pregătirea de fabricație și riscuri la nivel de sistem și/sau subsistem.

Evaluarea *transferabilității* tehnologiilor se face în situațiile în care dezvoltarea tehnologică nu are o singură soluție și există multe constrângeri paralele și oportunități de dezvoltare. În acest scop, instrumentul de evaluare trebuie să fie integrat, generic și rapid.

Caracterul *integrat* este tratat în sensul în care tehnologia este evaluată, luând în considerare dinamica tuturor segmentelor lanțului tehnologic și a numeroaselor posibile implicații pe care dezvoltarea le-ar avea în aceste segmente. Efectele acestei dinamici sunt evaluate dintr-o perspectivă extinsă de dezvoltare în conformitate cu obiectivele viziunii pentru dezvoltarea industrială durabilă, spre deosebire de abordările parțiale care se concentrează pe una sau mai multe constrângeri ale dezvoltării în lanțul tehnologic.

Caracterul *generic* este tratat în sensul că instrumentul de evaluare poate fi aplicat oricărui lanț de tehnologii industriale, indiferent de aspectul lor fizic, tehnic, organizatoric, conceptual etc. Cu toate acestea, instrumentul nu este un plan detaliat pentru analiza lanțului tehnologic într-o situație specifică, ci depinde de analiștii care adaptează instrumentul la situații concrete și efectuează analize și interpretări ulterioare.

*Rapid*, în sensul de a fi simplu, de va putea fi aplicat într-o perioadă scurtă de timp și la costuri reduse, dar totuși să reprezinte o modalitate eficientă de a obține informații relevante.

Instrumentul de evaluare poate genera în esență trei rezultate [128]:

- cartografierea detaliată a tehnologiilor dintr-un anumit lanț tehnologic întru anumite interacțiuni dintre ele;
- descrierea nivelului de dezvoltare în lanțul tehnologic cu privire la mai multe dimensiuni, inclusiv sursa de intrări și ieșiri, capacitatea de proces, produsul finit, producția durabilă și utilizarea energiei și mediul industrial și contextul socioeconomic;



- identificarea constrângerilor și oportunităților lanțului tehnologic care să conducă la strategii ce sprijină dezvoltarea acestuia.

Evaluarea cu ajutorul acestui instrument trebuie văzută ca parte a procesului mai larg de industrializare – dezvoltare a lanțului tehnologic. Acest proces este de natură concomitentă și trebuie să se potrivească oportunităților de dezvoltare cu cerințele de produse și procese potențiale.

Eforturile de dezvoltare a lanțului tehnologic nu pornesc de la zero. De obicei, există o serie de intervenții de dezvoltare tehnologică tratate într-un număr mare de studii care vizează diferite aspecte ale lanțului. Evaluarea tehnologiei este necesară în toate etapele pentru a depista lipsa elementelor tehnologice în dezvoltarea lanțului și pentru a ajusta și completa dezvoltarea impactului.

Calitatea procesului de evaluare va depinde de caracterul informațiilor pe care acesta se bazează. Pentru rezultate semnificative, utilizatorii evaluării vor trebui să fie implicați în colectarea substanțială de date. Aceasta include realizarea de interviuri cu o serie de specialiști și alte părți-cheie interesate, în special în întreprinderile din lanțul tehnologic. Analistul poate folosi în mod deliberat analizele lanțului tehnologic existent, care sunt disponibile pentru majoritatea lanțurilor pentru a acoperi diverse informații. Cu toate acestea, este important să se verifice informațiile din aceste documente. Organizarea și prelucrarea corectă a acestor informații este esențială pentru realizarea rezultatelor evaluării semnificative în dezvoltarea tehnologică. Având în vedere sfera evaluării tehnologiei, este necesar să se formeze o echipă multidisciplinară, care să includă diferite domenii ingineresti și altele precum marketing, finanțe, economie, administrarea afacerilor și mediu. Lanțurile tehnologice cuprind toate activitățile și interacțiunile necesare în crearea unui produs sau serviciu de la idee, concepție, producție până la comercializare, utilizare și lichidare. Termenul „lanț tehnologic” se referă la întregul proces de transformare continuă, conservarea și adăugarea proprietăților produsului care are loc în timp ce produsul trece de la una dintre etapele ciclului de viață la următoarea, crescând treptat gradul său de pregătire. Acestea sunt susținute de o gamă largă de IT, tehnică, expertiză, furnizori de servicii financiare și de afaceri. Într-un lanț tehnologic, diversele activități din diferite sunt conectate, coordonate și în final integrate.

Evaluarea lanțului tehnologic trebuie să ofere înțelegerea modului în care în diferite etape sunt coordonate transformarea proprietăților produsului, condițiile de funcționare și orientare a proceselor pentru a se asigura că produsul obține calitățile cerute. Evaluarea trebuie, de asemenea, să ia în calcul diferitele efecte ale operațiunilor din lanțul tehnologic, operatorii,

locurile de muncă, oamenii, de exemplu, în ceea ce privește sănătatea lucrătorilor, dezvoltarea companiei, creșterea economică și durabilitatea mediului.

Evaluarea lanțului tehnologic trebuie să fie orientată spre a obține răspunsuri la o serie de întrebări:

- Care sunt tehnologiile ciclului de viață al produsului?
- Există rezultate tehnologice care pot fi folosite ca repere importante pentru coordonarea altor tehnologii din lanțul tehnologic?
- Care sunt intrările și ieșirile acceptate de tehnologiile din cadrul lanțului conform criteriilor tehnice, economice, de mediu etc.?
- Cum se realizează schimbul de date între componentele lanțului tehnologiei și modul în care acest schimb orientează lanțul spre îmbunătățirea performanței proceselor, produselor și afacerii în întregime?
- Ce servicii tehnice, informaționale, economice și financiare sunt disponibile pentru a sprijini tehnologiile din cadrul lanțului și lanțul tehnologic în ansamblu?
- Care sunt valorile adăugate (din punct de vedere al proprietăților transformate, adăugate, conservate) ale componentelor din cadrul lanțului tehnologic și costurile acestora?
- Care sunt relațiile de interdependență între tehnologiile din cadrul lanțului și în ce măsură aceste relații determină modul în care câștigurile tehnice și economice și riscurile sunt distribuite?
- Ce tipuri de bariere există pentru a face tehnologiile un component din cadrul lanțului pentru a aduce valoare adăugată?
- Care sunt nivelurile de pregătire a tehnologiilor-componente și ale lanțului tehnologic în ansamblu și care sunt nivelurile lor de performanță?
- Ce blocaje există sau pot exista și ce posibilități sunt disponibile pentru a depăși dezvoltarea lanțului tehnologic și componentele acestuia?
- Ce politici la nivel de companie, ramură, industrie, economie constrâng sau sprijină dezvoltarea tehnologiilor din cadrul lanțului tehnologic în întregul său?

### **3.2. Organizarea procesului de selectare și evaluare a tehnologiilor**

Independent de tip (de proiectare, de fabricare etc.) și dimensiuni (medii sau mici) orice companie tinde să devină mai competitivă și să obțină valoarea adăugată sporită în urma implementării unor noi tehnologii. Scopul principal al procesului de selectare și de evaluare a tehnologiilor este de a atinge obiectivele de vârf ale organizației. Deci, organizația trebuie să efectueze, pe cât posibil, o examinare detaliată și punctuală a noii tehnologii propuse spre a fi

implementată. În plus, tehnica de evaluare a tehnologiei este folosită pentru a implementa în strategia unei companii metoda care ar permite acesteia să monitorizeze și să utilizeze diferite surse de informații utile.

Evaluarea trebuie să fie un proces continuu, cu posibilitatea ca aceasta să se finalizeze în orice moment ca urmare a informațiilor suplimentare obținute. Nu este necesară actualizarea tuturor informațiilor la intervale frecvente. Pentru a evalua și a selecta tehnologiile cele mai potrivite pentru organizație sunt necesari o serie de pași care se rezumă la următoarele:

1. stabilirea echipei de lucru și identificarea problemei;
2. identificarea soluției cu argumentarea după caz a necesității dezvoltării sau procurării (transferului) unor tehnologii;
3. colectarea informațiilor despre tehnologiile propuse;
4. identificarea zonelor în care sunt necesare informații suplimentare;
5. selectarea/respingerea/modificarea tehnologiilor propuse, în baza informațiilor obținute la pasul 3 și 4;
6. evaluarea posibilelor conflicte;
7. decizia de a finaliza sau de a continua procesul de selectare și evaluare repetând pașii 1-6;
8. evaluarea detaliată având în vedere:
  - ✓ obiectivele, strategiile, politicile și valorile,
  - ✓ marketingul,
  - ✓ criteriile financiare,
  - ✓ criteriile de proiectare și de fabricație.

Cel mai important este crearea echipei de lucru cu manageri responsabili de a conduce și de a ghida echipa într-un proces de evaluare de succes. Este posibilă și angajarea unei echipe externe de experți.

Este necesar un instrument de evaluare a tehnologiei, o metodă, un set de acțiuni structurate ce ar permite echipei de lucru să țină cont de toate aspectele legate de noua tehnologie.

Următoarea metodă propusă intenționează să abordeze complexitatea problemei într-un mod mai puțin complex, fiind simplu de înțeles, aplicat și adaptat la nevoile specifice ale companiei din domeniul construcției de mașini. În același timp, metoda propusă se bazează pe punctaje ponderate și evită greșelile comune menționate mai sus. Metoda permite selectarea și evaluarea tehnologiilor, utilajelor, mașinilor elaborate de întreprinderi, evaluarea maturității acestora în baza unui proces formalizat (în continuare – Metoda de selectare și evaluare a tehnologiilor).

Metoda de selectare și evaluare a tehnologiilor poate fi definită ca un set de orientări sau pași ce pot fi adaptate și aplicate la o situație particulară, de exemplu, o listă de lucruri de făcut într-un mediu de tehnologii. Prin urmare, managerii de tehnologie nu trebuie să folosească metoda așa cum este, ci mai degrabă să o modifice și să o adapteze conform necesităților companiei. Având în vedere acest lucru, obiectivul metodei propuse este de a ajuta companiile în selectarea și evaluarea tehnologiilor care urmează a fi grupate într-un set de propuneri de tehnologii și într-un context de resurse limitate. Metoda intenționează să fie flexibilă pentru a fi adaptată și personalizată la nevoile specifice ale companiei și, în același timp, suficient de robustă pentru a permite aplicarea acesteia la diferite tipuri de tehnologii, utilaje și companii, luând în considerare condițiile specifice pentru instrumentele de selectare și evaluare a tehnologiilor. Totuși, această metodă este deosebit de utilă pentru companiile care urmăresc tehnologii cu incertitudine ridicată, precum tehnologiile privind inovația tehnologică sau dezvoltarea de noi produse, datorită încorporării riscurilor și incertitudinii în cadrul metodei.

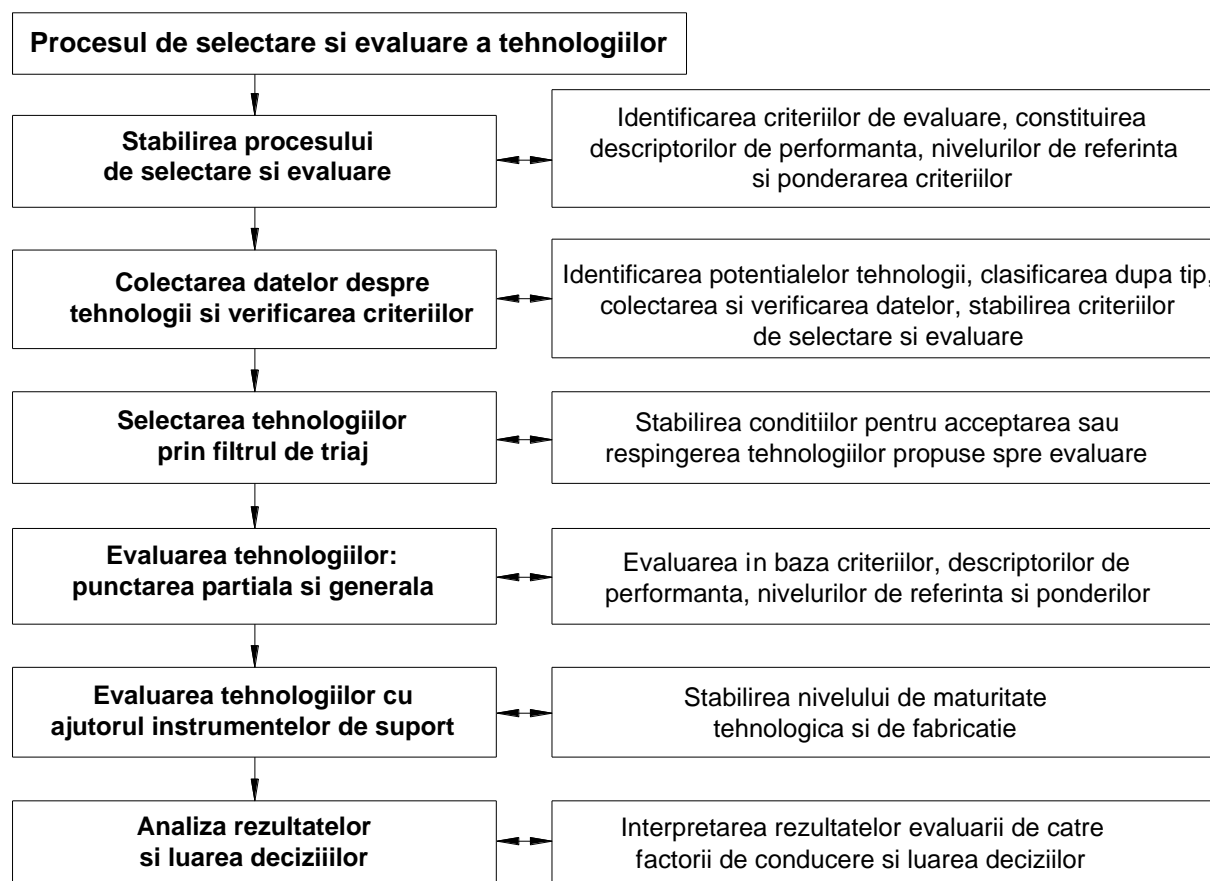
Aplicarea acestei metode trebuie făcută de o echipă de factori de decizie, mai degrabă decât de un singur manager, pentru a elimina subiectivismul selectării și evaluării tehnologiilor prin mijloace politice, jocuri de putere sau emoții, dar și pentru a aduna o gamă mai mare de cunoștințe și experiență relevante. Chiar dacă acest lucru asigură transparența procesului, pot exista opinii și preferințe contradictorii între diferite părți interesate și managerii companiei, deoarece decizia individuală optimă pentru fiecare departament este rareori optimă în aspect colectiv. În unele cazuri, ar putea fi oportun de organizat o ședință cu factorii de decizie pentru a îmbunătăți comunicarea și înțelegerea, asigurându-le înțelegerea metodelor folosite și angajamentul lor față de tehnologiile și obiectivele companiei. Această abordare socială și combinatorică este în acord cu analiza decizională multicriterială. Prin urmare, rezultatele obținute pot fi influențate de numărul și experiența factorilor de decizie, de datele disponibile și modul în care au fost obținute, de alegerea criteriilor de selectare și evaluare, punctarea tehnologiilor și altele, adică, rezultatele vor fi influențate de efortul general alocat acestui exercițiu de echipă. Metoda se cere a fi destul de simplă și să nu necesite metode sau formulări matematice complexe.

Metoda de selectare și evaluare a tehnologiilor în construcția de mașini se bazează pe abordări multiple și complexe [130] și include următoarele etape principale conform fig. 3.7 [131].

Prima etapă a metodei (1) stabilește procesul de lucru al sesiunilor viitoare de selectare și evaluare a tehnologiilor. Aceasta constă din pași care pot fi executați în prealabil, devreme ce nu depind de tehnologii, dar mai degrabă de companie, pentru a asigura că selectarea și evaluarea

tehnologiilor este mai consecventă și imparțială. Această sarcină se face o singură dată, apoi este revizuită ocazional, conform schimbărilor obiectivelor și situației în companie.

Celelalte părți ale metodei (2, 3, 4, 5 și 6) alcătuiesc structura sesiunii de selectare și evaluare. Înainte de fiecare sesiune, rezultatele obținute în prima fază trebuie revizuite și confirmate sau ajustate la situația specifică, dacă este nevoie.



**Fig. 3.7. Selectarea și evaluarea tehnologiilor [131]**

Alegerea metodei de punctare (ponderare) a fost făcută, luând în considerare avantajele și dezavantajele mai multor tipuri de metode prezentate în capitolul 1, deoarece este un instrument de prioritizare eficient. Mai mult, trebuie de ținut cont că metodele de punctare permit reflectarea multiplelor obiective ale organizațiilor, sunt ușor adaptate la schimbările organizaționale și de mediu și, în sfârșit, nu este influențată de viziunile pe termen scurt inerente metodelor de rentabilitate, când sunt incluse criteriile strategice și alte beneficii și costuri pe termen lung.

Se poate de atras atenția asupra faptului că, chiar dacă utilizatorii metodelor de punctare le consideră efective și eficiente, valoarea reală a factorilor de decizie nu este bazată pe punctajele obținute, ci pe procesul de analiză a criteriilor, discutând și obținând concluzii pentru fiecare criteriu.

**Stabilirea procesului de selectare și evaluare.** Pentru a se asigura că selectarea și evaluarea tehnologiilor este mai consecventă și nepărtinitoare, adică nu se bazează pe opinii și interese personale, se propune realizarea unor etape importante ale procesului de evaluare înainte

de a începe evaluarea tehnologiilor, care va stabili procesul de evaluare în sesiunile viitoare de selectare și evaluare a tehnologiilor. Această parte a metodei trebuie realizată o singură dată, apoi revizuită ocazional, în funcție de modificările obiectivelor și a situației companiei. Evident, la fiecare sesiune de selectare și evaluare a tehnologiilor, rezultatele obținute trebuie revizuite și confirmate sau ajustate la situația specifică, dacă este nevoie. Prin urmare, următorii pași vor fi executați în avans, deoarece nu depind de tehnologii, ci mai degrabă de obiectivele companiei: identificarea criteriilor și determinarea descriptorilor de performanță respective, a nivelurilor de referință și ponderii.

**Identificarea criteriilor.** Primul pas este identificarea criteriilor care reflectă cel mai bine obiectivele strategice ale companiei, situația, caracteristicile tipice tehnologiei, mediul și alți factori care pot avea un impact asupra tehnologiei sau care pot fi rezultatul acestuia. Unele dintre cele mai utilizate criterii sunt împărțite pe următoarele grupuri generale: strategic, financiar, industrie/piață, factori interni (competente de bază, personal etc.), specificațiile tehnologice (tehnologii) și intangibilitatea (competitivitate, imagine etc.). Această propunere de organizare a criteriilor poate fi adoptată sau modificată în funcție de setul de criterii selectat de companie și preferința managerilor.

**Descriptori de performanță.** Pentru a evalua performanța unei tehnologii conform unui criteriu, se propune ca să fie definit un descriptor de performanță (adică un set ordonat de niveluri plauzibile de performanță) pentru fiecare criteriu, acesta fiind modul în care tehnologia va fi „măsurată” în limitele aceluia criteriu. Acesta este destinat pentru următoarele:

- operaționalizarea evaluării impacturilor (performanțelor sau consecințelor) opțiunilor;
- descrierea mai obiectivă a impacturilor opțiunilor;
- restrângerea nivelurilor de impact la un domeniu de plauzibilitate (prin depistarea impacturilor sau opțiunilor care nu sunt admisibile sau sunt în afara contextului);
- verificarea independenței ordinale a problemei-cheie (criteriului).

Acești descriptori, care pot fi cantitativi sau calitativi, cu caracter continuu sau discret, vor ajuta într-o etapă ulterioară pentru a converti performanța tehnologiilor pe criterii într-un punctaj numeric. Utilizarea descriptorilor calitativi ai performanței este foarte utilă în sensul în care aceștia ajută factorii de decizie să nu ia în considerare valori incorecte și astfel tratează mai adecvat toate informațiile disponibile cu privire la tehnologie.

Criteriile și descriptorii de performanță servesc în calitate de ghid pentru a ajuta companiile să definească și să utilizeze propriile criterii și descriptori, deoarece ultimii depind mult de caracteristicile tehnologiilor evaluate. Aici pot fi făcute următoarele comentarii:

- criteriile și descriptorii de performanță sunt prezentați în regimul de referință și organizate de grupurile sugerate anterior (specificații de tehnologice, financiar, factori interni, strategic, piață/industrie, intangibile);
- descriptorii prezentați au între 2 și 5 niveluri de performanță, dar pot exista mai multe sau mai puține în funcție de companie și de contextul de selectare și evaluare a tehnologiilor;
- fiecare nivel este mai atractiv decât cel din dreapta sa și mai puțin atractiv decât cel din stânga, dar este independent de celelalte precedente sau următoare;
- primul și ultimul nivel nu reflectă neapărat cele mai bune sau cele mai joase performanțe posibile pentru criteriile corespunzătoare;
- unele criterii sunt foarte asemănătoare, deci, trebuie alese cu prudență pentru a evita considerarea aceluiași aspect de mai multe ori.

În tabelul 3.1 este ilustrat un exemplu de descriptor calitativ și discretizat al performanței atractivității pieței.

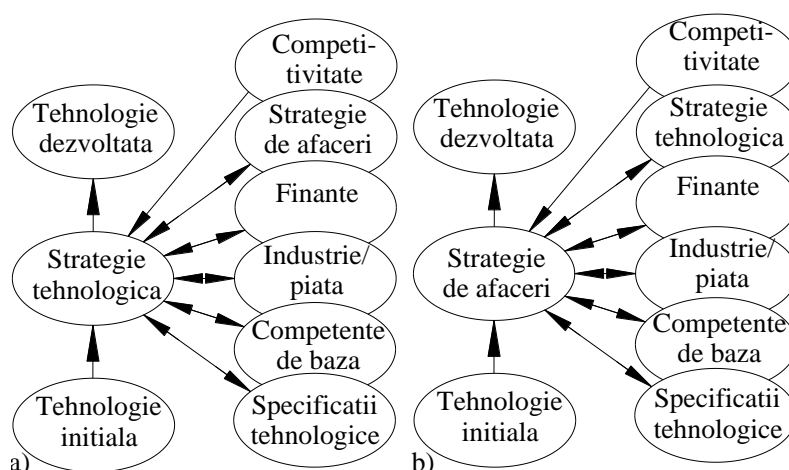
**Tabelul 3.1. Descriptor al performanței atractivității pieței**

Niveluri	Descrierea tehnologiei pe piață
1	extrem de profitabilă și în creștere
2	profitabilă și în creștere
3	extrem de profitabilă, dar stagnată
4	profitabilă, dar stagnată
5	profitabilă, dar în scădere

În continuare este prezentată o listă de criterii de performanță structurate în 6 grupe cu descriptorii de performanță pentru aceștia în ordinea descreșterii atractivității (foarte atractiv...puțin atractiv) [131]:

- **Strategic** (fig. 3.8):

- ✓ potrivirea
  - strategică: potrivire în multe aspecte specifice,
  - potrivire în puține aspecte specifice,
  - potrivire incertă,
  - nepotrivire probabilă,
  - nepotrivire;
- ✓ congruența: cu mai multe elemente-cheie ale strategiei, cu unele



**Fig. 3.8. Transferul/dezvoltarea tehnologică interfațată nemijlocit de strategiile tehnologică (a) și de afaceri (b) și de alți factori**

elemente-cheie ale strategiei, cu elemente non-cheie ale strategiei, improbabilă;

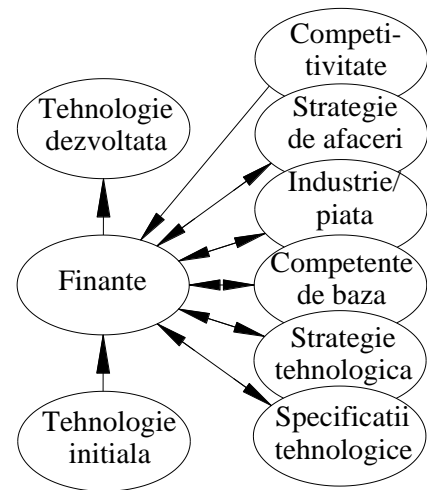
- ✓ alinierea strategică: clară, poate fi asigurată, poate fi asigurată parțial, improbabilă;
- ✓ importanța pentru succesul companiei: decisivă, semnificativă, moderată, minimă, lipsită de importanță;
- ✓ impactul tehnologiei asupra strategiei: critic, mare, mediu, minim, fără impact;
- ✓ adecvarea cunoștințelor legate de Industria 4.0 în raport cu tehnologiile care urmează să fie adoptate: înaltă, medie, joasă, ne semnificativă.

• **Financiar** (fig. 3.9):

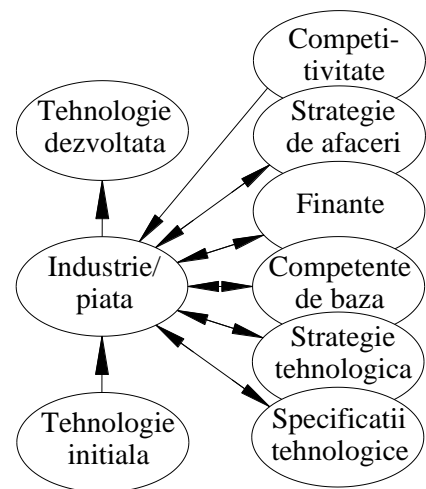
- finanțarea: externă și/sau internă garantată și nelimitată; strictă în limita bugetului; cu risc minor de neîncadrare în limita bugetului; cu risc de neîncadrare în limita bugetului; neîncadrare în limita bugetului, surse suplimentare identificate; neîncadrare în limita bugetului, surse suplimentare neidentificate;
- probabilitatea rentabilității investiției estimată la: 70-100%, 50-69%, 30-49%, 20-29%, 10-19%.

• **Industrie/piață** (fig. 3.10):

- ✓ pregătirea industriei / pieței pentru tehnologie: cerere clar formulată și exprimată, cerere clar formulată și exprimată de majoritatea clienților, cerere formulată și exprimată de mulți clienți, cerere formulată și exprimată de o parte din clienți, cerere neformulată și neexprimată;
- ✓ conștientizarea relevanței conceptului Industrie 4.0: înaltă, medie, joasă, ne semnificativă;
- ✓ raportarea tehnologiei cu necesitățile actuale ale industriei / pieței: adecvată necesităților, cu relație clară cu necesitățile, cu relație ajustabilă prin modificarea tehnologiei, cu relație probabilă, cu relație inexistentă;



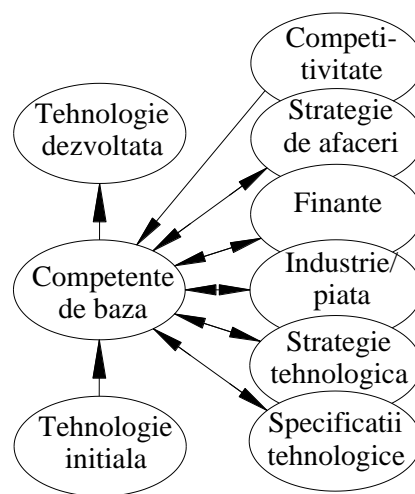
**Fig. 3.9. Transferul/dezvoltarea tehnologică interfațată nemijlocit de factorul financiar și asociat de alți factori**



**Fig. 3.10. Transferul/dezvoltarea tehnologică interfațată nemijlocit de factorul industrie/piață și asociat de alți factori**

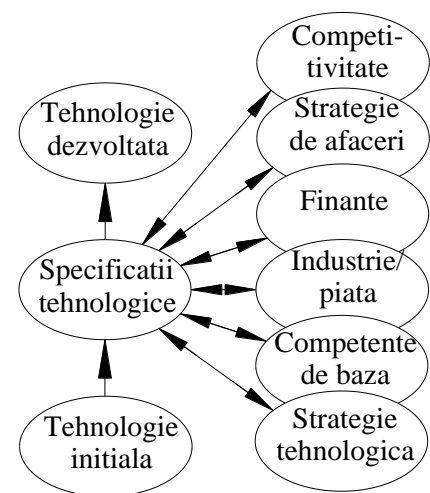


- ✓ atractivitatea industriei / pieței interne: extrem de profitabilă și în creștere, profitabilă și în creștere, extrem de profitabilă și în stagnare, profitabilă și în stagnare, profitabilă și în scădere;
  - ✓ atractivitatea industriei / pieței externe: profitabilă și în creștere rapidă, profitabilă și stabilă, profitabilă și în stagnare, profitabilă și în scădere;
  - ✓ dimensiunea industriei / pieței: demonstrată și cunoscută prin sondaj oficial, cunoscută prin date suficiente dar neprelucrate, cunoscută prin reprezentativitatea unor companii, nu este cunoscută
  - ✓ intensitatea concurențială în industrie / pe piață pentru tehnologie: singură (monopolistă), concurență obișnuită multiplă sau 1 concurent puternic, 2 concurenți puternici, 4 sau mai mulți concurenți puternici;
  - ✓ ciclul de viață (industrial, tehnico-tehnologic) estimat: lung cu oportunități de îmbunătățire incrementală, moderat (4-6 ani) cu oportunități de îmbunătățire incrementală, scurt (1-3 ani), nedefinit.
- **Factori interni sau competențe de bază** (fig. 3.11):
    - disponibilitatea de personal și facilități: disponibile imediat și nemijlocit, disponibile parțial și în timp, deficiență recunoscută în domenii-cheie, sunt necesare angajări / instruirii;
    - competențele digitale ale angajaților la scara investițiilor planificate în Industria 4.0: înalte, medii, joase,
    - competențele de bază tehnico-tehnologice: există și nu sunt necesare capacități, abilități sau cunoștințe noi, sunt necesare unele capacități și abilități noi dobândite în timp scurt, sunt necesare unele capacități și abilități noi dobândite în timp mediu (câteva luni), lipsesc unele capacități și abilități importante și este necesar un plan pentru a le dobândi, sunt necesare capacități majore și/sau recrutată o nouă echipă tehnico-tehnologică sau este necesară asistența unui partener;
    - abilitățile tehnico-tehnologice necesare: practicate pe larg în companie, practicate parțial în companie, practicate la nivel de cercetare și dezvoltare, nepracticate în companie;



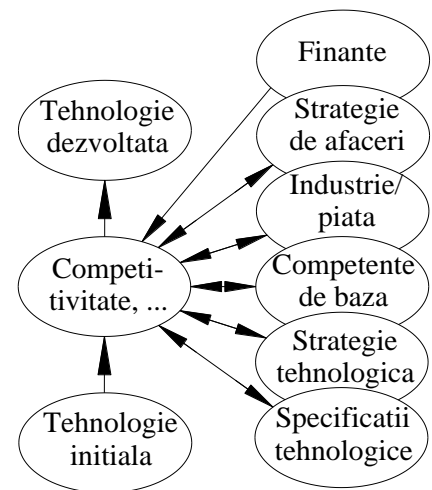
**Fig. 3.11. Transferul/dezvoltarea tehnologică interfațată nemijlocit de factorii interni (competențele de bază) și asociat de alți factori**

- abilitățile de dezvoltare a aplicațiilor tehnologice: existente și mature, existente emergente, noi și ușor dobândite, noi;
  - sprijinul organizatoric din partea tuturor părților interesate: sprijin consistent, sprijin, sprijin condiționat de argumentare, opoziție relativă, opoziție severă;
  - potrivirea pentru transfer/distribuție pentru departamentul și personalul abilitat: obișnuit, cu mici modificări, majoritatea personalului necesită instruire, necesară restructurarea departamentului, necesar un nou departament sau un nou canal de transfer;
  - potrivirea pentru lanțul de producție / aprovizionare: modificări minore ale producției sau ale lanțului de aprovizionare, modificări realizabile în limitele capacităților existente, resurse suplimentare pentru adaptarea procesului de fabricație sau schimbarea în lanțul de aprovizionare, este necesar un nou sistem de fabricație sau o schimbare majoră în lanțul de aprovizionare;
  - potrivirea cu canalele de aprovizionare existente: potrivire completă, necesare unele schimbări ne semnificative, sunt iminente schimbări semnificative.
- **Specificații tehnologice** (fig. 3.12):
    - ✓ raportarea caracteristicilor tehnologiei cu concurența: multe importante și mult mai bune, cel puțin una importantă este semnificativ mai bună, câteva neimportante sunt mai bune, cel puțin una neimportantă este mai bună, nu există mai bune;
    - ✓ alinierea tehnologiei la conceptele moderne de tehnologii digitalizate (tehnologii avansate de fabricație, Industrie 4.0 etc.): înaltă, medie, joasă, ne semnificativă
    - ✓ valoarea oferită de tehnologie: esențială, mare, moderată, mică, inexistentă;
    - ✓ avantajul concurențial al tehnologiei: esențial, mare, moderat, mic, inexistent;
    - ✓ rezerva de dezvoltare a tehnologiei: prin modificarea parametrilor, prin modificarea fazelor tehnologice, prin înlocuirea fazelor, incertă;



**Fig. 3.12. Transferul/dezvoltarea tehnologică interfațată nemijlocit de specificații tehnologice cheie și asociat de alți factori**

- ✓ funcționalitatea tehnologiei demonstrată în prototip: toate caracteristicile demonstrate, caracteristicile - cheie demonstrate, o caracteristică - cheie nedemonstrată, mai multe caracteristici - cheie nedemonstrate, caracteristicile nedemonstrate;
  - ✓ implementarea tehnologiei: ușor realizabilă, moderat realizabilă, greu realizabilă, modul de realizare incert, multiple obstacole;
  - ✓ avantajul competitiv al tehnologiei bazat pe complexitatea reproducerii caracteristicilor - cheie de către concurenții: mai mult de 2 ani, cel puțin 2 ani, cel puțin 1 an, este necesar efort de îmbunătățire continuă, inexistent;
  - ✓ poziția de drept al proprietății intelectuale a tehnologiei: foarte bine protejată (combinație de brevete, secrete comerciale, acces la materiile prime etc.), bine protejată (brevete, secrete comerciale etc.), protejată fără a fi factor de descurajare pentru concurenți, neprotejată;
  - ✓ oportunitățile de sinergie a tehnologiei: parte - cheie a unui ecosistem tehnologic, parte a unui ecosistem tehnologic, importantă separat, moderat importantă separat, slab importantă separat, neimportantă;
  - ✓ capacitatea de a forma ecosisteme tehnologice: cu multe tehnologii, cu un număr redus de tehnologii, cu unele tehnologii, cu unele tehnologii cu efort de modernizare, limitat;
  - ✓ mentenanța tehnologiei după transfer: există nelimitat, există condiționată de factorii interni și-sau externi, limitată.
- **Intangibile (competitivitate, potențial, imagine, rol etc.)** (fig. 3.13):
    - tehnologia ca o platformă de creștere: deschide noi oportunități tehnico-tehnologice și comerciale, reprezintă potențial de diversificare și/sau oportunități de extindere, reprezintă un caz izolat;
    - potențialul oferit de tehnologie: un început de afacere nouă profitabilă sau de aplicații multiple, o nouă linie tehnologică și/sau de produse și aplicații, variații tehnologice și/sau de produse și aplicații, relansarea valorii unor tehnologii și/sau produse și aplicații existente;



**Fig. 3.13. Transferul/dezvoltarea tehnologică interfațată nemijlocit de factori intangibili (competitivitate, potențial, imagine, rol etc.) și asociat de alți factori**

- formarea noilor competențe și cunoștințe oferită de tehnologie: majoritatea, multe, câteva, unele, nesemnificativ;
- impactul asupra imaginii companiei, mărcii (publicații științifice, bunele practici, presa etc.): creștere substanțială, creștere, creștere nesemnificativă, menținere la nivel, fără impact;
- rolul tehnologiei asupra relațiilor cu clienții: vitală pentru creșterea numărului de clienți, vitală pentru păstrarea clienților, vitală pentru păstrarea clienților cheie, vitală pentru păstrarea un client cheie, neutru, îngrijorări (ex. de mediu) ale clienților;
- impactul reglementărilor industriale, economice, sociale, legale, politice: avantajos, pozitiv, neutru, negativ;
- potențialul tehnologiei pentru exportul extern: poate crește rapid, poate crește constant, la nivel stabil, în descreștere.

Trebuie, de asemenea, de ținut seama de faptul că numărul de niveluri de performanță ce urmează a fi utilizate depinde de criterii specifice (de exemplu, un criteriu poate avea doar cele două niveluri de performanță „da” și „nu”) și de condiții de respingere. Dacă tehnologiile nu trec filtrul de triaj, existând opoziție din partea mai multor părți interesate, nu are rost să fie stabilit nivelul de performanță pentru criteriul „Sprijinul organizațional”, deoarece nici o tehnologie nu va avea în această etapă acea performanță. Mai mult, dacă o companie nu dorește să continue metoda propusă sau procesul de selectare și evaluare a tehnologiilor, construcția acestor descriptori de performanță constituie totuși un ajutor valoros pentru procesul decizional, deoarece permite să se înțeleagă mai bine criteriile și diferitele niveluri de performanță ale tehnologiei. În același timp, această metodă nu permite managerilor să compare performanța pe criterii diferite, pentru care trebuie să fie utilizată o metodă de ponderare.

*Niveluri de referință.* Practica arată necesitatea identificării a două niveluri de referință cu valoarea fiecărui criteriu „bine” sau „neutru” pentru operaționalizarea ideii de alternativă bună și neutră (nici atractivă, nici repulsivă). Sunt valabile următoarele trei motive:

- efortul necesar pentru identificarea nivelurilor de referință contribuie semnificativ la înțelegerea criteriilor;
- criteriile fac posibilă exprimarea atractivității intrinseci a unei performanțe;
- este permisă utilizarea unei proceduri de ponderare a criteriilor valabile în cadrul teoretic de aplicare a unui model de agregare.

Nivelul de referință „neutru” este definit ca o performanță care nu este nici pozitivă, nici negativă pentru factorii de decizie (cum ar fi opțiunea „status quo” sau opțiunea „de a nu face nimic”), iar nivelul de referință „bun” corespunde unei performanțe satisfăcătoare (cum ar fi un

nivel de referință recunoscut al criteriului respectiv). Aceste niveluri de referință nu trebuie să fie stabilite de cele mai joase și mai înalte performanțe ale alternativelor disponibile, deoarece nivelul de referință „neutru” nu este cea mai joasă performanță posibilă, iar nivelul „bun” nu este și cel mai bun. Factorii de decizie recunosc că, în mod obiectiv, pot exista alternative mai puțin atractive decât „neutru” și mai atractive decât „bun”. În plus, acestea sunt independente de performanța alternativelor și permit expresia atractivității oricărei alternative indiferent de celelalte luate în considerare.

Nivelurile de referință ale fiecărui criteriu trebuie identificate sau adăugate printre nivelurile de performanță. Acestea pot, de exemplu, fi evidențiate pentru a fi diferențiate de celelalte niveluri. Nivelurile sunt subiective, deci, determinarea lor va depinde în mod natural de factorii de decizie, dar important este că judecățile lor despre ce este o performanță „neutră” și „bună” să rămână consecvente pe tot parcursul procesului.

*Evaluarea directă și indirectă.* Există două modalități de a acorda punctaj unei tehnologii în limitele unui anumit criteriu (pentru a obține valoarea parțială sau pentru a obține punctajul), direct (direct rating) sau indirect (prin funcții de valoare). Ambele folosesc nivelurile de referință anterioare, care pot fi, de exemplu, 100 pentru „bun” și 0 pentru „neutru”. Ratingul direct este mai des utilizat, astfel încât evaluarea directă este propusă și în metoda selectată. În acest context, evaluarea indirectă este de asemenea succint caracterizată în scopul înțelegerii mai clare a tehnicilor disponibile pentru acordarea punctajelor.

*Evaluarea directă.* În evaluarea directă factorul de decizie estimează atractivitatea opțiunilor, ținând cont de reperele stabilite (de exemplu, 100 pentru „bun” și 0 pentru „neutru”): tehnologiei A i se atribuie 30, tehnologiei B - 115, iar tehnologiei C - 15 etc.

E de menționat că utilizarea acestor tehnici numerice obligă factorul de decizie să înțeleagă relativitatea procesului. Astfel, 0 nu reprezintă neapărat o absență de valoare (atractivitatea), iar raportul punctelor atribuite diferitor tehnologii nu reflectă și raportul valorilor acestora. Acest lucru se datorează faptului că aceste scoruri se încadrează pe o scară de intervale și nu pe o scară de raporturi. Scalele valorilor intervalelor sunt reprezentări cantitative ale preferințelor utilizate pentru a reflecta ordinea de atractivitate a alternativelor exprimată de factorul de decizie.

*Evaluarea indirectă.* În mod alternativ, factorul de decizie poate stabili indirect atractivitatea relativă a opțiunilor, folosind o funcție valorică care convertește performanța în valoare numerică. Această funcție valorică poate fi construită, apelând la nivelurile de performanță definite anterior, indiferent dacă acestea sunt calitative sau cantitative. După notarea nivelurilor de performanță, factorul de decizie ar putea constata că funcția valorică rezultată este

prea aproape de o funcție liniară, în timp ce consideră că funcționalul ar trebui să crească exponențial. Acest lucru poate fi util chiar și pentru descriptori cu valori discrete, deși există doar un număr finit de performanțe posibile și, prin urmare, nu este nevoie de interpolare între două niveluri de performanță stabilite. Funcția valorică poate liniară pe porțiuni separate.

*Ponderarea criteriilor.* Ponderile sunt cunoscute și sub denumirea de coeficienți de ponderare sau constante de scalare necesare pentru a determina contribuția valorilor parțiale (sau a punctajelor) din fiecare criteriu la valoarea totală agregată (sau punctajul general). Cea mai frecventă și critică greșeală în analiza deciziilor este utilizarea procedurilor necorespunzătoare pentru a determina ponderile într-un model multicriterial. Determinarea unei ponderi trebuie să fie realizată cu referire la scalele de performanță ale criteriului corespunzător, deoarece ponderile sunt rate de substituție și trebuie să surprindă diferențele dintre nivelurile de referință definite. În caz contrar, ponderile devin arbitrare și nu au nici un sens în cadrul aditiv agregat, când sunt determinate direct prin raportare la noțiunea „importantă” care poate fi psihologică și/sau intuitivă. Procedurile corecte de ponderare creează ponderile pe baza răspunsurilor factorilor de decizie printr-o comparație a alternativelor de referință.

### **3.3. Structurarea selectării și evaluării tehnologiilor**

Metoda propusă prevede ca toate etapele să se repete în fiecare sesiune de selectare și evaluare a tehnologiei, omițând astfel secțiunea „pregătitoare” anterioară. După stabilirea listei tehnologiilor potențiale, urmează filtrarea tehnologiilor în conformitate cu criteriile selectate și datele colectate despre tehnologii.

*Filtrul conform tipului de tehnologie.* În procesul de selectare și evaluare pot fi luate în considerare diferite tipuri de tehnologii care în mod normal au nevoie de diferite procese de apreciere. Indiferent de statutul tehnologiei care poate fi de mare importanță, importantă sau auxiliară, fiecare dintre acestea urmează să susțină procedura de selectare și evaluare. Excepție fac tehnologiile utilizate în condiții de forță majoră motivate de necesitatea de funcționare sau de necesitatea concurențială critică. Celelalte tehnologiilor au nevoie de metode de selectare și evaluare, care ar putea să nu fie identice pentru toți. Prin urmare, pentru diferite tipuri de tehnologii, primul pas trebuie să fie separarea potențialelor tehnologii în grupuri de diferite tipuri.

Chiar dacă majoritatea companiilor vor avea o singură metodă de evaluare a tuturor tehnologiilor potențiale, altele pot să dorească să le împartă în grupuri diferite și să utilizeze diferite metode. Un prim posibil grup poate fi compus din tehnologii mici și/sau nu foarte costisitoare, pentru care o metodă sofisticată de selecție și evaluare este considerată ca nefiind

justificată. Un al doilea grup de tehnologii poate cel a tehnologiilor cu costuri mult mai mari ce necesită o mai strictă metodă de evaluare. O altă posibilitate de separare a tehnologiilor în diferite categorii este legată de anvergura schimbărilor în produs sau tehnologie și a costurilor ulterioare:

- tehnologii derivate – o variație de la cele existentă și neobservată de către utilizatorul final;
- tehnologii-platformă – îmbunătățirea fundamentală a produsului sau a procesului efectiv observată și apreciată de către client;
- tehnologie-descoperire – implică, de obicei, apariția revoluționară a noilor produse, tehnologii, materiale ce diferă mult de cele din anterioarele generații;
- tehnologii de cercetare și dezvoltare din care rezultă crearea de know-how de noi tehnologii și/sau materiale și/sau produse.

Managerii pot prefera, de exemplu, să aplice o metodă pentru tehnologii derivate, apoi pentru tehnologii-platformă și așa mai departe sau să aplice o metoda pentru a evalua tehnologii derivate, iar pentru tehnologii-platformă – altă metodă ș.a.m.d.

*Selectarea și evaluarea criteriilor.* Pentru a evalua atractivitatea unei tehnologii trebuie selectate criterii adecvate. Dacă este nevoie, lista criteriilor poate fi modificată prin adăugare de noi criterii. Cu toate acestea, există unele aspecte care trebuie luate în considerare mai întâi, fiind prioritare.

*Număr de criterii.* În ceea ce privește numărul de criterii care trebuie utilizate, managerii trebuie să reziste tentației și dorinței de a furniza un număr foarte mare, care ar avea avantajul neutralizării incertitudinilor, dar, în consecință, se va acorda mai puțină atenție fiecărui criteriu. Majoritatea din mulțimea acestor criterii vor avea ponderi atât de mici, încât vor avea un impact redus pentru punctajul general al tehnologiei. Pe de altă parte, trebuie să se selecteze un set bogat de măsuri care cuprinde toate informațiile relevante și care include diferite tipuri de criterii. Drept urmare, trebuie căutat un echilibru între aceste două considerente, iar companiile trebuie să selecteze un set de criterii care este și complet, și diversificat, și gestionabil.

*Rechizite de lucru.* Managerii trebuie să selecteze criteriile considerate că fiind cele mai importante și pentru care pot oferi informații de valoare, fie date, fie avize ferme. În plus, ei nu trebuie să se bazeze prea mult pe indicatorii financiari, dar să includă și indicatori strategici, ceea ce permite companiei să vadă obiectivele „imaginii mari”, indicatorii de piață, deoarece încorporarea diferitelor tipuri de valori în procesul selectării de tehnologii, dă de obicei cele mai bune rezultate. În cele din urmă, dacă un criteriu determinat are și subcriterii, acestea trebuie să

fie introduse în proces ca și criteriile în loc de primul criteriu, deși fiecare criteriu trebuie să fie independent de ceilalți.

*Colectarea datelor despre tehnologie.* O etapă importantă a metodei este colectarea datelor obiective, veridice și adecvate referitoare la fiecare tehnologie. Este vorba de informațiile și experiența din trecut, de opinia experților, alte date. Toate datele urmează a fi verificate prin apelare la alte persoane, poate chiar și la clienți, care pot furniza informații valoroase despre tehnologie și rolul acesteia pe piață. După acest exercițiu, compania poate descoperi că este preferabilă finanțarea parțială a unei tehnologii pentru a verifica presupunerile sau că tehnologia trebuie amânată.

Este importantă identificarea și examinarea oricărei alte caracteristici speciale a tehnologiilor cum ar fi posibilitatea de externalizare sau existența unor restricții sau sinergii între tehnologii. O recomandare foarte importantă este faptul că oricare ipoteză emisă în timpul acestui proces și verificării pe parcursul ciclului de viață al tehnologiei trebuie obligatoriu documentată. Acest lucru este în special obligatoriu pentru tehnologiile noi, deoarece acestea sunt incerte și cunoștințele despre ele se pot schimba în timpul dezvoltării. Mai mult, pentru a defini mai bine criteriile de selectare și evaluare managementul de vârf trebuie să dezvolte din timp o listă a obiectivelor strategice ale companiei cu privire la maturitatea tehnologiei, la cota de piață a tehnologiei, imaginea sau impactul acestora în afaceri. De asemenea, este importantă evaluarea disponibilității atât a resurselor interne, cât și a celor externe.

Căutarea informației despre o anumită tehnologie sau despre un grup de tehnologii poate fi făcută, folosind cuvintele-cheie în bazele de date și este o etapă primară de verificare a noutății și maturității unei tehnologii. După ce se constată noutatea și maturitatea tehnologiei propuse se efectuează înregistrarea parametrilor tehnici și a indicatorilor economici. Dacă tehnologia nouă corespunde necesităților stabilite și poate rezolva o anumită problemă, aceasta este înregistrată ca o alternativă. Dar, practic, întotdeauna pot fi identificate combinații de tehnologii, care vor oferi soluții mai bune. Așa-numita analiză a echivalentelor funcționale este o metodă foarte utilă. Dacă căutarea tehnologiilor în bazele de date este cheia succesului pentru a obține informația despre noutatea tehnologiei, analiza echivalentelor funcționale este un instrument pentru a înțelege și a îmbunătăți tehnologia în sine [132].

Colectarea datelor privind tehnologiile alternative se face pe criterii:

- identificarea problemei;
- soluționarea problemei;
- stadiul tehnicii;



- studiul de fezabilitate;
- costul tehnologiei;
- analiza tehnologiei;
- documentația tehnologiei;
- sarcina tehnică;
- funcțiile tehnologice.

După colectarea tuturor datelor necesare se construiește un tabel cu performanțele fiecărei tehnologii conform fiecărui criteriu în conformitate cu descriptorii performanței deja definiți. Tabelul poate include, de asemenea, nivelurile de referință în scopuri de vizibilitate. În acest sens, în cadrul tezei a fost dezvoltat un instrument de lucru în Microsoft Excel, care permite evaluarea fiecărei tehnologii selectate, vizualizarea grafică a acestora și premisele pentru selectarea și evaluarea tehnologiei potrivite.

*Filtrul de triaj.* După colectarea datelor despre tehnologiile structurate pe criteriile alese, se pot stabili condiții pentru respingerea tehnologiilor care nu îndeplinesc anumite condiții de prag pentru anumite criterii în conformitate cu cerințele și necesitățile companiei, cum ar fi un nivel tehnic minim, o corespundere tendințelor tehnologice moderne, o rată de rentabilitate minimă sau o cotă de piață potențială minimă acceptabilă.

Tabelul 3.2 reprezintă un model de includere a rezultatelor acestui exercițiu. Acesta conține criteriile identificate de întreprindere pentru etapa dată, explicațiile la criterii și următoarele răspunsuri de confirmare: da, nu, să fie confirmat. În cazul în care o tehnologie obține un răspuns „Nu” sau ”Să fie confirmat”, atunci se schimbă automat răspunsul final pentru tehnologia dată și culoarea câmpului, deoarece Instrumentul de selectare și evaluare a tehnologiilor este elaborat cu ajutorul softului Microsoft Excel. Dacă tehnologia obține în final un răspuns „Să fie confirmat”, aceasta înseamnă că managerii trebuie să se reîntoarcă la etapa precedentă de colectare a informațiilor și să completeze informațiile necesare. Este bine ca acest lucru să fie făcut înainte de parcurgerea etapei de evaluare a tehnologiilor, în care informația colectată inițial urmează a fi confirmată. În cazul în care o tehnologie obține unul sau mai multe răspunsuri „Nu”, aceasta înseamnă că managerii trebuie să analizeze importanța acestui criteriu și să ia o decizie de acceptare sau de excludere a tehnologiei date pentru etapa de evaluare. Analiza ar putea fi făcută prin stabilirea criteriilor prioritare și valorilor minim acceptabile. Dacă, totuși, se ia o decizie de excludere a tehnologiei din etapa de evaluare, aceasta ar putea fi îmbunătățită între timp și inclusă în următoarea sesiune de selectare și evaluare în cadrul întreprinderii.

**Tabelul 3.2. Filtru de triaj pentru selectarea tehnologiilor**

<b>Criteriile (pot fi ajustate la necesitate)</b>	<b>Explicații la criteriile de preselectie (valorile pot fi ajustate în funcție de contextul particular propriu)</b>	<b>Tehnologia de produs 1 (TP1)</b>	<b>Tehnologia de produs 2 (TP2)</b>	<b>Tehnologia de produs 3 (TP3)</b>	<b>Tehnologia de produs 4 (TP4)</b>
<b>Identificarea problemei</b>	Problema este actuală și există necesitatea de rezolvare	Da/Nu/Să fie confirmat	Da/Nu/Să fie confirmat	Da/Nu/Să fie confirmat	Da/Nu/Să fie confirmat
<b>Soluționarea problemei</b>	Soluționarea problemei în mod rapid și eficient	Da/Nu/Să fie confirmat	Da/Nu/Să fie confirmat	Da/Nu/Să fie confirmat	Da/Nu/Să fie confirmat
<b>Stadiul tehnicii</b>	Stadiul tehnicii arată ultimele tendințe în domeniu	Da/Nu/Să fie confirmat	Da/Nu/Să fie confirmat	Da/Nu/Să fie confirmat	Da/Nu/Să fie confirmat
<b>Studiul de fezabilitate</b>	Concluziile studiului de fezabilitate realizat	Da/Nu/Să fie confirmat	Da/Nu/Să fie confirmat	Da/Nu/Să fie confirmat	Da/Nu/Să fie confirmat
<b>Prețul tehnologiei</b>	Analiza detaliată a prețului tehnologiei	Da/Nu/Să fie confirmat	Da/Nu/Să fie confirmat	Da/Nu/Să fie confirmat	Da/Nu/Să fie confirmat
<b>Analiza tehnologiei</b>	Concluziile analizei tehnologiei	Da/Nu/Să fie confirmat	Da/Nu/Să fie confirmat	Da/Nu/Să fie confirmat	Da/Nu/Să fie confirmat
<b>Documentația de schița a tehnologiei</b>	Este elaborată	Da/Nu/Să fie confirmat	Da/Nu/Să fie confirmat	Da/Nu/Să fie confirmat	Da/Nu/Să fie confirmat
<b>Sarcina tehnică</b>	Este elaborată	Da/Nu/Să fie confirmat	Da/Nu/Să fie confirmat	Da/Nu/Să fie confirmat	Da/Nu/Să fie confirmat
<b>Funcțiile tehnologice</b>	Sunt observate	Da/Nu/Să fie confirmat	Da/Nu/Să fie confirmat	Da/Nu/Să fie confirmat	Da/Nu/Să fie confirmat
<b>Tehnologia îndeplinește TOATE criteriile de preselectie? (Se propune ca tehnologia apreciată cu doi de „Nu” să nu fie admisă în etapa următoare) sau să fie stabilite criterii de prioritizare și valori minim acceptabile)</b>		<b>Da/Nu/Să fie confirmat</b>	<b>Da/Nu/Să fie confirmat</b>	<b>Da/Nu/Să fie confirmat</b>	<b>Da/Nu/Să fie confirmat</b>

Prin urmare, acest filtru de triaj permite factorilor de decizie să restricționeze procesul de evaluare a tehnologiilor ce respectă cerințele impuse.

#### **3.4. Instrumentul de lucru al metodei de selectare și evaluare a tehnologiilor pentru transfer/dezvoltare în construcția de mașini**

După ce tehnologiile au fost trecute prin filtre, acestora li se acordă punctaj în concordanță cu performanța lor conform criteriilor alese (punctaje parțiale) cu ajutorul descriptorilor de performanță dezvoltate pentru fiecare grup de criterii și pentru criterii aparte. Punctajul general este calculat ca medie ponderată.

*Punctaje parțiale.* Criteriile stabilite trebuie să fie verificate pentru a constata dacă acestea sunt încă valabile, adică dacă reflectă în continuare preferințele companiei în ceea ce privește atractivitatea performanțelor. Punctajul (sau valoarea parțială) unei tehnologii pentru un anumit criteriu poate fi determinat, având în vedere performanțele acesteia. Valorile tuturor tehnologiilor pentru fiecare criteriu sunt incluse în tabelul 3.3 al punctajelor.

Tabelul este important pentru a prezenta valoric, într-un mod simplu și concis, punctajele alternativelor tehnologice conform diferitor criterii. Cu toate acestea, chiar dacă permite factorilor de decizie să constate, de exemplu, care tehnologie are cel mai mare punctaj pentru un anumit criteriu, nu le permite să constate care este cea mai bună tehnologie la nivel global. Singura excepție este, desigur, fenomenul unei tehnologii cu un punctaj mai mare pentru toate criteriile. De obicei, este necesară alegerea mai multor tehnologii sau clasarea tuturor, deci, este necesară o metodă de agregare pentru combinarea diverselor punctaje într-unul singur, care este abordat în secțiunea următoare.

**Tabelul 3.3. Evaluarea performanțelor tehnologiilor**

Grup de criterii, criterii și descriptorii de performanță (punctaj)	Pon- derea	TP1	TP2	TP3	TP4
		punctaj	punctaj	punctaj	punctaj
1	2	3	4	5	6
<b>Strategic:</b>					
<b>Potrivire strategică:</b> potrivire în multe aspecte specifice (6), potrivire în puține aspecte specifice (5), potrivire incertă (4), nepotrivire probabilă (3), nepotrivire (2);	0,5 - 2	2 - 6	2 - 6	2 - 6	2 - 6
<b>Congruența:</b> cu mai multe elemente-cheie ale strategiei (6), cu unele elemente-cheie ale strategiei (5), cu elemente noncheie ale strategiei (4), improbabilă (3);	0,5 - 2	3 - 6	3 - 6	3 - 6	3 - 6
<b>Alinierea strategică:</b> clară (6), poate fi asigurată (5), poate fi asigurată parțial (4), improbabilă (3);	0,5 - 2	3 - 6	3 - 6	3 - 6	3 - 6
<b>Importanța pentru succesul companiei:</b> decisivă (6), semnificativă (5), moderată (4), minimă (3), lipsită de importanță (2);	0,5 - 2	2 - 6	2 - 6	2 - 6	2 - 6
<b>Impactul tehnologiei asupra strategiei:</b> critic (6), mare (5), mediu (4), minim (3), fără impact (2);	0,5 - 2	2 - 6	2 - 6	2 - 6	2 - 6
<b>Adecvarea cunoștințelor legate de Industria 4.0</b> în raport cu tehnologiile care urmează să fie adoptate: înaltă (6), medie (5), joasă (4), nesemnificativă (3).	0,5 - 2	3 - 6	3 - 6	3 - 6	3 - 6
<b>Strategic - pondere medie</b>					
<b>Financiar:</b>					
<b>Finanțarea:</b> externă și/sau internă garantată și nelimitată (6), strictă în limita bugetului (5), cu risc minor de neîncadrare în limita bugetului (4), cu risc de neîncadrare în limita bugetului (3), neîncadrare în limita bugetului (2), surse suplimentare identificate (2), neîncadrare în limita bugetului (1), surse suplimentare neidentificate (1);	0,5 - 2	1 - 6	1 - 6	1 - 6	1 - 6
<b>Probabilitatea rentabilității investiției estimată la:</b> 70-100% (6), 50-69% (5), 30-49% (4), 20-29% (3), 10-19% (2);	0,5 - 2	2 - 6	2 - 6	2 - 6	2 - 6
<b>Financiar - pondere medie</b>					

Continuarea tabelului 3.3

1	2	3	4	5	6
<b>Industrie/piață:</b>					
<b>Pregătirea industriei / pieței pentru tehnologie:</b> cerere clar formulată și exprimată (6), cerere clar formulată și exprimată de majoritatea clienților (5), cerere formulată și exprimată de mulți clienți (4), cerere formulată și exprimată de o parte din clienți (3), cerere neformulată și neexprimată (2);	0,5 - 2	2 - 6	2 - 6	2 - 6	2 - 6
<b>Conștientizarea relevanței conceptului Industrie 4.0:</b> înaltă (6), medie (5), joasă (4), ne semnificativă (3);	0,5 - 2	3 - 6	3 - 6	3 - 6	3 - 6
<b>Raportarea tehnologiei cu necesitățile actuale ale industriei / pieței:</b> adecvată necesităților (6), cu relație clară cu necesitățile (5), cu relație ajustabilă prin modificarea tehnologiei (4), cu relație probabilă (3), cu relație inexistentă (2);	0,5 - 2	2 - 6	2 - 6	2 - 6	2 - 6
<b>Atractivitatea industriei / pieței interne:</b> extrem de profitabilă și în creștere (6), profitabilă și în creștere (5), extrem de profitabilă și în stagnare (4), profitabilă și în stagnare (3), profitabilă și în scădere (2);	0,5 - 2	2 - 6	2 - 6	2 - 6	2 - 6
<b>Atractivitatea industriei / pieței externe:</b> profitabilă și în creștere rapidă (6), profitabilă și stabilă (5), profitabilă și în stagnare (4), profitabilă și în scădere (3);	0,5 - 2	3 - 6	3 - 6	3 - 6	3 - 6
<b>Dimensiunea industriei / pieței:</b> demonstrată și cunoscută prin sondaj oficial (6), cunoscută prin date suficiente dar neprelucrate (5), cunoscută prin reprezentativitatea unor companii (4), nu este cunoscută (3);	0,5 - 2	3 - 6	3 - 6	3 - 6	3 - 6
<b>Intensitatea concurențială în industrie / pe piață pentru tehnologie:</b> singură (monopolistă) (6), concurență obișnuită multiplă sau 1 concurent puternic (5), 2 concurenți puternici (4), 4 sau mai mulți concurenți puternici (3);	0,5 - 2	3 - 6	3 - 6	3 - 6	3 - 6
<b>Ciclul de viață (industrial, tehnico-tehnologic) estimat:</b> lung cu oportunități de îmbunătățire incrementală (6), moderat (4-6 ani) cu oportunități de îmbunătățire incrementală (5), scurt (1-3 ani) (4), nedefinit (3).	0,5 - 2	3 - 6	3 - 6	3 - 6	3 - 6
<b>Industrie/piață - pondere medie</b>					

Continuarea tabelului 3.3

1	2	3	4	5	6
<b>Factori interni:</b>					
<b>Disponibilitatea de personal și facilități:</b> disponibile imediat și nemijlocit (6), disponibile parțial și în timp (5), deficiență recunoscută în domeniile-cheie (4), sunt necesare angajări / instruirii (3);	0,5 - 2	3 - 6	3 - 6	3 - 6	3 - 6
<b>Competențele digitale ale angajaților la scara investițiilor planificate în Industria 4.0:</b> înalte (6), medii (5), joase (4);	0,5 - 2	4 - 6	4 - 6	4 - 6	4 - 6
<b>Competențe de bază tehnico-tehnologice:</b> există și nu sunt necesare capacități, abilități sau cunoștințe noi (6), sunt necesare unele capacități și abilități noi dobândite în timp scurt (5), sunt necesare unele capacități și abilități noi dobândite în timp mediu (câteva luni) (4), lipsesc unele capacități și abilități importante și este necesar un plan pentru a le dobândi (3), sunt necesare capacități majore și/sau recrutată o nouă echipă tehnico-tehnologică sau este necesară asistența unui partener (2);	0,5 - 2	2 - 6	2 - 6	2 - 6	2 - 6
<b>Abilități tehnico-tehnologice necesare:</b> practicate pe larg în companie (6), practicate parțial în companie (5), practicate la nivel de cercetare și dezvoltare (4), nepracticate în companie (3);	0,5 - 2	3 - 6	3 - 6	3 - 6	3 - 6
<b>Abilități de dezvoltare a aplicațiilor tehnologice:</b> existente și mature (6), existente emergente (5), noi și ușor dobândite (4), noi (3);	0,5 - 2	3 - 6	3 - 6	3 - 6	3 - 6
<b>Sprijin organizatoric din partea tuturor părților interesate:</b> sprijin consistent (6), sprijin (5), sprijin condiționat de argumentare (4), opoziție relativă (3), opoziție severă (2);	0,5 - 2	2 - 6	2 - 6	2 - 6	2 - 6
<b>Potrivire pentru transfer/distribuție pentru departamentul și personalul abilitat:</b> obișnuit, cu mici modificări (6), majoritatea personalului necesită instruire (5), necesară restructurarea departamentului (4), necesar un nou departament sau un nou canal de transfer (3);	0,5 - 2	3 - 6	3 - 6	3 - 6	3 - 6
<b>Potrivire pentru lanțul de producție / aprovizionare:</b> modificări minore ale producției sau ale lanțului de aprovizionare (6), modificări realizabile în limitele capacităților existente (5), resurse suplimentare pentru adaptarea procesului de fabricație sau schimbarea în lanțul de aprovizionare (4), este necesar un nou sistem de fabricație sau o schimbare majoră în lanțul de aprovizionare (3);	0,5 - 2	3 - 6	3 - 6	3 - 6	3 - 6
<b>Potrivire cu canalele de aprovizionare existente:</b> potrivire completă (6), necesare unele schimbări ne semnificative (5), sunt iminente schimbări semnificative (4).	0,5 - 2	4 - 6	4 - 6	4 - 6	4 - 6
<b>Factori interni - pondere medie</b>					

Continuarea tabelului 3.3

1	2	3	4	5	6
<b>Specificațiile tehnologice:</b>					
<b>Raportarea caracteristicilor tehnologiei cu concurența:</b> multe importante și mult mai bune (6), cel puțin una importantă este semnificativ mai bună (5), câteva neimportante sunt mai bune (4), cel puțin una neimportantă este mai bună (3), nu există mai bune (2);	0,5 - 2	2 - 6	2 - 6	2 - 6	2 - 6
<b>Alinierea tehnologiei la conceptele moderne de tehnologii digitalizate (tehnologii avansate de fabricație, Industrie 4.0 etc.):</b> înaltă (6), medie (5), joasă (4), nesemnificativă (3);	0,5 - 2	3 - 6	3 - 6	3 - 6	3 - 6
<b>Valoarea oferită de tehnologie:</b> esențială (6), mare (5), moderată (4), mică (3), inexistentă (2);	0,5 - 2	2 - 6	2 - 6	2 - 6	2 - 6
<b>Avantaj concurențial al tehnologiei:</b> esențial (6), mare (5), moderat (4), mic (3), inexistent (2);	0,5 - 2	2 - 6	2 - 6	2 - 6	2 - 6
<b>Rezerva de dezvoltare a tehnologiei:</b> prin modificarea parametrilor (6), prin modificarea fazelor tehnologice (5), prin înlocuirea fazelor (4), incertă (3);	0,5 - 2	3 - 6	3 - 6	3 - 6	3 - 6
<b>Funcționalitatea tehnologiei demonstrată în prototip:</b> toate caracteristicile demonstrate (6), caracteristicile - cheie demonstrate (5), o caracteristică - cheie nedemonstrată (4), mai multe caracteristici - cheie nedemonstrate (3), caracteristicile nedemonstrate (2);	0,5 - 2	2 - 6	2 - 6	2 - 6	2 - 6
<b>Implementarea tehnologiei:</b> ușor realizabilă (6), moderat realizabilă (5), greu realizabilă (4), modul de realizare incert (3), multiple obstacole (2);	0,5 - 2	2 - 6	2 - 6	2 - 6	2 - 6
<b>Avantaj competitiv al tehnologiei bazat pe complexitatea reproducerii caracteristicilor - cheie de către concurenții:</b> mai mulți de 2 ani (6), cel puțin 2 ani (5), cel puțin 1 an (4), este necesar efort de îmbunătățire continuă (3), inexistent (2);	0,5 - 2	2 - 6	2 - 6	2 - 6	2 - 6
<b>Poziția de drept al proprietății intelectuale a tehnologiei:</b> foarte bine protejată (combinație de brevete, secrete comerciale, acces la materiile prime etc.) (6), bine protejată (brevete, secrete comerciale etc.) (5), protejată fără a fi factor de descurajare pentru concurenți (4), neprotejată (3);	0,5 - 2	3 - 6	3 - 6	3 - 6	3 - 6
<b>Oportunități de sinergie a tehnologiei:</b> parte - cheie a unui ecosistem tehnologic (6), parte a unui ecosistem tehnologic (5), importantă separat (4), moderat importantă separat (3), slab importantă separat (2), neimportantă (1);	0,5 - 2	1 - 6	1 - 6	1 - 6	1 - 6

Continuarea tabelului 3.3

1	2	3	4	5	6
<b>Capacitatea de a forma ecosisteme tehnologice:</b> cu multe tehnologii (6), cu un număr redus de tehnologii (5), cu unele tehnologii (4), cu unele tehnologii cu efort de modernizare (3), limitat (2);	0,5 - 2	2 - 6	2 - 6	2 - 6	2 - 6
<b>Mentenanța tehnologiei după transfer:</b> există nelimitat (6), există condiționată de factorii interni și-sau externi (5), limitată (4);	0,5 - 2	4 - 6	4 - 6	4 - 6	4 - 6
<b>Specificațiile tehnologice - pondere medie</b>					
<b>Intangibile:</b>					
<b>Tehnologia ca o platformă de creștere:</b> deschide noi oportunități tehnico-tehnologice și comerciale (6), reprezintă potențial de diversificare și/sau oportunități de extindere (5), reprezintă un caz izolat (4);	0,5 - 2	4 - 6	4 - 6	4 - 6	4 - 6
<b>Potențial oferit de tehnologie:</b> un început de afacere nouă profitabilă sau de aplicații multiple (6), o nouă linie tehnologică și/sau de produse și aplicații (5), variații tehnologice și/sau de produse și aplicații (4), relansarea valorii unor tehnologii și/sau produse și aplicații existente (3);	0,5 - 2	3 - 6	3 - 6	3 - 6	3 - 6
<b>Formarea noilor competențe și cunoștințe oferită de tehnologie:</b> majoritatea (6), multe (5), câteva (4), unele (3), nesemnificativ (2);	0,5 - 2	2 - 6	2 - 6	2 - 6	2 - 6
<b>Impactul asupra imaginii companiei, mărcii (publicații științifice, bunele practici, presa etc.):</b> creștere substanțială (6), creștere (5), creștere nesemnificativă (4), menținere la nivel (3), fără impact (2);	0,5 - 2	2 - 6	2 - 6	2 - 6	2 - 6
<b>Rolul tehnologiei asupra relațiilor cu clienții:</b> vitală pentru creșterea numărului de clienți (6), vitală pentru păstrarea clienților (5), vitală pentru păstrarea clienților cheie (4), vitală pentru păstrarea un client cheie (3), neutru (2), îngrijorări (ex. de mediu) ale clienților (1);	0,5 - 2	1 - 6	1 - 6	1 - 6	1 - 6
<b>Impactul reglementărilor industriale, economice, sociale, legale, politice:</b> avantajos (6), pozitiv (5), neutru (4), negativ (3);	0,5 - 2	3 - 6	3 - 6	3 - 6	3 - 6
<b>Potențialul tehnologiei pentru exportul extern:</b> poate crește rapid (6), poate crește constant (5), la nivel stabil (4), în descreștere (3).	0,5 - 2	3 - 6	3 - 6	3 - 6	3 - 6
<b>Intangibile - pondere medie</b>					
<b>Punctaj total</b>					



*Punctaje generale.* Un tabel final, bazat pe tabelul de punctaje atribuite anterior, poate fi construit, adăugând ponderile criteriilor și punctajele generale calculate ale alternativelor pe criteriile:

- strategic;
- financiar;
- industrie/piață;
- factorii interni;
- specificațiile tehnologice;
- intangibile.

Cu ajutorul unei pagini de calcul Microsoft Excel® este posibilă calcularea punctajelor generale ale alternativelor și compilarea într-un grafic, oferind un instrument vizual pentru a înțelege diferența dintre punctaje și pentru a susține procesul decizional.

### **3.5. Evaluarea maturității tehnologiilor prin metodele TRL, MRL și IRL**

Când tehnologiile au fost selectate și evaluate, fiind acordate punctajele finale, un instrument de suport în luarea deciziilor va prezenta evaluarea maturității tehnologiilor. Această evaluare oferă mai multe detalii despre nivelul de pregătire a tehnologiilor pentru transfer în construcția de mașini. În continuare, se propune evaluarea tehnologiilor conform celor trei niveluri – TRL, MRL și IRL.

**Evaluarea tehnologiilor prin metoda TRL.** Această evaluare prevede atribuirea prin analize directe și comparative ale datelor obținute la etapa precedentă fiecărei tehnologii evaluate măsura unuia dintre nivelurile TRL:

- TRL 1 – principii de bază observate și raportate;
- TRL 2 – conceptul de tehnologie și de aplicații formulate;
- TRL 3 – dovada conceptului este realizată prin funcții critice experimentale și analitice;
- TRL 4 – tehnologie validată în mediu de laborator și cu machete;
- TRL 5 – componente și machete validate în medii relevante;
- TRL 6 – modele de sisteme/subsisteme sau prototipuri demonstrate în medii relevante;
- TRL 7 – prototipul sistemului integru demonstrat în mediu relevant operațional;
- TRL 8 – sistemul este complet și calificat;
- TRL 9 – sistemul este integru și demonstrat prin teste reale.

**Evaluarea tehnologiilor prin metoda MRL.** Această evaluare prevede atribuirea prin analize directe și comparative ale datelor obținute la etapa precedentă fiecărei tehnologii evaluate măsura unuia dintre nivelurile MRL:

- MRL 1 - Implicațiile de bază ale producției identificate;
- MRL 2 - Conceptele de fabricație identificate;
- MRL 3 - Dovada conceptului de fabricație dezvoltată;
- MRL 4 - Capacitatea de a produce tehnologia într-un mediu de laborator;
- MRL 5 - Capacitatea de a produce componente prototip într-un mediu relevant pentru producție;
- MRL 6 - Capacitatea de a produce un sistem prototip sau un subsistem într-un mediu relevant pentru producție;
- MRL 7 - Capacitatea de a produce sisteme, subsisteme sau componente într-un mediu reprezentativ de producție;
- MRL 8 - Capacitatea liniei-pilot demonstrată. Gata să înceapă producția cu rată redusă;
- MRL 9 - Producție cu rată scăzută demonstrată. Capacitatea existentă pentru a începe producția la rata completă;
- MRL 10 - Producție în ritm complet demonstrat și practicile de producție în vigoare.

**Nivelul de pregătire pentru inovare.** În procesul de elaborare a metodei de selectare și evaluare a tehnologiilor pentru transfer în construcția de mașini s-a ținut cont de cinci aspecte-cheie care determină implementarea eficientă a inovației: Tehnologie, Piață, Organizare, Parteneriat, Risc.

### 3.6. Concluzii la capitolul 3

- Funcțiile tehnologice elementare oferă posibilitatea măsurării fizico-tehnice a proprietăților operandului, operatorului și interfeței, iar cele complexe oferă posibilitatea măsurării efectelor funcțiilor tehnologice, astfel încât evaluarea funcțiilor tehnologice trebuie realizată la trei niveluri ierarhice succesive: element al unui sistem tehnologic, sistem tehnologic și sistem de producție.
- Factorii sau criteriile de evaluare a funcțiilor tehnologice și/sau a funcțiilor de transfer/dezvoltare tehnologică reprezintă elementele unui sistem cu legături substanțiale sau directe "criteriu - funcție tehnologică", sau intermediare (condiționate) "criteriu de condiționare - funcție tehnologică", reprezentând, astfel, un nou mecanism de evaluare multicriterială și sistemic orientată. Modelul funcției tehnologice poate fi aplicat și pentru a stabili interinfluențele oricărei perechi de factori în regim interfațat de alți factori, cuplul de factori jenerând astfel o funcție de transfer/dezvoltare tehnologică.
- Au fost definiți factorii (criteriile) de evaluare a tehnologiilor reuniți în grupe de factori după cum urmează: specificații tehnologice (funcții tehnologice), factori interni (competente de

bază, personal etc.), financiari, strategici, industrie/piață și intangibilitate (competitivitate, imagine etc.). Fiecare factor (criteriu) este evaluat cu punctaj în conformitate cu descriptorii de performanță.

- Metoda de evaluare a tehnologiilor include o serie de etape-activități: stabilirea procesului de selectare și evaluare și identificarea criteriilor, constituirea descriptorilor de performanță, a nivelurilor de referință și a ponderilor acestora; selectarea tehnologiilor după tipul acestora prin filtrul de triaj; verificarea criteriilor și colectarea datelor despre tehnologii; evaluarea tehnologiilor prin punctarea parțială și punctarea generală; analizarea rezultatelor; luarea deciziei de transfer/dezvoltare. Rezultatul principal al evaluării potențialelor tehnologii este nu numai constituirea portofoliului de tehnologii cu prioritizarea acestora în timp, dar și monitorizarea și înregistrarea caracteristicilor tehnologiilor implementate și a efectelor acestora asupra factorilor adoptați la evaluare.

## 4. STUDIU DE CAZ: APLICAREA METODEI DE SELECTARE ȘI EVALUARE A TEHNOLOGIILOR PENTRU TRANSFER/DEZVOLTARE

### 4.1. Procesul de selectare și evaluare a tehnologiilor de produs

Companiile din domeniul construcțiilor de mașini depun efort pentru dezvoltare. Ca și în multe alte țări slab dezvoltate industrial acest efort este slab structurat și din această cauză, deseori, nu este eficient. Multe companii nici nu pot caracteriza procesele de dezvoltare pe care le aplică. Marile companii internaționale industriale, conștientizând riscurile la volume și resurse mari consumate au realizat metodele de evaluare cum ar fi: TRL, MRL, IRL, DRL (Digital Readiness Levels – Niveluri de Pregătire a Digitalizării). Este semnificativ faptul că metoda TRL elaborată de NASA este adresată tehnologiilor sistemelor de zbor, care după nivelul TRL 9 finalizează cu fabricarea produsului – aparat de zbor.

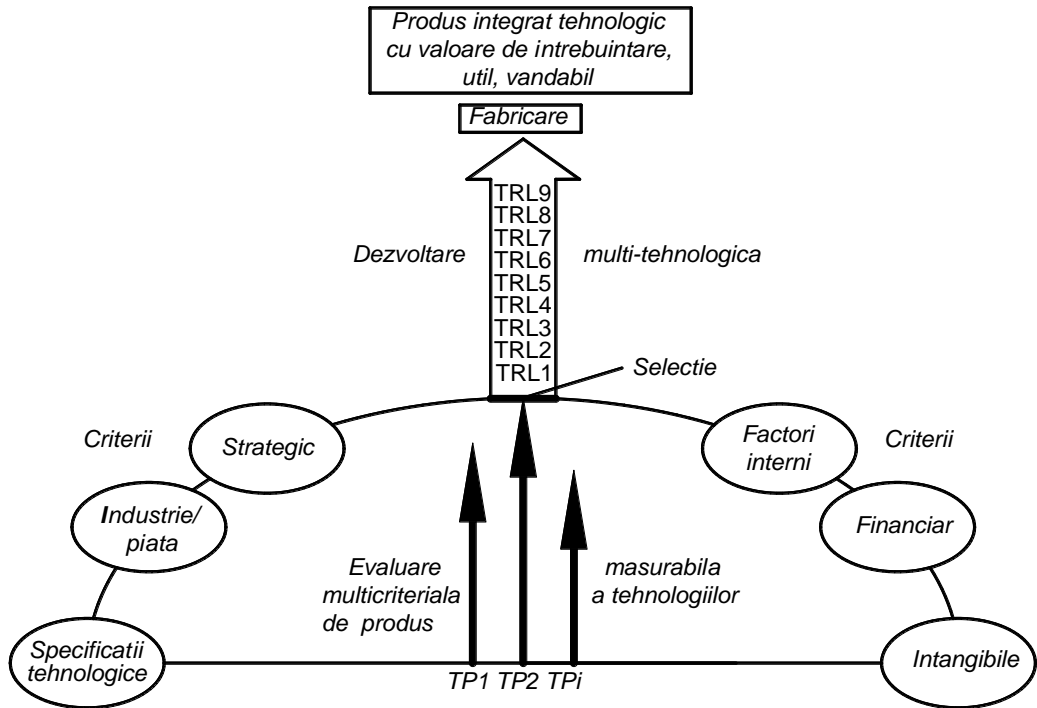
Metoda TRL a fost adaptată de către companiile industriale de producție la sarcinile proprii cu referire la orice tip de tehnologie: de marketing, de produs, de concepție, de proiectare sistemică, de proiectare în detaliu, de proiectare tehnologică, de fabricare (asamblare, așchiere, deformare plastică, turnare, ștanțare, sudare, aditive, neconvenționale, hibride etc.). Toate aceste tehnologii în limitele abordării ciclului de viață reprezintă elemente de dezvoltare multi-tehnologică a produsului, în versiunea modernă – tehnologie integrată de produs.

Ținând cont de tendințele moderne de activitate numai în baza competențelor puternice, orice tehnologie dintre cele enumerate mai sus poate deveni produs. Caracteristica de bază a unui produs reprezintă valoarea de întrebuințare a acestuia ce se bazează pe funcțiile orientate spre extern (menirea), iar acestea din urmă se manifestă exclusiv prin funcțiile interne.

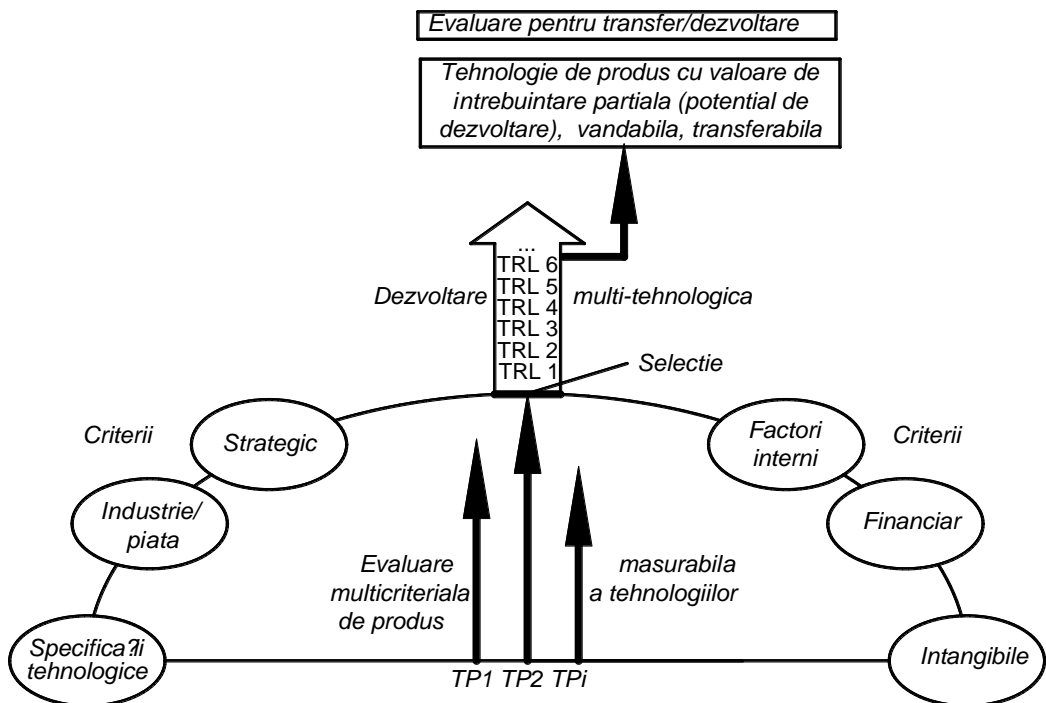
Dezvoltarea tehnologică a companiilor este necesară simultan în raport cu mai multe tehnologii. Actualmente se manifestă și necesitatea de integrare a tehnologiilor de domeniu cu tehnologiile Industriei 4.0. Astfel, simultan, evaluării pentru transfer/dezvoltare pot supuse tehnologii de diferite origini: de produs, de fabricație, de proiectare, de mentenanță etc. Companiile pot simplifica lucrurile evaluând separat tehnologii de aceeași origine.

În figura 4.1 este reprezentat un model de transfer/dezvoltare a tehnologiei de produs bazat pe evaluarea măsurabilă conform criteriilor și descriptorilor de performanță stabilite în capitolul 3. Tehnologiile potențiale de produs sunt evaluate multicriterial și măsurabil, punctajul acumulat reprezentând motivul de selectare pentru dezvoltare de la *TRL 1* la *TRL 9*. Sunt frecvente situațiile, în care tehnologiile evaluate au deja un anumit nivel de pregătire tehnologică *TRL*, fapt ce le poate oferi prioritate, dar fără certitudine. Tehnologia selectată poate să nu fie dezvoltată până la transformare în produs (fig. 4.2), devenind astfel tehnologie cu valoare de

întrebuințare parțială, cu potențial de transfer/dezvoltare, vândabilă și transferabilă, adică tehnologie - produs.



**Fig. 4.1. Model de transfer/dezvoltare a tehnologiei de produs în produs cu valoare de întrebuințare**



**Fig. 4.2. Model de transfer/dezvoltare a tehnologiei de produs cu valoare de întrebuințare parțială**

În acest capitol este prezentat un exemplu de aplicare a metodei propuse pentru selectarea și evaluarea tehnologiilor de produs reale din domeniul tehnicii agricole. Aplicarea practică a fost realizată la Institutul de Tehnică Agricolă „Mecagro”. Această întreprindere a fost selectată, deoarece în ultima perioadă a implementat activ și cu succes diverse proiecte de inovare și transfer tehnologic pentru a asigura dezvoltarea tehnologică a sectorului agroindustrial [131].

Criteriile utilizate în faza de selectare și evaluare a tehnologiilor utilajelor propuse pentru dezvoltare se referă la specificațiile tehnologice, finanțele disponibile, piața de desfacere, strategia tehnologică și cea de afaceri, factori tehnologici interni, aspecte necorporale (intangibile). Aplicarea metodei a fost realizată de către o echipă de specialiști din diferite domenii de activitate.

#### **4.2. Selectarea și evaluarea tehnologiilor de produs în întreprinderea ITA „Mecagro”**

În cadrul activității de doctorat, autorul împreună cu întreprinderea ITA „Mecagro”, bazându-se pe metoda propusă, au selectat 6 grupuri de criterii considerate prioritare pentru întreprindere cu denumirile: specificații tehnologice, strategic, financiar, industrie/piață, factori interni, obiective intangibile.

**Descriptori de performanță.** Descriptorii de performanță au fost descriși pentru fiecare criteriu și evaluați la extreme cu 1 punct pentru „performanță neutră” și 6 puncte pentru „performanță bună”.

**Niveluri de referință.** Nivelurile de referință au fost următoarele: 1 - total neatractiv, 2 - mai puțin atractiv, 3 - puțin atractiv, 4 - probabil atractiv, 5 - atractiv, 6 - mai mult atractiv.

**Ponderarea criteriilor.** După cum a fost prezentat în capitolul 3, ponderea criteriilor se stabilește prin judecăți calitative a nivelurilor de performanță și prin diferențe de atractivitate a nivelurilor de referință atunci când se face o comparație între două tehnologii. Într-un exercițiu de evaluare simultană a mai multor tehnologii se acordă ponderi neutre de „1” pentru toate criteriile. Astfel, evaluarea se va baza pe valorile nivelurilor de performanță.

Prin urmare, această etapă de pregătire este finalizată după identificarea criteriilor și definirea descriptorilor de performanță respectivi, a nivelurilor de referință și a ponderilor. Următoarea etapă constă în efectuarea evaluării.

Managementul întreprinderii a întocmit o listă de tehnologii de produs cu potențial de dezvoltare și implementare după cum urmează (fig. 4.3):

- 1) elaborarea tehnologiei mașinii de stropit autopropulsate pentru tratarea culturilor de câmp (TP1);
- 2) elaborarea tehnologiei mașinii de stropit cu ventilare-pulverizare locală (TP2);

- 3) elaborarea tehnologiei sistemelor modulare multifuncționale pentru mașinile de stropit (TP3);
- 4) elaborarea tehnologiei utilajului pentru prelucrarea solului între rânduri din livezi (TP4).



Tehnologia de produs TP1



Tehnologia de produs TP2



Tehnologia de produs TP3



Tehnologia de produs TP4

**Fig. 4.3. Imagini reprezentative ale tehnologiilor de produs evaluate**

**Colectarea datelor privind tehnologiile propuse.** Așa cum s-a explicat anterior, compania trebuie să utilizeze orice este disponibil pentru a obține date bune despre tehnologii, cum ar fi informații existente și experiență anterioară, opinia experților, apoi să încerce să verifice toate datele care provin de la terțe, inclusiv de la clienții care adesea pot oferi informații valoroase despre tehnologiile în exploatare.

Întreprinderea ITA „Mecagro” a utilizat Instrumentul de selectare și evaluare pentru tehnologiile propuse spre implementare în cadrul proiectului de cercetare aplicativă din Programul de Stat „Mijloace tehnice competitive pentru tehnologii agricole durabile” finanțat din bugetul de stat în perioada 2020-2023 prin intermediul Agenției Naționale pentru Cercetare și Dezvoltare.

Tehnologiile menționate mai sus au fost selectate de managerii întreprinderii pentru a fi incluse în studiul de caz realizat în prezenta lucrare conform metodei propuse.

În tabelul 4.1 sunt prezentate rezultatele aplicării metodei de evaluare monitorizate de autorul tezei în colaborare cu managerii întreprinderii.

**Tabelul 4.1. Colectarea datelor despre tehnologiile propuse pentru transfer**

Criteriul	Elaborarea TP a mașinii de stropit autopropulsate pentru tratarea culturilor de câmp	Elaborarea TP a mașinii de stropit cu ventilare-pulverizare locală	Elaborarea TP a sistemelor modulare multifuncționale pentru mașinile de stropit	Elaborarea TP a utilajului pentru prelucrarea solului între rânduri din livezi
1	2	3	4	5
<b>Identificarea problemei</b>	<p>Practica cultivării culturilor de câmp înalte, cum sunt porumbul, floarea-soarelui, sorgo și altele, cu utilizarea proceselor agrochimice moderne, caracterizate prin intervenții în fazele tardive de creștere, a generat problema insuficienței gărzii la sol la mașinile tradiționale tractate sau purtate de tractoarele tradiționale. Acest factor duce la necesitatea prevederii unor culoare tehnologice de trecere a mașinii, respectiv sacrificarea a trei rânduri de plante, ceea ce este convenabil doar în cazul rampelor cu lățimea fâșiei prelucrate de peste 30 metri, care în condițiile reliefului complex din Republica Moldova sunt ineficiente și inoperabile în marea majoritate a cazurilor.</p>	<p>Practica utilizării mașinilor de stropit livezi sau alte plantații multianuale ridică o serie de probleme legate de transportul corespunzător al picăturilor la înălțimi mari. Tradițional, acesta este asigurat de către un ventilator de mare putere, ceea ce este problematic în cazul tractoarelor de clasa 1...1,4 tone.</p> <p>De regulă, acestea sunt: ventilatoarele axiale și ventilatoarele centrifugale. Conform cercetărilor efectuate la ITA „Mecagro”, primele se caracterizează prin productivitate mare, dar presiune dinamică relativ scăzută; ultimele, din contra, la o presiune dinamică mare oferă o productivitate relativ scăzută. Ambele variante necesită o putere mare pentru cazul când este necesar transportul picăturilor la înălțimi mari.</p> <p>O altă problemă legată de transportul picăturilor, o constituie necesitatea diferențierii corespunzătoare a diametrelor lor în funcție de înălțimea de transport. De exemplu, pentru transport spre vârful pomului (înălțime mare) sunt necesare picături mai masive, iar pentru transport spre poalele pomului sunt necesare picături mai mărunte. În cazul unei singure duze, aceasta este dificil de realizat.</p> <p>Cea de a treia problemă este impactul ecologic, datorat generării unui nor mare, din care, o mare parte din aerosoli se dispersează în atmosferă.</p>	<p>Mecanizarea agriculturii, precum și a altor activități rurale este caracterizată prin utilizarea unei varietăți foarte ample a tipurilor mașinilor mobile, cel mai multe dintre care sunt utilizate doar episodic pe perioade scurte de timp. Acest factor reduce considerabil eficacitatea investițiilor, perioada de răscumpărare devenind inacceptabilă pentru majoritatea producătorilor agricoli.</p> <p>Astfel, la tratarea culturilor de câmp, pe parcursul unui sezon, se fac maximum 7...8 intervenții cu durată medie de 2-3 zile la o mașină. Restul timpului mașina staționează. Probleme similare apar privind mai multe alte utilaje agricole mobile, unele dintre ele având o utilizare și mai rară.</p> <p>Situația producătorilor agricoli din Republica Moldova sau altor țări cu nivel economic similar, caracterizată prin gospodăria mici sau mijlocii, terenuri mici și mai ales subvenționare modestă a agriculturii, amplifică și mai mult problemele expuse mai sus.</p>	<p>Prelucrarea corectă și la timp a solului în livezi favorizează acumularea umidității, asigură pătrunderea aerului la rădăcinile pomilor, crescând astfel productivitatea și îmbunătățind calitatea fructelor.</p>



Continuarea tabelului 4.1

1	2	3	4	5
<p><b>Soluționa- rea prob- lemei</b></p>	<p>După cum se știe, pentru soluționarea acestei probleme, practicile moderne prevăd utilizarea stropitorilor autopropulsate, concepute pe șasiu special care oferă garda la sol de 1,3...1,8 metri, ceea ce permite trecerea mașinii fără a deteriora plantele care nimeresc în culoarul dintre roți. Un alt avantaj al mașinilor autopropulsate este facilitarea deplasării cu viteze de lucru mai mari în comparație cu sistemul „tractor–remorcă”, ceea ce oferă ridicarea productivității.</p>	<p>Una dintre căile de soluționare a acestor probleme este aducerea duzei mai aproape de destinație. Crearea unei mașini cu două sau mai multe duze, amplasate în apropierea zonei tratate, oferă avantaje ca: reducerea puterii necesare a ventilatorului (deoarece scade presiunea și debitul necesar al ventilatorului); facilități la diferențierea compoziției aerosolului prin instalarea diverselor duze și chiar schimbarea lor operativă în funcție de necesități.</p>	<p>Prima cale în vederea rezolvării eficiente a acestor probleme este multifuncționalitatea mașinii, asigurată prin atașarea la ea a diverselor accesorii opționale. Drept cel mai elocvent exemplu pot servi combinele care prin schimbarea echipamentelor pot recolta diverse tipuri de cereale, ridicând astfel eficacitatea investițiilor.</p> <p>La ITA „Mecagro”, de asemenea, s-au efectuat studii și au fost implementate soluții de acest gen, de exemplu conversia stropitorilor de tip SLV (pentru livezi și vii), prin echipare cu rampe pentru tratarea culturilor de câmp. Neajunsurile principale ale acestor soluții sunt: a) garda prea mică la sol a stropitorilor tip SLV; b) reutilizarea necesită mult timp din cauza demontării ansamblului de ventilare–pulverizare și instalării rampei, operații ce necesită intervenții profunde la sistemele de lucru, paralizând astfel gradul de pregătire operațională a mașinii; c) lățimea limitată a rampei (până la 12 m; d) parametrii pompei sunt neadecvați pentru rampa de tratare a culturilor de câmp. În anii 2018-2019 a fost elaborată mașina SLV-2000FN la care a devenit posibilă instalarea rampei fără a demonta ventilatorul, ceea ce a redus parțial neajunsurile expuse mai sus. Din câte se observă, prevederea mașinii cu două sau mai multe funcții, chiar și înrudite, este destul de problematică. La mașinile pentru tratarea culturilor de câmp cu lățimi de 18...24 m (cele mai problematice din punct de vedere al duratei de utilizare) această soluție în genere nu poate fi realizată, deoarece este imposibilă amplasarea ventilatorului fără a mări semnificativ lungimea mașinii, plus, pompa optimă din dotare nu dezvoltă presiunea suficientă.</p> <p>Cea de a doua cale este sistemul modular ce prevede delimitarea în componența mașinii a unor subansambluri cu pondere de cost semnificativă, care ar putea fi utilizate rapid și fără modificări, la configurarea unor altor tipuri de mașini.</p>	<p>Se propune cultivarea solului între rânduri din livezi cu cultivatoare tradiționale. Astfel, solul din livezi este cu mult mai tasat în comparație cu solul de pe câmpuri datorită lucrărilor numeroase care se îndeplinesc, începând cu primăvara și finisând cu lucrările de toamnă.</p>

Continuarea tabelului 4.1

1	2	3	4	5
<p><b>Stadiul tehnicii</b></p>	<p>În urma studiului opiniilor agricultorilor din Republica Moldova, precum și altor state cu situație și condiții similare, s-a constatat că principalul impediment la implementarea acestui tip de mașini în țara noastră este costul mare de achiziție datorat complexității constructive a lor, ceea ce le face rentabile doar în cazul unor foarte mari volume de lucrări ce revin la o mașină sau subvenționării masive a agriculturii. În aceste împrejurări, respectarea termenelor agrotehnice este posibilă doar în condițiile masivelor foarte mari și cu relief favorabil, care ar permite viteze mari de lucru, asigurând astfel productivitatea corespunzătoare. În țara noastră, astfel de condiții practic nu avem.</p>	<p>Astfel de mașini se produc deja de către mai multe firme din lume, cum sunt: „Holder” (Germania), „Darin”, „Ciclone” (Italia), „Degania” (Israel) ș.a.</p>	<p>În studiile mașinilor pentru tratarea culturilor de câmp s-a determinat că un cadru separat pentru echipamentul de lucru, șasiul de rulare poate fi executat în configurație universală, ce ar permite instalarea operativă pe el și a altor tipuri de utilaje agricole de utilizare episodică. Schimbarea modulelor se va efectua cu ajutoarelor mijloacelor de ridicat existente în gospodărie sau în localitate. În urma studiilor s-a ajuns la concluzia că propriile mijloace de tip „multilift” pentru ridicarea-coborârea modulelor de lucru este inoportună din cauzele creșterii nejustificate a masei, complexității și prețului utilajului în raport cu numărul relativ mic de reconversii efectuat într-o unitate de timp.</p>	<p>Datorită faptului că agricultorii apelează ultima perioadă la tehnologia de lucrare a solului conservativă este absolut necesar a elabora utilaje agricole cu combinarea operațiilor de lucrare a solului și a utilajelor agricole moderne ce au o eficiență economică avantajoasă.</p>
<p><b>Studiul de fezabilitate</b></p>	<p>Au fost examinate mai multe modele, produse de către întreprinderi din diverse țări ale lumii, cum sunt: John Deere, Apache (SUA), Versatile, Amazone (Germania), Stara, Jacto (Brazilia), Bars (Rusia), Bliuming (Belorusia), Boguslavsciaia Selihoztehnica (Ucraina), Berthoud (Franța) și altele.</p>	<p>Studiul de fezabilitate a mașinilor cu ventilare-pulverizare locală a confirmat următoarele avantaje: puterea necesară acționării este cu aproximativ 30% mai mică, iar consumul lichidului de lucru s-ar reduce până la 50%, ceea ce este benefic și din punct de vedere ecologic. Printre dezavantajele acestor soluții pot fi: restricții la viteza de lucru, probleme de pătrundere efectivă a aerosolului în interiorul coroanelor mari ale pomilor, complexitatea structurii portante și costul ridicat al utilajului.</p>	<p>În urma studiilor de fezabilitate s-a ajuns la concluzia că pentru promovarea efectivă a mașinii modulare printre producătorii agricoli, în faza inițială, cea mai oportună este oferta mașinii în varianta de bază plus modulul benă basculantă, restul echipamentelor specializate, urmând a fi dezvoltate ulterior.</p>	<p>În cadrul studiului de fezabilitate au fost examinate mai multe modele de cultivatoare pentru lucrarea tradițională a solului în plantațiile multianuale: CSL-3.2, КП-2.4, ПИТМ, КВО-3, ОСТРАТИКЪ, CFX, ВУЛ-3.</p>

Continuarea tabelului 4.1

1	2	3	4	5
<p><b>Prețul tehnologiilor similare</b></p>	<p>Prețul de achiziție al unei mașini cu rezervor de 3m<sup>3</sup>, performante, de calitate bună, produsă în țările bogate, constituie în mediu 5700000 lei (egal cu prețul a 17 tractoare MTZ-82) ceea ce este prea mult pentru o mașină utilizată doar periodic. Varianta achiziției mașinilor de mână a doua nu oferă avantaje considerabile, dat fiind riscul unor mari cheltuieli de reparație, din cauza prețului foarte mare și lipsei stocurilor locale la piesele de schimb specifice. Ceva mai mici sunt prețurile la mașinile produse în țările numite „în curs de dezvoltare” și cu mult mai mici - la cele produse în țările ex-sovietice. În primul caz aceasta s-ar explica în mare parte prin simplificarea constructivă a mașinii, renunțând la o parte din oportunități și performanțe, păstrându-le pe cele vitale. Evident, prețul mai mic se datorează și nivelului mai scăzut de salarizare din aceste țări. La cel de al doilea caz (producători ex-sovietici) s-ar mai putea adăuga gradul înalt de erudiție și inventivitate caracteristic specialiștilor din aceste țări.</p>	<p>Încă nu au fost analizate</p>	<p>Pe parcursul studiului de fezabilitate s-a observat oferta relativ scăzută la mașini universale sau modulare. Aceasta se poate explica prin faptul că, pentru țările bogate (în care activează majoritatea uzinelor) problema multifuncționalității mașinilor agricole nu este acută, deoarece agricultura este subvenționată masiv, plus, în țările mari este utilizat pe larg sistemul de migrație a serviciilor de mecanizare în funcție de termenii agrotehnici pentru diverse regiuni geografice.</p>	<p>Prețul de achiziție al unui cultivator pentru lucrarea solului între rândurile plantațiilor multianuale de calitate bună, produs în țările dezvoltate, este de regulă cu 20-40% mai mare decât în R. Moldova</p>

Continuarea tabelului 4.1

1	2	3	4	5
<p><b>Ana- liza tehno- logi- ilor simi- lare</b></p>	<p>Analizând performanța masei specifice a mașinilor, s-au constatat valori mai joase pentru cele produse de firmele renumite și valori mai înalte pentru cele produse de celelalte firme. De exemplu, la stropitoarea R4030 masa proprie constituie 3,4 tone la 1000 litri din capacitatea rezervorului, iar la analogul Bars-3000M (de asemenea cu transmisie hidrostatică) acest indice constituie 3,02 t/1000 litri. Aceasta, precum și discrepanța prea mare între prețuri, generează dubii referitor la fiabilitatea și durabilitatea structurii portante.</p> <p>Un caz remarcant este mașina BL-3000M, concepută pe șasiu articulat, la care masa specifică constituie 2,17t/1000 litri față de valoarea de 3,24t/1000 litri la modelul Jacto 2500 care, de asemenea, este dotat cu transmisie mecanică. Cercetările și analizele efectuate au demonstrat că o astfel de performanță nu poate fi obținută doar în baza concepției originale (cu șasiu articulat). În urma studiului filmulețelor video, în regimurile tranzitorii de deplasare s-a observat rigiditatea insuficientă a structurii portante a șasiului, ceea ce pune sub semne de întrebare durabilitatea ei.</p> <p>În mare parte, costul relativ mic al acestei mașini se datorează integrării în ea a unui tractor MTZ-892 (fără roți și puntea din față), produs în serii mari, ceea ce constituie un avantaj atât la achiziție, cât și mentenanță.</p> <p>Deși la stropitorile autopropulsate, transmisiile hidrostactice au o serie de avantaje importante cum sunt: facilitățile legate de tracțiunea și dirijarea integrală a roților, posibilitatea modificării operative a ecartamentului și gârzii la sol, totuși, dezavantajele ca: randamentul scăzut (70% față de 90% la transmisii mecanice), complexitatea și costul ridicat au generat tendințe de utilizare a sistemelor mecanice chiar și în țările bogate. De exemplu, firma Apache (SUA) este lider mondial la producerea stropitorilor cu transmisii mecanice, ceea ce le-a permis diminuarea costurilor cu 25%, scăderea consumului de combustibil, iar renunțarea la unele dintre oportunități a oferit și reducerea semnificativă a masei proprii.</p>	<p>Încă nu au fost analizate</p>	<p>În țările mari este utilizat pe larg sistemul de migrație a serviciilor de mecanizare în funcție de termenele agrotehnice pentru diverse regiuni geografice.</p>	<p>La majoritatea modelelor de cultivatoare pentru lucrarea solului în plantațiile anuale adâncimea de lucru este mică, ceea ce nu permite afânarea solului la o adâncime mai mare. Pentru lucrările de cultivare, în plantațiile multianuale este necesar un consum de energie sporit, ceea ce duce la un consum de combustibil mai mare.</p>

Continuarea tabelului 4.1

1	2	3	4	5
<p><b>Ana- liza tehnolo- giei pro- puse</b></p>	<p>Deoarece chiar și cea mai ieftină mașină (BL-1500) înglobează în sine prețul a 5 tractoare MTZ-82, soluția optimă pentru agricultorii din Republica Moldova și alte țări cu situație similară ar fi crearea unei mașini autopropulsate, bazate pe integrarea unui tractor de uz general (produs în serii mari) care ar putea fi relativ ușor de recuperat pentru perioada toamnă-primăvară, când mașina cu gardă mare la sol nu este necesară, în schimb lucrările de arat, semănat, recoltă și transportare a roadei necesită un număr mai mare de tractoare. Această concepție ar asigura: a) costul redus de achiziție (dat fiind că tractorul oferă atât sursa de putere, cât și restul sistemelor cum sunt transmisia primară, cabina, organele de dirijare și alte sisteme înglobate în el), b) gradul înalt de utilizare a mașinii, d) posibilitatea utilizării tractoarelor deja existente în gospodărie, ceea ce ar reduce achiziția doar la șasiu și echipamentul de lucru, reducând suplimentar costul investiției.</p> <p>Ținând cont de faptul că posibilitatea completării mașinii cu un tractor deja existent ar facilita considerabil promovarea pe piață a mașinii, cea mai optimă variantă pentru spațiul CSI este utilizarea modelului din seria MTZ-80/82 care este cel mai răspândit. Masa și gabaritele sale sunt optime pentru amplasare pe șasiul autopropulsat, iar posibilitățile și sistemele dezvoltate de furnizare a puterii, facilitează semnificativ asigurarea funcționalității mașinii în ansamblu.</p> <p>Deși puterea relativ mică a motorului ridică o serie de limitări în lucrul mașinii la viteze mai mari de 10...15 km/oră pe teren afănat, acest dezavantaj este nesemnificativ, deoarece și în cazul mașinilor tractate utilizate tradițional, ea oricum nu depășește 10 km/oră (suficient pentru condițiile din Republica Moldova), iar principalul scop urmărit - garda la sol, nu este afectat.</p>	<p>Cercetările experimentale asupra ventilatoarelor axiale și ventilatoarelor centrifugale produse în serie au demonstrat că ultimele oferă o viteză de refulare mai mare în raport cu puterea consumată, deși productivitatea este mai mică. Actul de confecționare nr.inv.6038 și procesul-verbal de încercări nr.6039 au fost predate la arhivă.</p> <p>Pentru cazul ventilării-pulverizării locale, acest factor este important din punct de vedere al penetrării eficiente a coroanei pomului.</p>	<p>În urma calculelor preliminare s-a demonstrat că creșterea inevitabilă a masei totale și a costului stropitorii, respectiv cu 3,5% și cu 5%, duce la diminuarea nesemnificativă a performanțelor tehnice în comparație cu varianta de destinație unică, iar avantajele economice acoperă cu prisosință efectele creșterii prețului.</p> <p>Ținând cont de cerințele specifice din Republica Moldova și alte țări cu situație analogică, oportunitățile tehnologice, precum și cele ce țin de subansamblurile procurabile, a fost elaborată concepția generală a mașinii, care inițial prevede următoarele trăsături caracteristice sistemelor modulare de configurare: modulul-șasiu; modulul-stropitoare pentru culturile de câmp și modulul-basculat pentru transportarea sarcinilor în vrac.</p>	<p>Au fost elaborate caracteristici tehnice principale</p>

Continuarea tabelului 4.1

1	2	3	4	5
<p><b>Ana- liza tehnolo- giei propu- se</b></p>	<p>Ținând cont de condițiile de relief specifice Republicii Moldova, această mașină trebuie totuși să păstreze o serie de oportunități omise de către majoritatea producătorilor ce tind să diminueze costul. Acestea sunt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- stabilitate transversală suficientă pe pante de 9° în lucru și 12° în stare de transport;</li> <li>- construcția trebuie să permită trecerea locurilor cu deplanații de teren până la 0,6...0,7 m;</li> <li>- este importantă dotarea cu posibilitatea menținerii poziției verticale a roților în cazul lucrului pe pante transversale.</li> </ul>	<p>Acest avantaj explică utilizarea acestui tip de ventilator de către majoritatea absolută a firmelor producătoare.</p>	<p>În scopul evitării creșterii costurilor de producție atât la modulul-șasiu, cât și la modulele de lucru, s-au găsit soluții de integrare pe larg a subansamblurilor de la mașinile produse în serie (roți, butuci, semiaxe, dispozitive de cuplare la tractor, rezervoare, pompă, rampă, cilindri hidraulici ș.a.).</p>	
<p><b>Docu- menta- ția de schiță a tehnolo- giei propu- se</b></p>	<p>A fost elaborată. Informații detaliate se prezintă în Anexa 2.</p>	<p>A fost elaborată. Informații detaliate se prezintă în Anexa 3.</p>	<p>A fost elaborată. Informații detaliate se prezintă în Anexa 4.</p>	<p>A fost elaborată. Informații detaliate se prezintă în Anexa 5.</p>
<p><b>Sar- cina tehni- că</b></p>	<p>A fost elaborată. Informații detaliate se prezintă în Anexa 2.</p>	<p>A fost elaborată. Informații detaliate se prezintă în Anexa 3.</p>	<p>A fost elaborată. Informații detaliate se prezintă în Anexa 4.</p>	<p>A fost elaborată. Informații detaliate se prezintă în Anexa 5.</p>
<p><b>Func- țiile tehnolo- gice</b></p>	<p>Au fost observate. Informații detaliate se prezintă în Anexa 2.</p>	<p>Au fost observate. Informații detaliate se prezintă în Anexa 3.</p>	<p>Au fost observate. Informații detaliate se prezintă în Anexa 4.</p>	<p>Au fost observate. Informații detaliate se prezintă în Anexa 5.</p>

*În etapa de colectare de către întreprindere a datelor despre tehnologiile propuse pentru transfer au fost realizate următoarele:*

- Studiul pentru elaborarea tehnologiei mașinii de stropit autopropulsate pentru tratarea culturilor de câmp. S-a studiat cererea la astfel de utilaje și ofertele existente. S-au efectuat analize comparative ale performanțelor lor în funcție de preț. S-au efectuat calcule preliminare și s-au elaborat soluții constructive pentru realizarea sistemului de propulsie. A fost elaborată documentația de schiță și sarcina tehnică.
- Studiul și elaborarea tehnologiei mașinii de stropit cu ventilare-pulverizare locală. S-a studiat cererea la astfel de utilaje și ofertele existente. S-au efectuat analize comparative ale performanțelor lor în funcție de preț. S-au efectuat calcule preliminare și s-au elaborat soluții constructive optime pentru realizarea machetei experimentale de imitare a proceselor tehnologice. A fost elaborată documentația de schiță și sarcina tehnică.
- Studiul și elaborarea tehnologiei sistemelor modulare multifuncționale pentru mașinile de stropit. S-a studiat cererea la astfel de utilaje și ofertele existente. S-au efectuat analize comparative ale performanțelor lor în funcție de preț. A fost elaborată documentația de schiță și sarcina tehnică.
- Studiul și elaborarea tehnologiei utilajului pentru prelucrarea solului între rânduri din livezi. S-au studiat construcțiile anterior executate, tehnologiile de prelucrare a solului între rândurile din livezi, cerințele de protecție a muncii și a mediului ambiant. S-au făcut calculele și s-a elaborat documentația de construcție.

**Filtrul de triaj.** După colectarea datelor tehnologiei conform criteriilor alese, echipa de implementare a metodei a purces la următorul pas din Instrumentul de selectare și evaluare a tehnologiilor cu care finalizează selectarea tehnologiilor. Rezultatele acestui exercițiu se dau în tabelul 4.2. Acesta conține criteriile confirmate de echipă pentru etapa dată, explicațiile criteriilor și următoarele răspunsuri de confirmare: da, nu, să fie confirmat.

După cum se observă din tabelul 4.2, echipa de experți și managerii întreprinderii au stabilit ca tehnologiile pentru care lipsesc mai mult de 2 răspunsuri „da” să nu treacă la etapa următoare de evaluare. Din tabel rezultă că tehnologia de produs 2 nu răspunde la două din criteriile impuse, dar, totuși, se încadrează în condițiile de evaluare.

**Tabelul 4.2. Filtru de triaj pentru selectarea tehnologiilor**

Criteriile (pot fi ajustate la necesitate)	Explicații la criteriile de preselecție (valorile pot fi ajustate în funcție de contextul particular)	TP1	TP2	TP3	TP4
		Mașină de stropit autopropulsată pentru tratarea culturilor de câmp	Mașină de stropit cu ventilare-pulverizare locală	Sisteme modulare multifuncționale pentru mașinile de stropit	Utilaj pentru prelucrarea solului între rânduri din livezi
<b>Identificarea problemei</b>	Problema este actuală și există necesitatea de rezolvare	Da	Da	Da	Da
<b>Soluționarea problemei</b>	Soluționarea problemei în mod rapid și eficient	Da	Da	Da	Da
<b>Stadiul tehnicii</b>	Stadiul tehnicii arată ultimele tendințe în domeniu	Da	Da	Da	Da
<b>Studiul de fezabilitate</b>	Studiul de fezabilitate realizat	Da	Da	Da	Da
<b>Prețul tehnologiilor similare</b>	Analiza detaliată a prețului la utilajele existente	Da	Să fie confirmat	Da	Da
<b>Analiza tehnologiilor similare</b>	Analiza detaliată a utilajelor existente	Da	Să fie confirmat	Da	Da
<b>Analiza tehnologiei propuse</b>	Analiza detaliată a utilajului propus	Da	Da	Da	Da
<b>Documentația de schița a tehnologiei propuse</b>	A fost elaborată	Da	Da	Da	Da
<b>Sarcina tehnică</b>	A fost elaborată	Da	Da	Da	Da
<b>Funcțiile tehnologice</b>	Au fost observate	Da	Da	Da	Da
<b>Tehnologia îndeplinește TOATE criteriile de preselecție? La două răspunsuri „Nu”, tehnologia nu este admisă în etapa următoare, se stabilesc criterii cu valori minim acceptabile.</b>		<b>Da</b>	<b>Să fie confirmat</b>	<b>Da</b>	<b>Da</b>

**Evaluarea tehnologiilor/utilajelor.** Toate datele și informațiile referitoare la tehnologiile ce corespund „filtrului de triaj” au fost evaluate pentru fiecare criteriu. În tabelul 4.3. se dă un exemplu de evaluare a tehnologiilor propuse în cadrul ITA „Mecagro”.



**Tabelul 4.3. Evaluarea tehnologiilor pentru transfer (studiu de caz)**

Grup de criterii, criteriile și descriptorii de performanță (punctaj) <i>Instrucțiuni: se răspunde la întrebări pentru fiecare tehnologie acordând punctaj de la 1 (total neatractiv) la 6 (total atractiv). În mod implicit, fiecare criteriu are aceeași pondere (1), dar se pot alege și ponderi diferite (0,5 sau 2).</i>	Ponderea	TP1	TP2	TP3	TP4
		punctaj	punctaj	punctaj	punctaj
1	2	3	4	5	6
<b>Strategic:</b>					
<b>Potrivire strategică:</b> potrivire în multe aspecte specifice (6), potrivire în puține aspecte specifice (5), potrivire incertă (4), nepotrivire probabilă (3), nepotrivire (2);	1	6	5	5	5
<b>Congruența:</b> cu mai multe elemente-cheie ale strategiei (6), cu unele elemente-cheie ale strategiei (5), cu elemente non-cheie ale strategiei (4), improbabilă (3);	1	6	5	5	5
<b>Alinierea strategică:</b> clară (6), poate fi asigurată (5), poate fi asigurată parțial (4), improbabilă (3);	1	6	5	5	5
<b>Importanța pentru succesul companiei:</b> decisivă (6), semnificativă (5), moderată (4), minimă (3), lipsită de importanță (2);	1	5	4	3	4
<b>Impactul tehnologiei asupra strategiei:</b> critic (6), mare (5), mediu (4), minim (3), fără impact (2);	1	5	4	3	5
<b>Adecvarea cunoștințelor legate de Industria 4.0</b> în raport cu tehnologiile care urmează să fie adoptate: înaltă (6), medie (5), joasă (4), nesemnificativă (3).	1	4	4	4	4
<b>Strategic - pondere medie</b>		<b>5.36</b>	<b>4.55</b>	<b>4.17</b>	<b>4.75</b>
<b>Financiar:</b>					
<b>Finanțarea:</b> externă și/sau internă garantată și nelimitată (6), strictă în limita bugetului (5), cu risc minor de neîncadrare în limita bugetului (4), cu risc de neîncadrare în limita bugetului (3), neîncadrare în limita bugetului (2), surse suplimentare identificate (2), neîncadrare în limita bugetului (1), surse suplimentare neidentificate (1);	1	5	4	4	4
<b>Probabilitatea rentabilității investiției estimată la:</b> 70-100% (6), 50-69% (5), 30-49% (4), 20-29% (3), 10-19% (2);	1	3	3	4	3
<b>Financiar - pondere medie</b>		<b>3.70</b>	<b>3.70</b>	<b>4.00</b>	<b>3.70</b>

Continuarea tabelului 4.3

1	2	3	4	5	6
<b>Industrie/piață:</b>					
<b>Pregătirea industriei / pieței pentru tehnologie:</b> cerere clar formulată și exprimată (6), cerere clar formulată și exprimată de majoritatea clienților (5), cerere formulată și exprimată de mulți clienți (4), cerere formulată și exprimată de o parte din clienți (3), cerere neformulată și neexprimată (2);	1	5	5	5	3
<b>Conștientizarea relevanței conceptului Industrie 4.0:</b> înaltă (6), medie (5), joasă (4), ne semnificativă (3);	1	4	4	4	4
<b>Raportarea tehnologiei cu necesitățile actuale ale industriei / pieței:</b> adecvată necesităților (6), cu relație clară cu necesitățile (5), cu relație ajustabilă prin modificarea tehnologiei (4), cu relație probabilă (3), cu relație inexistentă (2);	1	6	5	5	5
<b>Atractivitatea industriei / pieței interne:</b> extrem de profitabilă și în creștere (6), profitabilă și în creștere (5), extrem de profitabilă și în stagnare (4), profitabilă și în stagnare (3), profitabilă și în scădere (2);	1	3	2	2	2
<b>Atractivitatea industriei / pieței externe:</b> profitabilă și în creștere rapidă (6), profitabilă și stabilă (5), profitabilă și în stagnare (4), profitabilă și în scădere (3);	1	3	3	3	3
<b>Dimensiunea industriei / pieței:</b> demonstrată și cunoscută prin sondaj oficial (6), cunoscută prin date suficiente dar neprelucrate (5), cunoscută prin reprezentativitatea unor companii (4), nu este cunoscută (3);	1	3	2	2	2
<b>Intensitatea concurențială în industrie / pe piață pentru tehnologie:</b> singură (monopolistă) (6), concurență obișnuită multiplă sau 1 concurent puternic (5), 2 concurenți puternici (4), 4 sau mai mulți concurenți puternici (3);	1	4	2	3	3
<b>Ciclul de viață (industrial, tehnico-tehnologic) estimat:</b> lung cu oportunități de îmbunătățire incrementală (6), moderat (4-6 ani) cu oportunități de îmbunătățire incrementală (5), scurt (1-3 ani) (4), nedefinit (3).	1	4	4	4	4
<b>Industrie/piață - pondere medie</b>		<b>4.00</b>	<b>3.50</b>	<b>3.38</b>	<b>3.38</b>

Continuarea tabelului 4.3

1	2	3	4	5	6
<b>Factori interni:</b>					
<b>Disponibilitatea de personal și facilități:</b> disponibile imediat și nemijlocit (6), disponibile parțial și în timp (5), deficiență recunoscută în domenii-cheie (4), sunt necesare angajări / instruirii (3);	1	6	5	6	5
<b>Competențele digitale ale angajaților la scara investițiilor planificate în Industria 4.0:</b> înalte (6), medii (5), joase (4);	1	4	4	4	4
<b>Competențe de bază tehnico-tehnologice:</b> există și nu sunt necesare capacități, abilități sau cunoștințe noi (6), sunt necesare unele capacități și abilități noi dobândite în timp scurt (5), sunt necesare unele capacități și abilități noi dobândite în timp mediu (câteva luni) (4), lipsesc unele capacități și abilități importante și este necesar un plan pentru a le dobândi (3), sunt necesare capacități majore și/sau recrutată o nouă echipă tehnico-tehnologică sau este necesară asistența unui partener (2);	1	6	5	6	5
<b>Abilități tehnico-tehnologice necesare:</b> practicate pe larg în companie (6), practicate parțial în companie (5), practicate la nivel de cercetare și dezvoltare (4), nepracticate în companie (3);	1	6	6	6	5
<b>Abilități de dezvoltare a aplicațiilor tehnologice:</b> existente și mature (6), existente emergente (5), noi și ușor dobândite (4), noi (3);	1	6	6	6	6
<b>Sprijin organizatoric din partea tuturor părților interesate:</b> sprijin consistent (6), sprijin (5), sprijin condiționat de argumentare (4), opoziție relativă (3), opoziție severă (2);	1	6	6	6	6
<b>Potrivire pentru transfer/distribuție pentru departamentul și personalul abilitat:</b> obișnuit, cu mici modificări (6), majoritatea personalului necesită instruire (5), necesară restructurarea departamentului (4), necesar un nou departament sau un nou canal de transfer (3);	1	6	6	6	6
<b>Potrivire pentru lanțul de producție / aprovizionare:</b> modificări minore ale producției sau ale lanțului de aprovizionare (6), modificări realizabile în limitele capacităților existente (5), resurse suplimentare pentru adaptarea procesului de fabricație sau schimbarea în lanțul de aprovizionare (4), este necesar un nou sistem de fabricație sau o schimbare majoră în lanțul de aprovizionare (3);	1	6	6	6	5
<b>Potrivire cu canalele de aprovizionare existente:</b> potrivire completă (6), necesare unele schimbări nesemnificative (5), sunt iminente schimbări semnificative (4).	1	6	6	6	6
<b>Factori interni - pondere medie</b>		<b>5.85</b>	<b>5.54</b>	<b>5.85</b>	<b>5.35</b>

Continuarea tabelului 4.3

1	2	3	4	5	6
<b>Specificațiile tehnologice:</b>					
<b>Raportarea caracteristicilor tehnologiei cu concurența:</b> multe importante și mult mai bune (6), cel puțin una importantă este semnificativ mai bună (5), câteva neimportante sunt mai bune (4), cel puțin una neimportantă este mai bună (3), nu există mai bune (2);	1	6	3	4	4
<b>Alinierea tehnologiei la conceptele moderne de tehnologii digitalizate (tehnologii avansate de fabricație, Industrie 4.0 etc.):</b> înaltă (6), medie (5), joasă (4), nesemnificativă (3);	1	4	4	4	4
<b>Valoarea oferită de tehnologie:</b> esențială (6), mare (5), moderată (4), mică (3), inexistentă (2);	1	6	5	6	5
<b>Avantaj concurențial al tehnologiei:</b> esențial (6), mare (5), moderat (4), mic (3), inexistent (2);	1	6	5	5	5
<b>Rezerva de dezvoltare a tehnologiei:</b> prin modificarea parametrilor (6), prin modificarea fazelor tehnologice (5), prin înlocuirea fazelor (4), incertă (3);	1	6	5	5	5
<b>Funcționalitatea tehnologiei demonstrată în prototip:</b> toate caracteristicile demonstrate (6), caracteristicile - cheie demonstrate (5), o caracteristică - cheie nedemonstrată (4), mai multe caracteristici - cheie nedemonstrate (3), caracteristicile nedemonstrate (2);	1	4	4	4	4
<b>Implementarea tehnologiei:</b> ușor realizabilă (6), moderat realizabilă (5), greu realizabilă (4), modul de realizare incert (3), multiple obstacole (2);	1	5	5	5	5
<b>Avantaj competitiv al tehnologiei bazat pe complexitatea reproducerii caracteristicilor - cheie de către concurenții:</b> mai mul de 2 ani (6), cel puțin 2 ani (5), cel puțin 1 an (4), este necesar efort de îmbunătățire continuă (3), inexistent (2);	1	4	3	2	2
<b>Poziția de drept al proprietății intelectuale a tehnologiei:</b> foarte bine protejată (combinație de brevete, secrete comerciale, acces la materiile prime etc.) (6), bine protejată (brevete, secrete comerciale etc.) (5), protejată fără a fi factor de descurajare pentru concurenți (4), neprotejată (3);	1	5	3	4	4
<b>Oportunități de sinergie a tehnologiei:</b> parte - cheie a unui ecosistem tehnologic (6), parte a unui ecosistem tehnologic (5), importantă separat (4), moderat importantă separat (3), slab importantă separat (2), neimportantă (1);	1	5	4	3	4

Continuarea tabelului 4.3

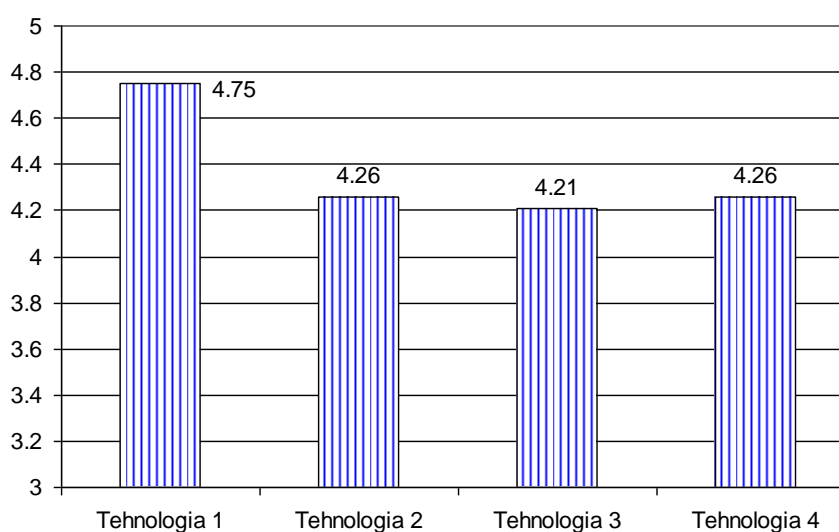
1	2	3	4	5	6
<b>Capacitatea de a forma ecosisteme tehnologice:</b> cu multe tehnologii (6), cu un număr redus de tehnologii (5), cu unele tehnologii (4), cu unele tehnologii cu efort de modernizare (3), limitat (2);	1	6	5	5	5
<b>Mentenanța tehnologiei după transfer:</b> există nelimitat (6), există condiționată de factorii interni și-sau externi (5), limitată (4);	1	6	6	6	6
<b>Specificațiile tehnologice - pondere medie</b>		<b>5.25</b>	<b>4.33</b>	<b>4.42</b>	<b>4.42</b>
<b>Intangibile:</b>					
<b>Tehnologia ca o platformă de creștere:</b> deschide noi oportunități tehnico-tehnologice și comerciale (6), reprezintă potențial de diversificare și/sau oportunități de extindere (5), reprezintă un caz izolat (4);	1	5	4	3	4
<b>Potențial oferit de tehnologie:</b> un început de afacere nouă profitabilă sau de aplicații multiple (6), o nouă linie tehnologică și/sau de produse și aplicații (5), variații tehnologice și/sau de produse și aplicații (4), relansarea valorii unor tehnologii și/sau produse și aplicații existente (3);	1	4	3	2	3
<b>Formarea noilor competențe și cunoștințe oferită de tehnologie:</b> majoritatea (6), multe (5), câteva (4), unele (3), nesemnificativ (2);	1	5	4	3	4
<b>Impactul asupra imaginii companiei, mărcii (publicații științifice, bunele practici, presa etc.):</b> creștere substanțială (6), creștere (5), creștere nesemnificativă (4), menținere la nivel (3), fără impact (2);	1	6	6	6	6
<b>Rolul tehnologiei asupra relațiilor cu clienții:</b> vitală pentru creșterea numărului de clienți (6), vitală pentru păstrarea clienților (5), vitală pentru păstrarea clienților cheie (4), vitală pentru păstrarea un client cheie (3), neutru (2), îngrijorări (ex. de mediu) ale clienților (1);	1	4	4	3	4
<b>Impactul reglementărilor industriale, economice, sociale, legale, politice:</b> avantajos (6), pozitiv (5), neutru (4), negativ (3);	1	4	4	4	4
<b>Potențialul tehnologiei pentru exportul extern:</b> poate crește rapid (6), poate crește constant (5), la nivel stabil (4), în descreștere (3).	1	3	3	3	3
<b>Intangibile - pondere medie</b>		<b>4.24</b>	<b>3.94</b>	<b>3.34</b>	<b>3.94</b>
<b>Punctaj total</b>		<b>4.75</b>	<b>4.26</b>	<b>4.21</b>	<b>4.26</b>

După evaluarea tehnologiilor în conformitate cu toate criteriile identificate, instrumentul de evaluare generează automat tabelul comun al performanțelor (tabelul 4.4) [131].

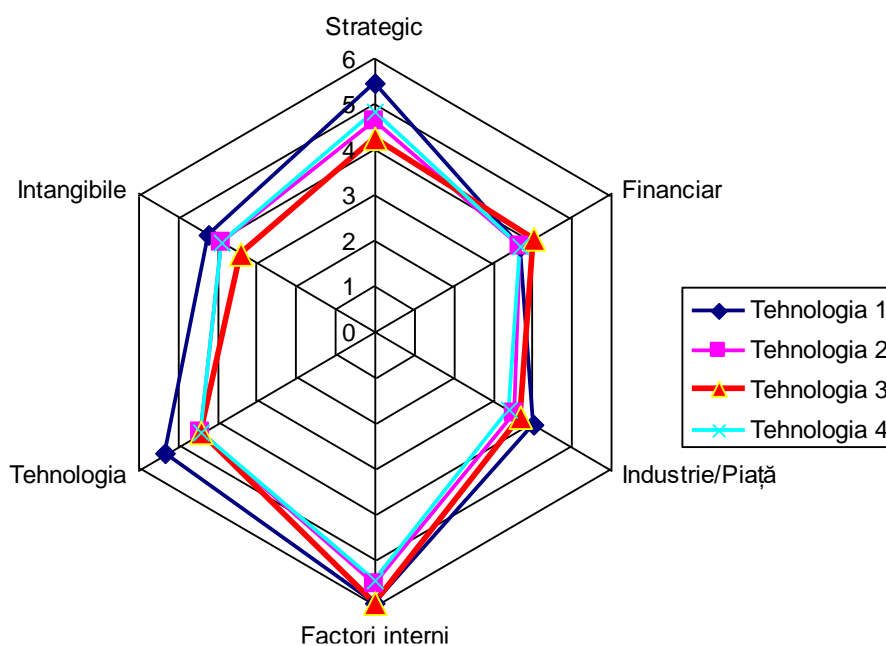
**Tabelul 4.4. Performanțele tehnologiilor conform criteriilor**

Criteria	TP1	TP2	TP3	TP4
Strategic	5,4	4,6	4,2	4,8
Financiar	3,7	3,7	4,0	3,7
Industrie/Piață	4,0	3,5	3,4	3,4
Factori interni	5,9	5,5	5,9	5,4
Specificațiile tehnologice	5,3	4,4	4,4	4,4
Intangibile	4,2	3,9	3,4	3,9
<b>TOTAL</b>	<b>4,75</b>	<b>4,26</b>	<b>4,21</b>	<b>4,26</b>

Rezultatele evaluării sunt reprezentate grafic în figurile 4.4 și 4.5.



**Fig. 4.4. Punctaj mediu total pentru fiecare tehnologie de produs evaluată**



**Fig. 4.5. Poziționarea tehnologiilor de produs evaluate după grupurile de criterii utilizate**

### 4.3. Aprecierea maturității tehnologiilor evaluate prin prisma TRL și MRL

Când tehnologiile au fost selectate și evaluate prin acordare de punctaje finale, un suport eficient în luarea deciziilor servește maturitatea tehnologică. Această evaluare oferă mai multe detalii despre nivelul de pregătire a tehnologiilor pentru transfer și nivelul de pregătire a fabricației în cadrul ITA „Mecagro”.

**Evaluarea tehnologiilor conform TRL.** Pentru această evaluare poate fi utilizat tabelul 4.5, care include toate nivelurile de pregătire tehnologică cunoscute, caracteristicile fiecărui nivel și aprecierea nivelului de pregătire tehnologică pentru fiecare tehnologie evaluată în baza informațiilor obținute în etapa de evaluare precedentă.

**Tabelul 4.5. Evaluarea tehnologiilor conform metodei TRL**

Nivelul de pregătire tehnologică (TRL)	TP1	TP2	TP3	TP4
TRL 1 – principii de bază observate și raportate;				
TRL 2 – conceptul de tehnologie și de aplicații formulate;				V
TRL 3 – dovada conceptului este realizată prin funcții critice experimentale și analitice;			V	
TRL 4 – tehnologie validată în mediu de laborator și cu machete;		V		
TRL 5 – componente și machete validate în medii relevante;	V			
TRL 6 – modele de sisteme/subsisteme sau prototipuri demonstrate în medii relevante;				
TRL 7 –prototipul sistemului integru demonstrat în mediu relevant operațional;				
TRL 8 – sistemul este complet și calificat;				
TRL 9 – sistemul este integru și demonstrat prin teste reale.				

**Nivelul de pregătire pentru fabricare.** Pentru această evaluare a fost elaborat tabelul 4.6, care include toate nivelurile de pregătire pentru fabricare cunoscute, caracteristicile fiecărui nivel și aprecierea nivelului de pregătire pentru fabricare a fiecărei tehnologii evaluate în baza informațiilor obținute în etapa de evaluare precedentă.

**Tabelul 4.6. Evaluarea tehnologiilor conform metodei MRL**

Nivelul de pregătire pentru fabricare (MRL)	TP1	TP2	TP3	TP4
1	2	3	4	5
MRL 1 - Implicațiile de bază ale tehnologiei identificate				
MRL 2 - Conceptele de fabricație identificate				
MRL 3 - Dovada conceptului de fabricație dezvoltată				
MRL 4 - Capacitatea de a produce tehnologia într-un mediu de laborator				V

1	2	3	4	5
MRL 5 - Capacitatea de a produce componente prototip într-un mediu relevant pentru producție		V		
MRL 6 - Capacitatea de a produce un sistem prototip sau un subsistem într-un mediu relevant pentru producție	V		V	
MRL 7 - Capacitatea de a produce sisteme, subsisteme sau componente într-un mediu reprezentativ de producție				
MRL 8 - Capacitatea liniei-pilot demonstrată; gata să înceapă producția cu rată redusă				
MRL 9 - Producție cu rată scăzută demonstrată; capacitatea existentă pentru a începe producția la rata completă				
MRL 10 - Producție în ritm complet demonstrat și practici de producție lean în vigoare				

În urma acestei evaluări factorii de decizie din ITA "Mecagro" au considerat oportună dezvoltarea tehnologiei de produs TP1 - „Elaborarea mașinii de stropit autopropulsate pentru tratarea culturilor de câmp”. Alte tehnologii urmează a fi propuse pentru dezvoltare în alte sesiuni de evaluare. Rezultatele obținute în sesiunea de selectare și evaluare a tehnologiilor în cadrul ITA "Mecagro" au fost considerate utile și de valoare, fapt confirmat prin actul de implementare.

#### 4.4. Concluzii la capitolul 4

- Metoda de evaluare elaborată a fost aplicată cu succes în cadrul Institutului de Tehnică Agricolă „Mecagro”, contribuind la evaluarea a tehnologiilor de produs propuse spre dezvoltare și implementare de către organizație în baza mai multor criterii de prioritizare. Atât munca echipei cât și rezultatele obținute denotă faptul că această metodă poate fi considerată funcțională și pasibilă a fi implementată și în alte companii producătoare.
- Pornind de la restricțiile de plafonare a investițiilor între 1,0 mln – 5,0 mln lei și rentabilitatea minimă de 15%, s-a constatat că tehnologiile de produs TP1, TP2 și TP4 se califică ca pe scala de prioritizare ca probabil atractive (nivel de performanță de 3,7), iar tehnologia TP3 este atractivă (nivel de performanță de 4,0). Aplicarea tuturor criteriilor prevăzute de metodă scoate în prim plan tehnologia de produs TP1 cu punctaj total – 4.75, alte tehnologii fiind prioritizate cu punctaje mai mici: TP2 - 4.26, TP4 - 4.26, TP3 - 4.21. Acest fapt demonstrează eficacitatea evaluării multicriteriale.
- În mod simultan echipa a evaluat tehnologiile de produs prin metodele TRL și MRL fiind înregistrate rezultatele: TP1 - TRL 5, MRL 6; TP2 - TRL 4, MRL 5; TP3 - TRL 3, MRL 6; TP4 - TRL 2, MRL 4. Se poate constata că specificațiile tehnologice și factorii interni care sunt determinante pentru nivelele TRL și MRL au fost de importanță mare la evaluare.
- În urma celor expuse, echipa de experți și factorii de decizie din ITA "Mecagro" au considerat că în primul rând trebuie să fie dezvoltată tehnologia TP1 - „Elaborarea



tehnologiei mașinii de stropit autopropulsate pentru tratarea culturilor de câmp”, alte tehnologii de produs urmează să fie evaluate într-o altă sesiune, în altă componentă de tehnologii pretendente și într-un mediu de criterii reformulate calitativ și cantitativ. ITA "Mecagro" a considerat metoda elaborată de evaluare a tehnologiilor utilă și de valoare, confirmând acest prin actul de implementare.

## CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI

În urma cercetărilor efectuate pot fi formulate următoarele concluzii finale generalizatoare:

- Transferul tehnologic determină calitatea dezvoltării tehnologice și necesită mecanisme de evaluare nu numai calitativă, dar și cantitativă pentru a aprecia eficacitatea și eficiența transferului [128]. Pentru evaluarea tehnologiilor în lucrare este propusă utilizarea modelului funcției tehnologice care include interacțiunea a trei obiecte distincte: a purtătorului de sarcini tehnologice (operatorului), a obiectului extern asupra căruia se aplică acțiunea (operandului) și a interfeței. Astfel, funcția tehnologică se manifestă prin reorganizarea funcțiilor interne ale operatorului, interfeței și operandului provocate de interacțiune și are caracter de modificare a proprietăților acestora, fapt ce oferă posibilitatea de a le măsura [117]. *Concluzia este formulată în baza contribuțiilor autorului dezvoltate și prezentate în cap. 2, pp. 2.1, 2.2, 2.3; cap. 3, p. 3.1.*
- Funcțiile tehnologice se manifestă prin sarcini tehnologice de două categorii: fizico-tehnice (materiale, energetice, procese etc.) și imateriale (teorii, concepte, date, cunoștințe etc.), fiind, astfel specificate două căi de transfer tehnologic cu efecte: de modificare a proprietăților fizico-tehnice; de dezvoltare/aliniere a tehnologiilor la cerințele moderne digitale și tehnice non-digitale [117]. *Concluzia este formulată în baza contribuțiilor autorului dezvoltate și prezentate în cap. 2, pp. 2.1, 2.2, 2.3, 2.4; cap. 3, p. 3.1.*
- Proprietățile funcțiilor tehnologice se măsoară la interacțiunea obiectelor reale sau reprezentative în condiții reale sau reprezentative, astfel încât în cele mai multe cazuri proprietățile măsurate sunt reprezentative, adică necesită interpretare sau evaluare a adecvării. Modelul funcției tehnologice propus permite măsurarea simultană a schimbărilor produse în operator, operand și interfață, rezultatul fiind mai complex, dar mai bun pentru analiză [117]. *Concluzia este formulată în baza contribuțiilor autorului dezvoltate și prezentate în cap. 2, pp. 2.1, 2.2, 2.3, 2.4.*
- Măsurarea proprietăților funcțiilor tehnologice în contextul obiectelor complexe imateriale se face prin alinierea tehnologiilor la nivelul modern regional și global. Tehnologiile specifice construcției de mașini) și suportul informațional de proiectare/fabricare (CAD, CAE, CAPP, CAM/CNC, PDM/PLM etc.) în mediul tehnologiilor-piloni ale Industriei 4.0 formează spațiul unic al Fabricației Inteligente. Conform modelului funcției de transfer/dezvoltare tehnologică propus în teză toate tehnologiile Industriei 4.0 reprezintă mediul de viață și simultan interfețe de interacțiune pentru transferul/dezvoltarea tehnologiilor de ramură [117, 127]. *Concluzia este formulată în baza contribuțiilor autorului dezvoltate și prezentate în cap. 2, pp. 2.4, 2.5; cap. 3, p. 3.1.*
- În lucrare este aplicat modelul funcției tehnologice pentru stabilirea interinfluențele oricărei perechi de factori externi tehnologiei în regim interfațat de alți factori, jenerând astfel o funcție

de transfer/dezvoltare tehnologică. Este propus un nou mecanism de evaluare utilizând modelul funcției de transfer/dezvoltare tehnologică, în care orice factor extern tehnologiei este tratat atât ca influență directă nemijlocită, cât și ca una mijlocită (interfațată) de alți factori. Astfel, evaluarea devine multicriterială și sistemic orientată [117]. *Concluzia este formulată în baza contribuțiilor autorului dezvoltate și prezentate în cap. 2, pp. 2.1, 2.2, 2.3, 2.4; cap. 3, pp. 3.1, 3.2.*

- În lucrare este propus un model de geamă digital bazat pe modelul funcției tehnologice, conform căruia interacțiunea bilaterală se produce dintre fizicul și digitalul operatorului, operandului și interfeței. Locul central în acest model revine interfeței, care reflectă multitudinea de procese fizico-tehnice la diferite scări ale analizei macro, mezo, micro caracteristice obiectelor și proceselor din construcția de mașini [127, 131]. *Concluzia este formulată în baza contribuțiilor autorului dezvoltate și prezentate în cap. 2, p. 2.4.*

- În ciuda faptului că RM este o țară atribuită la categoriile slab dezvoltată industrial și retardelor privind promovarea tehnologiilor informaționale ale Industriei 4.0 este oportună și iminentă canalizarea eforturilor companiilor spre crearea capacităților informatice și de comunicare de bază, modernizarea și integrarea resurselor tehnologice, crearea și modernizarea infrastructurii digitale, depășirea decalajului de capacitate digitală între diferite companii, asigurarea suportului pentru accesul la tehnologiile digitale și înlesnirea accesibilității acestora. În calitate de nucleu al acestei transformări pot servi cele de peste 30 de companii cu capital străin din domeniu cu activități de proiectare și fabricare cu instrumente moderne CAD, CAE, CAPP, CAM/CNC, PDM/PLM [127, 131]. *Concluzia este formulată în baza contribuțiilor autorului dezvoltate și prezentate în cap. 2, pp. 2.4, 2.5; cap. 3, p. 3.4.*

- Metoda dezvoltată de evaluare a tehnologiilor prevede o serie de activități succesive: stabilirea procesului de selectare și evaluare cu identificarea criteriilor, constituirea descriptorilor de performanță, a nivelurilor de referință și a ponderilor acestora; selectarea tehnologiilor după tipul acestora prin filtrul de triaj; verificarea criteriilor și colectarea datelor despre tehnologii; evaluarea tehnologiei prin punctare; analizarea rezultatelor; luarea deciziei de transfer [129, 130, 131, 132]. Metoda utilizează câteva grupe distincte de criterii cu descriptorii de performanță după cum urmează: strategici, financiari, industrie/piață, factori interni (competente de bază, personal etc.), specificațiile tehnologice (tehnologii) și intangibilitatea (competitivitate, imagine etc.) [128]. Interacțiunea factorilor este reprezentată prin modele ale funcțiilor de transfer/dezvoltare tehnologică și este tratată ca bilaterală și reversivă, nemijlocit pe un criteriu și contextual (interfațat) pe alte criterii. Astfel sistemul de factori (criterii) de evaluare a transferabilității tehnologiilor devine unul dinamic și în permanentă schimbare/dezvoltare.

*Concluzia este formulată în baza contribuțiilor autorului dezvoltate și prezentate în cap. cap. 3, pp. 3.1, 3.2, 3.3, 3.4.*

- Metoda dezvoltată este aplicată de către o echipă pluridisciplinară de experți, care acordă fiecărui criteriu din grup un punctaj în conformitate cu descriptorii de performanță. Metoda a fost validată prin emiterea unui act de implementare în cadrul Institutului de Tehnică Agricolă „Mecagro”, contribuind la evaluarea tehnico-economică a patru tehnologii de produs propuse spre cercetare-dezvoltare și implementare de către întreprindere în baza mai multor criterii de prioritizare [131]. *Concluzia este formulată în baza contribuțiilor autorului dezvoltate și prezentate în cap. 3, p. 3.4; cap. 4, pp. 4.1, 4.2, 4.3.*

**Recomandări.** Orice companie constructoare de mașini sau sistem de producție care se vor competitive pe piață trebuie să-și revadă tehnologiile de produs și de fabricație în vederea transferului de tehnologii profund digitalizate, realizate prin sisteme de suport CAD, CAE, CAPP, CAM/CNC, PDM/PLM etc. Tehnologiile Industriei 4.0 sunt deja accesibile în formă de platforme, de resurse, iar transferul tehnologic propriu-zis aparține companiilor interesate și echipelor mixte de specialiști din domeniul tehnologiilor de ramură și din domeniul informațional.

## CERCETĂRI ULTERIOARE DE PERSPECTIVĂ

Pot fi menționate câteva direcții de cercetare legate de:

- alinierea tehnologiilor de produs și de fabricație la mediul tehnologic al Industriei 4.0;
- evaluarea tehnologiilor pentru transfer în baza criteriilor bazate pe nivelul de pregătire digitală a tehnologiei;
- evaluarea tehnologiilor pentru transfer în baza criteriilor bazate pe nivelul de pregătire digitală a fabricației;
- merită dezvoltare prin cercetare atât noțiunile de funcție tehnologică și de funcție de dezvoltare tehnologică, cât și mecanismele și instrumentarul de aplicare practică a acestora.

## BIBLIOGRAFIE

1. *European Commission. Competence Centre on Technology Transfer* [online], 2023 [citat 13.09.2023]. Disponibil: [https://knowledge4policy.ec.europa.eu/technology-transfer/what-technology-transfer\\_en](https://knowledge4policy.ec.europa.eu/technology-transfer/what-technology-transfer_en).
2. *Codul cu privire la știință și inovare al Republicii Moldova*. Lege nr. 259 din 15.07.2004. Chișinău: Legis, 2023 [citat 14.09.2023]. Disponibil: [https://www.legis.md/cautare/getResults?doc\\_id=139081&lang=ro](https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=139081&lang=ro)
3. **IAȚCHEVICI, V.** Extinderea comunicărilor în transfer tehnologic în regiunea transfrontalieră România-Ucraina-Republica Moldova. *Vector European. Revista științifică*, 2015, Chișinău: AGEPI, nr. 3, pp. 25-28 [citat 01.08.2023]. ISSN: 2345-1106. Disponibil: [https://ibn.idsi.md/vizualizare\\_articol/42461](https://ibn.idsi.md/vizualizare_articol/42461).
4. UNSAL, E., CETINDAMAR, D. Technology management capability: definition and its measurement. *European International Journal of Science and Technology*, 2015, Vol. 4, No. 2, pp. 181-196 [citat 01.08.2023]. ISSN: 2304-9693. Disponibil: [https://www.researchgate.net/publication/307544301\\_technology\\_management\\_capability\\_definition\\_and\\_its\\_measurement](https://www.researchgate.net/publication/307544301_technology_management_capability_definition_and_its_measurement).
5. DEUTSCH, N., BERÉNYI, L. Technology and strategy: towards strategic technology management. *Review of Business & Management. Theory, Methodology, Practice*, 2023, Vol.19., Nr. 1., pp. 41-51. ISSN: 2415-9883 (Online). <https://doi.org/10.18096/TMP.2023.01.04>.
6. BELINA, B., MAZURKIEWICZ, A., GIESKO, T., KARSZNIA W. Tracking and predicting solution development in R&D projects using a complex assessment method. *Economics and Management*, 2015, Vol. 7, Issue 3, pp. 7-14. ISSN: 2336-5064 (online). DOI:10.12846/j.em.2015.03.01.
7. *Tecnology* [online] [citat 05.05.2022]. Disponibil: <https://en.wikipedia.org/wiki/Technology>.
8. *Tehnology matters: questions to live with* D. Nye. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London, England, 2006, p. 304 [citat 11.05.2020]. ISBN: 9780262640671. Disponibil:[https://www.academia.edu/734389/Technology\\_Matters\\_Questions\\_to\\_live\\_with](https://www.academia.edu/734389/Technology_Matters_Questions_to_live_with).
9. OLDENZIEL, R. Signifying semantics for a history of technology. *Tehnology and Culture*, 2006, Vol. 47, No 3, pp. 477-485. ISSN: 1097-3729 (online). DOI:10.1353/tech.2006.0194.
10. NIGHTINGALE, P. What is technology? Six definitions and two pathologies. *SSRN Electronic Journal*, 2014, SWPS 2014-19, p. 32. ISSN: 2057-6668. DOI:10.2139/ssrn.2743113.

11. TAQAVI, M. Critique of Sharif's and Pitt's models of technology. *The Journal of New Paradigm Research*, 2020, Vol. 76, No 1, pp. 1-16. ISSN: 1556-1844 (online). <https://doi.org/10.1080/02604027.2019.1671091>.
12. CETINDAMAR, D., PHAAL, R., PROBERT, D. Understanding technology management as a dynamic capability: A framework for technology management activities. *Technovation*, 2009, vol. 29, pp. 237–246. ISSN: 1879-2383 (online). DOI:10.1016/j.technovation.2008.10.004
13. MEREDITH, J.R., MANTEL JR., S.J. *Project management: a managerial approach*. John Wiley & Sons, Inc., 2021, p. 544 [citat 02.09.2023]. ISBN: 978-1-119-80383-6. Disponibil: <https://books.google.md/books?id=RFVBEAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=ru#v=onepage&q&f=false>.
14. PINTO, J.K. *Project management: achieving competitive advantage*. Pearson, 2019, p. 490 [citat 01.07.2020]. ISBN 13: 978-0-134-73033-2. Disponibil: <https://dokumen.pub/project-management-achieving-competitive-advantage-5nbsped-0136057667-9780136057666.html>.
15. HAMZEH, R., XU, X. Technology selection methods and applications in manufacturing: A review from 1990 to 2017. *Computers & Industrial Engineering*, 2019, Vol. 138. ISSN: 1879-0550 (online). DOI:10.1016/j.cie.2019.106123.
16. KERR, C., FARRUKH, C., PHAAL, R., PROBERT, D. Key principles for developing industrially relevant strategic technology management toolkits. *Technological Forecasting and Social Change*, 2013, Vol. 80, No. 6, pp. 1050-1070. ISSN: 1873-5509 (online). <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2012.09.006>.
17. COOPER, R.G., SOMMER, A.S. Dynamic Portfolio Management for New Product Development. *Research-Technology Management*, 2023, Vol. 66, No 3, pp. 19-31. ISSN: 1930-0166 (online). <https://doi.org/10.1080/08956308.2023.2183004>.
18. DOORASAMY, D. Product portfolio management: an important business strategy. *Foundations of Management*, 2015, Vol. 7, No 1, pp. 29-36. eISSN: 2300-5661. DOI:10.1515/fman-2015-0023.
19. MITCHELL, R., PHAAL R., ATHANASSOPOULOU, N. Scoring methods for prioritizing and selecting innovation projects. *Centre for technology management working paper series*, 2018, Vol. 2, pp. 1-19. ISSN: 2058-8887. DOI:10.17863/CAM.21297.
20. FLECHAS CHAPARRO, X.A., DE VASCONCELOS GOMES, L.A., DE SOUZA NASCIMENTO, P.T. The evolution of project portfolio selection methods: from incremental to radical innovation. *Revista de Gestão*, 2019, Vol. 26, No 3, pp. 212-236. ISSN: 2177-8736. DOI:10.1108/REGE-10-2018-0096.

21. EILAT, H., GOLANY, B., SHTUB, A. R&D project evaluation: an integrated DEA and balanced scorecard approach. *Omega*, 2008, Vol. 36, No. 5, pp. 895-912. ISSN: 1873-5274 (online). <https://doi.org/10.1016/j.omega.2006.05.002>.
22. SOKMEN, N. A multi-criteria project assessment framework for R&D organizations in the IT sector. In: *Proceedings of PICMET '14: Infrastructure and Service Integration*, Portland, 2014, pp. 2455-2466 [citat 01.03.2020]. ISBN: 978-1-890843-29-8. Disponibil: [https://www.researchgate.net/publication/273767980\\_A\\_multi-criteria\\_project\\_assessment\\_framework\\_for\\_RD\\_organizations\\_in\\_the\\_IT\\_sector](https://www.researchgate.net/publication/273767980_A_multi-criteria_project_assessment_framework_for_RD_organizations_in_the_IT_sector).
23. LEONG, W.Y., WONG, K.Y., WONG, W.P. A new integrated multi-criteria decision-making model for resilient supplier selection. *Applied System Innovation*, 2022, Vol. 5, No 1, p. 18. ISSN: 2571-5577. DOI:10.3390/asi5010008.
24. LIZARRALDE, R., GANZARAIN, J., ZUBIZARRETA, M. Assessment and selection of technologies for the sustainable development of an R&D center. *Sustainability*, 2020, Vol. 12, No. 23, p. 23. ISSN: 2071-1050. DOI:10.3390/su122310087.
25. MOHANTY, M.K., GAHAN, P., CHOUDHURY, S. Technology management in manufacturing sector - a case study from Indian manufacturing industry and application of Gregory model. *Asian Journal of Research in Business Economics and Management*, 2014, Vol. 4, No. 8, pp. 216-233 [citat 01.06.2021]. ISSN: 2249-7307. Disponibil: [https://www.researchgate.net/publication/312605323\\_Technology\\_Management\\_in\\_Manufacturing\\_Sector-A\\_case\\_study\\_from\\_Indian\\_Manufacturing\\_Industry\\_and\\_Application\\_of\\_Gregory](https://www.researchgate.net/publication/312605323_Technology_Management_in_Manufacturing_Sector-A_case_study_from_Indian_Manufacturing_Industry_and_Application_of_Gregory).
26. GUAN, J.C., YAM, R.C., TANG, E.P., LAU, A.K.W. Innovation strategy and performance during economic transition: Evidences in Beijing, China. *Research Policy*, 2009, Vol. 38, No. 5, pp. 802–812. ISSN: 1873-7625 (online). <https://doi.org/10.1016/j.respol.2008.12.009>.
27. ZOLFANI, S.H., BAHRAMI, M. Investment prioritizing in high tech industries based on Swara-Copras approach. *Technological and Economic Development of Economy*, 2014, Vol. 20, No. 3, pp. 534–553. eISSN: 2029-4921. DOI:10.3846/20294913.2014.881435.
28. HRISTOV, I., CHIRICO, A., APPOLLONI, A. Sustainability value creation, survival, and growth of the company: a critical perspective in the sustainability balanced scorecard (SBSC). *Sustainability*, 2019, Vol. 11, No. 7, p. 19. ISSN: 2071-1050. DOI:10.3390/su11072119.
29. BENSON, D., ZIEDONIS, R.H. Corporate venture capital as a window on new technologies: Implications for the performance of corporate investors when acquiring startups. *Organization Science*, 2009, Vol. 20, No 2, pp. 329-351. ISSN: 1526-5455 (online). DOI:10.1287/orsc.1080.0386.

30. BIN, A., AZEVEDO, A., DUARTE, L. et al. R&D and innovation project selection: can optimization methods be adequate?. *Procedia Computer Science*, 2015, Vol. 55, pp. 613–621. ISSN: 1877-0509 (online). DOI:10.1016/j.procs.2015.07.051.
31. CLAUSEN, T.H., KORNELIUSSEN, T., MADSEN, E.L. Modes of innovation, resources and their influence on product innovation: Empirical evidence from R&D active firms in Norway. *Technovation*, 2013, Vol. 33, No 6-7, pp. 225–233. ISSN: 1879-2383 (online). <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2013.02.002>.
32. TAHERDOOST, H., MADANCHIAN, M. Multi-Criteria Decision Making (MCDM). Methods and Concepts. *Encyclopedia*, 2023, Vol. 3, No 1, pp. 77-87. ISSN: 2673-8392 (online). DOI: 10.3390/encyclopedia3010006.
33. STOJCIC, M., ZAVADSKAS, E., PAMUCAR, D. et al. Application of MCDM methods in sustainability engineering: a literature review 2008–2018. *Symmetry*, 2019, Vol. 11, p. 24. eISSN: 2073-8994. <https://doi.org/10.3390/sym11030350>.
34. EMROUZNEJAD, A., MARRA, M. The state of the art development of AHP (1979–2017): A literature review with a social network analysis. *International Journal of Production Research*, 2017, Vol. 55, No 22, pp. 6653–6675. ISSN: 1366-588X (online). <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1334976>.
35. MARDANI, A., JUSOH, A., NOR, K.M. et al. Multiple criteria decision-making techniques and their applications - A review of the literature from 2000 to 2014. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 2015, Vol. 28, No 1, pp. 516–571. ISSN: 1848-9664 (online). <https://doi.org/10.1080/1331677X.2015.1075139>.
36. KOLIOS, A., MYTILINO, V., LOZANO-MINGUEZ, E., SALONITIS, K. A comparative study of multiple-criteria decision-making methods under stochastic inputs. *Energies*, 2016, Vol. 9, No 7, p. 21. ISSN: 1996-1073. DOI:10.3390/en9070566.
37. KUMAR, A., SAH, B., SINGH, A.R. et al. A review of multi criteria decision making (MCDM) towards sustainable renewable energy development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2017, Vol. 69, pp. 596–609. ISSN: 1879-0690 (online). <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.191>.
38. SHEN, Y.-C., LIN, G.T., TZENG, G.-H. Combined DEMATEL techniques with novel MCDM for the organic light emitting diode technology selection. *Expert System with Applications*, 2011, Vol. 38, No 3, pp. 1468–1481. ISSN: 1873-6793 (online). <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.07.056>.
39. HUNG, C.-Y.; LEE, W.-Y. A proactive technology selection model for new technology: The case of 3D IC TSV. *Technological Forecasting and Social Change*, 2016, Vol. 103, pp. 191–202. ISSN: 1873-5509 (online). <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.11.009>.



40. BÜYÜKÖZKAN, G., GÖÇER, F., FEYZIOGLU, O. Cloud computing technology selection based on interval-valued intuitionistic fuzzy MCDM methods. *Soft Computing*, 2018, Vol. 22, pp. 5091–5114. ISSN: 1432-7643. <https://doi.org/10.1007/s00500-018-3317-4>.
41. ATHAWALE, V.M., CHAKRABORTY, S. A comparative study on the ranking performance of some multi-criteria decision-making methods for industrial robot selection. *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 2011, Vol. 2, pp. 831–850. ISSN: 1923-2934 (online). DOI:10.5267/j.ijiec.2011.05.002.
42. PARAMESHWARAN, R., KUMAR, S.P., SARAVANAKUMAR, K. An integrated fuzzy MCDM based approach for robot selection considering objective and subjective criteria. *Applied Soft Computing*, 2015, Vol. 26, pp. 31–41. ISSN: 1872-9681 (online). <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2014.09.025>.
43. FAROOQ, S., O'BRIEN, C. An action research methodology for manufacturing technology selection: A supply chain perspective. *Production Planning and Control*, 2014, Vol. 26, No 6, pp. 1-22. ISSN: 0953-7287. DOI:10.1080/09537287.2014.924599.
44. MAZUMDAR, N., SHARMA, J.K., SHAVKATOVICH S.N. et all. Application of distinct multi criteria decision analysis techniques in the manufacturing sector: A comprehensive review. *Materials Today: Proceedings*, 2023, p. 8. ISSN: 2214-7853 (online). DOI:10.1016/j.matpr.2023.01.244.
45. GERARDA, F. Multi-criteria decision making in production fields: a structured content analysis and implications for practice. *Journal of Risk and Financial Management*, 2022, Vol. 15, p. 21. ISSN: 1911-8074. DOI:10.3390/jrfm15100431.
46. FAZLI, S., MAVI, R.K., VOSOOGHIDIZAJI, M. Crude oil supply chain risk management with DEMATEL–ANP. *Operational Research*, 2015, Vol. 15, pp. 453–480. ISSN: 1109-2858. DOI: 10.1007/s12351-015-0182-0.
47. SHEN, Y.-C., CHANG, S.-H., LIN, G.T., YU, H.-C. A hybrid selection model for emerging technology. *Technological Forecasting and Social Change*, 2010, Vol. 77, No 1, pp. 151–166. ISSN: 1873-5509 (online). <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2009.05.001>.
48. ZHANG, P., ZHANG, Y. AHP based technology selection for emerging industry. *Applied Mechanics and Materials*, 2014, 484, pp. 438–442. ISSN: 1662-7482. DOI:10.4028/www.scientific.net/AMM.484-485.438.
49. ORTEGA-JIMENEZ, C.H., GARRIDO-VEGA, P., MACHUCA J.A.D. Analysis of interaction fit between manufacturing strategy and technology management and its impact on performance. *International Journal of Operations & Production Management*, 2012, Vol. 32, No. 8, pp. 958-981. ISSN: 0144-3577. DOI:10.1108/01443571211253146.

50. BECKER, J., BECKER, A. Model of integration and cooperation of multi-criteria decision support methods. *Procedia Computer Science*, 2021, Vol. 192, pp. 3740–3750. ISSN: 1877-0509 (online). <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.09.148>.
51. ALARCON, B., AGUADO, A., MANGA, R., JOSA, A. A value function for assessing sustainability: application to industrial buildings. *Sustainability*, 2011, Vol. 3, No 1, pp. 35–50. ISSN: 2071-1050. DOI:10.3390/su3010035.
52. PONS-VALLADARES, O., DE LA FUENTE, A., AGUADO, A. The use of MIVES as a sustainability assessment MCDM method for architecture and civil engineering applications. *Sustainability*, 2016, Vol. 8, No 5, p. 15. ISSN: 2071-1050. DOI:10.3390/su8050460.
53. SIEKELOVA, A., PODHORSKA, I., IMPPOLA, J.J. Analytic hierarchy process in multiple–criteria decision–making: a model example. In: *Proceedins of International Conference on Entrepreneurial Competencies in a Changing World (ECCW 2020)*, SHS Web of Conferences 90, 2021, Vol. 90, pp. 1-10. ISBN: 978-1-7138-2412-1. <https://doi.org/10.1051/shsconf/20219001019>.
54. KHALEEQ UZ ZAMAN, U., SIADAT, A., RIVETTE, M. et all. Integrated product-process design to suggest appropriate manufacturing technology: a review. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2017, vol. 91, pp. 1409-1430. ISSN: 0268-3768. DOI:10.1007/s00170-016-9765-z.
55. NOURI, S.H, SOHRABI, T. Investigating and prioritizing factors affecting technology selection using multi criteria decision making methods in the National Iranian petrochemical company. *Tehnički Glasnik*, 2021, Vol. 15, No. 4, pp. 449-454. ISSN: 1848-5588. <https://doi.org/10.31803/tg-20200919194215>.
56. ARISTODEMOU, L., TIETZE, F. Technology strategic decision making (SDM): an overview of decision theories, processes and methods. *Centre for Technology Management working paper series*, 2019, No 5, pp. 1-22. ISSN: 2058-8887. <https://doi.org/10.17863/CAM.35691>.
57. MANOJ MATHEW, M., THOMAS, J. Interval valued multi criteria decision making methods for the selection of flexible manufacturing system. *International Journal of Data and Network Sciences*, 2019, Vol. 3, No 4, pp. 349-358. ISSN: 2561-8156 (online). DOI:10.5267/j.ijdns.2019.4.001.
58. SHEHABUDEEN, N., PROBERT, D., PHAAL, R. From theory to practice: Challenges in operationalising a technology selection framework. *Technovation*, 2006, Vol. 26, 324–335. ISSN: 1879-2383 (online). <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2004.10.017>.
59. BÜYÜKÖZKAN, G., ÇİFÇİ, G. A novel hybrid MCDM approach based on fuzzy DEMATEL, fuzzy ANP and fuzzy TOPSIS to evaluate green suppliers. *Expert Systems with*

- Application*, 2012, Vol. 39, No 3, pp. 3000–3011. ISSN: 1873-6793 (online). <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.08.162>.
60. CHO, J., LEE, J. Development of a new technology product evaluation model for assessing commercialization opportunities using Delphi method and fuzzy AHP approach. *Expert Systems with Application*, 2013, Vol. 40, No 13, pp. 5314–5330. ISSN: 1873-6793 (online). <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2013.03.038>.
61. MA, D., CHANG, C.-C., HUNG, S.-W. The selection of technology for late-starters: A case study of the energy-smart photovoltaic industry. *Economic Modeling*, 2013, Vol. 35, pp. 10–20. ISSN: 1873-6122 (online). <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2013.06.030>.
62. ORDOOBADI, S. Application of AHP and Taguchi loss functions in evaluation of advanced manufacturing technologies. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2012, Vol. 67, pp. 2593–2605. ISSN: 0268-3768. DOI:10.1007/s00170-012-4676-0.
63. MEESAPAWONG, P., REZGUI, Y., LI, H. Planning innovation orientation in public research and development organizations: Using a combined Delphi and Analytic Hierarchy Process approach. *Technological Forecasting and Social Change*, 2014, Vol. 87, pp. 245–256. ISSN: 1873-5509 (online). <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2013.12.023>.
64. LAI, K.-K., WU, S.-J. Using the patent co-citation approach to establish a new patent classification system. *Information Processing and Management*, 2005, Vol. 41, No 2, pp. 313–330. ISSN: 1873-5371 (online). <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2003.11.004>.
65. OLECHOWSKI, A., EPPINGER, S.D., JOGLEKAR, N. Technology readiness levels at 40: A study of state-of-the-art use, challenges, and opportunities. In: *Proceedings of Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET)*, 2015, Portland, USA, pp. 1-28. ISBN:978-1-8908-4331-1. DOI:10.1109/PICMET.2015.7273196.
66. MADISON, J.C., HAYES, J.C., KELLER, D.T., LOMBARDO, N.J. Combining systems engineering with Technology and Manufacturing Readiness Levels to advance research and development. In: *Proceedings of IEEE International Symposium on Systems Engineering (ISSE)*, Rome, Italy, 2015, pp. 481-488. ISBN: 978-1-4799-1919-2. DOI:10.1109/SysEng.2015.7302801.
67. PETERS, S. A readiness level model for new manufacturing technologies. *Production Engineering Research Development*, 2015, Vol. 9, pp. 647–654. ISSN: 0944-6524. DOI:10.1007/s11740-015-0636-5.
68. FERREIRA, C.V., BIESEK, F.L., SCALICE, R.K. Product innovation management model based on manufacturing readiness level (MRL), design for manufacturing and assembly (DFMA) and technology readiness level (TRL). *Journal of the Brazilian Society of*

- Mechanical Sciences and Engineering*, 2021, Vol. 43, 360, pp. 1-18. ISSN: 1678-5878.  
<https://doi.org/10.1007/s40430-021-03080-8>.
69. LEE, M.-C., CHANG, T., CHIEN, W.-T.C. An approach for developing concept of innovation readiness levels. *International Journal of Managing Information Technology (IJMIT)*, 2011, Vol. 3, No 2, pp. 18-37. ISSN: 0975-5586. DOI: 10.5121/ijmit.2011.3203.
70. ZAEH, M.F., REINHART, G., KARL, F. et all. Cyclic influences within the production resource planning process. *Production Engineering. Research and Development*, 2010, Vol. 4, No. 4, pp. 309-317. ISSN: 0944-6524. DOI 10.1007/s11740-010-0254-1.
71. KLOCKE, F. Production Technology in high-wage countries – from ideas of today to products of tomorrow. In: *Proceedings Industrial Engineering and Ergonomics – Visions, Concepts, Methods and Tools*. Springer, Berlin, New York, 2009, pp. 13-30. e-ISBN 978-3-642-01293-8. DOI 10.1007/978-3-642-01293-8.
72. DIN 8580-2022. *Manufacturing processes – terms and definitions, division* [citat 30.12.2022]. Disponibil: [https://www.techstreet.com/standards/din-8580?product\\_id=2506200](https://www.techstreet.com/standards/din-8580?product_id=2506200).
73. REINHART, G., SCHINDLER, S. A strategic evaluation approach for defining the maturity of manufacturing technologies. *International Journal of Industrial and Manufacturing Engineering*, 2010, Vol. 4, No. 11, pp. 1291-1296 [citat 05.05.2022]. Disponibil: <https://www.semanticscholar.org/paper/A-Strategic-Evaluation-Approach-for-Defining-the-of-Reinhart-Schindler/6a8bd380554b001350edeb69758560f79ebfd217>.
74. BROUSSEAU, E.B., BARTON, R.B., DIMOV, S., BIGOT, S. Technology maturity assessment of micro and nano manufacturing processes. In: *Proceedings of the International Conferences on Multi-Material Micro Manufacture (4M/ICOMM'09)*, Karlsruhe, Germany, 2009, pp. 251-256. DOI:10.3850/4M2009RP001 9051
75. BROUSSEAU, E., BARTON, R., DIMOV, S., BIGOT, S. A methodology for evaluating the technological maturity of micro and nano fabrication processes. In: *Proceedings IFIP Advances in Information and Communication Technology*, Boston: Springer, 2010. Vol. 315, pp. 329-336 [citat 10.05.2022]. ISSN: 1868-4238. Disponibil: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-11598-1\\_38](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-11598-1_38).
76. CHEN, H.M., CHANG, W.Y. Core competence: From a strategic human resource management perspective. *African Journal of Business Management*, 2011, Vol. 5, No. 14, pp. 5738-5745. ISSN: 1993-8233. DOI: 10.5897/AJBM11.045.
77. OWENS, D., KHAZANCHI, D. From strategic intent to implementation: how information technology initiatives take shape in organizations. In: *Proceedings of the 51st Hawaii International Conference on System Sciences*, 2018, pp. 4783-4792 [citat 12.05.2022]. ISBN:

978-0-9981331-1-9. Disponibil:

<https://scholarspace.manoa.hawaii.edu/server/api/core/bitstreams/7a9eb55a-0ea3-4e44-bc08-168485d5042a/content>.

78. GREITEMANN, J., CHRIST, E.E., MATZAT, A.C., REINHART, G. Strategic evaluation of technological capabilities, competencies and core-competencies of manufacturing companies. In: *Procedia CIRP. Robust Manufacturing Conference (RoMaC 2014)*, 2014, Vol. 19, pp. 57–62. ISSN: 2212-8271 (online). DOI: 10.1016/j.procir.2014.05.017.
79. BERGEK, A., BERGGREN, C., MAGNUSSON, T., HOBDDAY, M. Technological discontinuities and the challenge for incumbent firms: Destruction, disruption or creative accumulation? *Research Policy*, 2013, Vol. 42, No 6-7, pp. 1210–1224. ISSN: 1873-7625 (online). <http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2013.02.009>.
80. SAWAGUCHI, M. Innovation activities based on S-curve analysis and patterns of technical evolution-"From the standpoint of engineers, what is innovation?". *Procedia Engineering*, 2011, No. 9, pp. 596–610. ISSN:1877-7058. DOI:10.1016/j.proeng.2011.03.145.
81. REINHART, G., SCHINDLER, S. A strategic evaluation approach for defining the maturity of manufacturing technologies. *International Journal of Industrial and Manufacturing Engineering*, 2010, Vol. 4, No 11, pp. 1291-1296 [citat 07.07.2020]. Disponibil: <https://publications.waset.org/11195/a-strategic-evaluation-approach-for-defining-the-maturity-of-manufacturing-technologies>.
82. BILL EDGAR, B., LOCKWOOD, C.A. Corporate core competencies' essence, contexts, discovery, and future: a call to action for executives and researchers. *SAGE Open*, 2021, Vol. 11, No 4, p. 96. DOI: 10.1177/21582440211051789.
83. RUSH, H., BESSANT, J., HOBDDAY, M. Assessing the technological capabilities of firms: developing a policy tool. *R&D Management*, 2007, Vol. 37, No 3, pp. 221-236. ISSN: 0033-6807. DOI: 10.1111/j.1467-9310.2007.00471.x.
84. OMAR, R., TAKIM, R., NAWAWI, A.H. Measuring of technological capabilities in technology transfer (TT) projects. *Asian Social Science*, 2012, Vol. 8, No 15. pp. 211-221. eISSN: 1911-2025. DOI:10.5539/ass.v8n15p211.
85. MOMBINI, H., TULU, B. A systematic review of decision-making theories used in decision support systems research. In: *Proceedings of the Americas Conference on Information Systems AMCIS 2020*, 2020. p. 10 [citat 05.01.2021]. ISBN 978-1-7336325-4-6. Disponibil: [https://www.researchgate.net/publication/346642407\\_A\\_Systematic\\_Review\\_of\\_Ddecision-making\\_Theories\\_used\\_in\\_Decision\\_Support\\_Systems\\_Research](https://www.researchgate.net/publication/346642407_A_Systematic_Review_of_Ddecision-making_Theories_used_in_Decision_Support_Systems_Research).

86. WEBER, E., REYDON, T., BOON, M. et al. The ICE-theory of technical functions. *Metascience*, 2013, Vol. 22, No. 1, pp. 23-44. ISSN: 0815-0796. DOI:10.1007/s11016-012-9642-9.
87. WANG, S., WAN, J., LI, D., ZHANG, C. Implementing smart factory of industrie 4.0: an outlook. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 2016. vol. 4, 3159805, p. 10. ISSN: 1550-1477 (online). DOI:10.1155/2016/3159805
88. SUKATHONG, S., SUKSAWANG, P., NAENNA, T. Analyzing the importance of critical success factors for the adoption of advanced manufacturing technologies. *International Journal of Engineering Business Management*, 2021, vol. 13, pp. 1–16. ISSN: 1847-9790 (online). DOI:10.1177/18479790211055057
89. BHISE, D., VAND SUNNAPWAR, V.K. Developing framework for the implementation of advanced manufacturing technologies in small and medium-sized enterprises. *International Journal of Applied Management and Technology*, 2019, vol. 18, issue 1, pp. 88-110. ISSN: 1544-4740. DOI:10.5590/IJAMT.2018.18.1.07.
90. SIMÕES, A.C., BARROS, A.C., SOARES, A.L. Conceptual framework for the identification of influential contexts of the adoption decision. In: *IEEE 16th International Conference on Industrial Informatics (INDIN)*, Porto, Portugal, 2018, pp. 1059–1064. ISSN: 1941-0115 (online). DOI:10.1109/INDIN.2018.8471963
91. ABUALOUSH, S., MASA'DEH, R., BATAINEH, K. et al. The role of knowledge management process and intellectual capital as intermediary variables between knowledge management infrastructure and organization performance. *Interdisciplinary Journal of Information, Knowledge and Management*, 2018, vol. 13, pp. 279–309. ISSN: 1555-1237 (online). DOI:10.28945/4088
92. *Industrial Development Report 2022. The Future of Industrialization in a Post-Pandemic World. Overview*. United Nations Industrial Development Organization, Vienna, 2023, p. 32 [citat 1.09.2023]. Disponibil: <https://www.unido.org/sites/default/files/files/2021-11/IDR%202022%20OVERVIEW%20-%20EN%20EBOOK.pdf>.
93. *Industrial Development Report 2020. Industrializing in the digital age. Overview*. United Nations Industrial Development Organization, Viena, 2021, p. 28 [citat 09.01.2021]. Disponibil: [https://www.unido.org/sites/default/files/files/2019-11/UNIDO\\_IDR2020-English\\_overview.pdf](https://www.unido.org/sites/default/files/files/2019-11/UNIDO_IDR2020-English_overview.pdf).
94. LU, Y. Industry 4.0: a survey on technologies, applications and open research issues. *Journal of Industrial Information Integration*, 2017, vol. 6: pp. 1-10. ISSN: 2452-414X (online). <https://doi.org/10.1016/j.jii.2017.04.005>

95. HAMZEH, R., ZHONG, X., XU, W. et al. A technology selection framework for manufacturing companies in the context of Industry 4.0. In: *2018 World Symposium on Digital Intelligence for Systems and Machines (DISA2018)*, Košice, Slovakia, 2018, pp. 267-276. ISBN: 978-1-5386-5103-2, eISBN: 978-1-5386-5102-5. DOI:10.1109/DISA.2018.8490606.
96. WAGNER, T., HERRMANN, C., THIEDE, S. Industry 4.0 impacts on lean production systems. *Procedia CIRP*, 2017, vol. 63, pp. 125-131. ISSN: 2212-8271 (online). DOI:10.1016/j.procir.2017.02.041
97. TUPA, J., SIMOTA, J., STEINER, F. Aspects of risk management implementation for Industry 4.0. In. *Proceeding of the 27th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing, FAIM2017*, 27-30 June 2017, Modena, Italy, *Procedia Manufacturing*, 2017, vol. 11: p. 1223-1230. ISBN: 978-1-5108-4854-2. DOI:10.1016/j.promfg.2017.07.248
98. TAO, F., CHENG, J., QI, O. et al. Digital twin-driven product design, manufacturing and service with big data. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2018, 94, pp. 3563–3576. ISSN: 1433-3015 (online). DOI 10.1007/s00170-017-0233-1.
99. TAO, F., SUI, F., LIU, A. et al. Digital twin-driven product design framework. *International Journal of Production Research*, 2018, 19 p. ISSN: 1366-588X (online). <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1443229>
100. TAO, C., CHUNHUI, L., HUI, X. et al. A review of digital twin intelligent assembly technology and application for complex mechanical products. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2023, 127, pp. 4013–4033. ISSN: 1433-3015 (online). <https://doi.org/10.1007/s00170-023-11823-1>.
101. MAGALHÃES, L.C., MAGALHÃES, L.C., RAMOS, J.B. et al. Conceiving a digital twin for a flexible manufacturing system. *Applied Sciences*, 2022, 12, 9864, p. 18. ISSN: 2076-3417. <https://doi.org/10.3390/app12199864>.
102. ZHANG, L., CHEN, X., ZHOU, W. et al. Digital twins for additive manufacturing: a state of the art review. *Applied Sciences*, 2020, 10, 8350, p. 10. ISSN: 2076-3417. DOI:10.3390/app10238350
103. ZHUANG, K., SHI, Z., SUN, Y. et al. Digital twin-driven toolwear monitoring and predicting method for the turning process. *Symmetry*, 2021, Vol 13, p. 23. eISSN: 2073-8994. <https://doi.org/10.3390/sym13081438>.
104. HÄNEL, A., SEIDEL, A., FRIE, U. et al. Digital twins for high-tech machining applications—a model-based analytics-ready approach. *Journal of Manufacturing Materials Processing*, 2021, 5, 80. ISSN: 2504-4494. <https://doi.org/10.3390/jmmp5030080>

105. TONG, X., LIU, O., PI, S., XIAO, Y. Real-time machining data application and service based on IMT digital twin. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 2020, Vol. 31, pp. 1113–1132. ISSN: 1572-8145. <https://doi.org/10.1007/s10845-019-01500-0>
106. LUO, W., HU, T., ZHANG, C., WEI, Y. Digital twin for CNC machine tool: modeling and using strategy. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 2019, Vol. 10, pp. 1129–1140. ISSN 1868-5145 (online). DOI:10.1007/s12652-018-0946-5
107. CAIA, Y., STARLYA, B., COHENA, P., LEEA Y-S. Sensor data and information fusion to construct digital-twins virtual machine tools for cyber-physical manufacturing. *Procedia Manufacturing*, 2017, Vol. 10, pp. 1031–1042. ISSN: 2351-9789. DOI:10.1016/j.promfg.2017.07.094
108. LI, Y., HUANG, O., HEDLIND, M. et all. Representation and exchange of digital catalogues of cutting tools. In: *Proceedings of the ASME 2014 International Manufacturing Science and Engineering Conference MSEC2014*, June 9-13, 2014, Detroit, Michigan, USA, 2014, pp. 1-10. ISBN: 978-0791845813. DOI:10.1115/MSEC2014-4131
109. KHALAJ, O., JAMSHIDI, M., HASSAS, P. et all. Metaverse and AI digital twinning of 42SiCr steel alloys. *Mathematics*, 2023, 11, 4. ISSN: 2227-7390. <https://doi.org/10.3390/math11010004>
110. HANSEN, E., VAITKUNAITE, G., SCHNEIDER, J. et all. Establishment and calibration of a digital twin to replicate the friction behaviour of a pin-on-disk tribometer. *Lubricants*, 2023, 11, 75. ISSN: 2075-4442. <https://doi.org/10.3390/lubricants11020075>
111. KAZAŁA, R., LUSCINSKI, S., STRACZYNSKI, P., TANEVA, A. An enabling open-source technology for development and prototyping of production systems by applying digital twinning. *Processes*, 2022, 10, 21 p. ISSN: 2227-9717. <https://doi.org/10.3390/pr10010021>
112. SHAFTO, M., CONROY, M., DOYLE, R. et all. *Draft modeling, simulation, information, technology and processing roadmap*. National Aeronautics and Space Administration. Washington, DC, USA, 2010. [citat 15.11.2023]. Disponibil: [https://www.nasa.gov/pdf/501321main\\_TA11-MSITP-DRAFT-Nov2010-A1.pdf](https://www.nasa.gov/pdf/501321main_TA11-MSITP-DRAFT-Nov2010-A1.pdf).
113. FULLER, A., FAN, Z., DAY, C., BARLOW, C. Digital twin: enabling technologies, challenges and open research. *IEEE Access*, 2020, Vol. 8, pp. 108952–108971. ISSN 2169-3536 (online). DOI:10.1109/ACCESS.2020.2998358
114. VANDERHORN, E., MAHADEVAN, S. Digital twin: generalization, characterization and implementation. *Decision Support Systems*, 2021, Vol. 145, 113524. ISSN: 1873-5797. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2021.113524>



115. SEGOVIA, M., GARCIA-ALFARO, J. Design, modeling and implementation of digital twins. *Sensors*, 2022, Vol. 22, 5396, p. 30. ISSN: 1424-8220. <https://doi.org/10.3390/s22145396>
116. WAGG, D. J., WORDEN, K., BARTHORPE, R. J., GARDNER, P. Digital twins: state of the art and future directions for modelling and simulation in engineering dynamics applications. *ASCE - ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems, Part B. Mechanical Engineering*, 2020, Vol. 6 (3), 030901. ISSN: 2332-9025 (online). <https://doi.org/10.1115/1.4046739>
117. IAȚCHEVICI, V. Evaluation and measurement of technological functions. *Journal of Engineering Science*, Chișinău: Tehnica UTM, 2023, Vol. 30 (1), pp. 22-36. ISSN: 2587-3474. [https://doi.org/10.52326/jes.utm.2023.30\(1\).02](https://doi.org/10.52326/jes.utm.2023.30(1).02)
118. TOCA, A., NIȚULENCO, T., CIUPERCĂ, R. *Analiza sistemică și funcțională*. Chișinău: Tehnica-UTM, 2022, 281 p. ISBN: 978-9975-45-767-5.
119. PIVOVAROV, D.V. Relationship, link, property, thing. *Tempus et memoria*, 2013, Vol. 8, No 1, pp. 63 – 72. [citată 05.05.2022]. ISSN: 2782-2087. Disponibil: <https://journals.urfu.ru/index.php/Izvestia3/article/view/95>.
120. *Property (philosophy)* [online] [citată 05.07.2022]. Disponibil: [https://en.wikipedia.org/wiki/Property\\_\(philosophy\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Property_(philosophy)).
121. SKANDER, A., ROUCOULES, L., KLEIN MEYER J.-S. Design and manufacturing interface modelling for manufacturing processes selection and knowledge synthesis in design. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2008, Vol. 37, No 5-6, pp. 443-454. ISSN: 1433-3015 (online). DOI:10.1007/s00170-007-1003-2.
122. PARSLOV, J.F., MORTENSEN, N.H. Interface definitions in literature: A reality check. *Concurrent Engineering: Research and Applications*, 2015, Vol. 23, No 3, pp. 183–198. ISSN: 1531-2003. DOI:10.1177/1063293X15580136.
123. *ISO 10791-7:2020. Test conditions for machining centres - Part 7: Accuracy of finished test pieces* [online] [citată 30.12.2020]. Disponibil: <http://docs.cntd.ru/document/1200146048>.
124. MAHESH, M., WONG, Y., FUH, J.Y.H., LOH, H.T. Benchmarking for comparative evaluation of RP systems and processes. *Rapid Prototyping Journal*, 2004, Vol. 10, No 2, pp. 123-135. ISSN: 1355-2546. DOI:10.1108/13552540410526999.
125. UDROIU, R., BRAGA, I.C., NEDELICU, A. Evaluating the quality surface performance of additive manufacturing systems: methodology and a material jetting case study. *Materials*, 2019, Vol. 12, 995, p. 24. ISSN: 1996-1944. <https://doi.org/10.3390/ma12060995>

126. Tavera Romero, C.A., Castro, D.F., Ortiz, J.H. et al. Synergy between Circular Economy and Industry 4.0: A Literature Review. *Sustainability*, 2021, Vol. 13, 4331, p. 18. ISSN: 2071-1050. <https://doi.org/10.3390/su13084331>.
127. **IATCHEVICI, V.**, TOCA, A., NITULENCO, T., STRONCEA, A. The technological transfer under the conditions of digitalization of products and processes. *Journal of Engineering Science*, Chişinău: Tehnica UTM, 2023, Vol. 30, nr. 4, pp. 31-44. ISSN: 2587-3474. [https://doi.org/10.52326/jes.utm.2023.30\(4\).03](https://doi.org/10.52326/jes.utm.2023.30(4).03).
128. TOCA, A., **IATCHEVICI, V.**, NITULENCO, T., RUSU, N. Some aspects of technology transfer. In: *Proceedings of Innovative Manufacturing Engineering & Energy IManE&E2018, MATEC Web of Conferences*, 2018, 178, p. 6. ISBN: 978-1-5108-6801-4. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201817808006>.
129. **IATCHEVICI, V.** Management of life cycle of innovative technologies. In: *Proceedings of the Scientific horizon in the context of social crises conference, Scientific Collection "Interconf"*, 2021, Nr 41, pp. 121-124. ISBN 978-4-272-00922-0. [citat 08.05.2021]. Disponibil: <https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/interconf/article/view/8552>.
130. **IATCHEVICI, V.** Selection and evaluation of technologies for the transfer to the industry. In: *Proceedings of 15th International Technology Transfer Conference*, October 10-14, 2022, Ljubljana, Slovenia, pp. 217–220. ISSN: 2630-371X. Disponibil: [http://library.ijs.si/Stacks/Proceedings/InformationSociety/2022/IS2022\\_Complete.pdf](http://library.ijs.si/Stacks/Proceedings/InformationSociety/2022/IS2022_Complete.pdf).
131. **IATCHEVICI, V.** Selectarea și evaluarea tehnologiilor pentru transfer. *Journal of Social Science*, Chişinău: Tehnica UTM, 2023, Vol VI, No. 4, pp. 18-31. ISSN: 2720-9938. [https://doi.org/10.52326/jss.utm.2023.6\(4\).02](https://doi.org/10.52326/jss.utm.2023.6(4).02)
132. **IATCHEVICI, V.** Procesul de căutare, evaluare și selectare a tehnologiilor pentru transfer tehnologic. Chişinău: *Intellectus*, 2017, No 3, pp. 63-65 [citat 14.05.2020]. ISSN: 1810-7079. Disponibil: <https://www.agepi.gov.md/ro/intellectus/intellectus-3-2017/procesul-de-c%C4%83utare-evaluare-%C8%99i-selectare-tehnologiilor-pentru>.

## ANEXE

### Anexa 1. Act de implementare a rezultatelor științifice

AGENȚIA PROPRIETĂȚII PUBLICE  
A REPUBLICII MOLDOVA

ÎNȚEPRINDEREA DE STAT  
INSTITUTUL DE TEHNICA  
AGRICOLA  
"Mecagro"

2068 or. Chișinău, str. M. Costin, 7; t/f 49-21-31  
c/f 1003600102162, 22516040231  
BC "MOLDOVA-AGROINDBANC" S.A.,  
filiala M. Costin, AGRNMD2X710  
e-mail: institut@mecagro.md



АГЕНСТВО ПУБЛИЧНОЙ СОБСТВЕННОСТИ  
РЕСПУБЛИКИ МОЛДОВА

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ  
ИНСТИТУТ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ  
ТЕХНИКИ  
"МЕСАГРО"

2068 г. Кишинэу, ул. М. Костин, 7; т/ф 49-21-31  
ф/к 1003600102162 22516040231  
BC "MOLDOVA-AGROINDBANC" S.A.,  
филиал М. Костин, AGRNMD2X710  
e-mail: e-mail: institut@mecagro.md

05 octombrie 2021

#### ACT

#### de implementare a rezultatelor științifice ale tezei de doctor

Prin prezentul act se confirmă ca rezultatele tezei de doctor „**Selectarea și evaluarea tehnologiilor pentru transfer în construcția de mașini**”, elaborate de către domnul Vadim Iatchevici, au fost implementate în cadrul Întreprinderii de Stat Institutul de Tehnică Agricolă „Mecagro”.

Metoda propusă în teza de doctor a permis efectuarea unei selecții și evidențierea celor mai relevante procese tehnologice, care se elaborează la întreprindere, în baza mai multor criterii de prioritate (cost, efect economic, efect social, piața de desfacere, influența asupra mediului ambiant, consumul de energie, nivelul de inovare, transferabilitate).

Rezultatele obținute permit a fi implementate în mod constant în special pentru tehnologiile de produs elaborate de întreprindere.



Administrator

Administrator adj. probleme știință, d.ș.t.

Andrian ROSCA

Igor PASAT

## Anexa 2. Colectarea informațiilor despre mașinile de stropit autopropulsate

În urma studiului opiniilor agricultorilor din Republica Moldova efectuat de personalul întreprinderii, precum și al altor state cu situație și condiții similare, s-a constatat că principalul impediment la implementarea acestui tip de mașini în țara noastră este costul mare de achiziție datorat complexității constructive a lor, ceea ce le face rentabile doar în cazul unor foarte mari volume de lucrări ce revin la o mașină sau subvenționării masive a agriculturii. În aceste împrejurări, respectarea cerințelor agrotehnice este posibilă doar în condițiile masivelor foarte mari și cu relief favorabil, care ar permite viteze mari de lucru, asigurând astfel productivitatea corespunzătoare. În țara noastră, astfel de condiții practic nu avem.

În cadrul studiului de fezabilitate, au fost examinate mai multe modele, produse de către întreprinderi din diverse țări ale lumii, cum sunt: John Deere, Apache (SUA), Versatile, Amazone (Germania), Stara, Jacto (Brazilia), Bars (Rusia), Bliuming (Belorusia), Boguslavscia Selihoztehnica (Ucraina), Berthoud (Franța) și altele. Indicii comparativi la cele mai reprezentative modele sunt indicați în tabelul A2.1.

**Tabelul A2.1. Analiza analogilor**

<b>Parametri tehnici</b>	<b>John Deere R4030</b>	<b>Amazone 4503-H</b>	<b>Jacto Uniport 2500</b>	<b>Stara Imperator 3,0</b>	<b>Bars OS-3000M</b>	<b>BL-3000M</b>
Capacitatea rezervorului, l	3000	4500	2500	2400	3000	3000
Garda la sol, m	1,52	1,7	1,4	1,5	1,8	1,7
Tipul transmisiei	hidrostatică	hidrostatică	mecanică	hidrostatică	hidrostatică	mecanică
Masa proprie, t	10,2	10,5	8,1	7,5	9,05	6,5
Prețul unei unități, lei	nouă – 5800000 vechime 4 ani – 3200000 vechime 7ani - 2200000	nouă – 6500000 vechime 7 ani – 2000000	nouă – 2500000 vechime 3 ani – 1350000 vechime 14ani - 430000	nouă – 4250000	nouă – 2125000	nouă – 1600000

În urma studiului s-au constatat următoarele :

- a) Prețul de achiziție al unei mașini cu rezervor de 3m<sup>3</sup>, performante, de calitate bună, produsă în țările bogate, constituie în mediu 5.700.000 lei (egal cu prețul a 17 tractoare MTZ-82)

ceea ce este prea mult pentru o mașină utilizată doar periodic. Varianta achiziției mașinilor de mână a doua nu oferă avantaje considerabile, dat fiind riscul unor mari cheltuieli de reparație, din cauza prețului foarte mare și lipsei stocurilor locale la piesele de schimb specifice.

b) Ceva mai mici sunt prețurile la mașinile produse în țările numite „în curs de dezvoltare” și cu mult mai mici - la cele produse în țările ex-sovietice. În primul caz aceasta s-ar explica în mare parte prin simplificarea constructivă a mașinii, renunțând la o parte din oportunități și performanțe, păstrându-le pe cele vitale. Evident, prețul mai mic se datorează și nivelului mai scăzut de salarizare din aceste țări. La cel de al doilea caz (producători ex-sovietici) s-ar mai putea adăuga gradul înalt de erudiție și inventivitate caracteristic specialiștilor din aceste țări.

c) Analizând performanța masei specifice a mașinilor, s-au constatat valori mai joase pentru cele produse de firme renumite, și valori mai înalte pentru cele produse de restul firmelor. De exemplu, la stropitoarea R4030 masa proprie constituie 3,4 tone la 1000 litri din capacitatea rezervorului, iar la analogul Bars-3000M (de asemenea cu transmisie hidrostatică), acest indice constituie 3,02 t/1000 litri. Aceasta, precum și discrepanța prea mare între prețuri, generează dubii referitor la fiabilitatea și durabilitatea structurii portante.

d) Un caz remarcant este mașina BL-3000M, concepută pe șasiu articulat, la care masa specifică constituie 2,17t/1000 litri față de valoarea de 3,24t/1000 litri la modelul Jacto 2500 care de asemenea este dotat cu transmisie mecanică. Cercetările și analizele efectuate au demonstrat că, o așa performanță nu poate obținută doar în baza concepției originale (cu șasiu articulat). În urma studiului filmulețelor video, în regimurile tranzitorii de deplasare, s-a observat rigiditatea insuficientă a structurii portante a șasiului, ceea ce pune sub semne de întrebare durabilitatea ei. În mare parte, costul relativ mic al acestei mașinii se datorează integrării în ea a unui tractor MTZ-892 (fără roți și puntea din față), produs în serii mari, ceea ce constituie un avantaj atât la achiziție, cât și mentenanță.

e) Deși la stropitorile autopropulsate, transmisiile hidrostactice oferă o serie de avantaje importante cum sunt: facilitățile legate de tracțiunea și dirijarea integrală a roților, posibilitatea modificării operative a ecartamentului și gărzii la sol, totuși dezavantajele ca: randamentul scăzut (70% față de 90% la transmisii mecanice), complexitatea și costul ridicat, au generat tendințe de utilizare a sistemelor mecanice chiar și în țările bogate. De exemplu firma Apache (SUA) este lider mondial la producerea stropitoarelor cu transmisii mecanice, ceea ce le-a permis diminuarea costurilor cu 25%, scăderea consumului de combustibil, iar renunțarea la unele dintre oportunități a oferit și reducerea semnificativă a masei proprii.

f) Deoarece chiar și cea mai ieftină mașină (BL-1500) înglobează în sine prețul a 5 tractoare MTZ-82, soluția optimă pentru agricultorii din Republica Moldova și alte țări cu situație similară, ar fi crearea unei mașini autopropulsate, bazate pe integrarea unui tractor de uz general

(produs în serii mari) care ar putea fi relativ ușor de recuperat pentru perioada toamnă-primăvară, când mașina cu gardă mare la sol nu este necesară, în schimb lucrările de arat, semănat, recoltă și transportare a roadei necesită un număr mai mare de tractoare.

**Stabilirea parametrilor non-tehnici, funcțiilor tehnologice, parametrilor tehnici și elementelor constructive pentru tehnologia selectată.** Conform metodei de selectare și evaluare a tehnologiilor pentru transfer în construcția de mașini propusă de autorul tezei, următorul pas după colectarea informațiilor despre tehnologie și analiza analogilor este stabilirea parametrilor non-tehnici, funcțiilor tehnologice, parametrilor tehnici și elementelor constructive a viitorului produs/tehnologie.

Astfel, purtătorul de sarcini tehnologice se selectează de a fi mașina de stropit autopropulsată elaborată de întreprinderea „Mecagro”, pentru care se stabilesc următorii parametri non-tehnici:

- a) cost redus de achiziție (dat fiind că tractorul oferă atât sursa de putere, cât și restul sistemelor cum sunt transmisia primară, cabina, organele de dirijare și alte sisteme înglobate în el);
- b) grad înalt de utilizare a mașinii;
- c) posibilitatea utilizării tractoarelor deja existente în gospodărie, ceea ce ar reduce achiziția doar la șasiu și echipamentul de lucru, reducând suplimentar costul investiției.

#### **Funcții tehnologice:**

- d) ținând cont de condițiile de relief specifice Republicii Moldova, această mașină trebuie totuși să ofere o serie de funcții tehnologice, omise de către majoritatea producătorilor ce tind să diminueze costul. Acestea sunt:

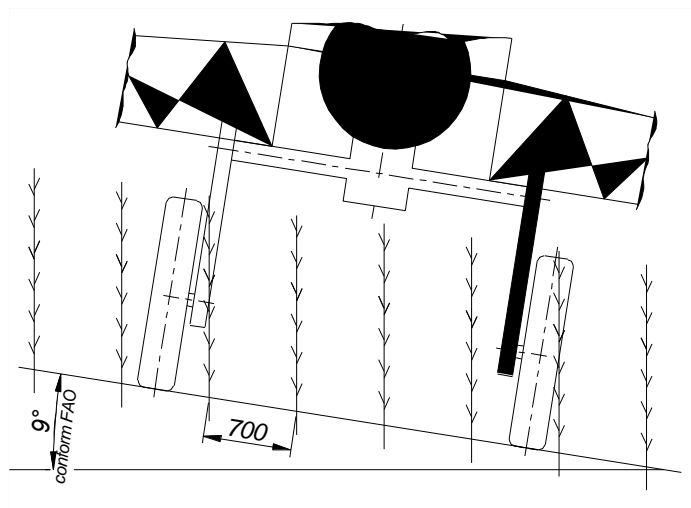
Stabilitate transversală suficientă pe pante de  $9^\circ$  în lucru și  $12^\circ$  în stare de transport;

Construcția trebuie să permită trecerea locurilor cu deplanații de teren până la 0,6...0,7 m (fig. A2.1);

Este importantă dotarea cu posibilitatea menținerii poziției verticale a roților în cazul lucrului pe pante transversale (fig. A2.2).



**Fig. A2.1. Adaptarea mașinii pe terenuri cu deplanație mare**



**Fig. A2.2. Riscul atingerii plantelor pe pante transversale**

Reieșind din parametrii non-tehnici și funcțiile tehnologice stabilite, a fost întocmită sarcina tehnică, care prevede următoarele trăsături caracteristice noii mașini de stropit autopropulsate:

Lățimea fâșiei prelucrate - 24 metri

Distanța între rândurile de plante – 70 cm

Capacitatea rezervorului de bază – nu mai puțin de 2000 litri

Garda la sol – nu mai puțin de 1,7 metri

Productivitatea – 18-24 ha/oră

Viteză de deplasare: - pe șosea - până la 30 km/oră

- în lucru pe câmp – până la 15 km/oră

Dimensiuni de gabarit: lungime – până la 10 m ; lățime – până la 3,3m ; înălțime – până la 4,2m

Transmisie mecanică la roți

Formula roților 4x2

Sistem de direcție – la roțile din față

Posibilitatea reconfigurării mașinii prin instalarea-recuperarea tractorului – timp de 8 ore în fiecare sens.

#### **Avantaje:**

Ținând cont de faptul că, posibilitatea completării mașinii cu un tractor deja existent, ar facilita considerabil promovarea pe piață a mașinii, cea mai optimă variantă pentru spațiul CSI este utilizarea modelului din seria MTZ-80/82 care este cel mai răspândit. Masa și gabaritele sale sunt optime pentru amplasare pe șasiul autopropulsat, iar posibilitățile și sistemele sale dezvoltate de furnizare a puterii, facilitează semnificativ asigurarea funcționalității mașinii în ansamblu.

#### **Dezavantaje:**

Deși puterea relativ mică a motorului său, ridică o serie de limitări în lucrul mașinii la

viteze mai mari de 10...15 km/oră pe teren afânat, acest dezavantaj este ne semnificativ, deoarece și în cazul mașinilor tractate utilizate tradițional, ea oricum nu depășește 10 km/oră (suficient pentru condițiile din Republica Moldova), iar principalul scop urmărit - garda la sol, nu este afectat.

#### **Elemente constructive inovative:**

În baza studiilor efectuate, ținând cont de cerințele înaintate, oportunitățile tehnologice precum și cele ce țin de subansambluri procurabile, a fost elaborată concepția generală a mașinii, care prevede următoarele trăsături caracteristice sistemelor modulare de configurare (fig.A2.3): modulul de propulsie (șasiul); modulul energetic și de comandă; precum și modulul de lucru. Modulul de propulsie este conceput din cadrul portant la care sunt atașate articulat picioarele cu roțile de propulsie. Cadrul portant este constituit din patru longeroane principale, unite între ele cu grinzi transversale. Longeroane marginale sunt detașabile, ceea ce asigură încadrarea mașinii parțial demontate în interiorul mijloacelor de transport sau containerelor (calitate foarte importantă pentru cazul livrării mașinii la distanțe mari).

Modulul energetic și de comandă se va realiza prin utilizarea tractorului MTZ-820 (produs în serii mari, respectiv având cost redus) la care temporar se vor demonta roțile din spate și puntea din față.

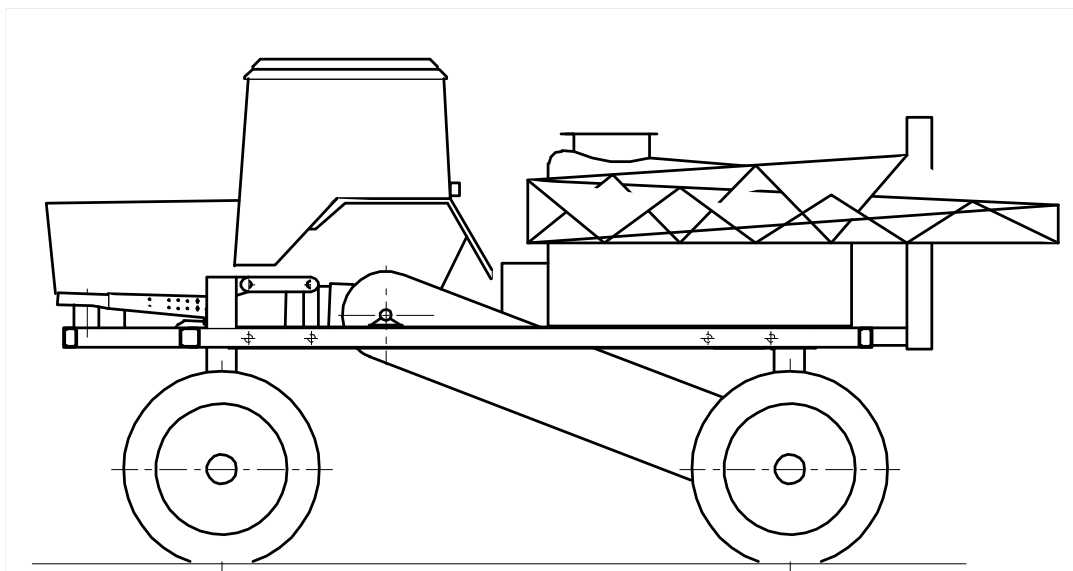
Modulul de lucru este similar unei stropitori tractate, principalele trăsături caracteristice fiind sistemul de ridicare-coborâre a rampei, ce permite coborârea ei cu mult mai jos de nivelul amplasării rezervorului.

Transmiterea momentului de la semiaxele modulului energetic, spre roțile motoare, este prevăzută prin lanțuri. Distanța inter-axială între steluțele transmisiei, respectiv întinderea corespunzătoare a lanțurilor, este asigurată cu ajutorul unei tije reglabile flotante. Alegerea acestui tip de transmisie a fost dictată de: calitățile compensatorii ale lanțurilor; lățime redusă în zona roților; facilități la montarea - recuperarea modulului energetic.

Acționarea modulului de lucru este prin arbore cardanic conectat la arborele prizei de putere a modulului energetic. Sistemul de direcție este conceput prin pârghii și tije, acționate de către sistemul de direcție existent al modulului energetic și de comandă, precum și de către un servomecanism auxiliar ce va compensa diferența de efort la virarea roților (care sunt mult mai solicitate în comparație cu cazul unui tractor tradițional).

Pentru siguranța deplasării modulul de propulsie este prevăzut cu propriul său sistem de frânare, ce va fi conectat la circuitul pneumatic al modulului energetic. Frânele sunt concepute din subansambluri produse în serii mari de către industria de automobile. Sistemul flotant de suspensie asigură trecerea deplanațiilor de teren până la 0,7m.





**Fig. A2.3. Vederea generală a stropitorii dezvoltate**

În baza concepției elaborate, au fost efectuate calcule și documentația de schiță a sistemului de propulsie (cod 2945.14.00.000) și sistemului de direcție (cod 2945.06.00.000).

### **Anexa 3. Colectarea informațiilor despre mașinile de stropit cu ventilare-pulverizare locală**

Practica utilizării mașinilor de stropit livezi sau alte plantații multianuale ridică o serie de probleme legate de transportul corespunzător al picăturilor la înălțimi mari. Tradițional, acesta este asigurat de către un ventilator de mare putere, ceea ce este problematic în cazul tractoarelor de clasa 1...1,4 tone.

De regulă, acestea sunt: ventilatoarele axiale și ventilatoarele centrifugale. Conform cercetărilor efectuate la ITA „Mecagro”, primele se caracterizează prin productivitate mare, dar presiune dinamică relativ scăzută; ultimele din contra, la o presiune dinamică mare oferă o productivitate relativ scăzută. Ambele variante necesită o putere mare pentru cazul când este necesar transportul picăturilor la înălțimi mari.

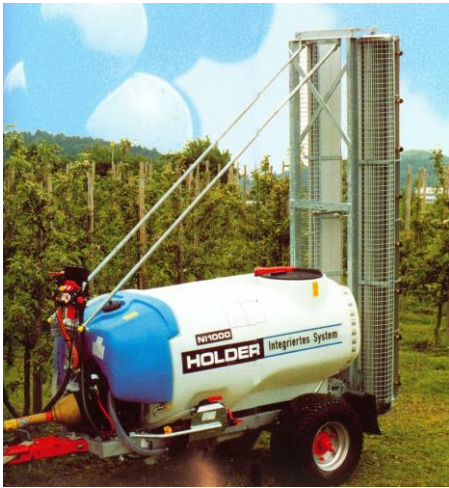
O altă problemă legată de transportul picăturilor, o constituie necesitatea diferențierii corespunzătoare a diametrelor lor în funcție de înălțimea de transport. De exemplu, pentru transport spre vârful pomului (înălțime mare), sunt necesare picături mai masive, iar pentru transport spre poalele pomului, sunt necesare mai mărunte. În cazul unei singure duze aceasta este dificil de realizat.

Cea de a treia problemă, este impactul ecologic, datorat generării unui nor mare, din care, o mare parte din aerosol se dispersează în atmosferă.

Una dintre căile de soluționare a acestor probleme, este aducerea duzei mai aproape de destinație. Crearea unei mașini cu două sau mai multe duze, amplasate în apropierea zonei tratate, oferă avantaje ca: reducerea puterii necesare a ventilatorului (deoarece scade presiunea și debitul necesar al ventilatorului); facilități la diferențierea compoziției aerosolului prin instalarea diverselor duze și chiar schimbarea lor operativă în funcție de necesități.

Astfel de mașini se produc deja de către mai multe firme din lume, cum sunt: „Holder” (Germania), „Darin”, „Ciclone” (Italia), „Degania” (Israel) s.a.. Unele dintre cele mai reprezentative modele sunt reprezentate în figura A3.1.

Pe parcursul studiului de prefezabilitate, reieșind din analiza performanțelor declarate a mașinilor cu ventilare-pulverizare locală, s-au confirmat următoarele avantaje ale lor: puterea necesară acționării este cu aproximativ 30% mai mică, iar consumul lichidului de lucru s-ar reduce până la 50% ceea ce este benefic și din punct de vedere ecologic. Printre dezavantajele acestor soluții s-ar putea presupune: restricții la viteza de lucru, probleme de pătrundere efectivă a aerosolului în interiorul coroanelor mari ale pomilor, complexitatea structurii portante și costul ridicat al utilajului.



a) Stropitoare cu ventilator centrifugal „Holder”



b) Mașina de stropit cu mai multe ventilatoare centrifugale „Holder”



c) Stropitoare cu divizarea fluxului „Darin”



d) Dispozitiv de ventilare GEO „Ciclone”

**Fig. A3.1. Unele modele de mașini cu ventilare-pulverizare locală**

Pentru proiectarea optimă a unei mașini de stropit cu ventilare-pulverizare locală, ce ar urma să fie produsă în Republica Moldova, au fost elaborate sarcina tehnică pentru macheta experimentală de imitare a proceselor tehnologice și documentația de schiță (cod 2946.00.00.000), care constă din următoarele componente principale: ventilatorul, sistemul de distribuție a aerului, duzele de refulare, sistemul de pulverizare și sistemul de suspensie a lor la înălțime dorită. Sarcina tehnică nr.inv.6036 și documentația de schiță au fost predate la arhivă.

Cercetările experimentale cu ventilatoare axiale și ventilatoare centrifugale produse în serie (tabelele A3.1 și A3.2), au demonstrat că ultimele oferă o viteză de refulare mai mare în raport cu puterea consumată, deși productivitatea este mai mică. Actul de confecționare nr.inv.6038 și procesul verbal de încercări nr.6039 au fost predate la arhivă.

Pentru cazul ventilării-pulverizării locale, acest factor este important din punct de vedere

al penetrării eficiente a coroanei pomului. Acest avantaj explică faptul utilizării acestui tip de ventilator de către majoritatea absolută a firmelor producătoare.

**Tabelul A3.1. Parametrii aerodinamici la ieșire din ventilatorul axial**

Denumirea indicilor	Unghiul de fixare al paletelor, grade				
	1 transmisie			2 transmisie	
	10°	20°	30°	10°	20°
1. Presiunea dinamică, <i>Pa</i>	350	761	986	510	992
2. Viteza fluxului de aer, <i>m/s</i>	23,7	32,9	39,8	28,6	40,0
3. Productivitatea, <i>m<sup>3</sup>/s</i>	7,84	10,9	13,2	9,5	13,2
<i>mii m<sup>3</sup>/h</i>	28,2	39,2	47,5	34,2	47,5
4. Puterea, <i>kW</i>	6,1	10,0	16,6	9,5	18,8

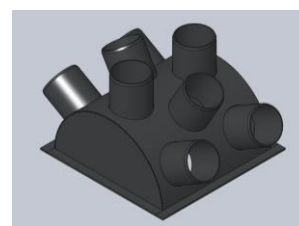
**Tabelul A3.2. Parametrii aerodinamici la ieșire din ventilatorul centrifugal**

Denumirea parametrilor	Unitatea de măsură	Rezultatul		
Presiunea dinamică a fluxului de aer la ieșire	<i>Pa</i>	1247	1235	1245
Viteza fluxului de aer la ieșire	<i>m/s</i>	45,6	45,4	45,6
Numărul de rotații a rotorului	<i>min<sup>-1</sup></i>	2700	2700	2700
Productivitatea	<i>m<sup>3</sup>/s</i>	4,38	4,36	4,38
Puterea consumată	<i>kW</i>	16,1	15,8	16,0

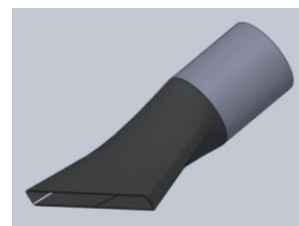
În baza rezultatelor expuse mai sus, în scopul evitării cheltuielilor nejustificate, s-a decis utilizarea provizorie a ventilatorului centrifugal, din componența stropitorii experimentale SVE-1500. Pentru a asigura distribuția aerului, a fost elaborat și confecționat sistemul de refulare (fig. A3.2), colectorul căruia (fig. A3.3) asigură conectarea a până la 8 conducte flexibile către duze (fig. A3.4).



**Fig. A3.2. Sistemul de pulverizare**



**Fig. A3.3. Colectorul ventilatorului**



**Fig. A3.4. Duza de refulare**

#### **Anexa 4. Colectarea informațiilor despre sistemele modulare multifuncționale pentru mașinile de stropit**

Mecanizarea agriculturii, precum și altor activități rurale este caracterizată prin utilizarea unei varietăți foarte ample a tipurilor mașinilor mobile, cele multe dintre care, sunt utilizate doar epizodic pe perioade scurte de timp. Acest factor, reduce considerabil eficacitatea investițiilor, perioada de răscumpărare devenind inacceptabilă pentru majoritatea producătorilor agricoli.

Astfel, la tratarea culturilor de câmp, pe parcursul unui sezon, se fac maximum 7...8 intervenții cu durată medie de 2-3 zile la o mașină. Restul timpului mașina staționează. Probleme similare sunt și cu multe alte utilaje agricole mobile, unele dintre ele având o utilizare și mai rară.

Situația producătorilor agricoli din Republica Moldova sau altor țări cu nivel economic similar, caracterizată prin gospodării mici sau mijlocii, terenuri mici și mai ales subvenționare modestă a agriculturii, amplifică și mai mult problemele expuse mai sus.

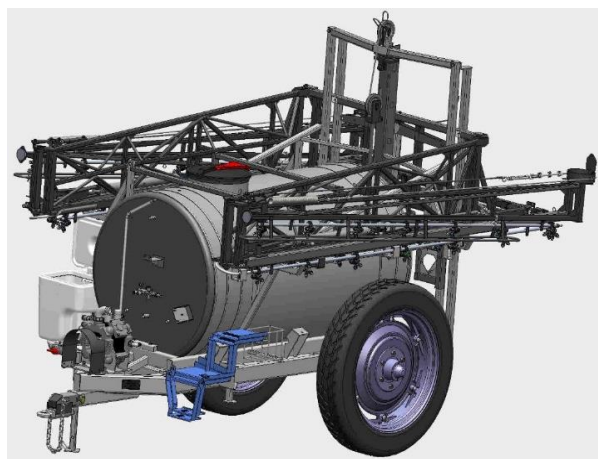
Prima cale în vederea rezolvării eficiente a acestor probleme este multifuncționalitatea mașinii, asigurată prin atașarea la ea a diverselor accesorii opționale. Drept cel mai elocvent exemplu pot servi combinele care prin schimbarea echipamentelor pot recolta diverse tipuri de cereale, ridicând astfel eficacitatea investițiilor.

La ITA „Mecagro” de asemenea s-au efectuat studii și au fost implementate soluții de acest gen, de exemplu conversia stropitorilor de tip SLV (pentru livezi și vii), prin echipare cu rampe pentru tratarea culturilor de câmp. Neajunsurile principale ale acestor soluții sunt: a) garda prea mică la sol a stropitorilor tip SLV; b) reutilizarea necesită mult timp din cauza demontării ansamblului de ventilare-pulverizare și instalării rampei, operații ce necesită intervenții profunde la sistemele de lucru, paralizând astfel gradul de pregătire operațională a mașinii; c) lățimea limitată a rampei (până la 12 m, d) parametrii pompei sunt neadecvați pentru rampa de tratare a culturilor de câmp. În anii 2018-2019 a fost elaborată mașina SLV-2000FN la care a devenit posibilă instalarea rampei fără a demonta ventilatorul, ceea ce a redus parțial neajunsurile expuse mai sus. Din câte se vede, prevederea mașinii cu două sau mai multe funcții, chiar și înrudite, este destul de problematică. La mașinile pentru tratarea culturilor de câmp cu lățimi de 18...24m (cele mai problematice din punct de vedere al duratei de utilizare) această soluție în genere nu poate fi realizată, deoarece este imposibilă amplasarea ventilatorului fără a mări semnificativ lungimea mașinii, plus, pompa optimă din dotare nu dezvoltă presiune suficientă.

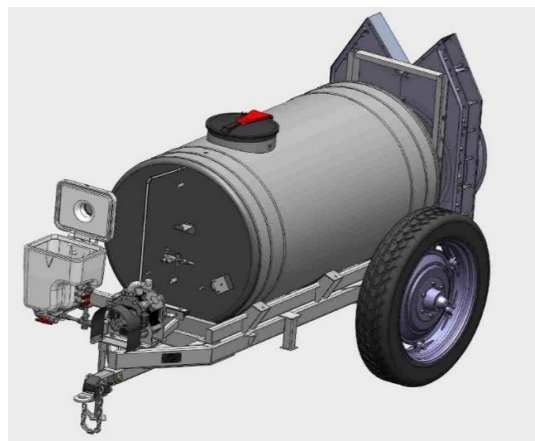
Cea de a doua cale, este sistemul modular ce prevede delimitarea în componența mașinii, a unor subansambluri cu pondere de cost semnificativă, care ar putea fi utilizate rapid și fără modificări, la configurarea unor altor tipuri de mașini.

În urma studiilor asupra mașinilor pentru tratarea culturilor de câmp, s-a determinat că,

prevăzând un cadru separat pentru echipamentul de lucru, șasiul de rulare poate fi executat în configurație universală, ce ar permite instalarea operativă pe acesta și a altor utilaje agricole de utilizare episodică cum ar fi stropitoarea pentru culturi de câmp sau stropitoarea pentru livezi și vii (fig.A4.1). În afară de variantele expuse, mai există o mulțime de utilaje ce pot fi operativ instalate cum sunt tocătorul de paie, de lemne sau lozie, motopompa, bena basculantă de uz general, distribuitorul de îngrășăminte minerale, distribuitorul de îngrășăminte organice, agregatul pentru transportarea apei, utilajul de colectare și transportare a containerelor și altele de utilizare periodică.



a) echipare cu stropitoare pentru culturi de câmp (configurarea de bază)



b) echipare cu stropitoare pentru livezi și vii

**Fig. A4.1. Unele variante de reconversie a șasiului mașinii de stropit modular**

Deși, la prima vedere, variantele echipării cu mijloace de transport par a fi ineficiente în comparație cu remorcile de uz general sau specializate, ele sunt totuși foarte utile în cazurile când gospodăria mică sau medie, fie nu le are pe ultimele, fie ele sunt în număr insuficient în perioadele de recoltare.

În urma calculelor preliminare s-a demonstrat că creșterea inevitabilă a masei totale și a costului stropitorii, respectiv cu 3,5% și cu 5%, duce la diminuarea nesemnificativă a performanțelor tehnice în comparație cu varianta de destinație unică, iar avantajele economice acoperă cu prisosință efectele creșterii prețului.

În urma studiilor de fezabilitate, s-a ajuns la concluzia că, pentru promovarea efectivă a mașinii modulare printre producătorii agricoli, în faza inițială, cea mai oportună este oferta mașinii în varianta de bază plus modulul benă basculantă, restul echipamentelor specializate urmând a fi dezvoltate ulterior.

Schimbarea modulelor se va efectua cu ajutorul mijloacelor de ridicat existente în gospodărie sau în localitate. În urma studiilor s-a ajuns la concluzia că propriile mijloace de tip „multilift” pentru ridicarea-coborârea modulelor de lucru, este inoportună din cauzele creșterii nejustificate a masei, complexității și prețului utilajului în raport cu numărul relativ mic de

reconversii efectuat într-o unitate de timp.

Pe parcursul studiului de fezabilitate s-a observat oferta relativ scăzută la mașini universale sau modulare. Aceasta se poate explica prin faptul că, pentru țările bogate (în care activează majoritatea uzinelor) problema multifuncționalității mașinilor agricole nu este acută, deoarece agricultura este subvenționată masiv, plus, în țările mari este utilizat pe larg sistemul de migrație a serviciilor de mecanizare în funcție de termenii agrotehnici pentru diverse regiuni geografice.

În baza concluziilor din urma studiului de fezabilitate, a fost întocmită sarcina tehnică, predată la arhivă sub nr.inv.6040, care prevede următoarele trăsături caracteristice sistemului modular la mașina de 2m<sup>3</sup> pentru tratarea culturilor de câmp:

Lățimea fâșiei prelucrate - 18 metri

Capacitatea rezervorului de bază – nu mai puțin de 2000 litri

Capacitatea benei basculante - nu mai puțin de 2 tone

Garda la sol – nu mai puțin de 0,5 metri

Productivitatea – 12-18 ha/oră

Viteză de deplasare: - la transportare - până la 15 km/oră

- în lucru – 6-10 km/oră

Dimensiuni de gabarit la configurația de bază: lungime – până la 5,5 m ; lățime – până la 2,5m ; înălțime – până la 2,4m

Timpu operativ de reconfigurare sub altă destinație – nu mai mult de o oră.

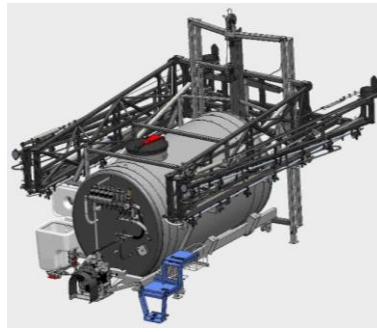
Ținând cont de cerințele specifice din Republica Moldova și alte țări cu situație analogică, oportunitățile tehnologice, precum și cele ce țin de subansamblurile procurabile, a fost elaborată concepția generală a mașinii, care, inițial prevede următoarele trăsături caracteristice sistemelor modulare de configurare: modulul-șasiu; modulul-stropitoare pentru culturi de câmp și modulul-basculat pentru transportarea sarcinilor în vrac. În scopul evitării creșterii costurilor de producție, atât la modulul-șasiu, cât și la modulele de lucru, s-au găsit soluții de integrare pe larg a subansamblurilor de la mașinile produse în serie (roți, butuci, semiaxe, dispozitive de cuplare la tractor, rezervoare, pompă, rampă, cilindri hidraulici ș.a.).

În baza concepției adoptate, au fost efectuate calcule și a fost elaborată și predată la arhivă documentația de schiță a sistemului modular (cod 2951.00.000) pentru mașina de stropit de 2m<sup>3</sup> STMR-18-2000 care include: modulul-șasiu MȘ-2 (cod 2941.01.00.000) reprezentat în figura A4.2; modulul-stropitoare pentru culturi de câmp MS-18-2000 (cod 2947.00.00.000) reprezentat în figura A4.3 și modulul-basculant MB-2000 (cod 2948.00.00.000) reprezentat în figura A4.4.

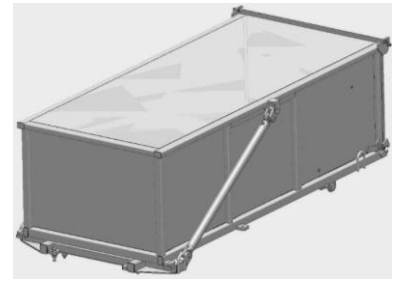




**Fig. A4.2. Modulul-șasiu  
fără echipamentul de lucru**



**Fig. A4.3. Modulul-  
stropitoare**



**Fig. A4.4. Modulul-basculant**

Cuplarea modulelor de lucru la modulul-șasiu se face prin intermediul a două bolțuri la articulațiile din spate și a două (la basculant patru) șuruburi la partea din față. Această concepție oferă montaj-demontaj rapid, iar articulațiile din spate permit atașarea benei direct la șasiu, fără a mai necesare alte elemente de suprastructură. În scopul asigurării montării-demontării operative a modulului-basculant, cilindrii de basculare sunt prinși articulat la o grindă transversală care, în stare de lucru, este prinsă la șasiu, iar la scoaterea modulului este prinsă la benă.



## **Anexa 5. Colectare informațiilor despre utilajele pentru prelucrarea solului între rânduri din livezi**

Conform planului calendaristic de lucru, în primul trimestru al anului 2020 a fost studiată literatura de specialitate, efectuat studiul de fezabilitate și elaborată sarcina tehnică a utilajului pentru lucrarea solului între rândurile din livezi.

Prelucrarea corectă și la timp a solului în livezi favorizează acumularea umidității, asigură pătrunderea aerului la rădăcinile pomilor, crescând astfel productivitatea și îmbunătățind calitatea fructelor. Cultivarea solului între rânduri din livezi cu cultivatoare tradiționale. Solul din livezi este cu mult mai tasat în comparație cu solul de pe câmpuri datorită lucrărilor numeroase care se îndeplinesc începând cu primăvara și finisând cu lucrările de toamnă.

În cadrul studiului de fezabilitate, au fost examinate mai multe modele de cultivatoare pentru lucrarea tradițională a solului în plantațiile multianuale cu sunt: CSL-3.2, КП-2.4, ПИТМ, КВО-3, OSTRATICKÝ, CFX, ВЛЛ-3. Indicii comparativi la cele mai reprezentative modele sunt indicați în tabelul 1.

**Tabelul A5.1. Indicii comparativi a unor modele reprezentative de cultivatoare**

<b>Parametri</b>	<b>CFX-9</b>	<b>CSL-3.2</b>	<b>КП-2.4</b>	<b>ПИТМ</b>	<b>OSTRATICKÝ</b>	<b>ВЛЛ-3</b>
Lățimea de lucru, m	1.8-2.7	3.2	2.4	3.1	1.3	3.0
Adâncimea maximă de lucru, m	0.20	0.25	0.20	0.20	0.35	0.15
Numărul de labe, buc	9	7	3	7	3	7
Masa proprie, t	0.5	0.5	0.55	0.57	0.55	0.5

În urma studiului cultivatoarelor menționate sa constatat următoarele :

- a) Prețul de achiziție al unui cultivator pentru lucrarea solului între rândurile plantațiilor multianuale de calitate bună, produsă în țările dezvoltate este de regulă cu 20-40% mai mare decât în R. Moldova;
- b) La majoritatea modelelor de cultivatoare pentru lucrarea solului în plantațiile anuale adâncimea de lucru este mică ceea ce nu permite afânarea solului la o adâncime mai mare;
- c) Pentru lucrările de cultivare în plantațiile multianuale este necesar de un consum de energie sporit ceea ce duce la un consum de combustibil mai mare.

Datorită faptului că agricultorii apelează în ultima perioadă la tehnologia conservativă de prelucrare a solului este absolut necesar de elaborat utilaje agricole hibride cu combinarea diferitor operații ce ar avea o înaltă economică.

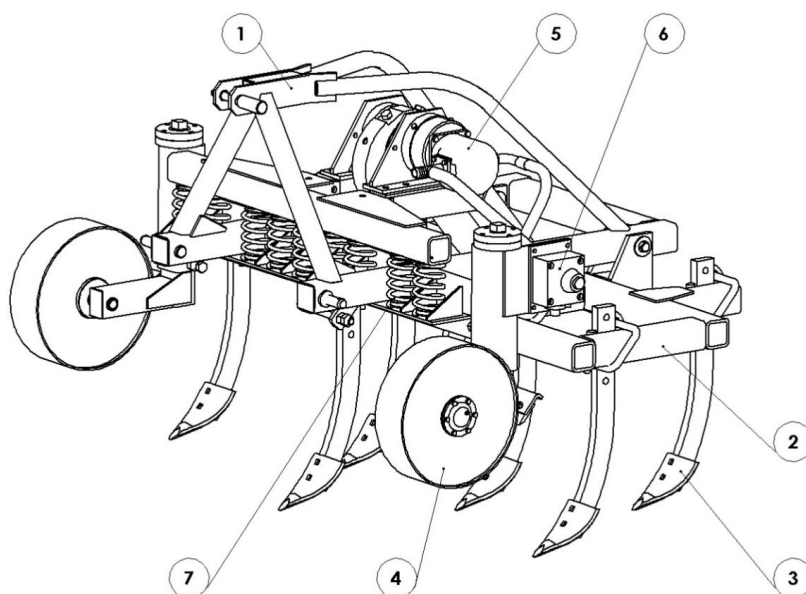
Scopul acestui studiu de fezabilitate este de a selecta o schemă constructivă și caracteristicile tehnice ale unui cultivator cu vibrații pentru livezile intensive.

Unul dintre modurile eficiente de a reduce rezistența la tracțiune a mașinilor de prelucrare a solului este folosirea un vibrator montat pe un cadru portabil. În literatura de specialitate se observă că cea mai eficientă modalitate de a reduce rezistența la tracțiune este de a genera oscilații direcționate ale corpurilor de lucru. În acest caz, sursa de vibrație trebuie montată pe cadrul mașinii cât mai aproape posibil de centrul de greutate, pentru a evita influențe asupra adâncimii de prelucrare a solului. Întrucât până în prezent nu a fost efectuată o analiză detaliată a dependenței rezistenței la tracțiune în funcție de direcția oscilațiilor, este necesar de prevăzut modalități de ajustare a direcției de oscilație. În ceea ce privește amplitudinea vibrațiilor direcționate, acest parametru este determinat de cerințele agrotehnice și nu nu întrece, de obicei, 1..2 cm).

Conform planului calendaristic pentru etapa II și în baza studiului de fezabilitate a fost elaborată documentația de schiță și documentația de construcție a cultivatorului cu vibrații pentru prelucrarea solului între rânduri din livezi. Scopul elaborării acestui tip de cultivator cu vibrații este sporirea eficienței prelucrării solului în livezi prin reducerea rezistenței la tracțiune a utilajului și, ca rezultat, reducerea consumului de combustibil. Cultivatorul cu vibrații este destinat pentru cultivarea de primăvară a solului între rândurile din livezile intensive cu lățimea nu mai mică de 4m.

Cultivatorul cu vibrații (fig. A5.1) include în sine următoarele subsansambluri: cadru cu cele trei noduri de prindere la tractor 1, cadru de fixare a organelor de lucru 2, organe de lucru (labe ale cultivatorului) 3, roți de sprijin cu funcția de reglare a adâncimii de lucru 4, vibrator cu debalansare 5, reglator de turație a vibratorului dotat cu hidromotor 6 și arcuri 7.

Mecanismul de acționare prezintă un arbore de acționare montat pe arborele prizei de putere (APP) a tractorului, reductor conic și o transmisie prin curea la vibrator. Roțile prezintă jante metalice cu butucuri, montate în rulmenți, precum și dispozitive pentru



**Fig. A5.1. Vedere generală a cultivatorului cu vibrații**

reglarea poziției roții pe direcția verticală.

Indici constructivi și de destinație a cultivatorului cu vibrații:

Tipul cultivatorului	semi-tractat
Agregat cu tractor de clasa de tracțiune	1,4
Productivitatea calculată, ha/h	2...2,5
Lățimea de lucru, m	3,2
Adâncimea de lucru a solului, cm	8...25 ( $\pm 2$ )
Viteza de lucru, km/h	4...5
Numărul personalului pentru deservire, om	1

**Anexa 6. Certificat nr. 1807.8/11.07.2022 - medalie de bronz, "Târgul Internațional de Inventică și Educație Creativă pentru Tineret ICE-USV" pentru proiectul „Metodologia de selectare și evaluare a tehnologiilor industriale”**



## **DECLARAȚIA PRIVIND ASUMAREA RĂSPUNDERII**

Subsemnatul, declar pe răspundere personală că materialele prezentate în teza de doctorat sunt rezultatul propriilor cercetări și realizări științifice. Conștientizez că, în caz contrar, urmează să suport consecințele în conformitate cu legislația în vigoare.

Iațhevici Vadim

Semnătura \_\_\_\_\_

Data: 11.04.2024

## CURRICULUM VITAE

**Nume: IAȚCHEVICI**

**Prenume: Vadim**

**Cetățenie: MD**

### **Studii:**

Licență - Universitatea Tehnică a Moldovei, 2008 – 2012, Specialitatea - Inginerie Inovațională și Transfer Tehnologic, domeniul de formare profesională – Inginerie și tehnologii industrial.

Masterat - Universitatea Tehnică a Moldovei, 2012 – 2014, Specialitatea - Ingineria produselor și a proceselor în construcția de mașini, titlul de master în Inginerie și activități inginerești.

Doctorat - Universitatea Tehnică a Moldovei, 2014 – 2017, Teza de doctor în științe inginerești cu titlul „Selectarea și evaluarea tehnologiilor pentru transfer în construcția de mașini”, specialitatea 271.01 Ingineria și managementul producerii (pe ramuri ale producerii industriale).

### **Stagii:**

Improve Academy, Timisoara, Romania, 27-28 martie 2019;

UEFISCDI, București, România, 22-25 mai 2018;

Improve Academy, București, România, 24-25 aprilie 2018;

Improve Academy, București, România, 26-28 septembrie 2017;

Improve Academy, Berlin, Germania, 27-28 iunie 2017;

Universitatea din Coimbra, Portugalia, 4-8 iulie 2016;

Holzcluster, Graz, Austria, 09-13 februarie 2015;

Clusterul industrial, Lvov, Ucraina, 12-18 octombrie 2014;

Universitatea din Belgrad, Belgrad, Serbia, 16-25 septembrie 2014;

Centrul de inovare și afaceri „Mektory”, Tallinn, Estonia, 18-22 august 2014;

MASHAV, Haifa, Israel, 17-19 decembrie 2013;

Institutul de Cercetare ELIRI, Chișinău, octombrie – decembrie 2012;

Centrul de tehnologii ionizante, Budapesta, Ungaria, 5-7 noiembrie 2012.

### **Domenii de interes științific**

Inovare și transfer tehnologic, Tehnologii industriale, metode de selectare și evaluare a tehnologiilor, Industria 4.0.

### **Participări în proiecte științifice naționale și internaționale**

- Proiectul RERAM „Reducerea decalajelor între Cercetare și Inovare în eficiența resurselor și materiile prime”, finanțat în cadrul la al șaptelea program-cadru al UE, 2014 – 2016;
- Proiectul „Ener2i” al celui de-al șaptelea program-cadru al UE, 2013 – 2016;
- Proiectul Tempus „TecTNet” (Rețeaua de transfer tehnologic), 2013 – 2016;
- Proiectul Enterprise Europe Network „Business-INN-Moldova”, finanțat în cadrul Programului COSME 2014-2020;
- Proiectul „Dezvoltare urbană prin planificarea teritorială” susținut de Fondul Vise grad în perioada 2015 – 2017;
- Programul COST acțiunea BESTPRAC TN1302, 2016 – 2017;
- Programul HORIZON 2020, proiectul EaP PLUS, 2019;
- Programul HORIZON 2020, proiectul PROBIM, 2017 – 2020;
- Proiect Transfrontalier (MD-UA-RO) „Formarea unei rețele de instituții de infrastructură inovatoare în regiunea transfrontalieră”, 2013 – 2015;
- Proiectul transfrontalier (MD-UA) „Spațiu Comun pentru Industriile Creative și Culturale”, 2017 – 2018;
- Proiectul Fondului de Bună Guvernare, Marea Britanie „Consolidarea capacității de sprijinire a implementării programului sectorial regional al infrastructurii de sprijin pentru afaceri”, 2018 – 2019;
- Proiectul UNIDO pentru parcuri Eco-Industriale, 2021 – 2022.

### **Participări la manifestări științifice (naționale și internaționale)**

- Conferința internațională științifico-tehnică „Sisteme și rețele de transfer de tehnologie”, 4-5<sup>al</sup> Decembrie 2014, Kiev, Ucraina.
- Conferința privind cooperarea BSEC în știință și tehnologie, 4-5 mai 2015, Istanbul, Turcia.
- Forumul Young Lieders, Budapesta, Ungaria, 8-10 martie 2016.
- Acțiunea COST „BESTPRAC”, grup de lucru „Contracte de achiziții pentru inovare în cadrul Programului HORIZON2020”, 22-23 septembrie 2016, Vilnius, Lituania.
- Conferința „Săptămâna inovării macroregionale”, Trieste, Italia, 26-30 septembrie 2016.
- Acțiunea COST „BESTPRAC” Conferință finală, Bruxelles, Belgia, septembrie 2017.- Conferința Internațională Innovative Manufacturing Engineering & Energy, IMANE 2018, ediția a 22-a, 31 mai – 02 iunie 2018, Chișinău, Republica Moldova.
- JRC a organizat un atelier de lucru privind pregătirea pentru investiții a proiectelor de inovare în Europa de Sud-Est, 04-05 iulie 2018, Zagreb, Croația.
- Întâlnirea Sinergiei proiectului Res Infra@DR „Perspective pentru infrastructurile de cercetare în macroregiunea Dunării, 12-13 iunie 2019, VIENA, AUSTRIA.
- Atelier JRC „Sprijinirea strategiilor de specializare inteligente Și a transferului de tehnologie în europa de sud-est”, 18 iunie 2019, București, România.
- „Conferința de inovare”, 17-21 iunie, București, România.
- *Strategia Dunării* Reuniunea Grupului de Lucru pentru Inovare și Transfer Tehnologic (WG I&TT), 26 iunie, București, România.
- *Conferința anuală Dunărea*, 27-28 iunie, București, România.
- Conferința finală a acțiunii COST „BESTPRAC”, 5 septembrie – Gent, 6 septembrie – Bruxelles, 2019.
- Conferința anuală Enterprise Europe Network, 21-23 octombrie 2019, Helsinki, Finlanda.
- Conferință internațională și eveniment de brokeraj „Moldova 2020 – Modelarea viitorului cooperării internaționale în afaceri”, Chișinău, Moldova, 29.-31.01.2020.
- Conferința internațională anuală științifico-practică „Cercetare. Educație. Cultură”, orașul Comrat, Moldova, 11.02.2020.
- Conferința finală în cadrul Proiectului Erasmus +, IMM / HPC, online, 06-07 octombrie 2020.
- Forum de inovare în Găgăuzia, orașul Comrat, Moldova, 04-06.11.2020.
- VII Conferință Internațională științifico-practică „Orizontul Științific În Contextul Crizelor Sociale”, 06 – 08 februarie 2021, Japonia, Tokyo.
- a V-a Conferință internațională a Școlii doctorale Universității Tehnice din Iași „Gheorghe Asachi” cu genericul „Excelența în studiile doctorale prin Inovare, Convergență și Interdisciplinaritate”, 18-20 Mai, 2022, Iași, România.

### **Lucrări științifice publicate în reviste și conferințe – 8.**

#### **Premii, mențiuni, distincții, titluri onorifice etc.**

Medalie de bronz pentru prezentarea proiectului „Metodologia de selectare și evaluare a tehnologiilor industriale” la Târgul Internațional de Inventică și Educație Creativă pentru Tineret ICE-USV, ediția a VI-a, Certificat nr. 1807.8/11.07.2022, Suceava, iulie 2022, indexare: Google scholar, CRIS UTM.

#### **Cunoașterea limbii Engleze, nivel C1.**

#### **Date de contact de serviciu**

Adresa: Ștefan cel Mare și Sfânt 180

Telefon: 079333922

E-mail: [vadim.iatchevici@gmail.com](mailto:vadim.iatchevici@gmail.com)