UNIVERSITATEA NAȚIONALĂ de ȘTIINȚĂ și TEHNOLOGIE POLITEHNICA BUCUREȘTI

ȘCOALA DOCTORALĂ DE ANTREPRENORIAT, INGINERIA ȘI MANAGEMENTUL AFACERILOR

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

Un cadru conceptual pentru identificarea timpurie a semnalelor slabe STEM: Aplicații și implicații în alegerea carierei inginerești

Conducător de doctorat,

Prof. Dr. ing. SCARLAT Cezar

Student doctorand,

PÎRVU (GRIGORESCU) Florentina Alina

București

2026

Lista abrevierilor

2D	*Two-Dimensional*	bi-dimensional (în două dimensiuni)
3D	*Three-Dimensional*	tri-dimensional (în trei dimensiuni)
ADHD	*Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder*	tulburarea de hiperactivitate cu deficit de atenție
AI	*Artificial Intelligence*	inteligența artificială
ANFR	*Agriculture, Food, and Natural Resources Education*	educația în alimentație, agricultură și resurse naturale
AR	*Augmented Reality*	realitate augmentată
CBE	*Competency-Based Education*	educația bazată pe competențe
EPCOT	*Engineering Preschool Children Observation Tool*	instrument folosit pentru evaluarea copiilor preșcolari (3-5 ani) privind rezolvarea de probleme, procesele de proiectare inginerească precum și vocabularul relativ la acestea
EWS	*Early Warning Indicators*	indicatori de avertizare timpurie
ICT	*Information and Communication Technology*	tehnologia informației și a comunicațiilor
IRT	*Item Response Theory*	teoria răspunsului la itemi
IT	*Information Technology*	tehnologia informației
LMS	*Learning Management System(s)*	sisteme de management al învățării
MBTI	*Myers–Briggs Type Indicator*	indicatorul de tipuri psihologice Myers–Briggs
PBL	*Problem-Based Learning*	învățarea bazată pe probleme
REMA-Full	*Research-based Early Mathematics Assessment (Full version)*	evaluarea timpurie, bazată pe cercetare, a competențelor matematice ale copiilor în vârstă de 3-8 ani (versiunea completă)
REMA-SF	*Research-based Early Mathematics Assessment (Short Form)*	evaluarea timpurie, bazată pe cercetare, a competențelor matematice ale copiilor în vârstă de 3-8 ani (versiunea scurtă)

RIASEC	*Realistic, Investigative, Artistic, Social, Enterprising, Conventional*	realist, investigativ, artistic, social, întreprinzător, convențional
SCCT	*Social Cognitive Career Theory*	teoria social-cognitivă a carierei
SSRP	*Summer Student Research Program*	programul de cercetare de vară pentru studenți
STEM	*Science, Technology, Engineering and Mathematics*	știință, tehnologie, inginerie, matematică
STEMi	*STEM Identification Instrument*	instrument de identificare STEM
TEMA	*Test of Early Mathematics Ability*	testul abilităților matematice timpurii
URM	*Underrepresented Minorities*	minorități subreprezentate
VET	*Vocational Education and Training*	educație și formare profesională
VR	*Virtual Reality*	realitate virtuală
W-GCTA	*Watson–Glaser Critical Thinking Appraisal*	Testul pentru evaluarea gândirii critice Watson-Glaser

Lista figurilor

Figura 1. Structura logică a cercetării doctorale: întrebări, obiective și studii empirice …..... 9

Figura 2.1. Domenii în care se folosesc semnalele slabe ……...……. 11

Figura 3.1. Etapele identificării timpurii a semnalelor slabe STEM ……....……. 14

Figura 4.1. Metodologie de cercetare (schema) ……....……. 15

Figura 4.2. Cadru conceptual pentru identificarea semnalelor slabe ale aptitudinilor STEM ……..……..……..……..……. 15

Figura 5.1. Structura logică a cercetării doctorale: Studiu pilot elevi clasa a VIII-a ...…..…. 16

Figura 6.1. Structura logică a cercetării doctorale: Studiu pilot elevi clasa a XII-a …..…… 19

Figura 7.1. Structura logică a cercetării doctorale: Studiu pilot studenți ……..…….. 21

Lista tabelelor

Tabelul 1. Corespondența întrebări de cercetare – obiective ale proiectului de cercetare doctorală ……..……. 8

Tabelul 3.1. Teste psihometrice și variabile care pot indica *semnale slabe* STEM …… 13

Tabelul 8.1. Legătura dintre întrebările de cercetare, contribuțiile obținute și gradul de îndeplinire a obiectivelor ……..……..……... 23

MULȚUMIRI!

În primul rând, cele mai calde mulțumiri și profunda mea recunoștință se îndreaptă către domnul prof. univ. dr. Cezar SCARLAT. Îi sunt recunoscătoare pentru răbdarea, încrederea și disponibilitatea cu care m-a îndrumat pe parcursul cercetării doctorale, precum și pentru exigența metodologică oferită, care m-a format în acest demers.

În al doilea rând, doresc să mulțumesc membrilor comisiei de îndrumare, care au contribuit la evoluția mea academică și la progresul meu în acești ani prin întrebările, recomandările și sugestiile valoroase privind clarificarea și consolidarea tezei.

Mulțumiri deosebite îi adresez și doamnei prof. univ. dr. Dana DESELNICU pentru contribuția avută la formarea mea inițială și pentru îndrumarea din timpul studiilor de masterat, domnia sa având o influență majoră asupra deciziei mele de a urma o școală doctorală.

În egală măsură, doresc să le adresez mulțumiri membrilor familiei mele pentru sprijinul necondiționat, înțelegerea și încurajările oferite constant pe întreaga durată a procesului de cercetare.

Gândurile mele de mulțumire se îndreaptă și către toți cei care au sprijinit acest demers, în special către cadrele didactice din unitățile de învățământ participante la studiile pilot, precum și către toate persoanele care s-au implicat și m-au susținut pe parcursul acestui drum.

INTRODUCERE

Lucrarea de față se concentrează pe identificarea timpurie a semnalelor slabe STEM (știință, tehnologie, inginerie, matematică) și valorificarea acestora în procesul de orientare a tinerilor către cariera inginerească, având în vedere contextul transformărilor economice, tehnologice și sociale din societatea contemporană. Dezvoltarea rapidă a tehnologiei generează o cerere ridicată de specialiști în domeniul STEM, acest lucru indicând nevoia consolidării sistemului educațional, în special în ceea ce privește consilierea și orientarea tinerilor în carieră, în vederea descoperirii și susținerii eficiente a vocațiilor acestora.

Originalitatea acestei teze constă în introducerea conceptului de semnal slab STEM ca factor determinant în orientarea timpurie a elevilor către cariera inginerească. Scopul principal al lucrării este reprezentat de elaborarea unui cadru conceptual aplicabil în sistemul educațional românesc, cu scopul detectării timpurii a indicilor de interes, aptitudine și potențial, în vederea eficientizării și personalizării procesului de orientare școlară și profesională în acord cu nevoile și interesele elevilor/studenților, dar și cu cerințele reale ale societății și pieței muncii.

Tabelul 1. Corespondența întrebări de cercetare – obiective ale proiectului de cercetare doctorală

Nr. crt.	Întrebări de cercetare	Obiective de cercetare	Metode cercetare	
			Cercetare secundară	Cercetare primară
1.	Cum influențează educația tehnologică procesul de orientare în carieră a tinerilor?	**O1.** Evidențierea rolului și impactului educației tehnologice asupra procesului de formare și orientare a tinerilor.	Studiu de literatură (*scop teoretic)*	-
2.	Cum poate fi definit și operaționalizat conceptul de semnal slab STEM în contextul educațional?	**O2.** Definirea cadrului teoretic privind noțiunea de semnal slab STEM și sistemele de avertizare timpurie.	Studiu de literatură *(scop teoretic*)	-
3.	Ce metode și instrumente pot fi utilizate în procesul de identificare timpurie a semnalelor slabe STEM în sistemul educațional?	**O3.** Fundamentarea unui set de metode și instrumente utile pentru identificarea timpurie a semnalelor slabe STEM.	Studiu de literatură *(scop aplicativ)*	-
4.	Cum poate fi fundamentat și structurat un cadru conceptual pentru identificarea timpurie a semnalelor slabe STEM în vederea orientării către cariere inginerești?	**O4.** Propunerea unui cadru conceptual pentru identificarea timpurie a semnalelor slabe STEM în vederea alegerii unei cariere inginerești.	Studiu de literatură; sinteza și integrarea rezultatelo r cercetării (*scop teoretic și aplicativ)*	-
5.	În ce măsură semnalele slabe STEM pot sprijini procesul de orientare educațională și	**O5.** Evidențierea modului în care semnalele slabe STEM pot sprijini orientarea	Studiu de literatură (*scop*	Sondaj; analiză descriptivă

	profesională a elevilor și studenților?	educațională și profesională a elevilor și studenților.	*teoretic și aplicativ)*	*(scop aplicativ)*
6.	În ce măsură instrumentul propus este aplicabil și util pentru identificarea timpurie a semnalelor slabe STEM în sistemul educațional românesc?	**O6.** Propunerea și evaluarea aplicabilității unui instrument de identificare timpurie a semnalelor slabe STEM.	-	Sondaj (validare pilot), analiză descriptivă (*scop aplicativ)*
7.	Cum influențează percepțiile elevilor de liceu asupra profesiei de inginer interesul și orientarea lor către o viitoare carieră inginerească?	**O7.** Analiza percepțiilor elevilor de liceu asupra profesiei de inginer și evidențierea influenței acestora asupra orientării către o carieră inginerească.	Studiu de literatură *(scop teoretic)*	Sondaj, analiză descriptivă (*scop aplicativ*)
8.	Care sunt principalii factori care influențează alegerea traseului universitar și orientarea studenților către o carieră inginerească?	**O8.** Evidențierea factorilor care influențează alegerea traseului universitar și orientarea studenților către o carieră inginerească.	Studiu de literatură *(scop teoretic)*	Sondaj, analiză descriptivă (*scop aplicativ*)
9.	Ce recomandări pot contribui la îmbunătățirea procesului de identificare timpurie a potențialului STEM și a orientării către cariere inginerești?	**O9.** Formularea unui set de recomandări pentru îmbunătățirea procesului de identificare timpurie a potențialului STEM și a orientării educaționale și profesionale către o carieră inginerească.	Sinteza literaturii și integrarea rezultatelor cercetării *(scop aplicativ)*	Valorificarea rezultatelor studiilor empirice (*scop aplicativ*)

Sursa: *Autor*

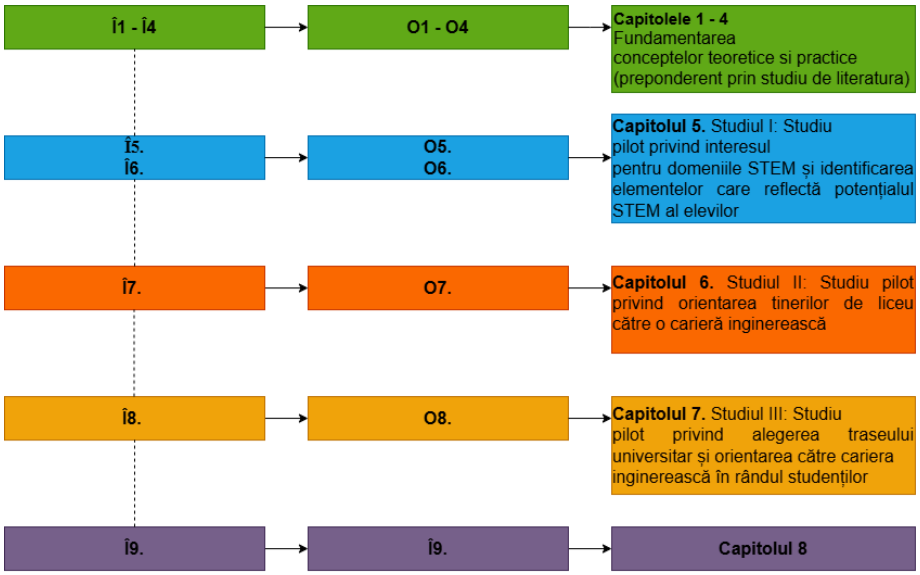


Figura 1. Structura logică a cercetării doctorale: întrebări, obiective și studii empirice

Sursa: *Autor*

Capitolul 1 – Circumstanțele studiului: tehnologii educaționale și educația tehnologică

1.1. Transformările tehnologice și impactul lor asupra educației

> *Odată cu trecerea bruscă în online a tuturor școlilor, în anul 2020, întregul sistem de educație a suferit modificări majore. Pandemia cauzată de noul coronavirus a introdus forțat tehnologiile digitale în procesul de predare-învățare-evaluare peste tot în lume. În ciuda faptului că profesorii și elevii nu au fost suficient de pregătiți pentru învățarea exclusiv online, aceștia au reușit să se adapteze și să facă față provocărilor impuse de mediul online și să utilizeze numeroase aplicații, site-uri web și platforme de comunicare într-un timp destul de scurt* (Pîrvu, 2022, p. 343).

Tehnologia digitală a transformat toate relațiile din mediul școlar. Cu ajutorul și prin intermediul platformelor digitale, profesorii și elevii intră în contact cu instrumente care susțin conversația informală, dialogul reflexiv și lucrul colaborativ, permițând accesul la o gamă largă de idei și reprezentări (McLoughlin & Lee, 2010).

Transformarea digitală a societății și dezvoltarea rapidă a tehnologiilor oferă nenumărate oportunități, inclusiv în educație. Este important ca dimensiunea etică a digitalizării și a AI să fie luată în considerare. Tehnologiile digitale trebuie să fie un instrument pentru a oferi o educație de calitate accesibilă tuturor, iar nevoia de competențe digitale va crește în viitor și trebuie reflectată în programa școlară (Girigan, 2021).

1.2. Tehnologiile educaționale și noile paradigme ale învățării

În contextul actual, caracterizat de evoluția rapidă a societății digitale și de integrarea extinsă a tehnologiilor în mediul educațional, procesul de învățare capătă noi valențe și se restructurează în funcție de noile instrumente și resurse disponibile. Tehnologiile educaționale devin elemente esențiale care influențează modul în care elevii interacționează cu informația, colaborează, învață sau își evaluează cunoștințele.

Scarlat (2021) susține faptul că sistemul educațional se află într-un moment critic în prezent, iar rolul profesorului trebuie să se schimbe de la a fi un depozit de cunoștințe la a fi un expert calificat explorator și identificator de cunoștințe. În viitor, profesorii vor continua să existe, dar cu un alt rol. În primul rând, aceștia trebuie să cunoască noile tehnologii de predare (inclusiv RA – *realitate augmentată*, IA – *inteligență artificială*, RV – *realitate virtuală*) și să îi învețe pe elevi cum să le folosească.

1.3. Beneficii, limite și provocări ale utilizării tehnologiei în educație

Aleksandrova et al. (2021) afirmă faptul că utilizarea eficientă și echilibrată din punct de vedere pedagogic a tehnologiilor digitale îi poate ajuta pe elevi, inclusiv pe cei cu dizabilități, să se angajeze activ în cadrul procesului de predare-învățare-evaluare și să dezvolte strategii educaționale individualizate potrivite cu nevoile lor.

Un studiu realizat de Tokarska et al. (2020) prezintă o serie de avantaje ale utilizării tehnologiei în educație, precum formarea deprinderilor și priceperilor necesare activităților creative, abilitatea de a trimite și primi informații rapid, obiectivitate în evaluare, dezvoltarea unor abilități și priceperi, intensificarea procesului de învățare și implicarea elevilor în activități de cercetare. Referitor la dezavantaje, aceiași autori enumeră: lipsa dispozitivelor digitale în rândul elevilor, dar și al profesorilor, supraaglomerarea profesorilor, lipsa alfabetizării digitale, dificultatea integrării tehnologiilor digitale în structura lecțiilor și lipsa interacțiunii fizice.

Capitolul 2 – Cadrul teoretic privind identificarea timpurie a semnalelor slabe STEM

2.1. Conceptele de „semnal slab” și „avertizare timpurie”

„Semnalele slabe” STEM sunt reprezentate de indicatori de avertizare timpurie ce țin de natura comportamentală, cognitivă și atitudinală. Aceștia pot fi inconsistenți sau subtili și pot sugera o posibilă orientare vocațională către domeniul științelor, fără a reprezenta în mod explicit anumite decizii cu privire la carieră sau interese vocaționale bine conturate. „*Semnale slabe apar zilnic, dar nu reușim să observăm semnificația lor.”,* spune Kerin (2023).

Semnalele slabe nu sunt doar „dovezi slabe ale schimbărilor ce vor veni”, gata să fie descoperite de experți suficient de pregătiți să le observe (Rossel, 2012). Aceste *„semnale slabe”* pot fi observate ca manifestări ale curiozității indivizilor pentru anumite fenomene tehnice sau științifice, preferințele pentru activitățile care presupun experimentare și explorare sau dorința de a investiga modul în care funcționează anumite dispozitive sau tehnologii.

Sistemele de avertizare timpurie *(EWS – eng. Early Warning Systems)* iau în considerare mai multe surse de date pentru a oferi informații într-un timp util părților interesate. Acestea se folosesc și pentru identificarea studenților care se află în situații de risc și au nevoie de sprijin academic. În literatura de specialitate, procesul de avertizare este descris în trei etape: (1) percepția semnalului, (2) interpretarea semnalului și (3) punerea în scenă a semnalului ca rezultat al interpretării (van Veen & Ortt, 2021).

2.2. Noțiunea de semnal slab STEM și importanța sistemelor de avertizare timpurie asociate

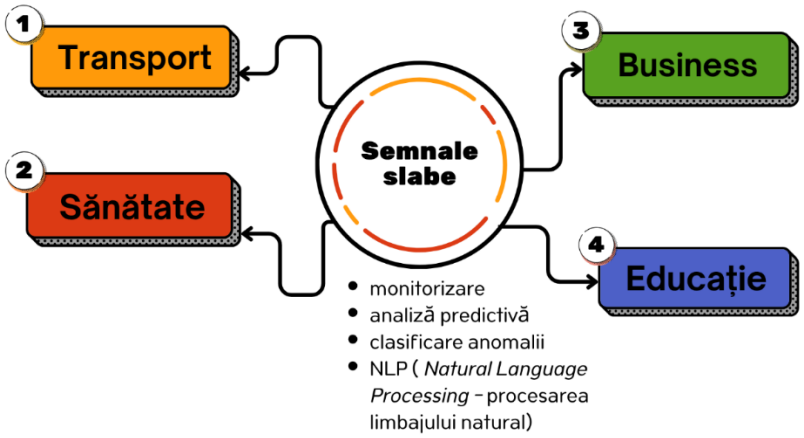


Figura 2.1. Domenii în care se folosesc semnalele slabe

Sursa: *Autor*

Metodele utilizate în prezent de către profesori trebuie să fie adaptate în vederea identificării talentelor elevilor cât mai devreme posibil pentru a-i ajuta pe aceştia să-şi dezvolte abilităţi şi competenţe care să le fie utile în viitor. Dacă acest lucru se va realiza, elevii au şanse mai mari să devină tineri care posedă abilităţi şi competenţe în concordanţă cu talentele lor, obţinând succesul şi împlinirea profesională, dobândind şi un sentiment de bunăstare la locul de muncă (Grigorescu & Scarlat, 2025, p. 290).

Folosirea unor sisteme de avertizare timpurie și utilizarea unor teste și experimente practice ar putea ajuta profesorii să folosească instrumente valoroase pentru sprijinirea acestor abilități (Grigorescu & Scarlat, 2025, p. 290).

2.3. Factori favorizanți ai identificării timpurii a semnalelor slabe în sistemul educațional

Integrarea educației STEM încă din primii ani de viață este esențială pentru a forma generații pregătite să facă față provocărilor unei economii globale competitive. Predarea STEM, bazată pe dovezi și adaptată vârstei copiilor, stimulează curiozitatea, creativitatea, colaborarea și gândirea critică—abilități fundamentale atât pentru succesul academic, cât și pentru cel profesional (Struyf et al., 2019).

Potențialul STEM poate fi recunoscut nu doar în capacitățile tehnice, ci și în abilitățile de gândire critică ale indivizilor care și-au dezvoltat competențele (Fadlelmula, 2022). Alfabetizarea STEM, definită ca înțelegerea și familiarizarea cu principiile fundamentale ale fiecărei discipline, este considerată o prioritate în educație pentru toți elevii (Thibaut et al., 2018).

2.4. Metode de identificare timpurie a semnalelor slabe STEM

Înainte să înceapă să vorbească sau să gândească în mod conștient, copiii încep să perceapă lumea din jurul lor și să acționeze. Punctul de plecare al dezvoltării cognitive este reprezentat de experiențele pe care copilul le are în și cu lumea materială. În educația timpurie a copiilor, STEM nu reprezintă explicarea unor legi sau noțiuni abstracte copiilor, ci ghidarea acestora și implicarea în experiențe care implică anumite concepte, de exemplu, gravitația. Copiii de vârstă mică nu par interesați de reproducerea unor afirmații despre lume și nici nu este eficient să facă acest lucru.

În primii ani, procesul prin care copilul învață despre lumea materială implică învățare despre STEM. De asemenea, întrebările adresate de copii și care pot fi explorate științific sau problemele tehnologice rezolvate prin intermediul ingineriei și designului fac parte din învățarea științelor. Predarea STEM ar trebui să înceapă de la vârste cât mai fragede, iar disciplinele specifice trebuie să aibă o bază solidă de dovezi fizice sau informative (Hanno, 2018; Statman et al., 2026).

2.5. Instrumente și tehnologii pentru detectarea timpurie a semnalelor slabe și a potențialului ingineresc

Unul dintre cele mai cunoscute și utile instrumente disponibile pentru identificarea intereselor pentru carieră este reprezentat de teoria alegerii vocaționale elaborată de John L. Holland. Modelul propus este cunoscut sub denumirea RIASEC, după inițialele celor șase tipuri de interese vocaționale identificate. Cu cât există o compatibilitate mai mare între profilul persoanei și mediul profesional, cu atât cresc probabilitățile de satisfacție profesională, stabilitate și implicare în muncă (Nauta, 2013).

Evaluarea gândirii critice Watson-Glaser (W-GCTA) reprezintă un instrument principal în evaluarea abilităților cognitive la profesioniști, deoarece măsoară gândirea critică (Watson & Glaser, 2010).

De asemenea, laboratoarele virtuale și simulările pot avea un impact semnificativ asupra conturării identității STEM a elevilor și a stimulării curiozității acestora pentru științe. De asemenea, profesorii au ocazia să observe elevii interesați și talentați în acest domeniu și să identifice din timp semnalele slabe ale unui potențial parcurs educațional și profesional STEM. Simulările interactive le permit elevilor să exploreze concepte teoretice complexe într-un mod vizual și interactiv, facilitând înțelegerea fenomenelor și dezvoltarea gândirii analitice.

Capitolul 3 – Factori determinanți ai orientării către cariera inginerească

3.1. Teorii și modele relevante privind identificarea aptitudinilor STEM ale elevilor/studenților

Cele trei ipoteze de bază ale teoriei semnalelor slabe sunt: (1) *semnalele slabe sunt probleme emergente*, (2) *emergența este liniară*[1] (mai exact, se deplasează liniar dintr-un stadiu rudimentar într-unul avansat sau care progresează) și (3) *problemele au caracteristici universale care ajută la identificarea semnalelor slabe*. Autorii propun că semnalele slabe nu se referă, de cele mai multe ori, doar la identificarea emergenței liniare, ci și la contextele și pozițiile schimbătoare ale observatorilor (Ahlqvist & Uotila, 2020).

Tabelul 3.1. Teste psihometrice și variabile care pot indica *semnale slabe* STEM

Nr. crt.	Test psihometric/ instrument	Tip semnal	Variabile măsurate	Exemple de semnale slabe STEM observabile	Referință
1.	Teste PISA (Matematică & Științe)	Cognitiv-comportamental	Rezolvare de probleme, raționament aplicativ, cunoștințe	Strategii neobișnuite sau originale de rezolvare, chiar dacă răspunsurile sunt parțial corecte	Hencke et al., 2022
2.	Testul Torrance de Gândire Creativă (TTCT)	Cognitiv-afectiv	Gândire divergentă, flexibilitate conceptuală	Oferirea de răspunsuri originale la sarcini științifice sau tehnice; combinații neobișnuite de concepte	Almeida et al., 2008
3.	Inventarul de Motivație Științifică (SMQ/SQI)	Afectiv	Motivație intrinsecă pentru învățarea științei, autoeficacitate STEM	Interes susținut pentru activități experimentale sau cercetare empirică, chiar în absența recompensei externe	Glynn et al., 2011
4.	Inventarul Big Five (NEO-PI-R / BFI)	Afectiv-comportamental	Deschidere către experiență, conștiinciozitate, perseverență	Elev curios, perseverent și dispus să învețe autodidact conținut STEM	Costa & McCrae, 1992
5.	Observații comportamentale în sarcini STEM (portofoliu, rezolvarea de probleme,	Comportamental	Perseverență, metacogniție, autoreglare în fața eșecului	Elevul care își reformulează strategiile și persistă după erori minore	Zimmerman, 2002

[1] *linear emergence* - emergență liniară, o succesiune de etape de dezvoltare care percepe fenomenul evoluând de la un stadiu incipient către o problemă viitoare sau o tendință pe deplin conturată

	sarcini de codare)				
6.	Chestionarul de interes pentru cariere STEM (STEM-CIS)	Cognitiv	Interes, valoare percepută a științelor	Interesul și recunoașterea punctelor tari ale disciplinelor STEM	Kier et al., 2014
7.	Testele de învățare adaptivă (*Adaptive Learning Analytics*)	Cognitiv-comportamental	Timp de răspuns, modele de învățare, progres	Traiectorii atipic accelerate în domenii specifice (ex. geometrie, fizică)	Allensworth, 2013

Sursa: *Autor*

Pașii de urmat în vederea identificării timpurii a semnalelor slabe pe baza acestui model ar putea arăta așa: (a) *concentrarea conversațiilor și eforturilor asupra identificării semnalelor slabe STEM în rândul elevilor;* (b) *identificarea elevilor pentru intervenție*; și (c) *utilizarea modelelor de indicatori pentru a aborda semnalele slabe ale elevilor și a le dezvolta.*

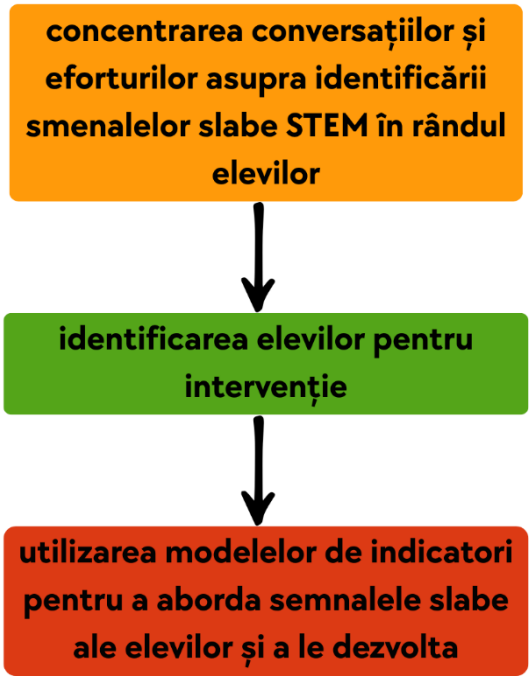


Figura 3.1. Etapele identificării timpurii a semnalelor slabe STEM

Sursa: *Autor*

Capitolul 4 – Cadrul conceptual pentru identificarea timpurie a semnalelor slabe STEM în vederea alegerii carierei inginerești

4.1. Fundamentarea și structura cadrului conceptual propus *(surse de date, metode și instrumente, criterii de evaluare și validare)*

În figura *4.1.* este reprezentată o propunere de schemă a unei metodologii de cercetare în vederea identificării timpurii a competențelor emergente legate de STEM și evaluării acestora. Rolul acestui cadru propus este acela de a facilita pregătirea studenților în vederea identificării unor abilități STEM și dezvoltării acestora în competențe care să-i ajute pe întregul parcurs educațional, dar și profesional.

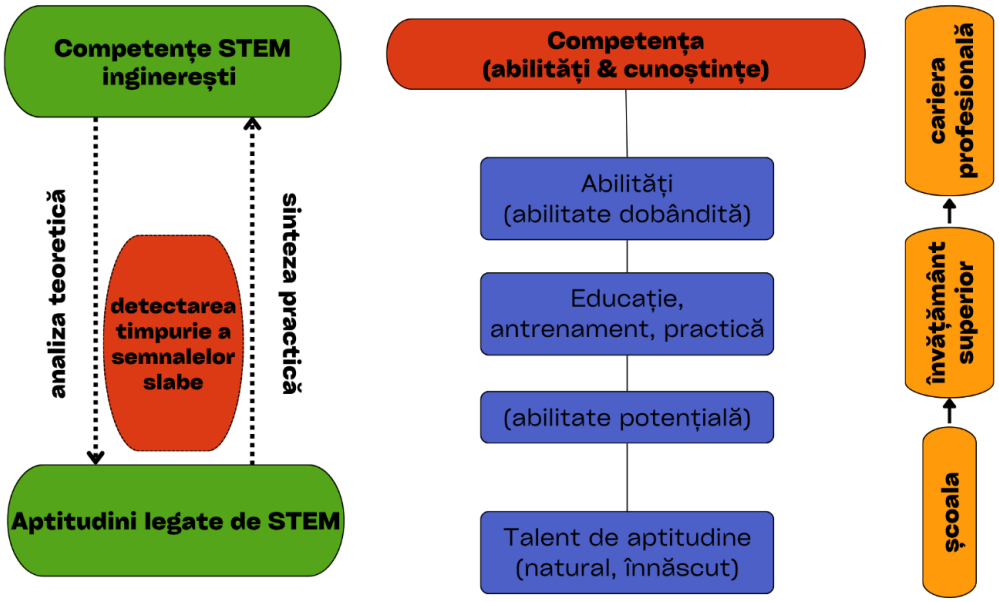


Figura 4.1. Metodologie de cercetare (schema)

Sursa: *Grigorescu & Scarlat, 2025*

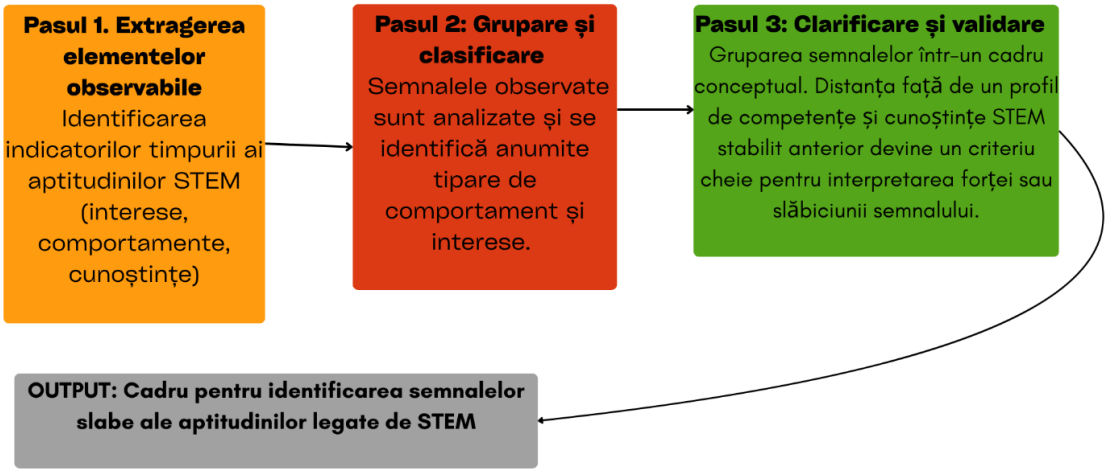


Figura 4.2. Cadru conceptual pentru identificarea semnalelor slabe ale aptitudinilor STEM

Sursa: *Grigorescu & Scarlat, 2025*

Capitolul 5 – Studiu pilot privind interesul pentru domeniile STEM și identificarea elementelor care reflectă potențialul STEM al elevilor

5.1. Obiectivele și metodologia de cercetare

Studiul de față a fost realizat cu scopul de a evalua interesul elevilor pentru domeniile STEM și de a identifica elementele care reflectă potențialul STEM (precum raționamentul matematic, rezolvarea de probleme, gândirea critică și abilitățile tehnice).

> *Aplicarea teoriei semnalelor slabe în educație, în special în educația inginerească, poate sprijini în mod pozitiv procesul de orientare a elevilor către cariere tehnice, prin identificarea și evidențierea potențialului acestora* (Grigorescu & Scarlat, 2025).

În cadrul studiului a fost utilizată o abordare metodologică mixtă, combinând datele cantitative cu cele calitative colectate prin intermediul unui instrument aplicat pe un eșantion compus din 130 de elevi de clasa a VIII-a din patru școli, în timpul anului școlar 2025-2026. Instrumentul, denumit în continuare STEMi (instrument de identificare STEM), a fost compus din patru părți, aferente obiectivelor de cercetare: identificarea interesului elevilor pentru activitățile specifice științelor, identificarea elementelor care reflectă potențialul STEM, evaluarea competențelor secolului XXI și analiza intențiilor privind cariera. Studiul s-a concentrat asupra elevilor de clasa a VIII-a din România, iar eșantionul a fost alcătuit din 130 de participanți din patru școli.

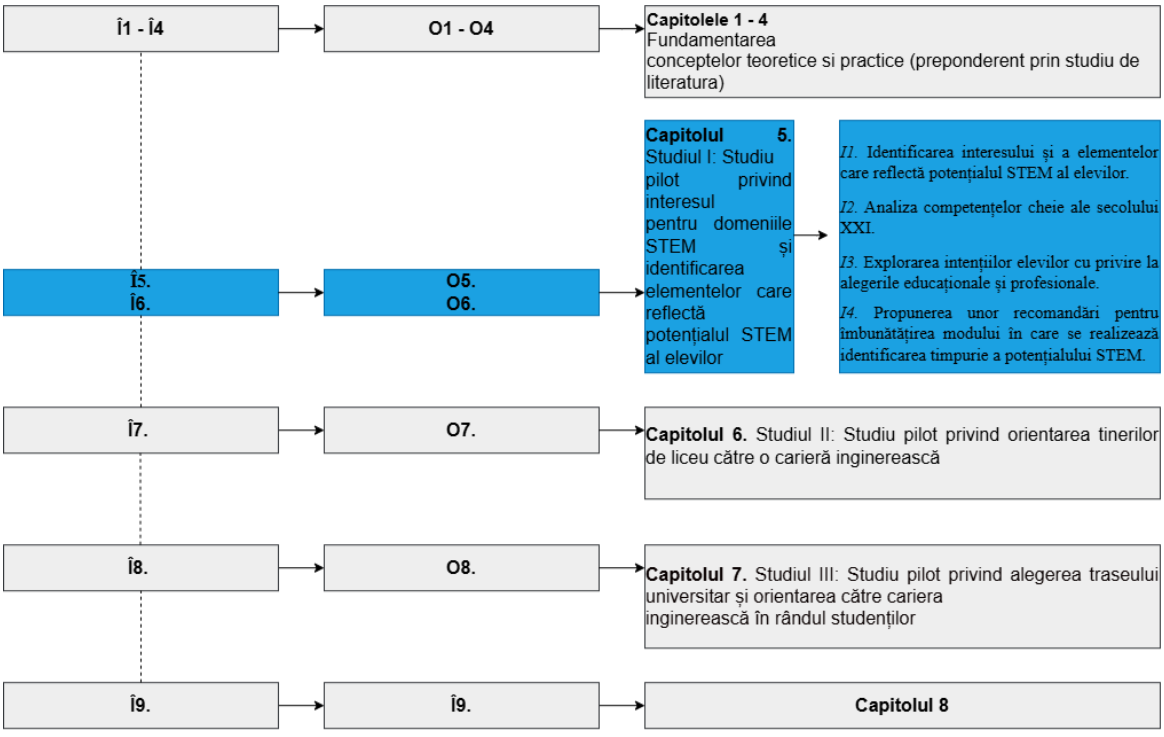


Figura 5.1. Structura logică a cercetării doctorale: Studiu pilot elevi clasa a VIII-a

Sursa: *Autor*

5.2. Analiza și interpretarea datelor

Identificarea interesului elevilor pentru activitățile STEM

Rezultatele arată faptul că majoritatea participanților, mai precis 70,77%, au susținut că preferau activitățile în aer liber, la locul de joacă, acest lucru sugerând că există o tendință generală către explorare și interacțiune socială activă. Printre elevi există o predispoziție pentru gândire spațială, rezolvare de probleme și interes pentru proiecte practice și chiar pentru inginerie. Au existat interese emergente și multidimensionale care ar putea fi valorificate în orientarea către STEM și dezvoltarea unor abilități tehnice specifice.

În toate cele patru grupuri de elevi s-au observat procente mari înregistrate la răspunsul care susține manifestarea unei curiozități funcționale, adică tinerii doresc să descopere cum funcționează aparatul respectiv. Interesul pentru modul de construcție a fost mai scăzut în toate cele patru grupuri. Elevii din al doilea grup au înregistrat cel mai mic procent, mai exact 6,45%, iar cel mai mare procent este la cei din grupul al treilea, 29,73%. Interesul pentru *participarea la activități legate de științe* a fost de asemenea măsurat, cel mai mare procent înregistrându-se în rândul celor din primul grup, 48,48%, iar cel mai scăzut procent a fost în rândul respondenților din al patrulea grup, 24,14%.

Diferențele clare dintre cele patru școli sunt următoarele: *elevii din primul grup sunt mai orientați către STEM și inovație, cei din al doilea grup sunt mai echilibrați și pragmatici, cei din al treilea grup au aspirații diverse și sunt orientați către explorare, iar cei din ultimul grup aspiră la utilitate personală și echilibru între viața personală și cea profesională.*

Identificarea elementelor care reflectă potențialul STEM

Elevii prezintă un nivel ridicat al competențelor de raționament aplicat (până la 96,97% - 100% răspunsuri corecte în primul grup), rezolvând cu ușurință sarcinile matematice simple. Creșterea dificultății a redus semnificativ performanța. La sarcina de modelare geometrică , au fost doar 45,45% de răspunsuri corecte în primul grup, arătând că abilitățile cognitive avansate sunt mai rar dezvoltate. Transferul conceptual (relația energie-timp, aplicarea succesivă a procentelor) a scos la iveală dificultăți majore. Conversia energie-timp a fost realizată corect de mai puțin de o treime dintre elevi. Abilitatea de argumentare bazată pe fizică și calcul a fost cel mai bine reprezentată în al patrulea grup (48,28%), în timp ce alte grupuri au înregistrat un nivel foarte scăzut de reușită (până la 9,68%).

Rezultatele indică faptul că **semnalele slabe STEM cognitive** sunt bine conturate la nivelul raționamentului matematic elementar, însă devin incerte la sarcini complexe ce implică gândire spațială, transfer interdisciplinar și argumentare logică. Totodată, s-a observat o rată ridicată de abandon al sarcinilor (răspunsuri lipsă de până la 83,78% în al treilea grup) pe măsură ce gradul de abstractizare a crescut.

Evaluarea competențelor specifice secolului XXI

În ceea ce privește elevii care preferă colaborarea, cel mai ridicat procent a fost în rândul elevilor din primul grup, mai precis 81,8%, iar cel mai mic punctaj a fost înregistrat la elevii din cel de-al treilea grup, 40,5%. Aceste rezultate susțin faptul că majoritatea preferă colaborarea, însă aceasta este cea mai întâlnită la elevii din primele două grupuri și în al patrulea, sugerând faptul că există o influență a mediului educațional asupra dezvoltării competenței de colaborare. Elevii care au susținut că preferă să comunice cu colegii pentru găsirea unei soluții sunt reprezentați de procente cuprinse între 10,81% (al treilea grup) și 21,21% (primul grup). În ceea ce-i privește pe elevii care preferă să lucreze singuri până găsesc o soluție, cel mai mare procent s-a înregistrat în rândul elevilor din cel de-al treilea grup (48,65%), iar cel mai mic în primul grup (18,18%).

Analiza intențiilor elevilor privind alegerile de carieră

Elevii din primul grup s-au remarcat având cele mai ridicate niveluri de interes pentru domeniul științelor (48,48%), majoritatea răspunsurilor pozitive oferite de aceștia fiind argumentate prin interesul crescut pentru matematică, fizică, biologie sau programare, prin dorința de a deveni inginer sau a lucra în domenii tehnice și prin percepția că domeniul STEM este util pentru dezvoltare și este un domeniu *„de viitor”*.

Respondenții din primul grup au cea mai bună percepție cu privire la pregătirea lor pentru domeniul STEM, dar și cele mai clare răspunsuri. În rândul elevilor din al doilea grup, elevii au o percepție moderată, dar fragmentată; cei din al treilea grup au o percepție slabă și destul de neclară; iar cei din ultimul grup au o percepție foarte slab conturată și dominată de lipsa răspunsurilor.

Elevii din primul grup sunt cei mai orientați către domeniul STEM, iar răspunsurile celor din al doilea grup arată faptul că aceștia au cel mai mare nivel în ceea ce privește lipsa unei orientări precise, percepția lor cu privire la pregătirea oferită de școală fiind una generalistă și difuză, în care școala este văzută mai degrabă ca un spațiu de formare pentru orice tip de carieră, fără o direcție profesională clar conturată.

Capitolul 6 – Percepțiile tinerilor asupra carierei inginerești

6.1. Fundamente teoretice și perspective empirice privind percepțiile tinerilor asupra carierei inginerești

Nivelul redus al aspirațiilor elevilor pentru domeniile STEM, dar și participarea scăzută a tinerilor la programele educaționale din aceste domenii reprezintă o preocupare globală. Un studiu recent susține faptul că percepțiile eronate asupra profesiilor STEM sunt corelate cu așteptări negative privind rezultatele profesionale (Luo & So, 2026). Cariera inginerească are multiple dimensiuni, pornind de la structura domeniului și provocările sistemice și ajungând la percepțiile tinerilor și obstacolele legate de gen și incluziune.

6.2.1. Obiectivele și metodologia de cercetare

Studiul de față își propune să investigheze percepțiile elevilor de clasa a XII-a care studiau la licee din Municipiul București, în anul școlar 2024-2025, referitoare la consilierea și orientarea în carieră, cu accent pe carierele din domeniul ingineresc.

Metodologia de cercetare

Metodologia de cercetare a fost cantitativă, bazată pe metoda anchetei, iar instrumentul folosit a fost un chestionar (Anexa 1), realizat în format digital, în Google Forms. Acest chestionar a fost distribuit mai multor cadre didactice care predau la licee din București, acestea transmițându-l mai departe elevilor. Un număr de 52 de elevi de clasa a XII-a din diferite licee (de stat și private) din București a participat la completarea acestui chestionar.

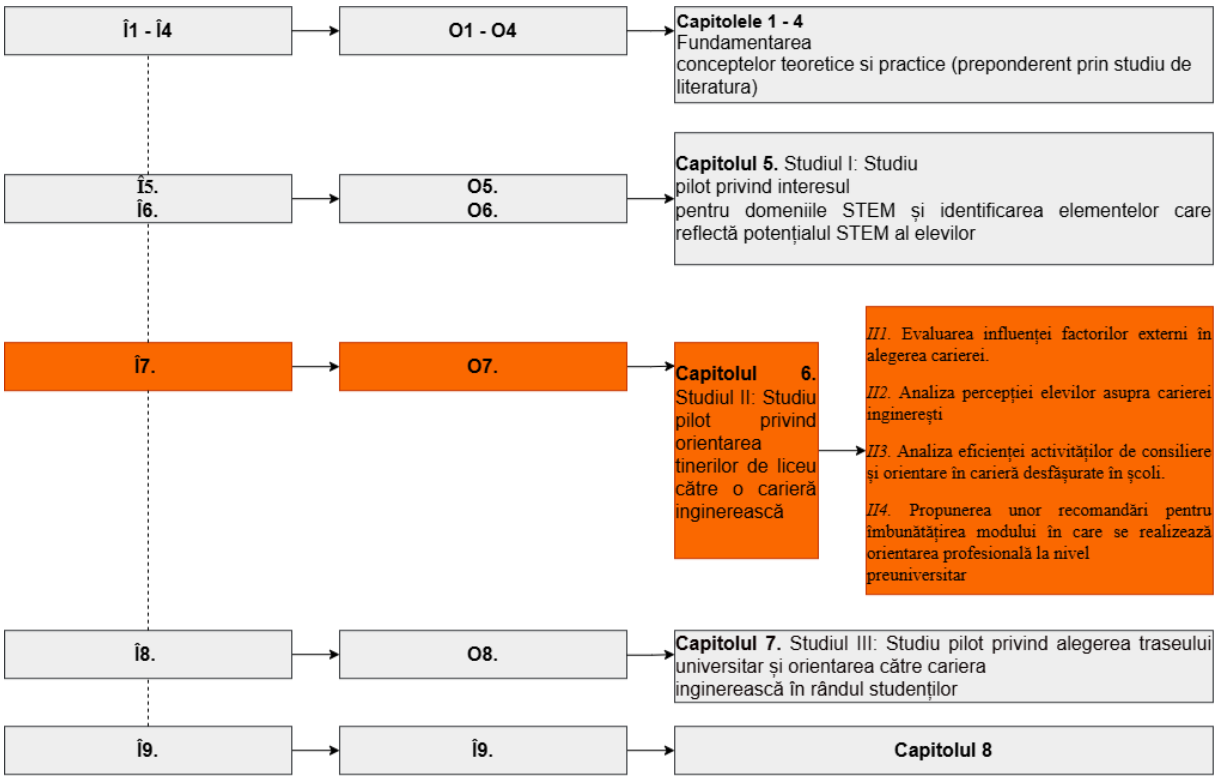


Figura 6.1. Structura logică a cercetării doctorale: Studiu pilot elevi clasa a XII-a

Sursa: *Autor*

6.2.2. Analiza și interpretarea datelor

Factorii care influențează alegerea carierei.

Cei mai mulți dintre respondenți, aproximativ 40% dintre aceștia, au afirmat faptul că au participat câteodată la activități de consiliere și orientare în carieră în timpul liceului, un procent de 36,5% au afirmat faptul că au participat în mod regulat, iar un procent de 21,2% au afirmat faptul că nu au participat la astfel de acțiuni, dar că le-ar plăcea să o facă.

Majoritatea tinerilor consideră activitățile de tip voluntariat, internship și workshop ca fiind foarte utile în procesul de alegere a carierei, puțini raportând o influență medie sau inexistentă. Implicarea în aceste proiecte influențează semnificativ deciziile profesionale, oferindu-le elevilor ocazia de a explora domenii noi, de a dobândi competențe practice și de a intra în contact direct cu piața muncii.

Participanții au fost întrebați dacă consideră că evoluția tehnologiei îi poate influența în alegerea viitoarei cariere. Trei sferturi dintre aceștia consideră că evoluția tehnologiei are o influență semnificativă în procesul de decizie referitor la cariera lor, iar un procent de 21,2% a menționat că nu s-au gândit/nu știu dacă evoluția tehnologiei este un factor care le-ar putea influența decizia.

Jumătate dintre participanți au ales varianta care descrie domeniul ingineriei ca fiind unul *interesant, dar provocator.* Un alt procent semnificativ, 30,8%, a ales varianta *greu, solicitant și stresant*, iar 9,8% au spus că ei văd domeniul ingineriei ca fiind *plictisitor și neatractiv.*

Pentru a afla care este nivelul de interes cu privire la obținerea unei cariere în inginerie, aceștia au fost întrebați dacă au luat în considerare o carieră în acest domeniu. Aproape jumătate au afirmat faptul că *nu au luat în considerare* până în momentul completării chestionarului o carieră de inginer, 38,5% au spus că mai au nevoie să se documenteze, iar restul de 17,3% au confirmat faptul că iau în considerare această carieră.

Cei mai mulți dintre respondenți au afirmat faptul că cel mai important motiv este reprezentat de pasiunile și interesele personale. Acest rezultat este în acord cu răspunsurile oferite de respondenți la o întrebare anterioară referitoare la cine/ce le influențează decizia cu privire la viitoarea carieră. Alte motive menționate de elevi sunt reprezentate de oportunitățile de carieră și salariul atractiv (9,6%) sau de influența familiei. De asemenea, un procent de 23,1% dintre participanți au afirmat faptul că nu s-au documentat suficient despre acest domeniu sau că nu le place/nu sunt buni la disciplinele STEM (23,1%).

Capitolul 7 – Traseul universitar al tinerilor și orientarea către o carieră inginerească

7.1. Fundamente teoretice și perspective empirice privind orientarea tinerilor către o carieră inginerească

Creșterea și dezvoltarea populației globale determină o cerere mare de talente în inginerie, fiind necesare soluții la provocări precum energia durabilă sau gestionarea eficientă a materialelor (Gerryts, 2013). Deși absolvenții au o pregătire teoretică solidă, obținerea unei cariere de succes în inginerie necesită cunoaștere de sine, dezvoltarea competențelor transversale (comunicare, leadership, lucru în echipă) și abilități de autopromovare (Millar, 2011). În ceea ce privește stimularea interesului timpuriu, participarea la activități de educație inginerească nu oferă de la sine o percepție clară asupra domeniului; fără definiții corecte și fără dezvoltarea încrederii în propriile abilități, impactul asupra aspirațiilor profesionale rămâne redus (Broadbent, 2019).

7.2. Studiu pilot privind alegerea traseului universitar și orientarea către cariera inginerească în rândul studenților

7.2.1 Obiectivele și metodologia de cercetare

Scopul principal al acestui studiu este de a analiza factorii care influențează alegerea traseului universitar și eficiența modului în care se realizează orientarea tinerilor către o carieră inginerească.

Pentru a analiza factorii care influențează alegerea traseului educațional și profesional al studenților, dar și rolul activităților de consiliere și orientare în procesul de alegere a facultății și a viitoarei cariere, s-a utilizat o metodologie de cercetare cantitativă, bazată pe metoda anchetei, iar instrumentul folosit a fost un chestionar, realizat în format digital, în Google Forms (Anexa 2). Chestionarul a fost completat de 43 de studenți de la universități din București.

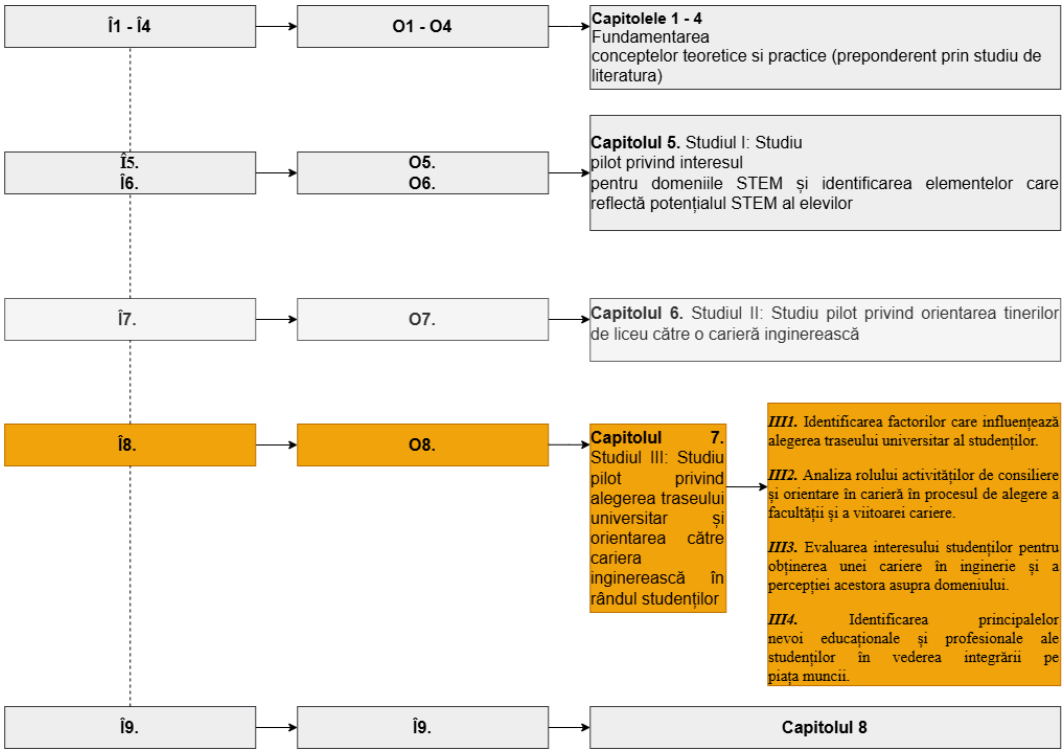


Figura 7.1. Structura logică a cercetării doctorale: Studiu pilot studenți

Sursa: *Autor*

7.2.2. Analiza și interpretarea datelor

Pentru a evidenția principalul motiv pentru alegerea facultății, studenților li s-a cerut să aleagă o singură variantă de răspuns dintr-o listă, iar cei mai mulți au ales pasiunea pentru domeniu (46,5%), oportunitățile de angajare (35,6%) și beneficiile financiare (14%). Procente mai mici au reprezentat familia (9,3%) sau prietenii și alte oportunități oferite de facultatea aleasă.

Pentru a investiga percepțiile studenților privind importanța activităților de tip workshop, internship și voluntariat, a fost utilizată o scală Likert, în care 1 reprezenta „deloc importante", iar 5 „foarte importante". După cum se poate observa și în graficul de mai jos, mai mult de jumătate dintre respondenți au ales varianta 5 (foarte importante) și niciun student nu a ales prima variantă (deloc importante). Se poate afirma faptul că aceste tipuri de activități pot aduce beneficii reale studenților și ar trebui utilizate cât mai frecvent în procesul de consiliere și orientare în carieră a studenților.

Distribuția studenților care își doresc să urmeze o carieră în domeniul ingineriei a fost investigată printr-un item sub formă de întrebare cu răspuns multiplu. În ciuda faptului că la întrebarea anterioară doar 40% dintre studenți au afirmat faptul că facultatea pe care o urmează în prezent le-ar putea permite să obțină o carieră în domeniul ingineriei, la acest item 44,2% dintre respondenți au răspuns afirmativ.

Cei mai mulți dintre respondenți (41,9%) consideră că domeniul ingineriei nu este suficient promovat în mediul liceal. Doar 23,3% dintre studenți au răspuns afirmativ la această întrebare, în timp ce 34,9% au spus că *nu știu.* Aceste rezultate sugerează vizibilitatea redusă a domeniului ingineriei în mediul liceal.

Capitolul 8 - Concluzii finale

8.1. Principalele constatări și gradul de îndeplinire a obiectivelor cercetării

Sinteza principalelor constatări ale cercetării, corespondența acestora cu întrebările formulate, precum și gradul de îndeplinire a obiectivelor sunt sistematizate în *tabelul 8.1.*

Tabelul 8.1. Legătura dintre întrebările de cercetare, contribuțiile obținute și gradul de îndeplinire a obiectivelor

Obiectivele cercetării	**Contribuții relevante**	**Capitol, pagină care răspunde**	**Grad de îndeplinire**
O1	Clarificarea rolului educației tehnologice ca mediu propice pentru stimularea interesului și dezvoltarea competențelor digitale/tehnice necesare orientării înspre o carieră inginerească.	**Capitolul 1, s**ubcapitolele **1.1, 1.2, 1.3, 1.4.**	Îndeplinit
O2	Definirea conceptului de *„semnal slab STEM”* și fundamentarea cadrului teoretic al *sistemelor de avertizare timpurie* transpuse în context educațional.	**Capitolul 2, s**ubcapitolele **2.1, 2.2.**	Îndeplinit. Deschide perspectivele studiilor longitudinale
O3	Identificarea, analiza și fundamentarea metodologică a unui set de metode și instrumente adecvate detectării timpurii a potențialului STEM.	**Capitolul 2, s**ubcapitolele **2.4, 2.5, 2.6.** **Capitolul 3, s**ubcapitolul **3.1, pp. 46-48,** tabelul 3.1. și figura 3.1.	Îndeplinit
O4	Propunerea și structurarea unui cadru conceptual original destinat identificării timpurii a semnalelor slabe STEM și ghidării către o carieră inginerească.	**Capitolul 4, s**ubcapitolele **4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5,** tabelul 4.1, figura 4.1. și 4.2.	Îndeplinit
O5	Evidențierea rolului decizional al semnalelor slabe STEM; identificarea interesului, analiza competențelor cheie ale sec. XXI și explorarea intențiilor de carieră la elevi/studenți.	**Capitolul 2, s**ubcapitolul **2.3.** **Capitolul 3, s**ubcapitolele **3.1, 3.2, 3.4, 3.5.** **Capitolul 5, s**ubcapitolele **5.1, 5.2, 5.3, 5.4,** figura 5.2**, t**abelul 5.3. **și** 5.4.	Îndeplinit. Deschide perspectivele studiilor longitudinale
O6	Validarea empirică și evaluarea aplicabilității practice a instrumentului de identificare timpurie dezvoltat, confirmând utilitatea sa în mediul preuniversitar românesc.	**Capitolul 5, s**ubcapitolele **5.1, 5.2, 5.3, 5.4.**	Îndeplinit. Deschide perspectivele studiilor longitudinale

O7	Determinarea impactului factorilor externi, a percepțiilor asupra profesiei de inginer și a eficienței activităților școlare de consiliere asupra deciziei tinerilor cu privire la traseul educațional și profesional.	**Capitolul 6, s**ubcapitolele **6.1, 6.2, 6.3,** figura **6.6, 6.7, 6.8, 6.16. și 6.18.**	Îndeplinit
O8	Identificarea factorilor determinanți în alegerea facultății tehnice, evaluarea interesului pentru inginerie și evaluarea nevoilor educaționale și profesionale ale studenților.	**Capitolul 7, s**ubcapitolele **7.1, 7.2, 7.3,** figura 7.5.**,** 7.6**,** 7.15.	Îndeplinit
O9	Formularea unui set integrat de recomandări strategice și de măsuri practice destinate decidenților, cadrelor didactice, consilierilor școlari, elevilor/studenților și familiilor acestora.	**Capitolul 8, s**ubcapitolele **5.4, 6.3, 7.3, 8.3.**	Îndeplinit

Sursa: *Autor*

8.2. Contribuțiile științifice și elementele de originalitate ale tezei

Una dintre principalele contribuții originale ale lucrării de față este reprezentată de introducerea și fundamentarea conceptuală a noțiunii de *semnal slab STEM* în procesul de orientare educațională și profesională a tinerilor.

De asemenea, *operaționalizarea conceptului de semnal slab STEM* și integrarea acestuia într-un *cadru conceptual* aplicabil în sistemul educațional românesc reprezintă o altă contribuție importantă a lucrării. Acesta reprezintă o viziune nouă asupra procesului de pregătire a tinerilor pentru o carieră în domeniul ingineriei.

Rezultatele studiului pilot prezentat în *capitolul 5* au evidențiat rolul competențelor socio-emoționale și al competențelor de colaborare, leadership, reziliență, rezolvare de probleme și autoeficacitate, reprezentând o altă contribuție importantă. O contribuție rezultată din studiile pilot prezentate în capitolele *6 și 7* constă în evidențierea faptului că alegerea unei cariere inginerești este influențată mai mult de interesele personale și motivația intrinsecă decât de influențele externe. Rezultatele studiilor pilot prezentate în *capitolele 5, 6 și 7* au evidențiat că mediul educațional influențează dezvoltarea interesului pentru domeniile STEM, că există diferențe între interesul declarat și competențele efective ale elevilor și că interesele, motivațiile și aptitudinile personale constituie principalii factori care influențează alegerea carierei.

Nu în ultimul rând, o contribuție aplicativă a lucrării constă în dezvoltarea și evaluarea aplicabilității instrumentului ***STEMi***. Prin utilizarea acestui instrument în cadrul studiului pilot s-a demonstrat utilitatea sa în surprinderea unor indicatori subtili ai interesului și aptitudinilor STEM.

8.3. Implicații practice și recomandări pentru factorii interesați

A. Recomandări pentru mediul economic și industrie

Creşterea interesului tinerilor pentru carierele inginereşti este direct influențată de industrie și de organizațiile din domeniile STEM, astfel, se recomandă:

- ***Dezvoltarea unor parteneriate durabile între unitățile de învățământ și industrie***.

B. Recomandări pentru instituțiile de învățământ preuniversitar:

- Să dezvolte **programe de mentorat și orientare profesională** pentru studenți;
- Să faciliteze accesul studenților la **experiențe practice;**
- Să consolideze **colaborarea cu mediul economic și industria**.

C. Recomandări pentru factorii de decizie și responsabilii cu elaborarea politicilor educaționale:

- **Să dezvolte mecanisme instituționale de tip *„sistem de avertizare timpurie”***;
- **Să elaboreze strategii naționale care să sprijine implementarea programelor STEM** încă din ciclurile primare;
- **Să dezvolte instrumente standardizate de evaluare a interesului și potențialului;**
- **Cadrele didactice și consilierii școlari să fie formați în vederea eficientizării procesului de recunoaștere și valorificare a semnalelor slabe (STEM);**

D. Recomandări pentru instituțiile de învățământ preuniversitar

Se recomandă unităților de învățământ următoarele:

- ***Să dezvolte mecanisme sistematice de identificare timpurie a elevilor care manifestă semnale slabe STEM***;
- ***Cadrele didactice să utilizeze instrumente dedicate în realizarea acestor evaluări;***
- ***Să integreze frecvent activități interdisciplinare***.

E. Recomandări pentru elevi, studenți și familiile acestora

Recomandările pentru **elevi și studenți** constau în:

- ***Să participe la proiecte, concursuri, activități de voluntariat, tabere tematice și experiențe practice*** care contribuie la consolidarea identității STEM și clarificarea oportunităților referitoare la viitoarea carieră;

Recomandările pentru **familii** sunt următoarele:

- ***Să susțină curiozitatea naturală a copiilor;***
- ***Să promoveze explorarea și experimentarea;***
- ***Să evite transmiterea de stereotipuri.***

8.4. Direcții viitoare de cercetare

Viitoarele cercetări ar trebui să conțină eșantioane mai mari și mai diversificate din punct de vedere geografic. În același timp, un obiectiv important vizează continuarea procesului de dezvoltare, rafinare și validare a instrumentului STEMi. De asemenea, se recomandă realizarea unor studii longitudinale care să urmărească evoluția elevilor și studenților pe o perioadă mai mare de timp. Evaluarea eficienței intervențiilor educaționale concepute pentru dezvoltarea și valorificarea semnalelor slabe STEM ar putea constitui o perspectivă valoroasă în acest sens.

Totodată, este necesară aprofundarea cercetărilor privind factorii care influențează participarea și succesul fetelor în aceste domenii. În final, o linie de cercetare derivată direct din contribuțiile acestei lucrări constă în continuarea dezvoltării teoretice a conceptului de semnal slab STEM.