

CZU: 373.022:62+004

DOI: 10.36120/2587-3636.v42i4.12-25

ABORDĂRI DIDACTICE PRIVIND PROIECTAREA INGINEREASCĂ A UNUI PROTOTIP DIN PERSPECTIVA EDUCAȚIEI STEAM

Liubomir CHIRIAC, doctor habilitat, profesor universitar

<https://orcid.org/0000-0002-5786-5828>

Eugenia CHIRIAC, doctor, conferențiar universitar

<https://orcid.org/0000-0002-5935-0414>

Natalia LUPAȘCO, doctor, conferențiar universitar

<https://orcid.org/0000-0002-3854-2521>

Maria PAVEL, doctor, conferențiar universitar

<https://orcid.org/0000-0003-4803-6398>

Universitatea Pedagogică de Stat „Ion Creangă” din Chișinău

Rezumat. Cercetările moderne din educație, scot în evidență influența benefică a abordării STEAM asupra motivației, cunoașterii științifice și competențelor de soluționare a problemelor practice din viața cotidiană a elevilor. Orice activitate/proiect STEAM se finalizează cu un produs, realizarea căruia deseori necesită inclusiv abilități de proiectare inginerescă, proces care, potrivit cercetătorilor, poate fi integrat în studiul disciplinelor STEAM din școală. În articol se conceptualizează *proiectarea inginerescă „aprofundată” a prototipului*, pe baza adaptării modelului propus de Hynes et al, în contextul desfășurării cercetărilor din cadrul proiectului bilateral moldo-turc „*Predarea STEAM orientată pe probleme globale pentru crearea unui viitor mai durabil*” și examinării problemei ecologice globale a deșeurilor de plastic.

Cuvinte cheie: proiect/activitate STEAM, formarea echipei STEAM, probleme ecologice globale, proces de proiectare inginerescă, proiectarea inginerescă „aprofundată” a prototipului.

DIDACTIC APPROACHES TO THE ENGINEERING DESIGN OF A PROTOTYPE FROM A STEAM EDUCATION PERSPECTIVE

Abstract. Modern research in education highlights the beneficial influence of the STEAM approach on the motivation, scientific knowledge and practical problem-solving skills of students in their daily lives. Any STEAM activity/project ends with a product, the realization of which often requires engineering design skills, a process that, according to researchers, can be integrated into the study of STEAM subjects in school. The article conceptualizes the “in-depth” engineering design of the prototype, based on the adaptation of the model proposed by Hynes et al, in the context of conducting research within the Moldovan-Turkish bilateral project “*Global Issue-Oriented STEAM Teaching to Create a more Sustainable Future*” and examining the global ecological problem of plastic waste.

Keywords: STEAM project/activity, STEAM team building, global ecological issues, engineering design process, “in-depth” engineering design of the prototype.

Introducere în contextul cercetării

În perioada 2024-2025, în cadrul Universității Pedagogice de Stat „Ion Creangă” din Chișinău s-a desfășurat proiectul bilateral moldo-turc „*Global Issue-Oriented STEAM Teaching to Create a more Sustainable Future / Predarea STEAM orientată pe probleme globale pentru crearea unui viitor mai durabil*”, parteneri de proiect fiind cercetătorii din

cadrul Universității Afyon Kocatepe din Turcia. Activitățile din cadrul proiectului au contribuit la realizarea scopului proiectului de a oferi profesorilor instrumente pentru predarea STEAM orientată pe probleme globale și de a contribui la crearea unui viitor durabil prin asigurarea pregătirii elevilor ca o generație puternică, capabilă să abordeze problemele globale. Principalele obiective ale proiectului au vizat: (1) elaborarea unui model de design instrucțional STEAM orientat pe probleme globale bazat pe procesul ADDIE, care include etapele de analiză, design, dezvoltare, implementare și evaluare; și (2) livrarea de formare continuă pentru profesori, pentru o implementare mai bună a unui cadru de instruire STEAM orientat pe probleme globale.

Modelul de design instrucțional STEAM orientat pe probleme globale, implementat simultan în Republica Moldova și Turcia, a presupus realizarea de către elevi a unui proiect STEAM ce tratează problema globală a poluării apelor, în care s-a pus un accent special pe procesul de proiectare a unui prototip de vas navigabil ce colectează deșeurile. Astfel, în scopul studierii și rezolvării eficiente a unei probleme globale din perspectiva STEAM, este necesară parcurgerea tuturor componentelor: știință (science), tehnologie (technology), inginerie (engineering), arte (arts) și matematică (mathematics). În opinia autorilor, componenta „engineering” reprezintă una din cele mai sensibile verigi în procesul de implementare a conceptului STEM în sistemul educațional din instituțiile de învățământ din țară, fapt pentru care, în articol, s-a analizat această problemă din mai multe perspective. În contextul dat, activitățile desfășurate în cadrul proiectului menționat, pot fi încadrate generic în următoarele etape:

Etapa 1. Pentru desfășurarea experimentului preconizat în cadrul proiectului au fost selectate 3 școli de diferite nivele socio-economice: una din zona rurală și două școli din aria urbană.

Etapa 2. Au fost identificate probleme ce țin de implementarea conceptului STEAM și desfășurarea activităților/proiectelor STEAM în cadrul instituțiilor selectate.

Etapa 3. Au fost elaborate materiale științifico-metodice privind modelul de design instrucțional STEAM ce contribuie la: tratarea problemei poluării mediului cu materiale de plastic; elaborarea de soluții privind rezolvarea problemei ecologice aplicând acțiuni STEAM; și dezvoltarea metodologiei proiectării ingineresti a unui prototip din perspectiva rezolvării problemelor STEAM.

Etapa 4. Au fost desfășurat ateliere de inițiere în problemele examinate cu profesorii și elevii de la școlile selectate.

Etapa 5. A fost desfășurat experimentul preconizat în instituțiile de învățământ selectate în scopul implementării modelului de design instrucțional STEAM, au fost analizate rezultatele și au fost formulate concluziile principale.

Ulterior, materialele elaborate au fost diseminate, iar în cadrul diverselor evenimente științifico-metodice au fost distribuite și promovate rezultatele obținute.

Analiza contextului implementării conceptului STEAM și conexiunile cu predarea integrată a științelor

Printre diversele metode și instrumente de cercetare științifică, s-a identificat că cea mai adecvată metodă calitativă de cercetare în contextul implementării conceptului STEAM în școlile din Republica Moldova este focus-grupul. Acest focus-grup s-a desfășurat cu profesorii celor trei instituții de învățământ selectate: gimnaziul din Antonești, raionul Cantemir, liceul „Da Vinci” din Chișinău și liceul „Vasile Lupu” din Orhei și a contribuit la identificarea problemelor și necesităților acestora vis-a-vis de procesul de implementare a conceptului STEAM. Rezultatele obținute din discuțiile, părerile și răspunsurile cadrelor didactice (minimum 8 profesori în fiecare instituție) implicate în cercetare, ce predau disciplinele: fizică, matematică, informatică, biologie, chimie, geografie, literatura și limba română și limba engleză, sunt prezentate detaliat în lucrarea [1].

Rezumând aceste rezultate, poate fi menționat că toți profesorii chestionați au declarat că sunt familiarizați cu conceptul STEM, lucru explicabil în contextul promovării îndelungate a acestuia în Republica Moldova, chiar și în lipsa unor reglementări oficiale clare. Totuși, implementarea activităților STEM în școli este îngreunată de lipsa unei metodologii bine definite, a ghidurilor practice și a exemplelor de bune practici, precum și de cooperarea insuficientă între cadrele didactice din diferite discipline. În plus, accesul limitat la tehnologii moderne, mai ales în mediul rural, reprezintă o barieră importantă în desfășurarea eficientă a proiectelor STEM.

De asemenea, respondenții consideră că îmbunătățirea implementării STEM necesită, în primul rând, formări practice susținute de specialiști cu experiență, bazate pe exemple concrete și modele de bună practică. De asemenea, este evidențiată nevoia de ghiduri metodologice clare, mentorat în etapele inițiale și o mai bună cooperare interdisciplinară între profesori. Totodată, participanții subliniază importanța conectării școlilor cu mediul universitar și a valorificării temelor actuale abordate din perspectivă inter- și transdisciplinară.

Pe dimensiunea poluării mediului, majoritatea profesorilor consideră că poluarea cu deșeuri din plastic îi afectează direct, semnalând agravarea situației atât la nivel de comunitate, cât și la nivel național. Printre principalele probleme menționate se numără lipsa unui sistem eficient de colectare și reciclare, gestionarea defectuoasă a deșeurilor și absența infrastructurii adecvate în mediul rural. Totuși, unele școli încearcă să implice elevii în campanii ecologice locale, care contribuie, chiar dacă limitat, la conștientizarea și reducerea utilizării plasticului. Concret, la întrebările: *„Considerați că vă afectează problema poluării mediului cauzată de deșeurile din plastic? Ce s-ar putea de întreprins cu elevii pentru a contribui la soluționarea problemei?”*, au fost obținute răspunsuri, dintre care pot fi menționate:

- „Observăm că deșeurile de plastic sunt peste tot. Situația în comunitate devine tot mai gravă din această perspectivă” (B3);
- „Problema ambalajelor de unică folosință devine tot mai alarmantă. Nu știu dacă avem multe soluții în acest sens” (G2);
- „Încercăm să organizăm la nivel de comunitate diverse campanii ecologice cum ar fi „Cartierul nostru fără plastic”. Anumite rezultate avem în acest sens” (B2);
- „Nu există la nivel național, inclusiv la noi în comunitate, un sistem eficient de colectare și reciclare a deșeurilor de plastic” (C2);
- „Deșeurile de plastic de la gropile de gunoi sunt gestionate eronat” (D1);
- „În localitățile rurale lipsește sistemul de colectare a deșeurilor de plastic de la gospodăriile individuale” (F3).

Per ansamblu, rezultatele evidențiază nevoia de sprijin metodologic, formare practică și colaborare instituțională pentru implementarea eficientă a inovațiilor educaționale (STEAM), precum și pentru implicarea activă a elevilor în abordarea problemelor reale de mediu.

În general, obiectivul principal al abordării STEAM este crearea unui mediu de învățare în care elevii sunt motivați să se implice activ, să colaboreze și să aplice propriile cunoștințe și abilități pentru rezolvarea unor probleme reale. Activitățile și proiectele STEAM depășesc adesea cadrul formal al lecției, plasând elevii în situații apropiate de viața reală, unde sunt stimulați să acționeze responsabil, să gândească creativ, să comunice și să își descopere interesele și potențialul personal prin învățare activă [2-6].

În acest context, predarea integrată a științelor susține în mod natural abordarea STEAM, deoarece presupune reorganizarea conținuturilor și a metodelor didactice astfel încât conceptele din diferite discipline să fie corelate. Această abordare facilitează realizarea unor obiective educaționale greu de atins prin predarea strict disciplinară și are ca efecte principale: orientarea spre proiecte STEAM, analizarea conținuturilor din perspective multiple, evidențierea conexiunilor dintre concepte științifice și rezolvarea de probleme practice ancorate în realitatea cotidiană.

Deși predarea integrată conectează domeniile științifice și are efecte pozitive, există riscul ca unele concepte să fie tratate superficial. De exemplu, în matematică, utilizarea directă a unor formule în contexte practice, fără demonstrație, poate limita aprofundarea pentru elevii cu aptitudini avansate, situație valabilă și în alte discipline. Prin urmare, abordarea integrată trebuie echilibrată, fără a neglija rigoarea conceptuală necesară studiului aprofundat.

Abordări didactice privind examinarea problemelor ecologice globale

Omenirea se confruntă cu numeroase probleme majore, din care unele din cele mai acute țin de problemele ecologice globale, iar eforturile cercetătorilor și politicilor

internaționale și naționale sunt direcționate către rezolvarea iminentă a lor. Acest fapt încadrează perfect scopul proiectului de cercetare menționat mai sus în actualitate, iar în cadrul trainingurilor desfășurate pentru profesori și elevi, echipa de experți a pus un accent special pe acest aspect. Mai jos se face referire la conținuturile valorificate în cadrul formărilor.

O *problemă ecologică* reprezintă o situație critică din perspectiva dezechilibrului în mediu ambiant, determinată de folosirea dezastruoasă a resurselor, schimbărilor climatice, poluării, defrișări, etc., care pun în pericol viața umană și supraviețuirea biodiversității existente. În general, problemele ecologice se referă la: poluarea solului, aerului, apei; impactul negativ asupra biodiversității care se exprimă prin pierderea unor specii de plante și animale; consumul excesiv de resurse (gaz, petrol, cărbune, apă, lemn, etc.); schimbările climaterice care se exprimă prin fenomene meteo extreme, schimbările biodiversității; acumularea și gestionarea proastă a deșeurilor, inclusiv cele din plastic, care cauzează poluarea mediului etc.

În contextul cercetărilor proiectului, vom examina mai detaliat acumularea și gestionarea proastă a deșeurilor din plastic.

Problema *deșeurilor materialelor din plastic* se referă la poluarea continuă a mediului determinată de acumularea și gestionarea defectuoasă a deșeurilor din plastic, care afectează apa, solul, aerul, ecosistemele, lanțul trofic și sănătatea umană, cauzată de creșterea masivă a producției de plastic și rezistență puternică a acestuia la descompunere.

Din punct de vedere chimic, plasticul este un material sintetic sau semisintetic, polimeric, cu masă moleculară mare. În mare parte majoritatea materialelor de plastic sunt derivate din produse petrochimice, dar sunt și materiale din plastic create din materiale regenerabile. Se consideră că termenul de plastic a fost inventat de Leo Baekeland care în 1907, în SUA, a obținut în premieră *bachelita* – primul plastic de sinteză. Proprietățile semnificative ale plasticului se referă la următoarele: este modelabil la încălzire și rigid la răcire; este ușor, flexibil și are un anumit grad de rezistență la impact fizic; poate fi reciclat (refolosit); nu se descompune ușor (uneori descompunerea poate dura zeci de ani) și din aceste considerente poate polua mediul.

Unul dintre aspectele principale ale problemei examinate este faptul că poluarea mediului prin intermediul materialului de plastic este deja o problemă globală. Plasticul poate fi identificat în oceane, munți, sol, apă potabilă etc. Unele păsări, animale ingerează fragmente de plastic ceea ce duc la consecințe grave. Microplasticul prin intermediul apei potabile, alimente ajung și în corpul uman ceea ce influențează negativ viața umană. Producția industrială de plastic accelerează procesul de schimbări climaterice. Reciclarea inefficientă conduce la acumulări uriașe de deșeuri de plastic care fiind depozitate, în cele mai bune cazuri, în gropile de gunoi, contribuie la creșteri uriașe de deșeuri, ce pot să se descompună sute de ani.

În Republica Moldova, deșeurile de plastic pe cap de locuitor (kg/loc), în anul 2019, era de 45 kg/loc. În anul 2021 din totalul de 353 milioane tone deșeuri din plastic generate, au fost reciclate doar 29 milioane tone ceea ce reprezintă circa 9% din total. Iar conform ultimelor prognoze ale industriei privind ambalajele din plastic și deșeurile de articole din plastic de uz casnic în UE, acestea vor crește constant cu circa 1% pe an până în 2050 [7].

Subiectele abordate în cadrul training-urilor au vizat și soluționarea problemei poluării mediului cauzată de deșeurile din plastic. Astfel, profesorilor și elevilor în procesul discuțiilor li s-a atras atenția că soluționarea acestei probleme necesită o abordare complexă, la nivel global, prin unificarea eforturilor tuturor forțelor bine intenționate, care ar presupune:

- ✓ Perfecționarea legislației care ar limita producerea industrial a plasticului de unică întrebuințare, punând accentul pe creșterea produselor alternative reutilizabile;
- ✓ Îmbunătățirea la nivel mondial, național și comunitar al sistemelor de colectare, reciclare și compostare a deșeurilor de plastic;
- ✓ Educarea producătorilor, consumatorilor și a publicului larg referitor la impactul plasticului;
- ✓ Implicarea tinerilor, elevilor, copiilor în activități privind îmbunătățirea mediului ambiant din perspectivă ecologică, inclusiv a problemei examinate.

În acest sens putem conchide că plasticul chiar dacă este un material necesar societății noastre, impactul asupra mediului este negativ. În scopul protejării planetei noastre este important să reducem consumul de plastic, dezvoltând soluții alternative în acest sens, să colectăm și să reciclăm eficient materialul de plastic existent.

Problema poluării mediului, cauzată de deșeurile din plastic, poate fi privită dintr-o perspectivă mai largă – *educația ecologică*. *Educația ecologică* este un proces care urmărește îmbunătățirea calității vieții, oferind elevilor/studentilor „instrumentele” potrivite de care au nevoie pentru a învăța cum se pot rezolva și preveni problemele de mediu. Educația pentru mediu contribuie la acumularea de cunoștințe, abilități, motivații, valori și asumarea responsabilității de către elevi/studenti în aspectele legate de utilizarea energiei, a apei, reciclarea materialelor utilizate, transport etc.

Discutarea problemelor de mediu pot ajuta elevii/studentii să învețe cum să gândească, inclusiv cum să rezolve probleme, să ia decizii, să compare opțiunile și să alinieze valorile la acțiunile personale. Obiectivele educației ecologice sunt similare celor din întreaga lume:

- ✓ protecția și, acolo unde este necesar, restabilirea structurii și funcționalității sistemelor naturale din localitatea, respectiv ținutul natal;
- ✓ încetarea degradării biodiversității;
- ✓ protecția solului împotriva eroziunii și poluării;

- ✓ protecția habitatelor din localitate;
- ✓ implementarea diferitelor proiecte școlare de protecție a biodiversității.

Educația ecologică este și o cultură în sensul învățării unor lucruri elementare pentru a produce un impact pozitiv asupra mediului și are drept finalități formarea și dezvoltarea următoarele componente:

Conștientizare: înțelegerea de către elevi/studenți a problemelor de mediu;

Cunoștințe: cunoașterea modului în care funcționează mediul înconjurător, în care interacționează oamenii cu mediul, inclusiv problemele rezultate din această relație;

Atitudine: achiziționarea unui set de valori și sentimente de grijă pentru mediu, motivație, devotament și implicare în menținerea calității mediului;

Aptitudini: aplicarea în practică a abilităților necesare pentru a identifica și investiga unele aspecte existente care necesită o rezolvare urgentă;

Participare/Implicare: acumularea experienței și aplicarea competențelor dobândite pentru acțiuni pozitive și bine gândite care vor duce la rezolvarea cu succes a problemelor de mediu.

Educația ecologică reprezintă totodată și domeniul de studiu interdisciplinar pe tot parcursul vieții, inclusiv prin implementarea proiectelor/activităților de tip STEAM, care ajută la stimularea curiozității și a entuziasmului elevilor/studenților, îi încurajează să exploreze și să se angajeze în descoperirea directă a lumii din jurul lor. Există tot mai multe dovezi cu privire la beneficiile pe scară largă ale educației pentru mediu, inclusiv impactul pozitiv asupra performanței academice, a motivației și interesului pentru școală, a abilităților sociale și emoționale, a interesului și angajamentului civic.

Rolul echipei STEAM în procesul de implementare a activităților și proiectelor, din perspectiva conceptului de constituire a acesteia

Activitățile și proiectele de tip STEAM acoperă domenii variate ale vieții socio-profesionale, precum arhitectura, economia, transportul, digitalizarea, protecția mediului, și se bazează pe o abordare integrată a științelor. Acestea reprezintă un instrument esențial în studierea disciplinelor reale, facilitând aplicarea cunoștințelor teoretice și evaluarea nivelului de înțelegere a conceptelor din matematică, științe ale naturii și informatică, precum și evidențierea relevanței acestora în contexte autentice.

Proiectele STEAM sunt structurate ca situații-problemă cu caracter interdisciplinar, care solicită implicarea activă a elevilor sau studenților, organizați în *echipe*. Aceste demersuri presupun, pe de o parte, valorificarea unor abilități ale membrilor echipei, precum: colaborare, comunicare, inițiativă și argumentare, precum și consultarea unor surse și experți din domenii diverse. Iar, pe de altă parte, implementarea proiectelor STEM constituie o activitate cognitivă complexă, ce valorifică gândirea creativă, investigarea

euristică și aplicarea metodelor și algoritmilor cunoscuți pentru soluționarea problemelor din viața reală.

În contextul conceptualizării *procesului de formare a echipei STEAM*, se impune formularea principiilor pe care va trebui să le respecte echipa, enunțate detaliat în [1]:

- *formularea clară a obiectivelor proiectului, la realizarea cărora vor contribui toți membrii echipei;*
- *raportarea membrilor echipei la aceleași valori, precum: deschidere spre colaborare, încredere în suportul colegilor și respect reciproc;*
- *asigurarea unui climat de siguranță și încredere, favorabil exprimării libere a ideilor și stimulării dialogului și implicării active a elevilor;*
- *stabilirea normelor de comportament, ce presupun reguli acceptabile în cadrul echipei;*
- *distribuirea de către liderul echipei a rolurilor, sarcinilor și responsabilităților clar formulate membrilor echipei, astfel încât să eficientizeze procesul de rezolvare a problemei ce stă în fața proiectului.*

Conceptualizarea proiectării ingineresti „înguste” în contextul problemelor de tip STEAM

Amintim că în cazul proiectului implementat *problema de tip STEAM* reprezintă o problemă de proiectare inginerască a unui prototip, formulată pentru echipele de elevi, care ar soluționa provocarea ecologică din perspectivă inter/transdisciplinară: „Proiectarea și construcția unui prototip, a unei mini-nave multifuncționale autopropulsate de depoluare și colectare a deșeurilor din plastic care navighează într-un vas cu apă” [1].

Funcțiile de bază a prototipului se vor referi la următoarele:

- ✓ *Pornește mini-nava, oprește mini-nava, schimbă direcția;*
- ✓ *Pornește motoarele și direcționează mini-nava după traiectoriile stabilite;*
- ✓ *Oprește motoarele atunci când este detectat un obstacol;*
- ✓ *Redirecționează mini-nava pentru a evita ciocnirea cu pereții vasului;*
- ✓ *Identifică deșeurile de plastic și le depozitează conform algoritmului elaborat.*

Totodată, menționăm că înainte de formularea unei probleme STEAM, este necesară asigurarea unor condiții psiho-pedagogice prealabile, care vizează pregătirea interdisciplinară a elevilor. Aceștia trebuie să dețină cunoștințe de bază despre problemele ecologice actuale, elemente fundamentale de programare (C/C++, Scratch), principii privind funcționarea sistemelor de depoluare, precum și noțiuni de calcul al mișcării și traiectoriei obiectelor. Totodată, elevii trebuie să posede competențe tehnice și practice pentru proiectarea și realizarea unor dispozitive sau roboți educaționali, valorificând cunoștințe din științe, matematică, informatică și educație tehnologică.

Funcțiile de bază ale prototipului includ controlul deplasării mini-navei (pornire, oprire și schimbarea direcției), dirijarea acesteia pe traiectorii prestabilite, detectarea și evitarea obstacolelor, precum și identificarea și colectarea deșeurilor din plastic conform algoritmului stabilit.

Materialele și echipamentele de bază includ o placă de dezvoltare (Arduino, ESP32 sau Raspberry Pi), două motoare mici și diverse module electronice, precum senzori de proximitate, servo-motoare, module de comunicație wireless și senzori de mediu.

Iar *spațiul de lucru* pentru rezolvarea unei probleme STEM trebuie organizat într-o sală bine iluminată, cu mese stabile, echipate corespunzător pentru activități tehnice. Fiecare echipă trebuie să dispună de instrumente și materiale de bază pentru asamblare și testare (șurubelnițe, breadboard, cabluri, baterii, bandă izolatoare etc.), asigurând desfășurarea eficientă și în siguranță a procesului de proiectare inginerască.

Soluționarea unei probleme de inginerie prin realizarea unei mini-nave multifuncționale autopropulsate capabile să identifice și să colecteze deșeuri din plastic reprezintă obiectivul principal al procesului de proiectare. Deoarece problemele de inginerie sunt, în mare parte, nestructurate, demersul valorifică imaginația, creativitatea și gândirea de design a elevilor, prototipurile putând avea forme diferite, dar aceeași funcție. Activitatea se desfășoară în echipe de 4–5 elevi, cu roluri bine definite (lider, responsabil tehnic/fizician, informatician, matematician, biolog), pentru a integra competențe interdisciplinare în realizarea soluției.

Din punct de vedere al *conceptualizării studiului eficient al unei probleme STEAM*, implementarea unui astfel de proiect prin lucru în echipă, presupune o abordare structurată și colaborativă, bazată pe înțelegerea aprofundată a problemei și valorificarea competențelor interdisciplinare ale membrilor echipei. Procesul include analiza cerințelor și a resurselor disponibile, clarificarea datelor și obiectivelor, selectarea metodelor adecvate și generarea de soluții prin integrarea perspectivelor din diferite domenii. De asemenea, sunt esențiale discutarea critică a soluțiilor, explorarea alternativelor și testarea finală a rezultatului obținut.

Metodologia proiectării ingineresti a prototipului din perspectiva didactică

Din perspectiva didactică, parcursul etapizat al activităților echipelor implicate în proiect se încadrează în ceea ce autorii au definit drept *proiectare „îngustă”* ori altfel spus *proiectare inginerască „aprofundată” a prototipului*. Cele 6 etape, descrise detaliat în [1], sunt:

1. Stabilirea obiectivelor proiectării și a funcțiilor esențiale ale mini-navei, inclusiv modul de deplasare, utilizarea motoarelor și senzorilor, evitarea obstacolelor și semnalizarea prin LED.
2. Selectarea, în funcție de cerințele stabilite, a plăcii de proiectare și a modulelor electronice necesare pentru control, mișcare, detecție și comunicare.

3. Proiectarea de către echipe a schemei circuitului, montarea componentelor pe breadboard, realizarea conexiunilor corecte și verificarea funcționalității acestora înainte de alimentare.
4. Elaborarea programului care controlează mișcarea, detectarea obstacolelor și colectarea deșeurilor, asigurând interacțiunea funcțională dintre componente.
5. Testarea prototipului în condiții reale, verificarea și ajustarea conexiunilor, codului și parametrilor de funcționare pentru optimizarea comportamentului mini navei.
6. Adăugarea și îmbunătățirea funcțiilor avansate, după validarea funcțiilor de bază, pentru creșterea performanței tehnice și extinderea capacităților mini navei.

Parcursul acestor etape de către membrii echipelor de proiect, va contribui la dezvoltarea abilităților de lucru în echipă, perseverență în realizarea sarcinilor pentru obținerea unui produs cu performanțe înalte.

Vis-a-vis de proiectare inginerescă, cercetătorii M. Hynes, M. Portsmore, E. Dare, ș.a. de la Universitatea Tufts și A. Carberry de la Universitatea de Stat din Arizona, SUA, propun integrarea procesului în disciplinele STEM din liceu, subliniind că nu este vorba doar despre „construirea unor lucruri”, ci despre organizarea gândurilor pentru a îmbunătăți procesul decizional și a dezvolta soluții de înaltă calitate [8]. Abordarea încurajează gândirea critică, dezvoltarea abilităților și proiectarea iterativă, cu principii cheie precum tratarea elevilor ca ingineri și promovarea unor medii colaborative.

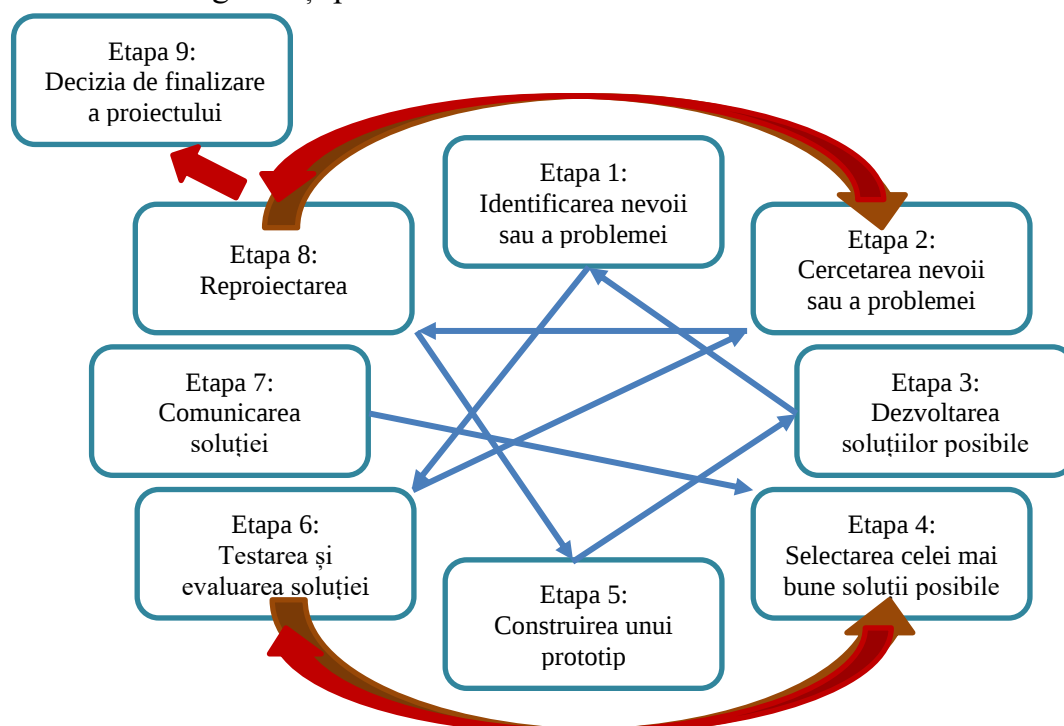


Figura 1. Procesul de proiectare inginerescă, după M. Hynes, et al [8]

În figura 1 este prezentat graful interrelațiilor dintre cele 9 etape principale ale procesului de proiectare inginerescă, propuse echipa de cercetători Hynes ș.a., care pornesc de la identificarea și cercetarea unei probleme reale și continuă cu generarea și

selectarea unei soluții adecvate, concretizată în realizarea unui prototip funcțional. Procesul include construirea, testarea și evaluarea soluției, urmate de comunicarea rezultatelor și îmbunătățirea proiectului pe baza feedbackului primit. Demersul se finalizează prin optimizarea prototipului și atingerea obiectivelor propuse, evidențiind eficiența și valoarea formativă a activității.

Astfel, conceptualizarea *proiectării „înguste”* sau *proiectării ingineresti „aprofundate”* a prototipului, propusă și descrisă de autori anterior, reprezintă o „îngustare” și dezvoltare detaliată a modelului din figura 1, cu o „aprofundare” pe construirea prototipului din etapele 5 și 6 (figura 2).

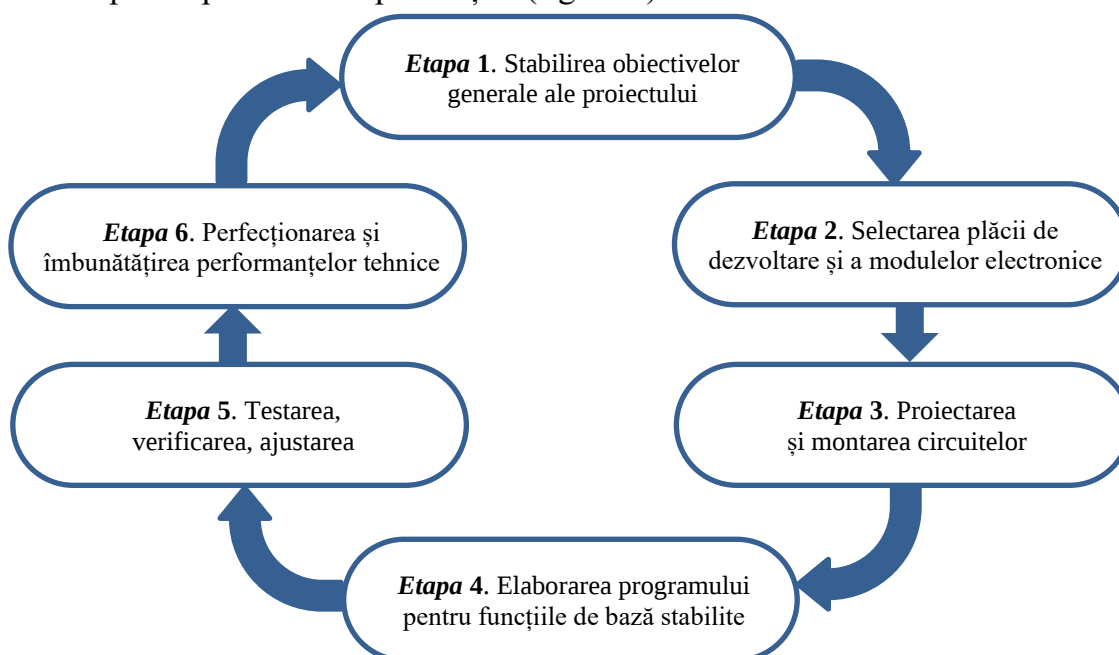


Figura 2. Modelul conceptual al proiectării ingineresti „aprofundate” a prototipului

Rezultatele înregistrate. Concluzii

Rezultatele experimentului realizat au fost analizate și au fost scoase în evidență dificultățile și opiniile elevilor și profesorilor în raport cu experimentul desfășurat, care vor fi prezentate în continuare. În primul rând, pe lângă succesele înregistrate de către echipele de proiect (figura 3), elevii s-au confruntat cu unele dificultăți specifice în procesul de proiectare inginerescă. Acestea se rezumă la următoarele:

- *Dificultăți în proiectarea și montarea circuitului:* circa 64% din elevii chestionați au subliniat că pentru a realiza cu succes activitatea respectivă este necesară mai multă practică, recunoscând că nu au suficiente deprinderi în acest sens.
- *Dificultăți la elaborarea programului pentru funcțiile de bază stabilite:* aproape 76% din elevi au menționat că sarcinile privind scrierea codului pentru a controla mișcările și funcțiile mini-navei sunt neobișnuite pentru ei și necesită în acest sens mai multe cunoștințe și dezvoltarea deprinderilor avansate de programare.

În al doilea rând, din analiza rezultatelor, au fost extrase opinii ale profesorilor și elevilor, printre care pot fi menționate următoarele:

- „Mi-a plăcut cum am lucrat în cadrul echipei. Toți colegii doreau să contribuie la construcția mini-navei”(elev AE12);
- „Ar trebui să avem mai multe proiecte de acest tip. Am învățat multe lucruri practice noi”(elev DE10);
- „Nu credeam că problema plasticului este atât de gravă pentru umanitate. Acum am înțeles problema. Rămâne să găsim soluții” (elev OE 7);

<i>N. Lupasco, dr. conf., ghidează procesul de construcție a mini-navei multifuncționale autopropulsate de depoluare și colectare a deșeurilor din plastic</i>	<i>Elevii Gimnaziului din s. Antonești, raionul Cantemir, schițează prototipul mininavei autopropulsate de colectare a deșeurilor din plastic</i>
<i>E. Chiriac, dr. conf., în parteneriat cu profesorii Gimnaziului din s. Antonești, examinează consecințele problemei poluării mediului cauzată de deșeurile din plastic</i>	<i>După mai multe eforturi elevii au reușit asamblarea modului electronic necesar pentru funcționarea mininavei autopropulsate</i>

Figura 3. Implementarea activităților/proiectelor STEAM, orientate spre proiectarea inginerescă, în abordarea problemelor globale actuale

- „Conexiunea dintre probleme ecologice globale (despre care au fost informați elevii) și soluțiile propuse pentru rezolvarea lor în cheia STEAM, servesc pentru noi o sursă de inspirație pentru alte situații similare” (B1);

- „M-a impresionat în mod special procesul parcurs de elevi privind proiectarea inginerescă a prototipului mini-navei” (F2);
- „Entuziasmul și pasiunea cu care au lucrat elevii în cadrul acestui experiment ar trebui de reprodus mai des pe parcursul anului de studii” (G3);
- „Prin monitorizarea rezolvării problemei STEAM propuse, am fost martorii implementării unui model eficient de cooperare inter/transdisciplinară. În felul acesta putem să reproducem și să reaplicăm modelul dat de cooperare și implicare și pentru alte proiecte din cadrul instituției noastre” (T2).

În concluzie, activitățile STEAM, inclusiv cele orientate spre proiectarea inginerescă, stimulează implicarea elevilor în abordarea problemelor globale actuale și dezvoltă responsabilizarea lor față de mediul înconjurător. Cercetarea experimentală a demonstrat că aceste aplicații sporesc interesul pentru domeniile STEAM și facilitează învățarea aprofundată a conceptelor științifice, ecologice, fizice, tehnice și matematice, consolidând astfel conștientizarea și motivația elevilor.

Articol realizat în cadrul proiectului de cercetare științifică „Global Issue-Oriented STEAM Teaching to Create a more Sustainable Future”, cod 24.80013.0807.2TR, din cadrul proiectelor bilaterale moldo-turce (2024-2025), prioritatea strategică IV „Provocări Societale”, cu sprijinul financiar oferit de Agenția Națională pentru Cercetare și Dezvoltare

Bibliografie

1. CHIRIAC, L., LUPAȘCO, N., PAVEL, M. Metodologia proiectării ingineresti a prototipului din perspectiva rezolvării problemelor STEAM. In: *Materialele Conferinței științifice internaționale „Abordări inter/transdisciplinare în predarea științelor reale (concept STEAM)”*, ed. 5-a. 31 octombrie-01 noiembrie 2025. Chișinău: IDIS „Viitorul”, 2025, pp. 322-331. ISBN 978-5-86654-577-3 (PDF). 561 p. Online: <https://drive.google.com/file/d/1QCw8nEcm-bkR0b8TMKI--gt-rff3XZSC/view>
2. GREMALACHI, A., CHIRIAC, L. Conceptul de școli STEAM. În: *Materialele Conferinței Științifice Internaționale „Abordări inter/transdisciplinare în predarea științelor reale, (concept STEAM)”* ed. a 3-a, Chisinau, October 27-28, 2023. 484 p. ISBN 978-9975-46-813-8 (PDF), pp. 14-22. https://drive.google.com/file/d/1907C0anboCwqHrQotBJ7dLu1-y6_HLIIf/view?pli=1
3. CHIRIAC, L. (coord.) et al. *Reconceptualizarea procesului de studiere a științelor reale din perspectiva inter/transdisciplinarității și valorificării educației STEAM*. Chișinău: Bons Offices, 2023. 80 p. ISBN 978-5-36241-116-9.
4. CHIRIAC, L., CHIRIAC, E., LUPAȘCO, N., PAVEL, M. *Itinerar Elementar în Inteligența Artificială și Algoritmi Genetici*. Chișinău: CEP UPSC, 2023. 109 p. ISBN 978-9975-46-818-3.

5. CHIRIAC, L., MIHALACHE, L., COZMA, D. et al. *Elaborarea și Rezolvarea Modelelor Matematice*. Chișinău: UPSC, 2023. 94 p. ISBN 978-9975-46-808-4
6. CHIRIAC, L., CHIRIAC, E., LUPAȘCO, N., PAVEL, M. Paradigme moderne în dezvoltarea și învățarea Inteligenței Artificiale. In: *The 29th Conference on Applied and Industrial Mathematics CAIM 2022*. 25-27 august 2022. Chișinău: UST, 2022. pp. 116-124. ISBN 978-9975-76-401-8. https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/116-124_6.pdf
7. UNDP. Zero plastic. Studiu privind gestionarea deșeurilor din plastic în Republica Moldova. 2023. <https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2023-02/STUDIU%20PRIVIND%20DE%C8%98EURILE%20DIN%20PLASTIC%20%C3%8EN%20REPUBLICA%20MOLDOVA.pdf>
8. HYNES, M. et al. Infusing engineering design into high school STEM courses. NCETE Publications, 2011. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED537364.pdf>

Receptionat / Received: 28.11.2025

Acceptat / Accepted: 29.12.2025

e-mail: chiriac.liubomir@upsc.md

chiriac.eugenia@upsc.md

lupasco.natalia@upsc.md

pavel.maria@upsc.md