

UNIVERSITATEA PEDAGOGICĂ DE STAT „ION CREANGĂ” DIN CHIȘINĂU

Cu titlu de manuscris

C.Z.U.: 37.016:519.17:004.4(043.2)

BOSTAN MARINA

**IMPLEMENTAREA NOILOR TEHNOLOGII INFORMAȚIONALE
ÎN PROCESUL DE STUDIERE A DISCIPLINEI UNIVERSITARE
„TEORIA GRAFURILOR”**

**532.02 – DIDACTICĂ ȘCOLARĂ
(PE TREPTE ȘI DISCIPLINE DE ÎNVĂȚĂMÂNT)**

Rezumatul tezei de doctor în științe ale educației

CHIȘINĂU, 2025

Teza a fost elaborată la Catedra Didactica Matematicii, Fizicii și Informaticii din cadrul Universității de Stat din Tiraspol, cu sediul la Chișinău / Catedra Informatică și Tehnologii Informaționale din cadrul Universității Pedagogice de Stat „Ion Creangă” din Chișinău

Conducători științifici:

CHIRIAC Liubomir, doctor habilitat în științe fizico-matematice, profesor universitar

HARITON Andrei, doctor în științe pedagogice, profesor universitar

Referenți oficiali:

GREMALSCHI Anatol, doctor habilitat în științe tehnice, profesor universitar, IPP

VASCAN Teodora, doctor în științe pedagogice, conferențiar universitar, UPSC

Componența consiliului științific specializat:

1. CIORBĂ Constantin, **președinte**, doctor habilitat în științe pedagogice, profesor universitar.
2. PAVEL Maria, **secretar științific**, doctor în științe pedagogice, conferențiar universitar.
3. SILISTRARU Nicolae, doctor habilitat în științe pedagogice, profesor universitar.
4. CABAC Valeriu, doctor în științe fizico-matematice, profesor universitar, USARB;
5. PANICO Vasile, doctor în științe pedagogice, profesor universitar.

Susținerea va avea loc la 26 iunie 2025, ora 11:00,

în ședința Consiliului științific specializat D 532.02-25-33 din cadrul Universității Pedagogice de Stat „Ion Creangă” din Chișinău, strada Ghenadie Iablocikin 5, sala 101, MD-2069.

Teza de doctor și rezumatul pot fi consultate la biblioteca Universității Pedagogice de Stat „Ion Creangă” din Chișinău și pe pagina web a ANACEC (nacec.md/ro/technicalstaff/evaluations).

Rezumatul a fost expediat la 26 mai 2025.

Secretar științific al Consiliului Științific Specializat,

PAVEL Maria

doctor în științe pedagogice, conferențiar universitar



Conducător științific:

CHIRIAC Liubomir

doctor habilitat în științe fizico-matematice, profesor universitar



Autor

BOSTAN Marina



CUPRINS

REPERELE CONCEPTUALE ALE CERCETĂRII.....	4
CONȚINUTUL TEZEI	7
CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI.....	26
BIBLIOGRAFIE	29
ADNOTARE	32

REPERELE CONCEPTUALE ALE CERCETĂRII

Actualitatea temei

Implementarea noilor tehnologii informației și a comunicațiilor (TIC) în sistemul educațional modern tinde să aibă profunzimea și coerența unei paradigme care devine caracteristică semnificativă pentru pregătirea profesională a viitorilor specialiști informaticieni care vor fi implicați în economia supercompetitivă a zilelor de azi și care prin definiție sunt obligați să cunoască și să se implice în rezolvarea problemelor actuale ale societății.

O societate informațională modernă poate exista doar într-o societate postindustrială care dispune de un sistem educațional contemporan, democrat și eficient ce generează premize optime și oferă șanse egale generației tinere să-și cultive abilitățile și cunoștințele necesare pentru implementarea ideilor creatoare în confruntarea provocărilor socio-economice.

Procesul de modernizare și europenizare a sistemului educațional din Republica Moldova se confruntă cu o serie de provocări ce țin de implementarea tehnologiilor informaționale (TI) în învățământul preuniversitar și universitar. Una din problemele majore identificate ține de implementarea tehnologiilor informaționale în procesul de studiere a științelor exacte, inclusiv informatică și matematică. Acest fapt a determinat tema cercetării: *Implementarea noilor tehnologii informaționale în procesul de studiere a disciplinei universitare „Teoria grafurilor”*.

În contextul celor menționate mai sus, actualitatea temei de cercetare este determinată de: (a) dezvoltarea spectaculoasă a sistemelor tehnologice în plan mondial; (b) schimbările și transformările ultra rapide socio-economice în societatea noastră; (c) necesitatea utilizării TI în studierea disciplinelor reale în sistemul educațional; (d) necesitatea dezvoltării metodologiilor și abordărilor didactice moderne privind implementarea TI (utilizarea TI) în sistemul educațional (e) necesitatea dezvoltării, testării și implementării unor metodologii moderne și strategii pedagogice aferente la aplicarea TI în sistemul educațional.

Strategia națională de dezvoltare „Moldova digitală 2030” [1], Strategia de dezvoltare „Educație 2030” [2] și „Strategia europeană în domeniul educației și formării profesionale ET 2020” [3] sunt orientate spre perfecționarea sistemelor educaționale din perspectiva formării profesionale în concordanță cu necesitățile pieței muncii. Implementarea noilor tehnologii informaționale în procesul universitar de învățământ creează deschideri pentru pregătirea noii generații de specialiști, care operaționalizează eficient teoriile informaționale în activitatea profesională, contribuind semnificativ la tehnologizarea domeniului de activitate.

Unitatea de curs *Teoria grafurilor* (TG), se studiază în universitățile din Republica Moldova în majoritatea instituțiilor superioare. Luând în considerație provocările tehnologice din ultima perioadă, este necesar să se schimbe accentele și paradigmele privind studierea TG în instituțiile superioare de învățământ. Tradițional, cursul universitar TG, este predat, în mod special, în universitățile cu profil pedagogic. Acest curs se studiază utilizându-se un număr limitat de instrumente didactice și cu implementarea limitată a TI moderne. Eficiența procesului de predare-învățare-evaluare poate să crească continuu, doar introducând și perfecționând noi instrumente didactice, în conexiune strânsă cu implementarea noilor tehnologii informaționale.

Sunt interesante cercetările privind abordarea specifică de utilizare a softurilor matematice în procesul didactic de către I. Lupu, L. Zastînceanu [4], P. Naslau, R. Negrea, L. Cadariu și alt. [5], J. Gerhard, I. Kotsireas [6], М.Н. Кирсанов [7], В.П. Дьяконов [8], V. Osipov [9, 10], O. Blajina [11], O. X. Халидова, А.А. Оленев [12], А. Г. Абдурахманов [13], А. С. Шевченко [14] ș.a.

În urma examinării studiilor efectuate se poate puncta faptul că există mai multe sisteme software matematice, care ar putea fi folosite eficient în procesul didactic din învățământul superior: MAPLE, MATHEMATICA, MATHCAD, MATLAB, DERIVE, REDUCE etc. Este necesar de menționat faptul că unul dintre cele mai populare softuri este MAPLE, care se utilizează cu succes, în prezent, în sistemele educaționale din mai multe țări.

Totodată, se cunoaște faptul că conform statisticii oficiale în Republica Moldova numărul absolvenților claselor de liceu cu profil real scade semnificativ. Astfel, conform studiului „*Reconceptualizarea procesului de studiere a științelor reale din perspectiva inter/transdisciplinarității și valorificării educației STEAM*” [15], numărul de candidați la examenul de BAC de la profilul umanist, în perioada 2018-2023, a fost mai mare cu circa 3113 elevi comparativ cu cei de la profilul real. Ori, din altă perspectivă, în mediu, numărul elevilor de la profilul real în raport cu cei de la profilul umanist, în fiecare an era cu 660 de elevi mai mic. Acest fapt ne conduce la concluzia că nu există la moment mecanisme de încurajare a motivației tinerilor de a alege cariere STEM, ceea ce, în viitorul apropiat, va genera scăderea competitivității economiei reale. Pentru rezolvarea problemei respective în prezent se promovează aplicarea conceptului STEM în sistemul educațional. Astfel, în cadrul studiilor [16–26] s-a pus accentul pe studierea, investigarea diverselor aspecte didactice și metodologii privind implementarea educației STEM având drept scop creșterea interesului elevilor/studenților în raport cu studierea științelor reale. Însă, totodată, putem constata faptul că există o serie de dificultăți, care întârzie și rețin procesul de implementare a sistemelor software matematice și a conceptului STEM în studierea disciplinelor, care se referă la științele reale precum ar fi:

(1) Familiarizarea insuficientă a studenților cu sistemele software matematice; (2) Cunoașterea insuficientă de către cadrele didactice a performanțelor sistemelor software matematice; (3) Lipsa unor abordări metodologice eficiente privind aplicarea TI și a mecanismelor de implementare a conceptului STEM în procesul didactic; (4) Lipsa unor manuale/ghiduri/lucrări didactice care se referă la științele reale și care ar trata materia cursului universitar TG prin prisma implementării sistemelor software matematice moderne.

Ținând cont de argumentele menționate punctăm următoarele contradicții structurale:

1. Procesul de cercetare care ține de elucidarea reperelor teoretico-practice privind valorificarea tehnologiilor informaționale și internet la studierea științelor reale este cu mult mai lent în raport cu creșterea nivelului exigențelor angajatorilor față de competențele profesionale impuse viitorii specialiști din domeniul STEM.

2. Nivelul de pregătire al studenților implicați în procesul de studiere a cursului TG este insuficient comparativ cu complexitatea subiectelor incluse în planul de studii al cursului respectiv examinate din perspectiva implementării conceptului STEM.

*Contradicțiile evidențiate ne direcționează spre stabilirea următoarei **probleme de cercetare:** elucidarea reperelor teoretice și metodologice de valorificare a tehnologiilor informaționale și internetului pentru dezvoltarea optimă a competențelor vizate prin studiul unității de curs „Teoria Grafurilor” ale viitorilor specialiști din domeniile STEM.*

Obiectul cercetării îl constituie procesul valorificării tehnologiilor informaționale și internet în studierea unității de curs „Teoria Grafurilor”.

Scopul cercetării rezidă în stabilirea reperelor teoretice, elaborarea și validarea experimentală a unei metodologii de implementare a tehnologiilor informaționale și internetului în procesul de studiere a unității de curs „Teoria Grafurilor”.

Ipoteza cercetării. Dacă:

- vor fi stabilite reperele teoretice referitor la implementarea/aplicarea a tehnologiilor informaționale și internetului în procesul de studiere a unității de curs „Teoria grafurilor”;
- vor fi analizate valoric bunele experiențe și tendințele de predare-învățare-evaluare din mediul academic a unității de curs respective;
- vor fi elaborate și validate experimental metodologia de aplicare a tehnologiilor informaționale și internetului în procesul de studiere a unității de curs „Teoria Grafurilor” din perspectiva conceptului STEM, atunci, aceasta va contribui la eficientizarea formării competențelor profesionale ale specialiștilor din domeniile STEM.

Obiectivele cercetării:

- 1) Elucidarea reperelor teoretice privind studierea unității de curs „Teoria Grafurilor”.
- 2) Analiza experienței privind studierea disciplinei *Teoria Grafurilor* în centre universitare cunoscute la nivel național și internațional.

3) Elaborarea unei metodologii de valorificare a tehnologiilor informaționale și a internetului în procesul de studiere a unității de curs „*Teoria Grafurilor*” din perspectiva conceptului STEM.

4) Proiectarea unui Model Pedagogic de valorificare a unei metodologii de implementare a tehnologiilor informaționale și internetului în procesul de studiere a unității de curs „*Teoria Grafurilor*”.

5) Validarea experimentală a Modelului Pedagogic și a metodologiei de implementare a tehnologiilor informaționale și internetului în procesul de studiere a unității de curs „*Teoria Grafurilor*” din perspectiva conceptului STEM.

Metodele de cercetare implementate: (a) **metode teoretice:** sistematizarea și documentarea științifică; analiza și generalizarea; modelarea pedagogică; compararea proceselor educaționale/de formare; (b) **metode experimentale:** organizarea și desfășurarea experimentului pedagogic; lucrul individual; observarea; chestionarul de opinie; testarea, analiza și evaluarea; (c) **metode de analiză:** procesarea statistică a informației obținute în urma efectuării experimentului, analiza și interpretarea rezultatelor.

Problema științifică rezolvată constă în elucidarea reperelor teoretice și elaborarea unei metodologii privind sporirea calității procesului de învățare a unității de curs „*Teoria Grafurilor*”, fapt ce a condus la proiectarea unui Model pedagogic privind implementarea noilor tehnologii informaționale și internetului în procesul de predare-învățare-evaluare, direcționat spre dezvoltarea competențelor vizate prin studiul disciplinei respective ale viitorilor specialiști din domeniile STEM.

Noutatea și originalitatea științifică: au fost stabilite reperele teoretice și praxiologice privind valorificarea TI și a Internetului în studierea unității de curs „*Teoria Grafurilor*”, integrate într-un model pedagogic funcțional elaborat în cheia educației STEM.

Semnificația teoretică a lucrării rezidă în: completarea conceptelor didactice privind studierea unității de curs Teoria Grafurilor prin implementarea tehnologiilor informaționale și internetului din perspectiva STEM; fundamentarea teoretică și metodologică a Modelului pedagogic elaborat; valorificarea unei metodologii de implementare a tehnologiilor informaționale și a internetului în procesul de predare-învățare a unității de curs „*Teoria Grafurilor*”.

Importanța aplicativă a lucrării: (1) *Aprobarea și aplicarea reușită a modelului pedagogic dezvoltat și a metodologiei concepute, elaborat de autor, prin intermediul tehnologiilor informaționale și internetului, în procesul de învățare a unității de curs Teoria grafurilor.* (2) *Actualizarea curriculumului și elaborarea lucrărilor de laborator model, în baza softului MAPLE la Teoria Grafurilor, prin prisma modelului pedagogic elaborat și a conceptului STEM.* (3) *A fost perfecționată metodologia elaborării Hărții Tehnologice de implementare a unui proiect STEM la Teoria Grafurilor din perspectiva conceptului învățării interactiv-tehnologizate.* (4) *Elaborarea manualului „Elemente de Teoria Grafurilor” conceput din perspectiva implementării softului MAPLE și a limbajelor de programare Pascal/C++.*

Etapele cercetării. Organizarea și implementarea experimentul pedagogic au avut loc în perioada anilor 2016–2020 (patru ani de studii) la Universitatea de Stat din Tiraspol și Universitatea Pedagogică de Stat „Ion Creangă” din Chișinău, prin implicarea studenților de la programele de studiu: Informatică (științe exacte), Informatică (științe ale educației), Informatică și Matematică (științe ale educației), Matematică și Informatică (științe ale educației), Fizică și Informatică (științe ale educației).

Implementarea rezultatelor științifice s-a produs în procesul educațional la studierea cursului universitar TG din cadrul Universității de Stat din Tiraspol și Universității Pedagogice de Stat „Ion Creangă” din Chișinău. În prezent modelul pedagogic conceput și metodologia elaborată sunt utilizate în cadrul studierii cursurilor de informatică la UPSC.

Aprobarea rezultatelor cercetării s-a realizat în conformitate cu etapele stabilite în procesul cercetării, pe parcursul îndeplinirii obiectivelor teoretice și experimentale. Cele mai semnificative rezultate ale investigației științifice au fost prezentate, discutate și aprobate la: a) ședințele Catedrei de Informatică și Tehnologii Informaționale din cadrul UST și ale Catedrei de Informatică și Matematică din cadrul UPSC. b) ședințele comune ale Catedrelor de Informatică și Tehnologii Informaționale și de Didactica Matematicii, Fizicii și Informaticii din cadrul UST; c) conferințe științifice naționale și

internaționale, dintre care menționăm: 3 conferințe științifice internaționale (peste hotare); 11 conferințe științifice internaționale (Republica Moldova); 2 conferințe științifice naționale.

Publicații la tema tezei. Lucrările științifice și științifico-metodice publicate la tema tezei sunt expuse în 22 publicații: un manual „Elemente de teoria grafurilor”; 4 articole științifice în reviste naționale de categoriile B și C; 10 articole în cadrul conferințelor internaționale; 4 articole în cadrul conferințelor naționale din țară; 3 teze publicate la conferințe internaționale și naționale.

Structura și volumul tezei. Lucrarea este constituită din introducere, 3 capitole, concluzii generale, adnotări în limbile română, rusă și engleză, bibliografie din 244 de titluri, 25 de anexe, 158 de pagini text de bază, inclusiv 32 de figuri și 39 de tabele.

Cuvinte-cheie: teoria grafurilor, tehnologii informaționale și internet, model pedagogic, experiment pedagogic, strategii didactice interactive, STEM, conceptul învățare interactiv-tehnologizată.

CONȚINUTUL TEZEI

În **Introducere** sunt argumentate actualitatea și importanța temei de cercetare, este descrisă necesitatea utilizării noilor tehnologii informaționale în demersul didactic al cursului universitar „Teoria grafurilor”, este stabilită problema cercetării și determinat gradul ei de investigație, sunt determinate scopul și obiectivele cercetării, sunt scoase în evidență noutatea științifică, importanța teoretică și valoarea aplicativă.

În **Capitolul 1** intitulat *Fundamentele teoretico-metodologice ale studierii cursului teoria grafurilor prin utilizarea tehnologiilor informaționale* este explorată evoluția TG din perspectiva utilizării tehnologiilor informaționale în domeniul educațional. Primul paragraf se referă la evoluția TG în relație cu utilizarea TI, evidențiind impactul și beneficiile aduse de acestea în domeniul studiului grafurilor. În al doilea paragraf sunt analizate abordările didactice privind studierea TG în sistemele de educație din diverse țări, oferind un studiu comparativ și evidențiind modul în care aceste abordări pot fi adaptate și implementate în învățământul universitar. Astfel, este efectuată o analiză comparativă referitor la studierea unității de curs „Teoria Grafurilor” în universitățile din Republica Moldova, Uniunea Europeană, Statele Unite ale Americii și din Federația Rusă, examinând numărul de ore/credite, mijloacele utilizate la prelegeri și seminare/laboratoare, metodele și strategiile de predare în formarea de competențe specifice acumulate/formate. Reformele din sistemul de învățământ actual din Republica Moldova, contribuie la conectarea sistemului universitar național la spațiul informațional educativ internațional. De la metodele tradiționale se trece treptat la metode moderne de desfășurarea a lecțiilor care presupun abordări interactive și aplicarea tehnologiilor informaționale. În ultimul paragraf se efectuează o analiză comparativă a modului în care tehnologiile informaționale sunt integrate în procesul de predare, învățare și evaluare a TG. Sunt evidențiate avantajele practice ale utilizării TI în transmiterea și asimilarea conținutului legat de teoria grafurilor. Acest paragraf explorează modul în care tehnologiile, precum simulările vizuale, platformele de învățare online și instrumentele de evaluare automată, pot îmbunătăți înțelegerea și aplicarea practică a conceptelor de grafuri.

În **Capitolul 2** intitulat *Modelul pedagogic și metodologia implementării tehnologiilor informaționale în procesul de studiere a teoriei grafurilor* sunt abordate aspecte legate de dezvoltarea modelului pedagogic și metodologiei de implementare acestuia în procesul de studiere a TG prin prisma implementării tehnologiilor informaționale și internet. În primul paragraf este explorată necesitatea implementării TI și a strategiilor didactice interactive în predarea TG, evidențiind importanța acestora în dezvoltarea abilităților și competențelor necesare viitorilor specialiști din domeniile STEM. Al doilea paragraf se axează pe elaborarea unui model pedagogic pentru studierea TG, axat pe implementarea tehnologiilor informaționale și internet. Cercetarea se concentrează pe identificarea metodelor și resurselor educaționale potrivite pentru a sprijini procesul de învățare a TG cu ajutorul TI. Cercetarea vizează identificarea metodelor și resurselor educaționale adecvate pentru a susține procesul de învățare a TG, luând în considerare modul în care TI pot îmbunătăți interacțiunea studenților cu conținutul teoretic și aplicativ al cursului, precum și dezvoltarea abilităților de analiză și rezolvare a problemelor. În al treilea paragraf este prezentată metodologia implementării modelului pedagogic elaborat, detaliind pașii și instrumentele necesare. Al patrulea paragraf abordează aplicarea conceptului STEM în studiul TG, explorând învățarea

activ-tehnologizată și avantajele acesteia. În cele din urmă, al cincilea paragraf oferă recomandări didactice privind implementarea modelului pedagogic, urmat de concluziile capitolului, care sintetizează contribuțiile și implicațiile cercetării.

Implementarea modelării pedagogice, ca metoda fundamentală de cercetare a fenomenelor educaționale, este recunoscută de numeroși cercetători drept un proces complex, caracterizat prin planificarea, implementarea și evaluarea activităților didactice, cu scopul de a crea un mediu de învățare eficient pentru studenți. „Prin modelare pedagogul-cercetător percepe, înțelege și pătrunde mai profund în realitatea fenomenelor educaționale” [27, p. 35]. Modelarea pedagogică reprezintă, de asemenea, un proces dinamic, care necesită abilități și competențe în comunicare, managementul clasei, relaționare, adaptabilitate și creativitate. Astfel, procesul de modelare pedagogică presupune o înțelegere profundă a nevoilor și caracteristicilor studenților, pentru a asigura fiecărui student oportunitatea de a învăța în modul cel mai eficient și adaptat stilului său de învățare.

„O metodă fundamentală de cercetare a fenomenelor educaționale reprezintă modelarea pedagogică. Rezultatul/produsul modelării îl reprezintă modelul pedagogic” [27, p.32]. În continuare se va descrie modelul pedagogic elaborat în scopul cercetării, cu titlul „Modelul pedagogic de implementare a noilor tehnologii informaționale în procesul de studiere a disciplinei universitare „Teoria grafurilor” (abreviat - MPINTI TG sau cu titlul prescurtat, după caz, Modelul pedagogic, Figura 1). În Recomandarea Consiliului UE din 22 mai 2018 privind competențele-cheie pentru învățarea pe tot parcursul vieții sunt punctate 8 competențe cheie: „(1) competențe de alfabetizare; (2) competențe multilingvistice; (3) **competențe în domeniul științei, tehnologiei, ingineriei și matematicii**; (4) competențe digitale; (5) competențe personale, sociale și de a învăța să înveți; (6) competențe cetățenești; (7) competențe antreprenoriale; (8) competențe de sensibilizare și expresie culturală”. În acest sens, dezvoltarea competențelor (3) în **domeniul științei, tehnologiei, ingineriei și matematicii** se realizează reușit și eficient și prin educația STEM. Astfel, în documentul respectiv se menționează: „Competențele în domeniul matematicii sunt definite drept capacitatea de a dezvolta și de a folosi gândirea și raționamentul matematic pentru a rezolva o serie de probleme în situații de zi cu zi. Competențele în știință, tehnologie și inginerie implică înțelegerea schimbărilor cauzate de activitatea umană și a responsabilității fiecărui cetățean.”

Totodată, remarcăm faptul că în Codul Educației al Republicii Moldova, din cele 9 competențe-cheie menționate (inclusiv competențe în matematică, științe și tehnologie), lipsește ingineria. Acest fapt ar trebui de compensat prin intermediul implementării activităților/proiectelor STEM în conformitate cu tezele menționate în Recomandarea Consiliului UE .

Modelul pedagogic (Figura 1) elaborat conține patru componente de bază, interconectate, având drept scop funcționarea eficientă a modelului. Astfel, componentele centrale, cu varia raporturi variabile între ele, sunt: **documentele directive, dezvoltarea cursului, realizarea cursului, monitorizare și evaluarea finalităților**. Modelul pedagogic elaborat dezvoltă metodologia, abordările și condițiile pedagogice care determină activitățile didactice ce conduc la **implementarea eficientă a tehnologiilor informaționale și a internetului în procesul de studiere a unității de curs „Teoria grafurilor”**.

În modelul elaborat, performanțele studenților sunt reprezentate de finalitățile programelor de studii. Așa cum, TG se predă la mai multe programe de studii, finalitățile sunt specifice fiecărui program, presupunând dezvoltarea competențelor de specialitate.

De asemenea, *competențele studenților*, sunt raportate la finalitățile programelor de studii. În cazul cercetării efectuate, vor fi prezentate competențele care urmează să fie dezvoltate în cadrul cursului universitar TG. Cercetători din întreaga lume au abordat conceptul de competență din diverse perspective, adaptând definiția la contexte specifice. Astfel, vom considera următoarea definiție a competenței: „o structură dinamică, formată în rezultatul învățării, activității profesionale și practicii trăite, care organizează activitatea unei persoane, plasate într-o situație, într-un context determinat, prin alegerea, mobilizarea și coordonarea unui ansamblu diversificat de resurse pentru tratarea reușită a situației” [28].

Unitatea de curs TG nu doar oferă o bază teoretică solidă, ci contribuie și la dezvoltarea competențelor practice și interpersonale esențiale pentru o carieră de succes în domeniile STEM. Abordarea interactivă și aplicată a cursului permite studenților să dobândească abilități de analiză,

rezolvare a problemelor, comunicare și colaborare, care îi vor ajuta să devină specialiști competenți și adaptabili. După cum s-a menționat anterior, universitățile din Republica Moldova unde se studiază TG sunt: USM, UTM, ASEM, USARB, UST(UPSC), UPSC. Necesitatea studierii TG este condiționată de aplicarea într-o varietate de domenii, oferă un set de instrumente pentru analiza și rezolvarea problemelor legate de conexiuni și relații între obiecte. Prin urmare, după o analiză detaliată a necesității și cerințelor de implementare a TI în formarea competențelor digitale a specialiștilor din domeniul STEM, a fost dezvoltat modelul pedagogic de implementare a tehnologiilor informaționale și internetului pentru studierea **TG, conform modelului MPINTI TG** (Figura 1), bazat pe următoarele documente strategice: Recomandarea Consiliului UE din 2018 privind competențele cheie pe tot parcursul vieții; Codul Educației 2014 și Strategia de dezvoltare „Educația 2030”[2]; Cadrul național al calificărilor.

Dimensiunea **DEZVOLTAREA CURSULUI** din model este completată de următoarele componente (influențată de mai mulți factori), care asigură partea epistemologică a cercetării: (1) *Cerințele pieței muncii*; (2) *Experiența națională și internațională*; (3) *Conceptul STEM*; (4) *Mediul educațional digital*; (5) *Designul cursului*; (6) *Principii didactice*.

Astfel, examinăm componentele menționate:

1. Cerințele pieței muncii reflectă detaliile despre locurile de muncă „din trecut până în prezent, și oferă estimări pentru viitor. Informațiile privind piața muncii identifică în mod clar sectoarele în care oportunitățile de muncă sunt în creștere sau descreștere, ce profesii sunt disponibile, ce studii trebuie să urmezi pentru a putea practica profesia respectivă, de ce ai nevoie pentru a lucra într-o anumită profesie, cum îți poți găsi un loc de muncă, cum îți poți schimba locul de muncă sau cum îți poți dezvolta cariera profesională”[29].

2. Experiența națională și internațională în MPINTI TG constituie o bază importantă pentru asigurarea condițiilor de predare a cursului TG. Experiența acumulată în urma analizei situației și a studiului universităților din Moldova, România, Germania, Federația Rusă și SUA a contribuit la sporirea calității cunoștințelor și calității necesare pentru proiectarea și realizarea unității de curs TG.

3. Conceptul STEM (Știință, Tehnologie, Inginerie și Matematică). Conexiunea dintre conceptul STEM și TG poate fi menționată prin aplicarea conceptelor și algoritmilor TG în domenii interdisciplinare și creative [30-33]. De exemplu: **(a) proiectarea rețelelor și a sistemelor:** TG oferă un cadru conceptual pentru modelarea și analiza rețelelor complexe, precum rețelele sociale, rețele de comunicații, rețele de transport și altele. În domeniul ingineriei și tehnologiei, TG poate fi folosită pentru a proiecta și optimiza infrastructura rețelelor, rutelor de transport sau schemelor de comunicații; **(b) optimizarea și planificarea:** TG oferă algoritmi și tehnici pentru optimizarea problemelor complexe, cum ar fi planificarea resurselor, programarea sarcinilor sau proiectarea/simularea circuitelor. Aceste concepte sunt relevante în inginerie și tehnologie, unde eficiența optimizării și planificarea strategică sunt esențiale; **(c) arhitectura și designul:** TG poate fi aplicată în procesul de proiectare arhitecturală și design. De exemplu, în planificarea spațială și urbană, conceptele de conectivitate și trasee pot fi modelate utilizând grafuri pentru a optimiza utilizarea spațiului și circulația; **(d) analiza datelor și vizualizarea:** analiza datelor și vizualizarea informațiilor reprezintă componente esențiale ale STEM. TG poate fi utilizată pentru a reprezenta și analiza relațiile și interconexiunile într-un set de date complex. Grafurile oferă o modalitate vizuală eficientă de a înțelege și comunica informațiile într-un mod interactiv și captivant.

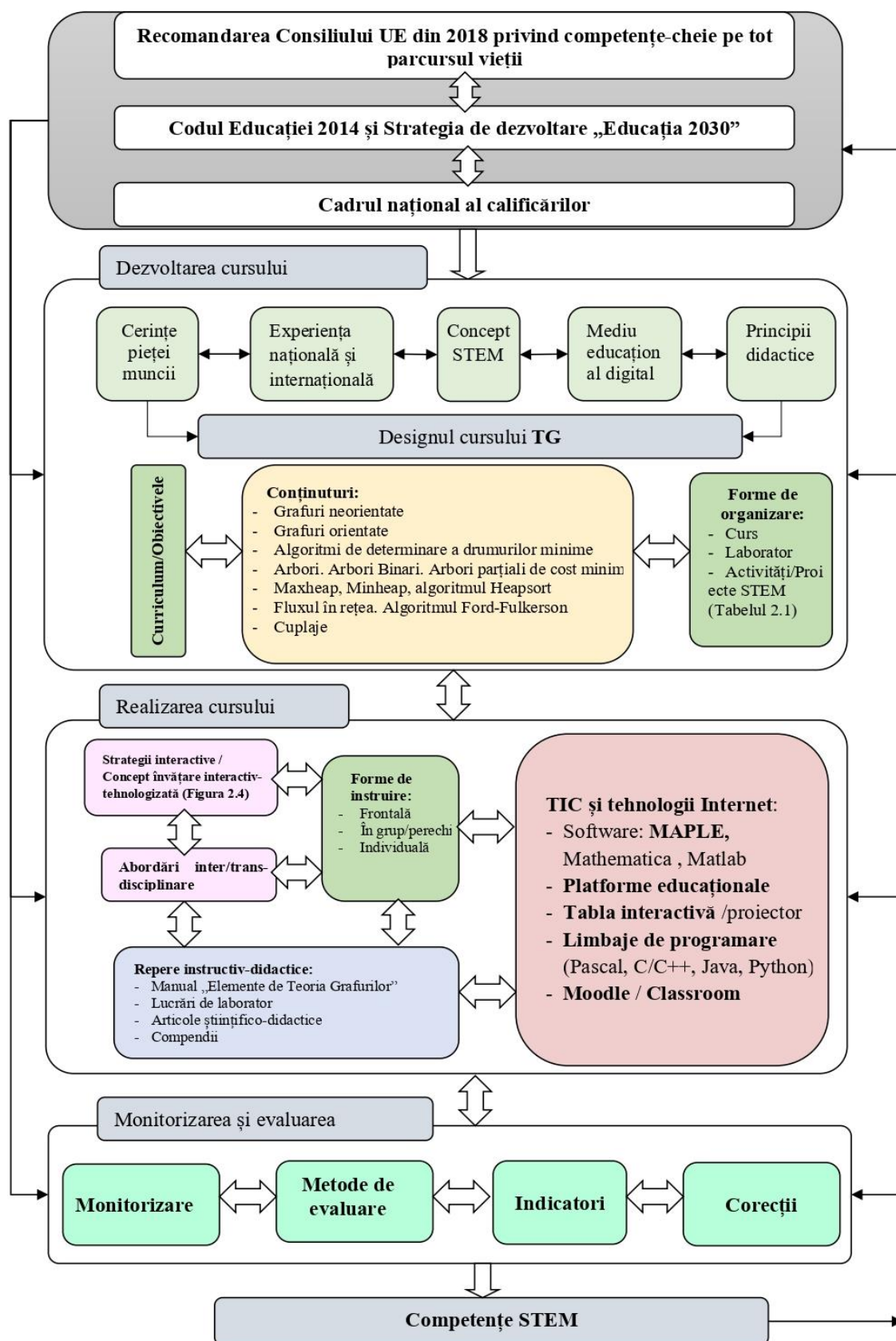


Figura 1. Modelul pedagogic de implementare a tehnologiilor informaționale și Internet în procesul de studiere a unității de curs Teoria grafurilor (MPINTI TG) completat și de Figura 2. și Tabelul 1.

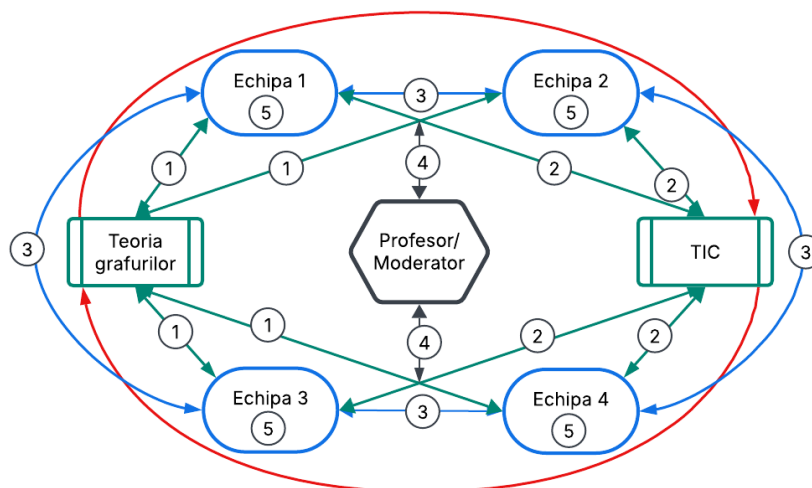


Figura 2. Modelul conceptului învățării interactiv-tehnologizată

- (1) Interacțiune inter-materială student – materia de studiu.
- (2) Interacțiune inter-materială student – tehnologie informațională.
- (3) Interacțiune colegială pe orizontală student – echipă.
- (4) Interacțiune colegială pe verticală student – profesor.
- (5) Interacțiune colegială student – student.

Funcționarea modelului respectiv este descrisă în subcapitolele din lucrare 2.4.2 și 2.4.3 (pag.114-119)

Este important să înțelegem că STEM este un domeniu vast și divers, iar aplicarea TG poate varia în funcție de contextul specific și de creativitatea cercetătorilor și practicienilor din diferite domenii. Metodologia implementării conceptului STEM este prezentată în lucrare, în subcapitolul 2.4 „**Aplicarea conceptului STEM în studierea Teoriei Grafurilor. Conceptul învățării interactiv-tehnologizate** (problema drumurilor minime, algoritmul Heap-Sort și algoritmul Ford-Fulkerson) (pag.96-113).

4. Mediul educațional digital bine conceput poate facilita semnificativ învățarea TG la universitate. Acesta integrează software-uri (Maple, Mathematica, MATLAB, etc), platforme online specializate, limbaje de programare, platforme de învățare (Classroom, Moodle), resurse digitale și altele, pentru a crea o experiență de învățare interactivă, captivantă și personalizată. Mediul educațional digital oferă o experiență de învățare interactivă, personalizată, accesibilă, colaborativă și motivantă, care poate îmbunătăți semnificativ înțelegerea a TG și contribuie la dezvoltarea competențelor necesare aplicării TG în diverse domenii. Așa dar, ce înțelegem prin mediul educațional digital?

Conform cercetătorilor, N. Y. Yehorchenkova, Iu. M. Teslia, Iu. L. Khlevna, și O. M. Kychan: „*Mediul educațional digital reprezintă un set de instrumente, resurse și servicii de rețele informaționale și de comunicații care asigură comunicarea, interacțiunea, învățarea, participarea la comunități virtuale de învățare pentru a forma competențele relevante ale studenților*”. Mediul educațional digital contribuie la trecerea de la activități reproductive la activități creative.

5. Design-ul cursului. În viziunea noastră, designul unui curs într-un anumit domeniu (în cazul nostru, unitatea de curs TG) reprezintă procesul de dezvoltare a unor materiale și medii de învățare eficiente, care stimulează studenții să studieze domeniu respectiv, dezvoltându-și competențele și cunoștințele. Dezvoltarea design-ului cursului TG s-a realizat mizând pe următoarele componente esențiale: *Cerințele pieței muncii; Experiența națională și internațională; Conceptul STEM; Mediul educațional digital; Principii didactice de utilizare TIC cât și stabilirea obiectivelor cursului și formele de organizare a procesului de studiu.*

Considerăm că designul unui curs de calitate ar trebui să îmbine idei și propuneri privind crearea de materiale de învățare cu medii care implică activ studenții, oferindu-le experiențe de învățare teoretice și practice. La etapa de realizare a unității de curs se propune dezvoltarea de materiale de învățare și predare care să includă: *conținut de învățare, module de învățare, resurse de învățare, manuale, teste și criterii de performanță etc.*

6. Principiile didactice de utilizare TIC, care asigură formarea/dezvoltarea competențelor studenților prin intermediul cursului TG, sunt particularizate pe baza principiilor generale. Totodată, este necesar de menționat *că autorul vine cu completări la cele șapte principii didactice de utilizare a TIC* în procesul de predare-învățare a informaticii, care reflectă particularitățile învățării cu utilizarea TI, propuse de Sofronova N.V. [34]:

- **Curriculum și obiectivele cursului includ curriculum dezvoltat (Anexa 1).**
- **Obiectivele cursului** vizează atât dobândirea cunoștințelor teoretice fundamentale, cât și dezvoltarea abilităților analitice, digitale, de rezolvare a problemelor, de comunicare și de colaborare. Abordarea interactivă și aplicată a cursului permite studenților să aplice TG la probleme din diverse domenii și să dezvolte competențele necesare pentru o carieră de succes în domeniile STEM. Conținuturile, formele de organizare a procesului de învățământ și a cursului TG sunt valorificate în conformitate cu structura designului modelului pedagogic MPINTI TG. Aspectele specifice cursului TG, reflectate prin modelul pedagogic includ următoarele:

- **Conținuturi:** Conținuturile sunt selectate în corelație cu standardele internaționale, acceptate în universitățile europene: *Grafuri neorientate; Grafuri orientate; Algoritmi pentru determinarea drumurilor minime în grafuri; Arbori. Arbori Binari. Arbori parțiali de cost minim; Maxheap, Minheap, algoritmul Heapsort; Fluxul în rețea. Algoritmul Ford-Fulkerson; Cuplaje.* Unele aspecte didactice de studiere conținuturilor menționate sunt reflectate în lucrările publicate [35-44];

- **Forme de organizare** a procesului de învățământ: curs, laborator, activități individuale, proiecte, tutoriale, video-uri, consultații etc.

Dimensiunea **REALIZAREA CURSULUI** în modelul pedagogic MPINTI TG de implementare TI și internet în procesul de studiere a disciplinei universitare TG este completată de următoarele componente, care asigură partea tehnologică a cercetării: **Strategii interactive/Concept învățare interactiv-tehnologizată; Abordări inter/trans-disciplinare; Forme de instruire** (frontală, în grup/perechi, individuală); **TI și tehnologii Internet; Repere instructiv-didactice.**

În prezent, **tehnologiile informaționale și internetul** pot fi aplicate la procesul de studiere pentru a oferi studenților acces la informații și resurse suplimentare. Aceasta poate include utilizarea platformelor de învățare online, a materialelor didactice digitale și a instrumentelor de colaborare și comunicare.

Selectarea strategiilor și metodelor de predare adecvate: odată ce s-au identificat obiectivele educaționale, se pot alege metodele de predare adecvate pentru atingerea acestora, care trebuie să fie adaptate nevoilor și stilurilor de învățare ale studenților și pot include, de exemplu, predarea interactivă, studiul de caz, seminarele, atelierile practice și cercetarea independentă. În modelul pedagogic MPINTI TG sunt incluse următoarele **metode didactice:** *problematizarea, algoritmizarea, învățare prin descoperire, modelarea, studiul de caz, metode euristice etc.* Totodată, este lansat, dezvoltat și aplicat conceptul de **învățare interactiv-tehnologizată.**

Abordări inter/transdisciplinare reprezintă un element cheie în modelul pedagogic prezentat. Acestea se referă la integrarea cunoștințelor și metodelor din diverse discipline; dezvoltarea unei înțelegeri mai profunde și mai aplicabile; stimularea gândirii critice și a creativității; precum și relevanța pentru problemele din lumea reală.

Componenta TI și tehnologii de Internet în model este dezvoltată prin aplicarea următoarelor mijloace specifice disciplinei universitare TG:

- *Software MAPLE (versiunile 18, 21, 24), Mathematica, MATLAB; Platforme educaționale: campion.edu.ro, graphonline.ru, graph_redactor; Limbaje de programare (Pascal, C/C++, Java, Python); Platforme de învățare Moodle/Classroom; Tabla interactivă/proiector.*

Nemijlocit, implementarea TI și tehnologiilor de internet este argumentată și demonstrată în lucrare: 2.3 Metodologia implementării modelului pedagogic (pag. 77). Astfel, în 2.3.1 Exemplu de implementare.

(A1) *Determinarea drumurilor de cost minim de la un vârf fixat până la toate celelalte vârfuri:* Metoda 2. Rezolvare în aplicația Maple 21. Metoda 3. *Rezolvare în limbajul de programul Pascal / C++.*

(A2). *Abordări didactice privind implementarea Algoritmului Roy-Floyd:* Metoda 2. *Soluționarea problemei 2 în MAPLE 18; Metoda 3. Rezolvare în programul Pascal / C++.*

Componenta repere instructiv-didactice contribuie semnificativ la modernizarea predării și învățării disciplinei universitare TG prin elaborarea și dezvoltarea materialelor științifico-didactice: manualul „Elemente de Teoria Grafurilor”[44], lucrări de laborator, articole științifico-didactice, teste electronice și tradiționale, compendii.

Componenta **MONITORIZAREA ȘI EVALUAREA CURSULUI** în modelul pedagogic de implementare a noilor tehnologii informaționale în procesul de studiere a disciplinei universitare TG este completată de următoarele componente: **monitorizarea cursului; metode de evaluare; indicatori; corecții** la nivelul de: conținuturi; strategii, metode și tehnologii didactice, precum și al tehnologiilor informaționale.

Modelul pedagogic elaborat MPINTI TG îl face distinct de alte modele cunoscute prin următoarele aspecte:

1) Studiarea Teoriei Grafurilor se realizează din perspectiva implementării softului MAPLE, platformelor educaționale/interactive și a conceptului STEM. În acest scop a fost propusă elaborarea Hărții Tehnologice privind implementarea activităților/ proiectelor STEM la Teoria Grafurilor.

2) A fost conceput și aplicat conceptul: învățare interactiv-tehnologizată care conduce la creșterea eficienței studierii TG prin intermediul softului MAPLE aplicat în corespundere cu principiile didactice de utilizare TIC, particularități ale didacticii generale.

3) conținuturile dezvoltate și incluse în MPINTI TG corespund cu cerințele existente pe piața muncii, competențele învățării pe tot parcursul vieții și competențele STEM.

În general, modelul pedagogic universitar elaborat este flexibil și adaptabil la nevoile și stilurile de învățare ale studenților și la evoluția continuă a tehnologiei și a cunoștințelor din domeniu.

Aplicarea conceptului STEM la studierea Teoriei Grafurilor. Conceptul învățării interactiv-tehnologizate. Avantajele cele mai semnificative ale educației STEM țin de implicarea directă a studenților în procesul de studiere a unor fenomene prin soluționarea problemelor practice inspirate din viața reală, evidențiind astfel legăturile existente între teorie și practică, contribuind la înțelegerea necesității dezvoltării competențelor necesare viitorilor specialiști care vor activa în domeniile STEM.

În acest context TG, fiind o ramură a matematicii, prin intermediul noțiunilor, conceptelor și teoremelor fundamentale, poate asigura modelarea matematică a multor fenomene din lumea reală. În pofida faptului că TG este o știință interdisciplinară, în procesul de studiere a cursului respectiv, nu întotdeauna se acordă atenție rezolvării problemelor care vin din viața reală și care ar presupune elaborarea modelului matematic și identificarea soluțiilor în cheia educației STEM. Din această perspectivă, propunem o nouă abordare în procesul de învățare a TG.

Există diferite definiții ale cercetătorilor privind strategiile didactice. Astfel, de exemplu, cercetătorii I. Albușescu, M. Albușescu susțin că „*strategia didactică reprezintă modul de abordare și rezolvare a sarcinilor concrete de instruire*”.

Iar strategiile didactice interactive de grup [45, p.9] reprezintă ”modalitățile de organizare a activității prin care se favorizează schimburile inter-relaționare între participanți la activitate prin procese interumane de cooperare și competiție constructivă (educați – educați, educați – profesori, educați –grup), stimulând activismul subiectului în interacțiunea sa, nu numai cu ceilalți, ci și cu materialul de studiu (educați – conținut), prin procese de acțiune și transformare a informației.”

În procesul de studiere a TG, profesorul caută permanent să găsească răspuns la următoarele întrebări: „În ce situații și condiții studiul materiei este mai eficient: când studenții lucrează în grup sau când învață fiecare independent? Ce metode didactice sunt cele mai potrivite pentru fiecare situație?” Pe baza observațiilor proprii și în funcție de subiectele studiate, considerăm **că pot fi aplicate următoarele două abordări didactice:**

În cazul în care subiectele abordate sunt de complexitate medie și nu necesită explicații suplimentare multilaterale, atunci, evident, fiecare student învață mai eficient în mod independent. Ritmul învățării și al înțelegerii materiei studiate de către fiecare student depinde de nivelul său de pregătire și capacitatea de a asimila lucruri noi. În acest caz, nu poate fi exclusă competiția dintre studenți. Competiția, în linii mari, are aspecte pozitive, dar, în același timp, poate ține în umbră studenții cu o

pregătire academică mai slabă, care nu reușesc de fiecare dată să înțeleagă esența materialului studiat comparativ cu colegii mai bine pregătiți în acest domeniu;

În situația în care subiectele abordate sunt de complexitate avansată, eficiența studierii materialului este mai mare când procesul de învățare este organizat în echipă. În aceste condiții, rolul profesorului constă în primul rând în bună organizare a mediului de relaționare interactivă între studenți-studenți și studenți-profesori. Anume în aceste condiții, aplicarea strategiilor didactice interactive oferă randament maxim, deoarece amplifică procesul de învățare activă (realizarea unui experiment, soluționarea de probleme, descoperirea/reinterpretarea de lucruri și fenomene noi etc.). În așa mod, lecția se transformă într-un proces dinamic, în care se stimulează creativitatea și implicarea studenților. Prin urmare, strategiile didactice interactive (implementate prin diverse metode, precum problematizare, metode euristice, experimentele etc.) contribuie la redimensionarea relațiilor dintre student-profesor, student-student, student-materia de studiu, dezvoltând/promovând lucrul în echipă, dialogul, negocierea și cooperarea eficientă.

Totodată, în scopul realizării finalităților educaționale, în opinia noastră, considerăm necesară îmbinarea rațională a activităților în echipă, care stimulează competiția intergrupală, interpersonală și intragrupală, cu lucrul individual care stimulează competiția interindividuală. Astfel, pot fi atinse eficient finalitățile educaționale. În același timp, considerăm că realizarea activităților/proiectelor STEM presupune și implementarea reușită a strategiilor didactice interactive, prin îmbinarea eficientă a lucrului în grup cu efortul individual al fiecărui student.

Conceptul de învățare interactiv-tehnologizată. De ce a fost necesară introducerea conceptului de învățare interactiv-tehnologizată? În acest sens punctăm următoarele argumente:

1) Experiența demonstrează că studentul nu poate să avanseze în direcția înțelegerii și aplicării tehnologiilor informaționale în procesul de studiere a Teoriei Grafurilor dacă nu cunoaște conceptele și algoritmi de bază din această disciplină. În MAPLE, pachetul *with(GraphTheory)*, versiunea 18 conține 166 de comenzi disponibile iar versiunea 24 conține 220 de comenzi, care se referă la operarea cu Grafurile neorientate și orientate precum și la implementarea diversilor algoritmi. În afară de comenzi de bază pachetul dispune și subpachete: RandomGraphs în Maple 18 dispune de 8 comenzi iar Maple 24 dispune de 13 comenzi; SpecialGraphs: Maple 18 conține 46 comenzi, Maple 24 conține 138 comenzi; GeometricGraphs: doar în Maple 24 sunt 11 comenzi. Comparția dată evidențiază o extindere considerabilă a bibliotecii de grafuri oferite de acest soft.

În acest sens, studentul trebuie să aibă la dispoziție minimul necesar de cunoștințe teoretice pentru ca să poată utiliza cu succes tehnologiile informaționale la soluționarea problemelor concrete.

2) Pe de altă parte, studentul, chiar dacă are cunoștințe teoretice și cunoaște algoritmi clasici din TG, încă nu înseamnă că poate aplica direct softurile specializate pentru a rezolva diverse probleme practice. Din această perspectivă, este necesar de schimbat paradigma demersului didactic. În acest context, se propune organizarea lucrului în grupuri mici cu studenții și desfășurarea procesului didactic astfel încât eforturile individuale și de echipă, comunicarea, colaborarea și schimbul de opinii și informații să fie direcționate spre creșterea eficienței următoarelor cinci dimensiuni privind interacțiunile din Figura 2:

- (1) Interacțiune inter-materială student – materia de studiu;
- (2) Interacțiune inter-materială student – tehnologie informațională;
- (3) Interacțiune colegială pe orizontală student – echipă;
- (4) Interacțiune colegială pe verticală student – profesor;
- (5) Interacțiune interumană student – student.

Astfel, interactivitatea este definită și produsă prin intermediul interacțiunii și inter-relaționării eficiente. Fiecare din cele 5 tipuri de componente (interacțiuni menționate) are un rol semnificativ în demersul didactic.

3) În acest sens, prin aplicarea conceptului de învățare interactiv-tehnologizată din perspectiva explorării tehnologiilor informaționale, este stimulat lucru în echipă și colaborarea dintre studenți,

privind achiziționarea de noi cunoștințe, abilități, competențe, contribuind astfel la realizarea eficientă a obiectivelor didactice.

Aplicarea conceptului de învățare interactiv-tehnologizată propus are în opinia noastră un impact semnificativ asupra procesului de studiere a TG prin intermediul tehnologiilor, inclusiv a softului MAPLE, Wolfram Mathematica și a platformelor internet. Conceptul respectiv se implementează în raport cu cele 5 tipuri de interacțiuni (student-student, student-echipă, student-profesor, student-materia de studiu, student-tehnologie informațională) și se dezvoltă, în primul rând, datorită eforturilor de echipă, fără a diminua rolul eforturilor individuale ale fiecărui student. În acest context, ținem să evidențiem următoarele aspecte:

- Orice tehnologie nouă trezește un interes major a tinerilor (studenților) în raport cu posibilitățile de gestionare, aplicare și utilizare. În această situație crește interesul studenților pentru eventualele noilor impresii, percepții și descoperiri privind înțelegerea funcționării a tehnologiei de ultima oră;

- Tehnologiile noi pot fi studiate, însușite atât individual cât și în grupuri mici. Evident profesorul facilitează procesul dar, oricum, în procesul de rezolvare a unei probleme prin intermediul tehnologiilor informaționale rămân multe lucruri, aspecte neelucidate care ar trebui clarificate și prin implicarea nemijlocită a studenților. În acest sens, studenții în procesul de învățare pot face schimb de opinii, informații și impresii, pot discuta și veni cu sugestii și recomandări în cadrul echipei de lucru ori în contextul conversațiilor individuale. Astfel, prin intermediul descoperirii posibilităților, avantajelor tehnologice noi care țin de softul respectiv, prin explorare, analize și deducție, se contribuie semnificativ la elucidarea problemei examinate;

- MAPLE este un soft de matematică cu o interfață prietenoasă și accesibilă care permite analizarea, explorarea, vizualizarea și rezolvarea problemelor matematice practic din orice compartiment al matematicii. În acest sens, în contextul problemei examinate, studentul având o cooperare strânsă cu colegii din echipă și interacționând cu tehnologia respectivă (explorând, descoperind și reflectând), participă interactiv la propria formare ca specialist, conștientizând totodată și propriile neajunsuri și lacune;

- Rezultatele finale obținute în urma soluționării problemei prin aplicarea tehnologiilor informaționale generează sentimente de satisfacție față de lucrul realizat și consolidează încrederea în echipă și forțele proprii. Astfel se îmbunătățește motivația și crește dorința de a îndeplini împreună noi sarcini.

Astfel, sintetizând cele menționate, aplicarea conceptului de învățare interactiv-tehnologizată, are următoarele avantaje: *încurajează cooperarea și intercomunicarea între studenți; intensifică sprijinul și ajutorul reciproc; cultivă toleranță în raport cu alte abordări și păreri; dezvoltă responsabilitatea colectivă dar și individuală; fiecare etapă realizată în procesul de soluționare a problemei cultivă încrederea în forțele proprii; este dezvoltată atitudinea și gândirea auto-critică în raport cu rezultatele obținute.*

Atât experiența proprie, cât și o serie de studii în domeniu demonstrează că strategiile didactice interactive cooperante sunt mai eficiente comparativ cu cele care pun accent pe abordările individuale, rămânând în același timp ambele abordări utile și trebuincioase. În acest context, conceptul de învățare interactiv-tehnologizată se integrează eficient în dezvoltarea și aplicarea strategiilor didactice cooperante și educația STEM. Mai jos, venim cu recomandări privind implementarea activităților/proiectelor STEM și utilizarea conceptului de învățare interactiv-tehnologizată la TG.

Tabelul 1. Recomandări didactice privind implementarea activităților/proiectelor STEM și utilizarea conceptului de învățare interactiv-tehnologizată la Teoria Grafurilor

Nr. d/o	Compartimente	Activități/Proiecte STEM Recomandări de teme
1.	Grafuri neorientate. Introducere	Parcursul Grafurilor. Grafuri euleriene și hamiltoniene.
2.	Grafuri orientate.	Aplicarea Algoritmului Kosaraju. Colorarea vârfurilor și nodurilor. Colorarea Hărții în 4 culori.
3.	Algoritmi pentru determinarea drumurilor minime în grafuri	Determinarea drumului de cost minim. Aplicarea Algoritmului Dijkstra și Roy-Floyd.
4.	Arbori, arbori binari, arbori parțiali de cost minim	Determinarea arborilor parțial de cost minim. Algoritmul Kruskal și Prim.
5.	Maxheap, Minheap, algoritmi heap-sort	Construcția unui MaxHeap(MinHeap). Aplicarea algoritmului de HeapSort.
6.	Algoritmul Ford-Fulkerson, fluxul în rețea	Determinarea fluxului maxim în rețea. Aplicarea Algoritmului Ford-Fulkerson.
7.	Cuplaje	Soluționarea problemelor de management prin distribuirea sarcinilor.

Sursa: Informație prelucrată de autor

Luând în considerare experiența acumulată pe parcursul anilor, pentru soluționarea unor probleme practice care țin de TG, aplicând tehnologiile informaționale și de internet, este rațional ca studenții să fie implicați în realizarea activităților de tip STEM sau în desfășurarea proiectelor în cheia educației STEM. Activitățile de tip STEM pot fi desfășurate în cadrul orelor practice (de laborator). Iar proiectele STEM sunt realizate de studenți pe parcursul mai multor zile ori săptămâni.

Pentru soluționarea unor astfel de probleme se recomandă elaborarea Hărții Tehnologice a activității/proiectului STEM (termen introdus de Profesorul Ion Achiri). Harta Tehnologică a activităților/proiectelor STEM la TG, în opinia noastră, ar trebui să conțină următoarele Etape:

- 1) Formularea și explicarea problemei care urmează să fie rezolvată. Stabilirea obiectivelor;
- 2) Analiza problemei, stabilirea sarcinilor și planificarea;
- 3) Realizarea sarcinilor planificate;
- 4) Evaluarea și verificarea rezultatelor obținute. Aprobarea rezultatelor teoretice ori experimentale;
- 5) Aplicarea în practică a rezultatelor din perspectiva Ingineriei (aplicații în domeniul industrial, postindustrial, agrar, ecologic, medicinal, servicii TIC etc.);
- 6) Prezentarea rezultatelor.

Repere analitice în implementarea conceptului STEM. Obiectivul central a educației STEM, care este o abordare inter/transdisciplinară a învățării conceptelor academice, se referă la stimularea procesului de integrare a cunoștințelor la nivel inter/transdisciplinar din domeniul Științei, Tehnologiei, Ingineriei și Matematicii, având drept scop pregătirea viitorilor specialiști pentru a activa eficient în economia reală.

Unitatea de curs universitară TG, așa cum s-a mai menționat, are o multitudine de aplicații în diverse domenii ale lumii reale: economie, inginerie, fizică, biologie, geografie, rețele sociale, etc. În acest context activitățile de tip STEM realizate în cadrul lecțiilor de Teoria Grafurilor presupun din start abordări inter/transdisciplinare.

Astfel, de exemplu, examinând activitățile de tip STEM la rezolvarea „Problemei determinării drumului de cost minim între localități”, sunt necesare aplicarea cunoștințelor din: matematică (teoria funcțiilor, algebra, geometrie); informatică (Programarea în Pascal, C/C++); tehnologii (softul MAPLE, Mathematica); inginerie (principiile de funcționare a roboților și dronelor, programarea roboților și dronelor); geografie (amplasarea pe hartă a localităților, identificarea distanțelor conform hărților existente). Mai detaliat ne vom referi la următoarele aspecte.

1) **Interconexiunile dintre Teoria Grafurilor și alte științe.** Însușirea calitativă a științelor exacte depinde de mai mulți factori. TG, ca o ramură a matematicii, oferă posibilitatea, prin intermediul conceptului STEM, să fie descoperite și înțelese diverse conexiuni dintre matematică și alte discipline (informatică, tehnologii, inginerie, etc). Implementarea conceptului STEM sporește nivelul de înțelegere a diferitor

concepte, noțiuni, algoritmi din TG. În cazul problemei examinate în 2.3, pag. 88, este vorba de înțelegerea esenței algoritmului Roy-Floyd, care în opinia noastră, necesită din partea studenților un efort mental mai mare.

2) **Modele de cunoaștere.** Implementarea conceptului STEM la studierea TG pune în valoare așa modele de cunoaștere, precum ar fi:

- a) modelul matematico-logic de cunoaștere care ține de matematică și informatică (în cazul problemei soluționate se referă la elaborarea modelului matematic și programarea algoritmilor);
- b) modelul aplicativ (care în situația examinată se referă la utilizarea tehnologiilor – softul MAPLE și folosirea dronelor prin prisma ingineriei).

Înțelegerea și aplicarea la modul practic al modelelor respective de cunoaștere oferă studenților posibilitatea să soluționeze și alte probleme practice cu un nivel de dificultate mai avansat. Educația STEM presupune realizarea activităților, în medii formale și nonformale, atât în sistemul preuniversitar cât și în cel universitar.

3) **Dezvoltarea abilităților și competențelor.** Educația STEM pune un accent special pentru munca în echipă, comunicare și colaborare. Ceea ce nu poate realiza un singur student, poate realiza echipa. De exemplu, elaborarea și rezolvarea modelului matematic se poate face eficient lucrând în echipă și repartizând judicios responsabilitățile. Examinând acest proces prin prisma gândirii critice, de către studenți, se pot evita din start erorile de raționament și de calcul matematic. Făcând o sinteză a celor menționate, putem puncta, că educația STEM contribuie la dezvoltarea unor abilități și competențe care țin de: (a) *implicare, participare, relaționare și comunicare*; (b) *dezvoltarea gândirii critice*; (c) *încurajează inițiativa și motivația*; (d) *stimulează munca în echipă*.

4) **Recomandări metodice privind procesul de studiere a grafurilor.** Subiectele centrale care țin de TG au un grad de complexitate destul de avansat. Mai jos, ne vom referi, în mod special, la studierea algoritmilor Dijkstra și Roy-Floyd. Recomandările metodice punctate aici pot fi, în mare parte, extrapolate și pentru celelalte subiecte.

Luând în considerare complexitatea temei, se recomandă, în primul rând, ca algoritmi Dijkstra și Roy-Floyd să fie explicați și demonstrați teoretic, clarificând toate detaliile, și abia ulterior să fie aplicați la soluționarea problemelor concrete, care presupune elaborarea modelului matematic și efectuarea calculelor matematice, în conformitate cu etapele descrise. După aceasta, poate fi formulată o problemă practică, unde se cere determinarea drumului minim de la nodul sursă până la orice alt nod al grafului examinat, ori a drumului minim între oricare două noduri ale grafului. Din această perspectivă, studenții trebuie, întâi de toate, să poată alcătui corect modelul matematic (matricea ponderilor) și ulterior să aplice algoritmi respectivi prin prisma următoarelor abordări didactice:

1) **Implementarea manuală a algoritmului.** În acest sens, în cazul exemplului examinat, se completează tabelul (D,S,T) și sunt realizate etapele după algoritmul Dijkstra, ori se efectuează pașii corespunzători conform algoritmului Roy-Floyd. Studenții, în cooperare cu profesorul, clarifică fiecare etapă de implementare a algoritmului pentru a înțelege procedeele de parcurgere a fiecărui pas. Obținând soluțiile problemei este necesar de analizat și de verificat rezultatele obținute. Cum pot fi verificate soluțiile obținute? Care sunt instrumentele în acest sens?

2) **Verificarea rezultatelor obținute prin intermediul softului MAPLE.**

O definiție a softului respectiv poate fi găsită în (<https://www.maplesoft.com/products/maple/>): „MAPLE este un software de matematică care combină cel mai puternic motor de matematică din lume cu o interfață care face extrem de ușor analizarea, explorarea, vizualizarea și rezolvarea problemelor matematice”.

După cum am mai menționat, softul MAPLE dispune de un pachet puternic și eficient de algoritmi la compartimentul „GraphTheory”. Tehnologiile respective permit soluționarea celor mai complicate probleme care se referă la Teoria Grafurilor.

Faptul că, în prezent, în cazul țării noastre, softurile specializate nu se aplică (sau se aplică prea puțin) în procesul de predare a TG, considerăm că reprezintă o problemă. Studenții care au abilitățile necesare privind operarea cu tehnologiile respective, se află la un nivel superior de cunoaștere comparativ cu semenii lor care nu

cunosc ori nu aplică softurile respective. Este necesar să menționăm faptul că softul MAPLE nu se utilizează numai în procesul didactic, ci se aplică cu succes și de către inginerii din diverse domenii, care au de rezolvat probleme practice generate din viața reală. Erorile în acest context sunt complet inadmisibile. Din această perspectivă, studenții, prin intermediul softului MAPLE, pot verifica și analiza corectitudinea rezultatelor obținute.

Rezultatul obținut prin implementarea tehnologiilor, va confirma ori infirma, justetea rezultatelor primite la aplicarea manuală a algoritmilor. După ce studenții se conving de faptul că rezultatele sunt corecte, recomandăm să se treacă la etapa elaborării unui program Dijkstra și Roy-Floyd.

3) Elaborarea unui program într-un limbaj de programare Pascal / C++.

În acest context programarea algoritmilor privind implementarea algoritmilor Dijkstra și Roy-Floyd este o etapă esențială în fundamentarea cunoștințelor teoretice și practice. Programarea algoritmilor respectivi reprezintă un act creativ, complicat din punct de vedere al eforturilor mentale, deoarece necesită din partea studenților atât pregătire teoretică în Teoria Grafurilor cât și o bază solidă în fundamentele programării. Astfel, studenții, fiind ghidați de profesori, luând în considerare etapele parcurse anterior, alcătuiesc programele respective, care fiind lansate în execuție vor livra aceleași rezultate.

4) Abordări metodologice din perspectiva STEM

Studenții reușesc, în linii mari, să realizeze cu succes activitățile STEM la TG. Totodată, considerăm că este necesar să menționăm că, în implementarea etapelor menționate, studenții întâmpină dificultăți atât în procesul de elaborare a modelului matematic și efectuarea calculelor matematice, cât și la programarea algoritmilor. Aceste probleme se datorează, în parte, faptului că majoritatea studenților sunt foști absolvenți ai liceelor cu profil umanist, iar mai puțini de la profilul real. Diferența de curricula la disciplinele respective își spune cuvântul. Toate aceste tendințe influențează mai puțin benefic studiului anumitor compartimente din TG, inclusiv realizarea activităților STEM. Însă, prin lucrul în această direcție, studenților li se cultivă abilități, deprinderi și competențe privind elaborarea și rezolvarea modelelor matematice.

Rezolvarea unor probleme în context STEM, stabilesc conexiuni durabile între acest tip de probleme și conceptele, noțiunile utilizate din Știință (Teoria Grafurilor), Tehnologie (MAPLE, tehnologii internet), Inginerie (drone, roboți) și Matematică (teoria funcțiilor, matricelor, etc). Astfel, studenții descoperă cum sunt legate, integrate între ele diferite idei și concepte în raport cu problema studiată. Prin urmare, ei obțin cunoștințe noi care pot fi aplicate la rezolvarea unor probleme noi, în situații noi. Astfel, prin intermediul unor activități în cheia educației STEM se modelează și se consolidează noi concepte, deci sunt generate și cunoștințe noi.

Tabelul 2. Opiniile studenților privind activități/proiecte STEM la studierea Teoriei Grafurilor din perspectiva conceptului de învățare interactiv-tehnologizată

Nr. d/o	Afirmație	Total dezacord	Dezacord	Neutru	De acord	Complet de acord
1.	Știu să învăț eficient prin intermediul Tehnologiilor Informaționale și de internet.	0%	0%	0%	100%	0%
2.	Activitatea îmi permite personal să încurajez cooperarea și intercomunicarea între studenți	0%	0%	20%	60%	20%
3.	Folosesc dovezile existente pentru a evalua rezultatele obținute.	0%	0%	10%	80%	10%
4.	Profit de oportunitățile de învățare care îmi sunt disponibile prin intermediul Tehnologiilor informaționale, inclusiv MAPLE.	0%	0%	10%	70%	20%
5.	Lucrez eficient în grupuri mici.	0%	10%	10%	60%	20%
6.	În munca de grup, respect alte puncte de vedere.	0%	0%	0%	80%	20%

Din Tabelul 2. se observă că niciun student nu a ales opțiunea „total dezacord”, indiferent de afirmație, ceea ce este îmbucurător din această perspectivă. Doar 10% din studenți consideră că în grupuri mici nu se lucrează eficient, iar 10% sunt pe poziție neutră. În schimb, 60 % sunt de acord, iar 20% sunt complet de acord cu această afirmație.

Capitolul 3 intitulat *Validarea experimentală a modelului elaborat* descrie desfășurarea experimentului pedagogic și validarea eficienței modelului pedagogic elaborat și a metodologiei de implementare acestuia. Primul paragraf detaliază descrierea experimentului pedagogic realizat. Aceasta include informații esențiale despre designul experimentului, grupul țintă de studenți participanți, durata experimentului, instrumentele și resursele didactice utilizate (în concordanță cu modelul și metodologia propuse), precum și procedurile specifice aplicate în cadrul procesului de predare-învățare. Paragraful 2 este dedicat analizei statistice a rezultatelor obținute în urma experimentului pedagogic. Sunt prezentate metodele statistice utilizate pentru a procesa și interpreta datele colectate, comparând performanțele grupului experimental cu cele ale unui grup de control. Această analiză are ca scop evidențierea impactului implementării noilor tehnologii informaționale și a modelului pedagogic asupra rezultatelor învățării studenților la disciplina Teoria Grafurilor. Paragraful 3 sintetizează concluziile desprinse din experimentul pedagogic și din analiza statistică a rezultatelor.

Descrierea experimentului pedagogic prezintă detaliile implementării modelului pedagogic MPINTI TG și metodologiei elaborate pentru studierea disciplinei TG cu ajutorul noilor tehnologii informaționale. În lucrările [46, 47] au fost examinate următoarele noțiuni și concepte: experiment pedagogic, eșantion, aplicarea metodelor statistice, etc.

În conformitate cu D. Patrașcu prin **experiment pedagogic** vom înțelege „o modalitate de cercetare prin provocarea intenționată a fenomenelor psihopedagogice. Experimentul aduce, în primul rând, o modalitate nouă în contextul obișnuit al activității; el produce, creează o experiență pedagogică inedită. În al doilea rând, experimentul presupune un cadru precis de comparație: clase sau grupe de experiență, respectiv de control, apoi stăpânirea precisă a datelor de start, precum și evaluarea cu mijloace precise a rezultatelor obținute în final.”

Prin experiment pedagogic, pedagogia modernă a învățământului superior înțelege o metodă de cercetare, care este utilizată pentru a determina eficacitatea utilizării metodelor și mijloacelor individuale de predare și educație.

TG are o mare importanță practică, deoarece prin intermediul algoritmilor și metodelor din teoria respectivă sunt soluționate o serie de probleme care țin de transport, turism, economie, logistică, fizică, biologie, chimie, etc. Luând în considerație provocările tehnologice din ultima perioadă, evident, este necesar să se schimbe accentele și paradigmele privind studierea TG în instituțiile superioare de învățământ.

În mod tradițional unitatea de curs TG predată, în mod special, în universitățile cu profil pedagogic, se studiază cu utilizarea unui număr restrâns de instrumente didactice și cu implementarea limitată a tehnologiilor informaționale moderne în procesul de predare-învățare-evaluare. Cum a fost organizat experimentul pedagogic? Cercetătorul **C. Dumitriu** în lucrarea „Introducere în cercetarea psihopedagogică”, EDP, 2004, menționează că, „experimentul reprezintă cea mai importantă metodă de cercetare, deoarece furnizează date precise și obiective”. În cercetarea dată a fost organizat experimentul pedagogic, pornind de la experimentul de constatare, scopul principal al căruia a fost determinarea nivelului de familiarizare a studenților cu principalele competențe din domeniul matematicii și fundamentelor de programare. Experimentul s-a desfășurat prin tehnica eșantioanelor paralele (grup experimental (GE) și de control (GC)). Conform V. Clocotici și A. Stan, **eșantionul** reprezintă „o submulțime a populației statistice avute în vedere”. În lucrarea noastră eșantioanele instruite prin aplicarea modelului pedagogic MPINTI TG elaborat vor fi denumite *eșantion experimental*, iar cele instruite în mod tradițional vor fi denumite *eșantion de control*. Mai jos, vom descrie variabilele experimentului pedagogic.

I1: Variabila independentă „materia de studiu TG”:

Variabila respectivă presupune că studenții din eșantionul experimental și cei din eșantionul de control au studiat după: același curriculum, același material de studiu la TG.

I2: Variabila independentă „infrastructură instructiv-educativă”.

Variabila presupune că studenții din eșantionul experimental și cei din eșantionul de control: sunt de la aceeași specialitate (informatică și matematică informatică); au același număr de ore la prelegeri și laboratoare; evaluarea studenților din ambele grupuri a fost efectuată la fel, după aceleași teste (formativă, curentă, sumativă); în procesul de studii au fost utilizate în linii mari aceeași infrastructură și echipament (calculatoare, internet, imprimante, etc);

F1: Variabila factor „metodologia implementării tehnologiilor informaționale”.

Variabila factor examinată denotă că studiile pentru studenții din eșantionul experimental se desfășoară în conformitate cu același curriculum la TG dar, totodată, un aspect distinct, pe care se pune un accent special, se referă la implementarea metodologiei utilizării tehnologiilor informaționale și de internet (MAPLE, platforme internet) din perspectiva STEM, în procesul didactic proiectat în corespundere cu modelul pedagogic elaborat MPINTI TG.

D1: Variabila dependentă "Rezultatele formării".

Variabila respectivă evaluează rezultatele de control și permite efectuarea unei analize comparative a rezultatelor obținute la aceleași teste de către studenții din eșantionul experimental pe de o parte și cei din eșantionul de control pe de altă parte.

Eșantionului experimental de studenți i s-au aplicat variabilele: I1, I2 și F1. Eșantionului de control i-au fost aplicate variabilele: I1, I2. Pe parcursul desfășurării experimentului a fost măsurată variabila dependentă D1 (evaluarea comparativă a rezultatelor) din perspectiva influenței grupului de variabile (I1, I2 și F1) asupra GE comparativ cu influența grupului de variabile (I1, I2) asupra GC.

Experimentul pedagogic a fost realizat cu studenții din anul I, specialitatea Informatică, Informatică și Matematică, Matematică și Informatică, din UPSC și UST pe parcursul anilor de studii 2016-2017; 2017-2018; 2018-2019; 2019-2020 în care au participat 85 studenți (UST) și respectiv 96 studenți (UPSC) (Tabelul 3.1). Cu studenții din eșantionul de control procesul didactic au fost desfășurate conform metodelor tradiționale, iar în eșantionul experimental pe parcursul procesului didactic au fost introduse metode și tehnologii de predare noi cu implementarea noilor tehnologii informaționale și de internet care facilitează înțelegerea și însușirea materialului predat.

Tabelul 3. Studenții implicați în experimentul pedagogic

Anul de studii	Forma de studii	Nr. de studenți			
		UPSC (GE)		UST(GC)	
		Inf/MatInf	Total	Inf/MatInf	Total
2016 – 2017	zi	18 / 11	29	18 / 8	26
2017 - 2018	zi	18 / 9	27	11 / 8	19
2018 - 2019	zi	11 / 14	25	7 / 9	16
2019 – 2020	zi	15	15	13 / 11	24
Total			96		85

Experimentul de constatare s-a desfășurat cu scopul de a examina abordările contemporane ale predării TG pentru viitorii specialiști din domeniile STEM, de a determina și preciza conceptele didactice eficiente în studierea TG. Obiectivul principal al etapei de constatare a experimentului s-a referit la determinarea nivelului de cunoștințe, competențe și abilități ale studenților la începutul perioadei de cercetare și a structurii valorice a grupelor testate. În acest scop, a fost determinat nivelul de competențe al studenților participanți la experiment în baza mediei aritmetice a notelor la disciplinele fundamentale studiate până a începe studierea disciplinei „Teoria grafurilor”. Selecția eșantioanelor a fost efectuată la începutul celui de-al doilea semestru pentru fiecare an de studiu în baza notelor la disciplinele fundamentale studiate în primul semestru: „Bazele programării/Fundamentele programării”, „Algebra/Mulțimi și structuri algebrice”, „Geometria analitică” și „Sisteme de operare”. Apoi, a fost calculată media pe eșantion. Notele medii la disciplinele enumerate a servit în calitate de caracteristică principală a gradului de însușire a cunoștințelor și a capacității de a opera cu ele, adică a nivelului de competențe a studenților. Rezultatele sunt reflectate în prezenta lucrare în Anexa 6. După determinarea mediei finale s-a constatat, că ambele eșantioane posedă aproximativ același nivel de cunoștințe, diferența fiind nesemnificativă. Rezultatele pe grupe, la etapa de constatare, sunt prezentate în Figura 3.

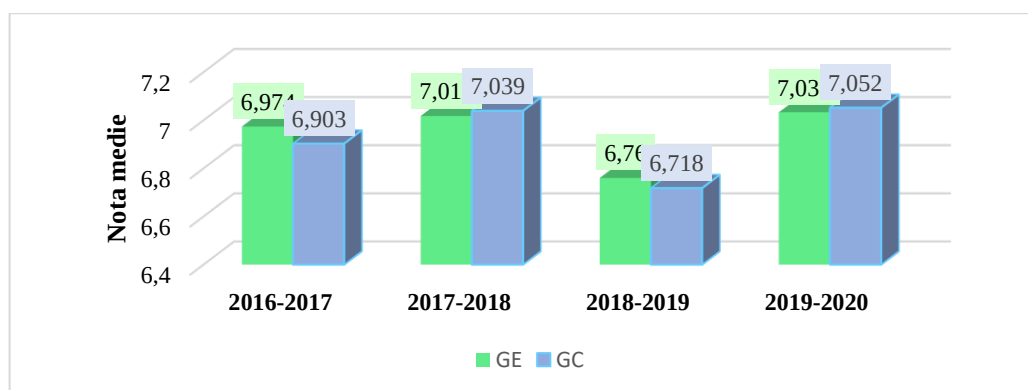


Figura 3. Notele medii acumulate de grupe la nivelul inițial

În continuare s-a verificat, dacă nu există diferențe semnificative dintre cele două eșantioane: experimental și de control. Prelucrarea statistică datelor primite a fost realizată prin intermediul aplicației SPSS. În scopul testării datelor obținute s-au folosit două teste: (a) testul parametric t și (b) testul neparametric (U) Mann-Whitney.

„Testul t oferă verificarea existenței de diferențe semnificative între două grupuri comparate, în ceea ce privește mediile variabilei dependente analizate (în cazul nostru variabila dependentă reprezintă nota medie calculată după primul semestru, iar variabila independentă – eșantionul)” [48, p. 101]. Mai întâi, aplicăm testul dat pentru studenții care au participat la experiment în anul de studii 2016-2017. Obținem:

Tabelul 4. Statistica grupelor 2016-2017

	Eșantion	N	Media	Deviația	Eroarea standard a mediei
Nota_medie	1	29	6,9741	1,09043	,20249
	2	26	6,9038	,97231	,19069

În Tabelul 4, prin N am notat numărul de studenți. Prin 1 s-a indicat eșantionul experimental a cărui medie 6,9741, după cum se vede, este mai mare față de 6,9038 pentru eșantionul de control notat prin 2. În Tabelul 5, pentru eșantioane independente 2016-2017, se obțin rezultatele în baza testului Levene, unde $F(53) = 0,279; p = 0,599$. Valoarea F fiind mai mare comparativ cu 0,05 este nesemnificativă, respectându-se, astfel, omogenitatea varianțelor.

Prin urmare, vom indica rezultatele pentru testul t din primul rând, unde se presupune varianțe egale. Determinăm că $t(53) = 0,251$ și $p = 0,803 \geq 0,05$. În așa mod obținem că nu există diferențe semnificative între medii. În Tabelul 5 observăm că diferența dintre medii este 0,07029. Intervalul de încredere cu probabilitate de 95% acoperă această diferență. Deoarece intervalul acesta conține și valoarea 0, atunci se demonstrează că diferența dintre medii este nesemnificativă. La fel procedăm și cu datele din anii de studii examinați, menținând aceleași notații (1 – eșantionul experimental, 2 – eșantionul de control). Rezultatele obținute sunt prezentate în Anexa 7 din lucrare. Concluzia: diferența dintre medii este nesemnificativă

Tabelul 5. Testul pentru eșantioane independente 2016-2017

		Testul Levene		Testul T de omogenitate a mediilor						
		F	Sig.	t	df.	Sig. (2-tailed)	Diferența dintre medii	Eroarea standard a diferenței	95% intervalul de încredere pentru diferență	
									De jos	De sus
Nota_medie	Se presupune varianțe egale	,279	,599	,251	53	,803	,07029	,27991	-,49114	,63172
	Nu se presupune varianțe egale			,253	52,999	,801	,07029	,27814	-,48759	,62817

În continuare vom aplica și testul (U) Mann-Whitney, pentru confirmarea rezultatelor obținute mai sus. Astfel, în Tabelul 6, sesizăm că media rangurilor din grupul experimental nu depășește pe cea a grupului de control.

Tabelul 6. Ranguri 2016-2017

	Eșantion	N	Media rangurilor	Suma rangurilor
Nota_medie	1	29	28,45	825,00
	2	26	27,50	715,00
	Total	55		

În Tabelul 7. Teste statistice 2016-2017, se indică valorile testelor U Mann-Whitney, W Wilcoxon, transformarea valorii U în scor Z și pragul de semnificație asociat. Deoarece $Z = -0,221$, iar $p = 0,825 \geq 0,05$, atunci nu există diferențe semnificative între cele două grupuri în ceea ce privește nota medie acumulată după primul semestru.

Tabelul 7. Teste statistice 2016-2017

	Nota_medie
U Mann-Whitney	364,000
W Wilcoxon	715,000
Z	-,221
Asymp. Sig. (2-tailed)	,825

Similar s-a demonstrat că în situația examinată media rangurilor din grupul experimental, pentru anii de studii 2016-2017, 2017-2018, 2018-2019, nu depășește pe cea a grupului de control, unde $Z = -1,146$, iar $p = 0,884 \geq 0,05$. Deci, nu există diferențe semnificative între GE și GC în ceea ce privește nota medie obținută la finele primului semestru.

Etapă experimentului de formare s-a axat pe implementarea complementară a softului specializat MAPLE, platformei educaționale „Teoria grafurilor”. Implementarea experimentului de formare a identificat în ce măsură tehnologiile moderne pot influența progresul de învățare a studenților. Pe parcursul experimentului de formare studenții au fost apreciați de cinci ori în cadrul evaluărilor sumative, și o dată în cadrul evaluării finale. În rezultat, nivelul de competențe finale ale studenților din grupele experimentale se deosebește evident față de nivelul de competențe finale ale studenților din grupele de control. Cunoștințele acumulate de studenți au rezultat din munca asiduă și participarea lor activă în procesul învățării, favorizând progresul acestora. La sfârșitul semestrului, pentru fiecare an de studii, a fost distribuit un chestionar ([Anexa 2.1] din lucrare, pentru a evalua opiniile studenților vis-vis de implementarea tehnologiilor informaționale și internet la studierea Teoriei grafurilor.

În ansamblu, desfășurarea experimentului de formare a confirmat impactul pozitiv al instruirii asistate de calculator asupra procesului de predare-învățare, vizând îmbunătățirea rezultatelor academice, cât și sporirea motivației învățării. Observațiile întreprinse pe parcursul experimentului de formare permit extragerea următoarelor concluzii: (a) software educaționale interactive multimedia pot oferi suport de instruire diferențiată; (b) pentru înțelegerea mai eficientă a noțiunilor, algoritmilor de parcurgere, algoritmilor de determinare drumurilor minime etc. este nevoie de exersare diferențiată în continuu; (c) studentul poate se autoevalua și se exerseze de un număr de ori necesar pentru însușirea mai eficientă a materialului studiat [46, 47].

Analiza statistică a rezultatelor. Examinarea principalilor indicatori statistici

Acest capitol are ca scop demonstrarea eficienței abordării propuse prin evidențierea rezultatelor obținute în urma experimentului. În proiectarea experimentului pedagogic privind implementarea noilor tehnologii în predarea TG, a fost aplicată o abordare TI, care implică: implementarea platformelor educaționale online – open source: campion.edu.ro, graphonline.ru; implementarea softului matematic MAPLE 18/21/24; elaborarea și implementarea programelor în limbajele de programare Pascal/C++; plasarea conținuturilor și a sarcinilor unității de curs TG pe platforma educațională moodle.upsc.md. Analiza rezultatelor testelor finale din cele cinci serii ale experimentului pedagogic este prezentată în Tabelul 8.

Tabelul 8. Principalii indicatori statistici ai experimentului pedagogic

Anul	Eșantion	Num studentilor (n)	Media (m)	%	Median	Abaterea standard (σ)	Coeficientul de variație (Rσ), %	Asimetrie
2016-2017	GE	29	7,80	10,01	8,00	1,2553	16,0795	-0,1821
	GC	26	7,09		7,15	1,2304	17,3478	-0,0255
2017-2018	GE	27	7,99	7,68	8,00	1,1411	14,1422	-0,1290
	GC	19	7,42		7,30	0,8973	12,0823	-0,1771
2018-2019	GE	25	8,10	9,45	8,30	1,0910	13,4561	-0,1340
	GC	16	7,40		7,30	0,8909	12,0395	0,4548
2019-2020	GE	15	8,44	15,62	8,60	1,0525	12,4702	-0,0162
	GC	24	7,30		7,30	0,9330	12,7728	0,2593
Total		181						

Tabelul 8 prezintă principalii indicatori statistici ai rezultatelor experimentului pedagogic: valoarea medie, mediana, abaterea (deviația) standard, coeficientul de variație și asimetria:

– Coeficientul de variație – reprezintă raportul dintre valoarea medie și abaterea standard - indică omogenitatea tuturor grupurilor în ceea ce privește indicatorul de evaluare, deoarece valoarea sa pentru fiecare grupă este mai mică de 33%;

– Valori negative de asimetrie pentru grupurile experimentale și de control (cu excepția anului universitar 2018-2019, GC) indică o schimbare a distribuției în raport cu media către valori mai mari;

– Diferențele dintre valorile medii ale estimărilor din GE și GC în fiecare serie a experimentului pedagogic (Figura 4) ne permit să presupunem eficacitatea modelului didactic proiectat aplicat în predarea cursului universitar „Teoria grafurilor”;

– Este necesar să se verifice semnificația diferențelor obținute pe baza criteriilor statistice. Natura eșantioanelor disponibile (câte 2 eșantioane independente în fiecare serie, mai puțin de 30 de persoane în fiecare grup) implică utilizarea unor criterii neparametrice. Să evaluăm semnificația statistică a diferențelor dintre rezultatele obținute în GE și GC folosind criterii neparametrice Fisher ϕ^* -unghiulară și (U) Mann-Whitney.

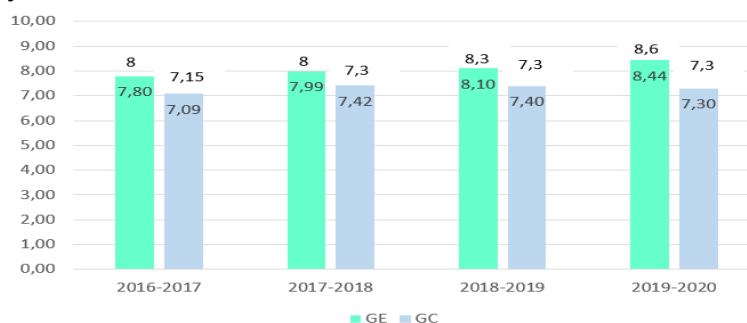


Figura 4. Indicatori statistici ai experimentului pedagogic privind GE și GC

Evaluarea importanței rezultatelor finale obținute ale testelor este verificată utilizând criteriul transformării unghiulare neparametric ϕ^* -Fischer. Criteriul unghiular ϕ^* a lui Fischer se numește raportul de varianță, deoarece este format ca raport a două estimări imparțiale comparate ale variațiilor. Criteriul unghiular ϕ^* -Fischer ne permite să determinăm dacă unul dintre unghiuri este semnificativ superior statistic pentru dimensiunile eșantioanelor alese. Nu există o limită superioară în criteriul unghiular ϕ^* -Fischer – eșantioanele pot fi arbitrar de mari. Limita inferioară este de 2 observații în unul dintre eșantioane. În orice caz, se observă următoarele rapoarte în numărul de două probe: dacă există doar 2 observații într-o probă, atunci a doua ar trebui să aibă cel puțin 30 de persoane. Pentru aplicarea sa trebuie utilizate numai valori alternative ale caracteristicii și trebuie să existe cel puțin 5 persoane în fiecare eșantion. La evaluarea finală studenții din ambele eșantioane au rezolvat testul final

(Anexa 5, pag. 203 din lucrare de doctor), constituit din 7 itemi. La rezolvarea testului final, conform baremului de notare (Anexa 5, pag. 204 din lucrarea de doctor), studentul poate obține maximum nota 10, în condiția acumulării punctajului 43-45. Pentru standardul „există un efect” vom lua nota medie obținută 8,0 și mai mare, iar pentru linia roșie „fără efect” – mai mică de nota 8,0. Ipotezele de cercetare au fost formulate astfel:

– H_0 : ponderea studenților care au obținut nota 8,0 sau mai mult în GE nu este mai mare decât procentajul în GC.

– H_1 : ponderea studenților care obțin nota 8,0 ori mai mult în GE este mai mare decât procentajul studenților în GC.

Se va calcula valoarea empirică a criteriului Fisher φ_{emp}^* folosind formula din lucrarea [48]:

$$\varphi_{emp}^* = (\varphi_1 - \varphi_2) * \sqrt{\frac{n_1 * n_2}{n_1 + n_2}} \quad (1)$$

unde φ_1 și φ_2 – sunt variațiile primului și, respectiv, celui de-al doilea eșantion; n_1 și n_2 – sunt numărul de persoane din primul și, respectiv, din cel de-al doilea eșantion.

Valoare critică φ_i poate fi găsită în tabele de referințe sau după formula [55]:

$$\varphi_i(P_i) = 2 * \arcsin \sqrt{P_i} \quad (2)$$

unde P_i – este procentul efectului în fiecare grup; i – numărul eșantionului.

Valoarea critică este determinată din tabele [48]: $\varphi_{0,01}^* = 2,31$ pentru nivelul de semnificație $p=0,01$; $\varphi_{0,05}^* = 1,64$ pentru $p=0,05$.

Criteriu privind validarea statistică: Pentru a lua o decizie privind validitatea statistică, valoarea empirică este comparată cu nivelul critic de semnificație dat. Dacă $\varphi_{emp}^* < \varphi_{crit}^*$, atunci ipoteza H_0 cu probabilitate $1 - p$ este acceptată. Dacă $\varphi_{emp}^* > \varphi_{crit}^*$, atunci ipoteza H_0 cu probabilitate $1 - p$ este respinsă. Rezultatele calculării *criteriului* φ^* al transformării unghiulare a lui Fisher pentru patru serii ale experimentului pedagogic sunt prezentate în Tabelul 9.

Tabelul 9. Criteriul φ^* pentru eșantioanele experimentului pedagogic

Anul	Eșantion	Numărul studenților	φ_{emp}^*	φ_{crit}^* ($p=0.05$)	φ_{crit}^* ($p=0.01$)	p	Ipoteza acceptată
2016-2017	GE	29	2,16	1,64	2,31	0,015	H_1
	GC	26					
2017-2018	GE	27	2,03	1,64	2,31	0,021	H_1
	GC	19					
2018-2019	GE	25	2,10	1,64	2,31	0,017	H_1
	GC	16					
2019-2020	GE	15	2,34	1,64	2,31	0,009	H_1
	GC	24					
Total		181					

Valoarea empirică (calculată) a criteriului unghiular φ^* (φ_{emp}^*) se compară cu valorile critice: $\varphi_{crit}^* = 1.64$ la $p = 0,05$ și la $\varphi_{crit}^* = 2,31$, $p = 0,01$.

Efectuând calculele, pentru anul de studiu 2016-2017, obținem că $\varphi_{emp}^* = 2,16 \geq 1,64$ și $p = 0,015 \leq 0,05$. În acest caz ipoteza H_0 se respinge, și se acceptă ipoteza H_1 , că numărul de studenți, care au primit nota medie 8,0 și mai mare în grupul experimental este mult mai mare decât în grupul de control, cu probabilitatea 98,5%.

Similar, efectuând calculele, pentru anul de studiu 2017-2018, obținem că $\varphi_{emp}^* = 2,03 \geq 1,64$ și $p = 0,021 \leq 0,05$. Deci, și în această situație ipoteza H_0 se respinge, și se acceptă ipoteza H_1 , că numărul de studenți, care au primit nota medie 8,0 și mai mare în grupul experimental este mult mai mare decât în grupul de control cu probabilitatea 97,2%.

Tabelul 10. Proporțiile studenților cu media $m \geq 8,0$ și $m < 8,0$

Anul	Eșantion	Este efect $m \geq 8,0$		Nu este efect $m < 8,0$		Numărul studenților
		Nr	%	Nr	%	
2016-2017	GE	16	55,2%	13	44,8%	29
	GC	7	26,9%	19	73,1%	26
2017-2018	GE	18	66,7%	9	33,3%	27
	GC	7	36,8%	12	63,2%	19
2018-2019	GE	15	60,0%	10	40,0%	25
	GC	5	31,3%	11	68,7%	16
2019-2020	GE	10	66,7%	5	33,3%	15
	GC	7	29,2%	17	70,8%	24
Total		181		96		181

La fel, efectuând calculele, pentru anul de studiu 2018-2019, obținem că $\varphi_{emp}^* = 2,1 \geq 1,64$ și $\rho = 0,017 \leq 0,05$. Rezultă că și în această situație ipoteza H_0 se respinge, și se acceptă ipoteza H_1 , că numărul de studenți, care au primit nota medie 8,0 și mai mare în grupul experimental este mult mai mare decât în grupul de control cu probabilitatea 98,3%.

Prin analogie, efectuând calculele, pentru anul de studiu 2019-2020, obținem că $\varphi_{emp}^* = 2,34 \geq 2,31$ și $\rho = 0,009 \leq 0,05$. Conchidem că și în acest caz ipoteza H_0 se respinge, și se acceptă ipoteza H_1 , că numărul de studenți, care au primit nota medie 8,0 și mai mare în grupul experimental este mult mai mare decât în grupul de control cu probabilitatea 99,1%.

Deci, conform criteriului privind validarea statistică valorile criteriului Fisher unghiular φ_{emp}^* și a parametrului ρ pentru GE și GC, respectă relațiile enunțate. Putem conchide că pentru toți anii de studiu examinați, ipoteza H_0 se respinge, și se acceptă ipoteza H_1 , că numărul de studenți care au primit nota medie 8,0 și mai mare în grupul experimental este mai mare decât în grupul de control cu probabilitatea indicată în fiecare caz separat.

Rezultatelor experimentului pedagogic conform testului (U) Mann-Whitney. În continuare se vor verifica rezultatele testării finale folosind testul neparametric (U) Mann-Whitney. Pentru a-l aplica, este îndeplinită condiția că fiecare probă să aibă cel puțin 3 observații, iar distribuția normală a observațiilor nu este necesară [49]. Formulăm ipotezele nule și alternative.

- **H_0 :** rezultatele studierii în GE și GC nu diferă statistic unele de altele.
- **H_1 :** rezultatele studierii în GE și GC sunt statistic diferite.

Valorile empirice ale testului (U) Mann-Whitney au fost calculate folosind formula (3):

$$U_i = n_1 * n_2 + \frac{n_i(n_i+1)}{2} - R_i \quad (3)$$

unde R_i este suma rangurilor pentru eșantionul i ; n_1 și n_2 sunt numărul de observații din grupele 1 și 2.

Valorile critice ale testului (U) Mann-Whitney $U_p(n_1, n_2)$ sunt determinate conform tabelelor pentru n_1 și n_2 și nivelurile de semnificație $p=0,01$ și $p=0,05$ și sunt enumerate în tabelul 11.

Tabelul 11. Criteriul Mann-Whitney pentru eșantioanele din experiment

Anul	Eșantion	Numărul studenților	U_{emp}	$U_{0,05}$	$U_{0,01}$	Semnificația p	Ipoteza acceptată
2016-2017	GE	$n_1=29$	260,5	278	238	0,049	H_1
	GC	$n_2=26$					
2017-2018	GE	$n_1=27$	179,5	182	151	0,084	H_1
	GC	$n_2=19$					
2018-2019	GE	$n_1=25$	126,5	137	112	0,049	H_1
	GC	$n_2=16$					
2019-2020	GE	$n_1=15$	79,0	122	98	0,003	H_1
	GC	$n_2=24$					
Total		181					

Analizând datele din tabelul 11, conform rezultatelor testelor finale ale anilor de studii universitare 2016-2020 vedem că în fiecare serie a experimentului formativ ipoteza H_1 este confirmată, iar ipoteza H_0 este respinsă. Acest lucru este evidențiat de $U_{emp} < U_{crit}$ obținut în fiecare serie, la nivelul de

semnificație p indicat, ceea ce indică existența unor diferențe semnificative din punct de vedere statistic între scorul mediu din GE și GC.

Se poate concluziona că nivelul de formare (scorul mediu) din GE este statistic semnificativ mai mare decât nivelul de formare în GC la nivelul de semnificație $p = 0,05$ în fiecare serie a experimentului formativ (Figura 5).

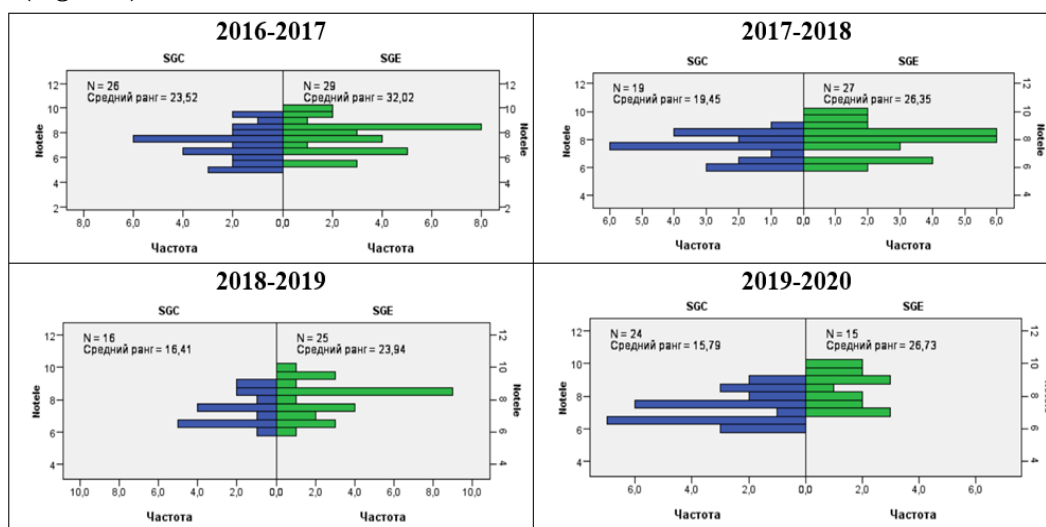


Figura 5. Valorile testelor (U) Mann-Whitney în patru serii

Eficacitatea implementării experimentului pedagogic desfășurat (de constatare, de formare, de control și validare) conform modelului construit, a fost confirmată și de rezultatele statistice înregistrate și publicate. Desfășurarea experimentului pedagogic a condus la tragerea următoarelor concluzii: (A) În urma cercetării au fost scoase în evidență diferențele între nivelele de înțelegere a materiei de către studenții din cele două loturi de comparație: eșantionul experimental (GE) și de eșantionul de control (GC). (B) Utilizarea metodelor didactice inovatoare și a TI și internet au un impact semnificativ asupra nivelului de pregătire profesională a studenților și a formării competențelor acestora în domeniul algoritmicii grafurilor, demonstrând astfel eficiența implementării TIC în studierea cursului Teoria Grafurilor comparativ cu metodele tradiționale de predare-învățare. Rezultatele experimentului pedagogic realizat a demonstrat corectitudinea metodologiei elaborate și a contribuit la îmbunătățirea modelului pedagogic dezvoltat.

CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI

Investigațiile efectuate în lucrarea „Implementarea noilor tehnologii informaționale în procesul de studiere a disciplinei universitare „Teoria Grafurilor”” au examinat una din problemele actuale a modernizării sistemului educațional privind eficientizarea studierii unității de curs din perspectiva implementării metodologiei utilizării tehnologiilor informaționale și de internet în raport cu pregătirea viitorilor specialiști din domeniile STEM.

Problema științifică rezolvată constă în elucidarea reperelor teoretice și elaborarea unei metodologii privind sporirea calității procesului de învățare a unității de curs TG, fapt ce a condus la proiectarea unui model pedagogic privind implementarea noilor tehnologii informaționale și de internet în procesul de predare-învățare-evaluare, direcționat spre dezvoltarea competențelor vizate prin studiul disciplinei respective ale viitorilor specialiști din domeniile STEM.

Rezultatele înregistrate ne permit formularea următoarelor concluzii generale:

1) S-a efectuat analiza mediul academic național și internațional referitor la procesul de studiere a Teoriei Grafurilor (TG). Au fost identificate tendințele de predare-învățare-evaluare a disciplinei respective ce a condus, din această perspectivă, la evidențierea problemelor existente în procesul de studiere a TG în sistemul universitar național și, totodată, acest fapt a direcționat

cercetările efectuate spre definitivarea fundamentelor teoretice și metodologice privind implementarea tehnologiilor informaționale și de internet în cheia educației STEM în vederea formării competențelor viitorilor specialiști în concordanță cu standardele academice internaționale și cerințele pieței muncii.

2) S-a demonstrat că în scopul studierii eficiente a TG sunt necesare nu doar cunoștințe teoretice din acest domeniu, dar și capacitatea de a putea eficient opera cu grafurile examinate (ca obiect de studiu) din următoarele perspective: descompunerea, ordonarea, caracterizarea și ierarhizarea elementelor unui graf prin prisma implementării algoritmilor grafurilor în soluționarea diferitor probleme practice care țin de procesele economice (drumuri minime, flux maximal, conexitatea, max-heap etc.) care se pot realiza cu succes și mai eficient prin implementarea tehnologiilor informaționale și de internet.

3) S-a analizat și a fost demonstrată necesitatea studierii și integrării eficiente a tehnologiilor informaționale și de internet (softurilor matematice, platformelor on line specializate etc.), în învățarea unității de curs Teoriei Grafurilor din perspectiva educației STEM.

4) S-a proiectat Modelul pedagogic de valorificare a unei metodologii de implementare a tehnologii informaționale și internet în procesul de studiere a unității de curs *Teoria grafurilor*.

5) S-a elaborat și fundamentat metodologia de valorificare a tehnologiilor informaționale și internet în procesul de studiere a unității de curs *Teoria grafurilor din perspectiva conceptului STEM*, facilitând în felul acesta sporirea nivelului de înțelegere a materialului și creșterea gradului de implicare a studenților în demersul didactic.

6) S-a perfecționat și precizat metodologia elaborării Hărții Tehnologice de implementare a unui proiect STEM la Teoria Grafurilor, încurajând astfel munca în echipă a studenților, stimulând relaționarea eficientă între ei și examinând din perspectivă inter/transdisciplinară soluționarea problemelor practice.

7) S-a proiectat în premieră și utilizat conceptul de învățare interactiv-tehnologizată. Aplicarea conceptului de învățare interactiv-tehnologizată propus are un impact semnificativ asupra procesului de studiere a Teoriei Grafurilor prin intermediul tehnologiilor, inclusiv a softului MAPLE, Wolfram Mathematica și a platformelor internet. Conceptul respectiv se implementează în raport cu interacțiunile de tipul student-student, student-echipă, student-profesor și student-materia de studiu prin prisma tehnologiilor informaționale și contribuie la eficientizarea eforturilor de echipă și colaborării dintre echipe.

8) În baza efectuării analizei statistice a rezultatelor experimentului pedagogic (desfășurat pe parcursul a 4 ani de studii 2016-2020 au fost implicați circa 181 studenți (85 – (GC) și respectiv 96 – (GE)), s-au formulat următoarele concluzii importante:

– Eficacitatea modelului pedagogic dezvoltat privind studierea grafurilor a fost confirmată și prin aplicarea metodelor statistice precum U – criteriul Mann-Whitney și ϕ^* – criteriul de transformare unghiulară Fisher la analiza rezultatelor experimentale, care au demonstrat că studenții din (GE) pe parcursul celor patru ani de desfășurare a experimentului, au înregistrat rezultate academice mai avansate comparativ cu studenții din (GC), în medie cu circa 10,7%, iar în ultimul an de realizare a experimentului pedagogic (2019-2020) cu circa 15,62%.

– În urma cercetării au fost scoase în evidență diferențele între nivelele de înțelegere a materiei de către studenții din cele două loturi de comparație: eșantionul experimental (GE) și de eșantionul de control (GC). Analizând datele obținute, se poate concluziona că utilizarea metodelor didactice inovatoare și a tehnologiilor informaționale și internet au un impact semnificativ asupra nivelului de pregătire profesională a studenților și a formării competențelor

acestora în domeniul algoritmicii grafurilor, demonstrând astfel eficiența implementării TIC în studierea cursului Teoria Grafurilor comparativ cu metodele tradiționale de predare-învățare.

9) Din perspectiva noii metodologii privind sporirea calității procesului de învățare au fost dezvoltate o serie de materiale instructiv-metodice la disciplina examinată, inclusiv scrierea manualului „Elemente de Teoria Grafurilor” conceput din perspectiva implementării TIC; s-au efectuat actualizări în curriculumul disciplinei; a fost revăzut conceptul de predare a disciplinei; au fost operate modificări în structura desfășurării lucrărilor de laborator. Toate intervențiile menționate au facilitat semnificativ procesul formării competențelor profesionale ale studenților care au îmbrățișat o carieră în domeniul STEM.

10) Soluționarea completă a problemei cercetării și îndeplinirea obiectivelor propuse a fost reflectată în cele 22 de publicații științifice axate pe dezvoltarea modalităților de eficientizarea procesului de studiere a unității de curs Teoria Grafurilor. Rezultatele cercetării înregistrate oferă noi posibilități pentru studierea într-un mediu digitalizat și prietenos a Teoriei Grafurilor din perspectiva conceptului STEM.

Recomandările propuse. Politici instituționale pentru instituțiile din sistemul preuniversitar și universitar:

- A valorifica și implementa rezultatele obținute (modelul pedagogic elaborat, metodologia dezvoltată, planul de studii modernizat, materialele instructiv-educative pregătite, etc) în procesul de formare a unei generații de specialiști profesioniști pentru implicarea cu succes în ramurile economiei naționale care țin de domeniile STEM;

- A examina experiența pedagogică avansată și a prelua Bunele Practici existente a cadrelor didactice care au înregistrat performanțe didactice semnificative în implementarea TIC la studierea Teoriei Grafurilor;

- A dezvolta noi repere instructiv-didactice din perspectiva TIC a modelului elaborat și educației STEM din perspectiva conceptului învățare interactiv-tehnologizată;

- A studia, în cazul studenților, reperele instructiv-educative elaborate și a utiliza în procesul de predare-învățare a Teoriei Grafurilor instrumentele TIC (softurile MAPLE, MATEMATICA, platformele internet, tabla interactivă etc.) pentru creșterea performanțelor academice la disciplina respectivă.

BIBLIOGRAFIE

1. Strategia națională de dezvoltare „Moldova digitală 2030”: Hotărârea Guvernului nr. 513 din 18 decembrie 2018. In: *Monitorul Oficial al Republicii Moldova*, 2018, nr. 486-498, art. 513.
2. Strategia de dezvoltare „Educația 2030”: Hotărârea Guvernului Republicii Moldova nr. 114 din 07.03.2023. In: *Monitorul Oficial al Republicii Moldova*, 2023, nr. 134-137, art. 289.
3. COMISIA EUROPEANĂ. *Cadrul strategic al Spațiului european al educației* [online]. Bruxelles: Comisia Europeană, 2020 [citată 10.03.2022]. Disponibil: http://ec.europa.eu/education/policy/strategic-framework_ro.
4. LUPU, I., ZASTÎNCEANU, L. Impactul instruirii asistate de calculator asupra calității învățământului matematic. In: *Studia Universitatis*, 2010. nr. 5(35), pp. 257-259. ISSN 1857-2103.
5. NASLAU, P., NEGREA, R., CADARIU, L. *Matematici asistate de calculator: Matlab, Mathcad, Mathematica, Maple, Derive*. Timișoara: Politehnica, 2007. 754 p. ISBN 973-625-234-5.
6. GERHARD, J., KOTSIREAS, I. Maple in mathematics education and research. In: *Third Maple Conference, MC 2019*, Waterloo, Ontario, Canada, October 2019. Cham: Springer, 2020, pp. 376-380. ISBN 978-3-030-41257-9.
7. КИРСАНОВ, М.Н. *Графы в Maple. Задачи, алгоритмы, программы*. Москва: Физматлит, 2007. 168 с. ISBN 5-7046-1168-0.
8. ДЬЯКОНОВ, В.П. *Mathematica 5.1/5.2/6: Программирование и математические вычисления*. Москва: ДМК Пресс, 2008. 573 с. ISBN 5-94074-405-2.
9. OSIPOV, V. *Metodologia studierii matematicii în instituții cu profil tehnic prin intermediul noilor tehnologii informaționale*: tz. de doctor în pedagogie. Chișinău, 2012. 161 p.
10. OSIPOV, V. Bazele metodologice de utilizare a sistemului electronic integrat Maple la studierea matematicii. In: *Studia Universitatis Moldavie (Seria Științe ale Educației)*, 2010, nr. 5(35), pp. 263-267. ISSN 1857-2103.
11. BLAJINA, O. *Maple în matematică asistată de calculator*. Chișinău: Editura Albastră, 2001. 428 p. ISBN 973-650-007-1.
12. ХАЛИДОВА, О., Х., ОЛЕНЕВ, А.А. Применение СКА Maple на примере изучения основ «Теории Чисел». In: *Международный студенческий научный вестник*. 2018, № 6, pp. 1-10. ISSN 2409-529X.
13. АБДУРАХМАНОВ, А., Г. Применение математических пакетов в образовании на примере математического пакета Maple. In: *Экономика и социум*, 2021, nr. 3(82), pp. 761-766. ISSN 2225-1545.
14. ШЕВЧЕНКО, А., С. Использование систем компьютерной алгебры для повышения качества знаний при изучении дисциплины «Численные методы». In: *Мир науки. Педагогика и психология*, 2020, nr. 8(4), pp. 1-17. ISSN 2658-6282.
15. GREMALSCHI, A., CHIRIAC, L., CHIRIAC, E. [et al.], coordonator CHIRIAC, L. *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.
16. CABAC, V., Practica dezvoltării și evaluării competențelor în educația STEM. In: *Materialele Conferinței Științifice Internaționale „Abordări inter/transdisciplinare în predarea științelor reale, (concept STEAM)”*, ed. a 4-a, 1-2 noiembrie 2024. Chișinău: UPSC, pp. 23-48. ISBN 978-5-86654-132-4.
17. VEVERIȚA, T., PAVEL, M., VASCAN, T. *Metodologia implementării conceptului STEAM în clasele I-IV*. Chișinău: CEP UPSC, 2023. 74 p. ISBN 978-9975-46-809-1.
18. CHIRIAC, L., MIHĂLACHE, L., COZMA, D., [et. al.] *Elaborarea și rezolvarea modelelor matematice*. Chișinău: CEP UPSC, 2023. 94 p. ISBN 978-9975-46-808-4.
19. CHIRIAC, L., LUPAȘCO, N., PAVEL, M. [et. al.] *Robotica, mecatronica și drone educaționale: Ghid metodic pentru studenți și profesori*. Chișinău: Tipografia Centrală, 2022, 199 p. ISBN 978-5-88554-078-0.
20. CHIRIAC, L., VEVERIȚA, T., PAVEL, M. [et al.], coordonator științific CHIRIAC L. *Evaluarea procesului de studiere a științelor reale și ale naturii din perspectiva inter/transdisciplinarității, concept STEAM*. Chișinău: Tipografia centrală, 2020. 252 p. ISBN 978-9975-117-50-0.
21. GASNAȘ, A. GLOBALA, A. Laboratorul clasa viitorului pentru explorarea modalității de predare-învățare în tendințe STEM. In: *Materialele conferinței științifice „Abordări inter/transdisciplinare în predarea științelor reale, (concept STEAM)”*, 29-30 octombrie 2021. Chișinău: UST, 2021, pp. 242-248. ISBN 978-9975-76-356-1.

22. *Crearea laboratoarelor de studii și a spațiilor inovative de învățare: Ghid pentru organizarea laboratoarelor „Clasa Viitorului” și desfășurarea activităților STEAM.* Coordonator CHIRIAC L. Chișinău: UST, 2022. 59 p. ISBN 978-5-88554-084-1.
23. BOCANCEA, V. Promovarea activităților STEM/STEAM. In: *Materialele conferinței științifice internaționale „Abordări inter/transdisciplinare în predarea științelor reale, (concept STEAM)”*, ed. a 2-a, 28-29 octombrie 2022. Chișinău: UST, 2022. pp. 379-382. ISBN 978-9975-76-411-7.
24. CHIRIAC, T. Principii și repere pedagogice ale educației STEM. In: *Materialele conferinței științifice internaționale „Abordări inter/transdisciplinare în predarea științelor reale, (concept STEAM)”*, ed. a 2-a, 28-29 octombrie 2022. Chișinău: UST, 2022. pp. 245-256. ISBN 978-9975-76-411-7.
25. GASNAȘ, A. Informatica și conceptul STEAM. In: *Materialele conferinței științifice internaționale „Abordări inter/transdisciplinare în predarea științelor reale, (concept STEAM)”*, ed. a 2-a, 28-29 octombrie 2022. Chișinău: UST, 2022. pp. 286-292. ISBN 978-9975-76-411-7.
26. VASCAN, T. Învățarea bazată pe proiecte – o metodă de implementare a abordării STEAM în educație. In: *Materialele Conferinței Republicane a Cadrelor Didactice*, 26-27 februarie 2022. vol. 1, Didactica științelor exacte. Chișinău: UST, pp. 324-329. ISBN 978-9975-76-383-7.
27. POPOV, L., EVDOCHIMOV, R. *Tehnologii Informaționale și Comunicaționale, Modulul Conceptele de bază ale tehnologiei informației și sistemului de calcul.* Bălți: Universitatea de Stat „Alecu Russo” din Bălți, 2017. 148 p. ISBN 978-9975-50-211-5.
28. CABAC, V., SCHREURS, J., PETCU, G. [et. al] *Design-ul procesului de învățare bazat pe abordarea centrată pe student: Curs de formare pentru cadrele didactice universitare.* Bălți: Continental Grup SRL, 2011, 144 p. ISBN 978-9975-4248-2.
29. Ce reprezintă informațiile privind piața muncii în raport cu orientarea profesională pe tot parcursul vieții? [online]. Thessaloniki: CEDEFOP, 2022 [citat 10.10.2022]. Disponibil: <https://www.cedefop.europa.eu/ro/tools/resources-guidance/toolkit/what-is-labour-market-information-for-lifelong-guidance>.
30. **BOSTAN, M.** Utilizarea platformelor de învățare online în implementarea proiectelor STEAM. In: *Materialele Conferinței Științifice Internaționale „Abordări inter/transdisciplinare în predarea științelor reale, (concept STEAM)”*, ed. a 4-a, 1-2 noiembrie 2024. Chișinău: UPSC, 2024, pp. 258-263. ISBN 978-5-86654-132-4.
31. **BOSTAN, M.** Integrarea teoriei grafurilor în educație prin abordare STEAM. In: *Proceedings of the 31th Conference on Applied and Industrial Mathematics*, CAIM 2024, Oradea, România, 19-22 septembrie 2024. Oradea: Universitatea din Oradea, 2024, pp. 32-38, ISSN 3061-3477.
32. CHIRIAC, L., LUPAȘCO, N., MIHĂLACHE, L., **BOSTAN, M.** Abordări interdisciplinare la studierea „Teoriei grafurilor”. In: *Materialele Conferinței Republicane a Cadrelor Didactice*, 27-28 februarie 2021, vol. I, Didactica științelor exacte. Chișinău: UST, 2021, pp. 123-128. ISBN 978-9975-76-318-9.
33. POSTOLACHI, I., BALMUȘ, N., **BOSTAN, M.** Aplicarea Teoriei grafurilor în fizică. In: *Materialele Conferinței Științifice Internaționale „Abordări inter/transdisciplinare în predarea științelor reale, (concept STEAM)”*, ed. a 2-a, 28-29 octombrie 2022. Chișinău: UST, 2022, pp. 449-457. ISBN 978-9975-76-411-7.
34. СОФРОНОВА, Н.В. *Теория и методика обучения информатике: учеб. пособие для вузов.* Москва: Высшая школа, 2004. 223 с. ISBN 5-06-004435-1.
35. **BOSTAN, M.** Abordări metodologice privind studierea compartimentului „Drumuri minime în graf”. In: *Book of Abstracts of the 25th Conference on Applied and Industrial Mathematics*, CAIM 2017, Iași, România, 14-17 septembrie 2017. Iași: Universitatea din Iași, 2017, pp. 110-111.
36. CHIRIAC, L., **BOSTAN, M.** Aspecte didactice în predarea algoritmilor pentru determinarea drumurilor minime în grafuri. In: *Acta et commentationes (Științe ale Educației)*, 2017, nr. 2(11), pp. 4-24. ISSN 1857-0623.
37. **BOSTAN, M.** Metodologia studierii algoritmilor de parcurgere în grafuri. In: *Materialele Conferinței „Abordări inter/transdisciplinare în predarea științelor reale, (concept STEAM)”*, ed. a 2-a, 28-29 octombrie 2022. Chișinău: UST, 2022, pp. 219-228. ISBN 978-9975-76-411-7.
38. **BOSTAN, M.** Abordări didactice în aplicarea algoritmului Prim pentru determinarea arborelui parțial de cost minim. In: *Materialele Conferinței Științifice Naționale cu Participare Internațională „Învățământul superior: tradiții, valori, perspective”*, vol. I, Științe exacte și ale naturii și Didactica științelor exacte și ale naturii, 28-29 septembrie 2018, Chișinău: Tipografia UST, 2018, pp. 94-101. ISBN 978-9975-76-252-6.

39. **BOSTAN, M.** Abordări didactice în aplicarea algoritmului Kruskal pentru determinarea arborelui parțial de cost minim. In: *Proceedings of the 26th Conference on Applied and Industrial Mathematics, CAIM 2018, Communications in Education*, Chișinău, 20-23 septembrie 2018. Chișinău: UTM, 2018, pp. 77-87. ISBN 978-9975-76-247-2.
40. **BOSTAN, M.** Abordări didactice în predarea algoritmilor pentru determinarea arborelui parțial de cost minim. In: *Book of Abstracts of the 26th Conference on Applied and Industrial Mathematics CAIM 2018*, Iași, România, 20-22 septembrie 2018. Iași: Universitatea din Iași, 2018, pp. 123-124. ISBN 978-9975-76-247-2.
41. **CHIRIAC, L., BOSTAN, M., LUPAȘCO, N.**, Considerații didactice privind algoritmul construcției vectorului MaxHeap. In: *Materialele Conferinței Republicane a Cadrelor Didactice*, 27-28 februarie 2021, vol. I, Didactica științelor exacte. Chișinău: UST, 2021, pp. 116-122. ISBN 978-9975-76-318-9.
42. **BOSTAN, M.** Aspecte didactice privind studierea algoritmului Heapsort. In: *Materialele Conferinței Republicane*, 1-2 martie 2019, vol. 1, Didactica științelor exacte. Chișinău: UST, 2019, pp. 180-187. ISBN 978-9975-76-271-7.
43. **CHIRIAC, L., BOSTAN, M.** Aspecte didactice în predarea algoritmului Ford-Fulkerson. In: *Materialele Conferinței „Abordări inter/transdisciplinare în predarea științelor reale, (concept STEAM), dedicată aniversării a 70 de ani de la nașterea profesorului universitar Anatol Gremalschi*, 29-30 octombrie 2021, vol. I, Studiarea informaticii și tehnologiilor informaționale din perspectiva STEAM. Chișinău: UST, 2021, pp. 206-214. ISBN 978-9975-76-357-8.
44. **CHIRIAC, L., BOSTAN, M.** *Elemente de Teoria Grafurilor*, Chișinău: Tipografia centrală, 2022, 316 p. ISBN 978-5-88554-150-3.
45. **OPREA, C.-L.** *Strategii didactice interactive: repere teoretice și practice*, ed. a 2-a. București: EDP, 2007. 304 p. ISBN 978-973-30-1695-3.
46. **BOSTAN, M.** Aspecte didactice în pregătirea experimentului pedagogic privind implementarea TIC în predarea cursului universitar „Teoria Grafurilor”. In: *Book of Abstracts of International Symposium „Actual Problems of mathematics and Informatics”*, dedicated to the 90th Birthday of Professor Ion Valuță, 27-28 noiembrie 2020. Chișinău: UST, 2021, pp. 129-129. ISBN 978-9975-45-677-7.
47. **BOSTAN, M.** Repere privind pregătirea și desfășurare experimentului pedagogic privind implementarea noilor tehnologii informaționale în predarea cursului universitar „Teoria grafurilor”. In: *Materialele Conferinței Științifice Naționale cu Participare Internațională „Învățământul superior: tradiții, valori, perspective”*, 29-30 septembrie 2020, vol. I, Științe exacte și ale naturii și Didactica științelor exacte și ale naturii. Chișinău: UST, 2020, pp. 215-218. ISBN 978-9975-76-312-7.
48. **BOSTAN, M.** Aspecte metodologice privind prelucrarea datelor experimentale pedagogice aplicând criteriile ϕ^* - Fisher și U-Mann-Whitney. In: *Acta et commentationes (Științe ale Educației)*. 2022, nr. 3(29), pp. 108-118. ISSN 1857-0623.
49. **BOSTAN, M.** Aplicarea testului (U)Mann-Whitney la prelucrarea rezultatelor experimentale privind studierea cursului universitar „Teoria grafurilor”. In: *Proceedings of the 29th Conference on Applied and Industrial Mathematics, CAIM 2022, dedicated to the Memory of Academician Mitrofan Ciobanu*, 25-27 august 2022. Chișinău: UST, 2022, pp. 72-77. ISBN 978-9975-76-401-8.
50. **BOSTAN, M.** *Aspecte istorice în procesul de studiere a teoriei grafurilor*. In: *Didactica PRO...*, 2023, nr. 5-6 (141-142), pp. 78-82, ISSN 1810-6455.
51. **BOSTAN, M.** *Metodologia implementării tehnologiilor informaționale în predarea cursului universitar „Teoria Grafurilor”*. In: *Acta et Commentationes (Științe ale Educației)*, 2023, nr. 2(32), pp. 126-135. ISSN 1857-0623.
52. **BOSTAN, M.** Aspecte metodice implementării soft-ului Maple în studierea cursului universitar „Teoria Grafurilor”. In: *Proceedings of the 30th Conference on Applied and Industrial Mathematics, CAIM 2023, Iași, România, 14-17 septembrie 2023*. Iași: Universitatea din Iași, pp. 27-33. ISBN 978-606-13-7848-7.
53. **BOSTAN, M.** Metodologia aplicării sistemului electronic „Maple” în studierea cursului „Teoria grafurilor”. In: *Probleme ale științelor socioumanistice și modernizării învățământului: Materialele conferinței științifice anuale a profesorilor și cercetătorilor UPS „Ion Creangă”*, seria XXI, 22-23 martie 2018, vol. II. Chișinău: UPS „Ion Creangă”, 2018, pp. 242-250. ISBN 978-9975-46-376-8.

ADNOTARE

Bostan Marina

Implementarea noilor tehnologii informaționale în procesul de studiere a disciplinei universitare „Teoria grafurilor”

Teză de doctor în științe ale educației, Chișinău, 2025

Structura tezei: introducere, trei capitole, concluzii generale și recomandări, bibliografie din 244 de titluri, 10 anexe, 158 de pagini de text de bază, 32 de figuri și 39 de tabele. Rezultatele obținute sunt publicate în 22 lucrări științifice.

Cuvinte-cheie: teoria grafurilor, tehnologii informaționale și de internet, model pedagogic, experiment pedagogic, strategii didactice interactive, STEM, conceptul învățare interactiv-tehnologizată.

Domeniul de studii: Științe ale educației. Didactica școlară (pe trepte și discipline de învățământ).

Scopul lucrării: stabilirea reperelor teoretice, elaborarea și validarea experimentală a unei metodologii de implementare a tehnologiilor informaționale și internetului în procesul de studiere a unității de curs „Teoria grafurilor”.

Obiectivele cercetării: 1) Elucidarea reperelor teoretice privind studierea unității de curs „Teoria Grafurilor”; 2) Analiza experienței privind studierea disciplinei „Teoria Grafurilor” în centre universitare cunoscute la nivel național și internațional; 3) Elaborarea unei metodologii de valorificare a tehnologiilor informaționale și a internetului în procesul de studiere a unității de curs „Teoria Grafurilor” din perspectiva conceptului STEM; 4) Proiectarea unui model pedagogic de valorificare a unei metodologii de implementare a tehnologiilor informaționale și internetului în procesul de studiere unității de curs „Teoria Grafurilor”; 5) Validarea experimentală a modelului pedagogic și a metodologiei de implementare a tehnologiilor informaționale și internet în procesul de studierea unității de curs „Teoria Grafurilor” din perspectiva conceptului STEM.

Noutatea și originalitatea științifică: au fost stabilite reperele teoretice și praxiologice privind valorificarea TI și de internet în studierea unității de curs „Teoria Grafurilor”, integrate într-un model pedagogic funcțional elaborat în cheia educației STEM.

Rezultatele obținute care contribuie la soluționarea unei probleme științifice importante: elucidarea reperelor teoretice și elaborarea unei metodologii privind sporirea calității procesului de învățare a unității de curs „Teoria Grafurilor”, fapt ce a condus la proiectarea unui model pedagogic privind implementarea noilor tehnologii informaționale și de internet în procesul de predare-învățare-evaluare, direcționat spre dezvoltarea competențelor vizate prin studiul disciplinei respective ale viitorilor specialiști din domeniile STEM.

Semnificația teoretică a lucrării rezidă în: completarea conceptelor didactice privind studierea unității de curs „Teoria Grafurilor” prin implementarea tehnologiilor informaționale și de internet din perspectiva STEM; fundamentarea teoretică și metodologică a modelului pedagogic elaborat; valorificarea unei metodologii de implementare a tehnologiilor informaționale și de internet în procesul de predare-învățare a unității de curs „Teoria Grafurilor”.

Valoarea aplicativă: (1) Aprobarea și aplicarea reușită a modelului pedagogic dezvoltat și a metodologiei concepute, elaborat de autor, prin intermediul tehnologiilor informaționale și internet, în procesul de învățare a cursului universitar „Teoria Grafurilor”. (2) Actualizarea curriculumului și elaborarea lucrărilor de laborator model, în baza softului MAPLE la Teoria Grafurilor, prin prisma modelului pedagogic elaborat și a conceptului STEM. (3) Precizarea metodologiei elaborării Hărții Tehnologice de implementare a unui proiect STEM la Teoria Grafurilor din perspectiva conceptului învățării interactiv-tehnologizate. (4) Elaborarea manualului „Elemente de Teoria Grafurilor” conceput din perspectiva implementării softului MAPLE și a limbajelor de programare Pascal/C++.

Implementarea rezultatelor științifice: s-au efectuat în procesul de studiere a unității de curs „Teoria grafurilor” din cadrul UST/UPSC prin intermediul modelului pedagogic și metodologiei elaborate.

АННОТАЦИЯ

Бостан Марина

Внедрение новых информационных технологий в процессе изучения университетской дисциплины «Теория графов»

Диссертация доктора педагогических наук, Кишинёв, 2025

Структура диссертации: введение, три главы, общие выводы и рекомендации, библиография из 244 наименований, 10 приложений, 158 страниц основного текста, 32 рисунков и 39 таблиц. Полученные результаты опубликованы в 22 научных работах.

Ключевые слова: теория графов, информационные и интернет технологии, педагогическая модель, педагогический эксперимент, интерактивные дидактические стратегии, STEM, концепция интерактивно-технологизированного обучения.

Область исследования: Педагогические науки. Школьная дидактика (по уровням и учебным дисциплинам).

Цель исследования: определение теоретических ориентиров, разработка и экспериментальная валидация методологии внедрения информационных и интернет-технологий в процессе изучения учебного курса «Теория графов».

Задачи исследования: 1) Выявление теоретических ориентиров для изучения курса «Теория графов»; 2) Анализ опыта изучения дисциплины «Теория графов» в известных университетских центрах на национальном и международном уровнях; 3) Разработка методологии использования информационных и интернет-технологий в процессе изучения курса «Теория графов» с учётом концепции STEM; 4) Проектирование педагогической модели использования методологии внедрения информационных и интернет технологий в процессе изучения курса «Теория графов»; 5) Экспериментальная валидация методологии внедрения информационных и интернет технологий в процессе изучения курса «Теория графов» с учётом концепции STEM.

Научная новизна и оригинальность: определены теоретические и праксиологические ориентиры использования информационных и интернет-технологий в изучении учебного курса «Теория графов», интегрированные в функциональную педагогическую модель, разработанную в контексте образования STEM.

Полученные результаты, которые способствуют решению важной научной проблемы: выявление теоретических ориентиров и разработка методологии повышения качества процесса обучения учебного курса «Теория графов», что привело к проектированию педагогической модели внедрения новых информационных и интернет-технологий в процесс преподавания-обучения-оценивания, направленный на развитие компетенций, предусмотренных изучением данной дисциплины, у будущих специалистов в области STEM.

Теоретическая значимость работы заключается в: дополнении дидактических концепций изучения учебного курса «Теория графов» посредством внедрения информационных и интернет-технологий с учётом концепции STEM; теоретическом и методологическом обосновании разработанной педагогической модели; использовании методологии внедрения информационных и интернет-технологий в преподавании и изучении учебного курса «Теория графов».

Прикладная ценность: (1) Успешное утверждение и применение разработанной педагогической модели и с использованием информационных и интернет-технологий в процессе обучения университетскому курсу «Теория графов». (2) Обновление учебной программы и разработка модельных лабораторных работ по теории графов на основе программного обеспечения MAPLE в рамках разработанной педагогической модели и концепции STEM. (3) Уточнение методологии разработки технологической карты внедрения STEM-проекта по теории графов с учетом концепции интерактивно-технологизированного обучения. (4) Разработка учебного пособия «Элементы теории графов», разработанного с учетом внедрения программного обеспечения MAPLE и языков программирования Pascal/C++.

Внедрение научных результатов: осуществлено в процессе изучения учебного курса «Теория графов» в рамках UST и Тираспольского Государственного Университета и Государственного Педагогического Университета имени Иона Крянгэ в Кишиневе с использованием разработанной педагогической модели и методологии.

ANNOTATION

Bostan Marina

Implementation of new information technologies in the process of studying the university discipline "Graph Theory"

Doctor thesis in education sciences, Chisinau, 2025

Thesis structure: introduction, three chapters, general conclusions and recommendations, bibliography of 244 titles, 10 appendices, 158 pages of main text, 32 figures and 39 tables. The obtained results are published in 22 scientific papers.

Keywords: graph theory, information and internet technologies, pedagogical model, pedagogical experiment, interactive didactic strategies., STEM, technology-enhanced interactive learning concept.

Research field: Educational Sciences. School didactics (by levels and educational subjects)

The aim of the research: establishing theoretical benchmarks, developing, and experimentally validating a methodology for implementing information and internet technologies in the process of studying the "Graph Theory" course unit.

Research objectives: 1) Elucidation of theoretical benchmarks for studying the "Graph Theory" course unit; 2) Analysis of the experience regarding the study of the "Graph Theory" discipline in well-known university centers at national and international levels; 3) Development of a methodology for utilizing information and internet technologies in the study of the "Graph Theory" course unit from the perspective of the STEM concept; 4) Design of a pedagogical model for implementing a methodology of utilizing information and internet technologies in the study of the "Graph Theory" course unit; 5) Experimental validation of the pedagogical model and the methodology for implementing information and internet technologies in the study of the "Graph Theory" course unit from the perspective of the STEM concept.

Scientific novelty and originality: establishing theoretical and praxeological benchmarks for utilizing information and internet technologies in studying the "Graph Theory" course unit were established, integrated into a functional pedagogical model developed within the framework of STEM education.

The results obtained that contribute to solving an important scientific problem: consist in elucidating theoretical benchmarks and developing a methodology to enhance the quality of the learning process for the "Graph Theory" course unit, which led to the design of a pedagogical model for implementing new information and internet technologies in the teaching-learning-assessment process, aimed at developing the competencies targeted by the study of this discipline for future STEM specialists.

The theoretical significance of the paper consists in: complementing didactic concepts for studying the "Graph Theory" course unit through the implementation of information and internet technologies from a STEM perspective; theoretical and methodological substantiation of the developed pedagogical model; utilization of a methodology for implementing information and internet technologies in the teaching-learning process of the "Graph Theory" course unit

Applicative value: (1) Successful approval and application of the developed pedagogical model and methodology, created by the author, using information and internet technologies in the learning process of the university course "Graph Theory". (2) Updating the curriculum and developing model laboratory works for graph theory based on MAPLE software, within the framework of the developed pedagogical model and the STEM concept. (3) Specifying the methodology for developing a Technological Map for implementing a STEM project in graph theory from the perspective of the technology-enhanced interactive learning concept. (4) Development of the textbook "Elements of Graph Theory" designed from the perspective of implementing the MAPLE software and the Pascal/C++ programming languages.

Implementation of scientific results: carried out in the process of studying the "Graph Theory" course unit within UST/UPSC through the use of the developed pedagogical model and methodology.

BOSTAN MARINA

**IMPLEMENTAREA NOILOR TEHNOLOGII INFORMAȚIONALE ÎN PROCESUL DE
STUDIAREA DISCIPLINEI UNIVERSITARE „TEORIA GRAFURILOR”**

**532.02 – DIDACTICĂ ȘCOLARĂ
(PE TREPTE ȘI DISCIPLINE DE ÎNVĂȚĂMÂNT)**

Rezumatul tezei de doctor în științe ale educației

Aprobat spre tipar: 23.05.2025

Formatul hârtiei 60x84 1/16

Hârtie offset. Tipar offset.

Tiraj 50 ex.

Coli de tipar: 2,64

Comanda nr. 245

Universitate Pedagogică de Stat „Ion Creangă” din Chișinău, strada I. Creangă, 1