**UNIVERSITATEA NAȚIONALĂ DE ȘTIINȚĂ ȘI TEHNOLOGIE POLITEHNICA BUCUREȘTI CENTRUL UNIVERSITAR PITEȘTI**

**FACULTATEA DE ELECTRONICĂ, COMUNICAȚII ȘI CALCULATOARE**

**DEPARTAMENTUL ELECTRONICĂ, CALCULATOARE ȘI INGINERIE ELECTRICĂ**

**PROGRAMUL DE STUDII UNIVERSITARE DE LICENȚĂ**

**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

**Absolvent**

**DINICA F. Madalin-Alexandru**

**Conducător științific**

**conf.univ.dr.ing. Ene Alexandru**

**Pitești**

**Sesiunea iulie 2024**

**UNIVERSITATEA NAȚIONALĂ DE ȘTIINȚĂ ȘI TEHNOLOGIE POLITEHNICA BUCUREȘTI CENTRUL UNIVERSITAR PITEȘTI**

**FACULTATEA DE ELECTRONICĂ, COMUNICAȚII ȘI CALCULATOARE**

**DEPARTAMENTUL ELECTRONICĂ, CALCULATOARE ȘI INGINERIE ELECTRICĂ**

**PROGRAMUL DE STUDII UNIVERSITARE DE LICENȚĂ**

**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

**PROIECT DE DIPLOMĂ**

APLICATIE WEB PENTRU TESTAREA CUNOSTINELEOR IN LIMBAJUL C

**Absolvent**

**DINICA F. Mădălin-Alexandru**

**Conduc****ător științific**

**conf.univ.dr.ing. Ene Alexandru**

POZA DOCUMENT CU TEMA PROIECTULUI DE DIPLOMA

POZA DECLARATIE PRIVIND ORIGINALITATEA PROIECTULUI DE DIPLAMA

CUPRINS

TABEL DE FIGURI

LISTA ACRONIMELOR

# INTRODUCERE

## 1.1 Motivația alegerii temei

Alegerea acestei teme a fost determinată de mai mulți factori importanți care reflectă nevoile actuale din domeniul educației în programare. În primul rând, după o analiză detaliată a peisajului actual al platformelor educaționale online, am observat că există relativ puține resurse dedicate exclusiv testării cunoștințelor în limbajul de programare C. Deși limbajul C rămâne fundamental în educația informatică și continuă să fie folosit în numeroase domenii - de la programarea sistemelor la dezvoltarea embedded - oferta de platforme interactive pentru exercitarea și evaluarea competențelor în acest limbaj este surprinzător de limitată.

Platformele existente care oferă acest tip de conținut prezintă o problemă semnificativă: majoritatea funcționează pe un model ,,freemium ’’, oferind doar un trial limitat sau un număr restrâns de exerciții gratuite, după care trecerea la o versiune plătită devine necesară. Această abordare creează bariere în calea studenților și a programatorilor începători care doresc să-și dezvolte competențele, dar nu dispun de resurse financiare pentru abonamente costisitoare. Lipsa accesului la resurse de calitate și gratuite poate să îngreuneze procesul de învățare și să descurajeze persoanele motivate să-și dezvolte abilitățile de programare.

Un alt aspect care m-a determinat să aleg această temă este dorința de a contribui la formarea următoarei generații de programatori. Observ că mulți tineri dezvoltatori se confruntă cu ceea ce comunitatea programatorilor numește "tutorial-hell" - fenomenul prin care aspiranții programatori consumă o cantitate enormă de conținut educațional (tutorial video, cursuri online, documentații) fără să aplice în mod practic ceea ce au învățat. Aceștia rămân blocați într-un ciclu neproductiv de consum pasiv de informații, fără să-și dezvolte competențele practice necesare pentru a deveni programatori eficienți.

Această problemă este deosebit de vizibilă în cazul limbajului C, care necesită o înțelegere profundă a conceptelor fundamentale și multă practică pentru a fi stăpânit. Mulți studenți citesc despre pointeri, managementul memoriei sau structuri de date, dar nu au suficiente oportunități de a-și testa cunoștințele într-un mediu structurat și progresiv.

## 1.2 Obiectivele generale ale proiectului

Obiectivul principal al acestui proiect este dezvoltarea unei platforme web interactive și accesibile care să permită utilizatorilor să-și testeze și să-și îmbunătățească cunoștințele de programare în limbajul C. Platforma își propune să ofere o alternativă gratuită și de calitate la soluțiile comerciale existente, eliminând barierele financiare care pot împiedica accesul la educație de calitate.

Un obiectiv secundar, dar la fel de important, este combaterea fenomenului de ,,tutorial hell’’ prin oferirea unei experiențe de învățare activă și aplicativă. În loc să se bazeze doar pe consum pasiv de conținut, utilizatorii vor fi încurajați să scrie cod, să rezolve probleme concrete și să primească feedback imediat asupra soluțiilor lor. Aceasta facilitează tranziția de la cunoașterea teoretică la competențele practice, esențială pentru orice programator.

Platforma urmărește să acopere întregul spectru de dificultate, de la concepte de bază pentru începători până la probleme avansate pentru programatorii mai experimentați. Aceasta include exerciții pentru sintaxa de bază, structuri de control, funcții, pointeri, managementul memoriei, structuri de date și algoritmi fundamentali.

Un alt obiectiv important este crearea unei experiențe de utilizare plăcute și motivante prin implementarea unor elemente de „gamification’’. Utilizatorii vor putea să-și urmărească progresul, si să acceseze statistici despre performanța lor.

## 1.3 Contribuția studentului și rezultatele obținute

Contribuția personală la acest proiect constă în întregul proces de dezvoltare, de la analiza cerințelor până la implementarea finală și testarea aplicației. Platforma "**CodeMaster**" a fost construită folosind un pachet tehnologic modern și robust, care include **Next.js** pentru framework-ul principal, **React** pentru componentele de interfață, **TailwindCSS** pentru stilizare, **Firebase** pentru gestionarea utilizatorilor și stocarea problemelor, **Judge0** pentru compilarea și execuția codului, și integrarea unui asistent virtual, **VoiceGlow**, pentru asistența utilizatorilor.

## 1.4 Rezultate și impact

Rezultatele obținute până în prezent demonstrează viabilitatea și eficiența soluției dezvoltate. Platforma oferă o experiență fluida de la autentificare până la rezolvarea problemelor, cu un timp de răspuns rapid și o interfață intuitivă. Integrarea cu Judge0 asigură compilarea și execuția sigură a codului, în timp ce arhitectura bazată pe Firebase garantează scalabilitatea și fiabilitatea sistemului.

Prin dezvoltarea acestei platforme, am reușit să creez o soluție concretă pentru problemele identificate în ecosistemul actual de învățare online, oferind o alternativă gratuită și accesibilă pentru toți programatorii care doresc să-și dezvolte competențele în limbajul C.

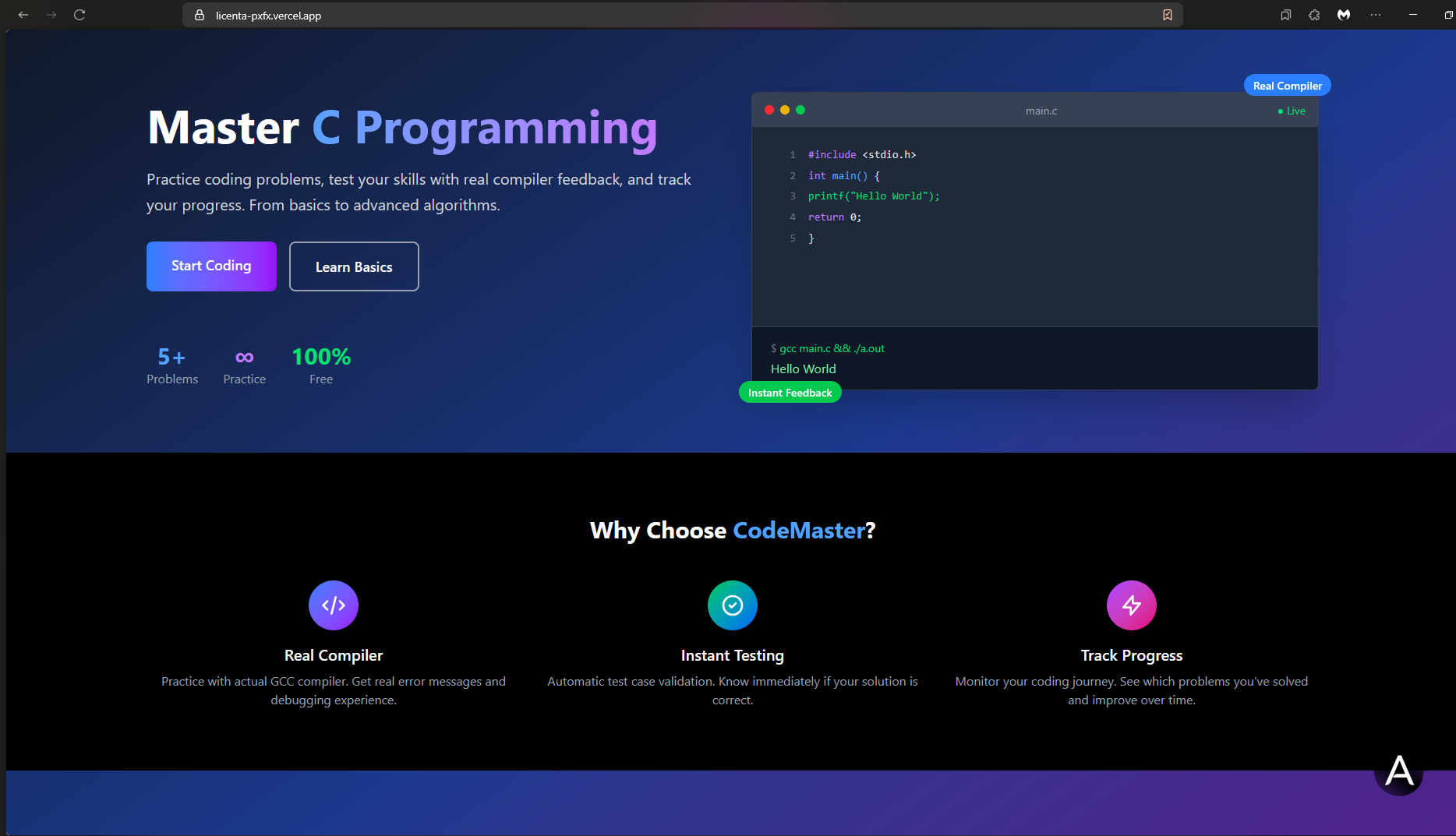


Figura 1 - Rezultat Final

# Stadiul Actual

## Analiza platformelor existente de învățare online

În contextul în care industria tehnologiei înregistrează o creștere explozivă și nevoia de programatori competenți devine din ce în ce mai acută, piața platformelor de învățare online în programare a cunoscut o dezvoltare semnificativă. Pentru a înțelege poziționarea și potențialul aplicației dezvoltate, este esențială analiza detaliată a principalelor platforme existente, a limitărilor acestora și a oportunităților pe care le oferă.

## 2.2 Codecademy - Liderul în educația interactivă

„Codecademy”, fondată în august 2011 de Zach Sims și Ryan Bubinski în New York City, ridicând $2.5 milioane în finanțarea din Seria A în octombrie 2011 și $10 milioane în Seria B în iunie 2012, s-a poziționat ca una dintre cele mai populare platforme de învățare a programării. Platforma oferă cursuri gratuite de programare în 13 limbaje diferite, inclusiv Python, Java, Go, JavaScript, Ruby, SQL, C++, C#, Lua și Swift, precum și limbajele de markup HTML și CSS.

Platforma adoptă un model freemium care permite utilizatorilor accesul la conținut de bază gratuit, însă funcționalitățile avansate necesită un abonament Pro. Codecademy Pro oferă acces la căi de carieră complete, certificări profesionale, proiecte practice și feedback personalizat, costând $35 pe lună sau aproximativ $159 pe an. Pentru studenți, platforma oferă o reducere de peste 35% din prețul standard.

Codecademy se remarcă prin abordarea sa interactivă, permițând utilizatorilor să scrie și să testeze cod direct în browser încă din prima lecție. Platforma include caracteristici precum „AI Learning Assistant” care oferă feedback instantaneu și personalizat, proiecte practice și evaluări care testează cunoștințele pe măsură ce acestea sunt învățate. Platforma afirmă că 82% dintre utilizatorii Codecademy realizează ceea ce și-au propus să facă.

## 2.3 HackerRank - Orientarea către recrutare și evaluare

HackerRank se diferențiază prin focusul său asupra evaluării competențelor tehnice și pregătirii pentru interviuri. Platforma servește atât dezvoltatorii care doresc să-și perfecționeze abilitățile, cât și companiile care caută să evalueze candidații prin teste de programare și interviuri tehnice. Peste 23 de milioane de dezvoltatori folosesc HackerRank pentru a rezolva provocări de programare și pentru a se pregăti pentru interviuri.

Din perspectiva prețurilor, HackerRank adoptă un model B2B concentrat pe companii, cu prețuri începând de la $199 pentru funcționalitățile de bază și planuri Enterprise cu prețuri personalizate. Pentru dezvoltatorii individuali, platforma oferă acces gratuit la o bibliotecă de probleme, dar unele funcționalități sunt disponibile doar prin abonamente plătite.

HackerRank oferă o bibliotecă de mii de provocări în diferite domenii precum algoritmi, structuri de date, inteligență artificială și baze de date, și include funcționalități avansate precum medii de programare în perechi care permit colaborarea în timp real în interviuri tehnice.

Cu toate acestea, platforma prezintă și limitări. Unul dintre utilizatori menționează că "numărul de candidați care pot fi adăugați pe platformă pentru evaluare este de maximum 30 candidați. Pentru organizațiile care fac recrutare în volum mare, aceasta poate fi cu siguranță o limitare". De asemenea, costurile sunt considerate "destul de ridicate" comparativ cu alte soluții.

## 2.4 LeetCode - Standardul de aur pentru pregătirea interviurilor

LeetCode, fondată în Silicon Valley în 2015 de Winston Tang, s-a stabilit rapid ca platforma de referință pentru pregătirea interviurilor tehnice în companiile mari de tehnologie. Până în aprilie 2025, LeetCode oferă 3525 de întrebări distribuite pe trei niveluri de dificultate: 873 întrebări clasificate ca ușoare, 1829 ca medii și 823 ca dificile.

Platforma utilizează un model freemium, cu un plan gratuit care oferă acces la un număr substanțial de probleme și LeetCode Premium la $35 pe lună sau $159 pe an. Abonamentul Premium oferă acces la peste 300 de probleme blocate, întrebări specifice companiilor, simulări de interviuri și soluții oficiale detaliate.

Una dintre caracteristicile distinctive ale LeetCode este organizarea problemelor după companii. Utilizatorii Premium pot accesa întrebări specifice folosite în interviuri la companii mari de tehnologie, cu aproape 200 de întrebări doar de la Google. Platforma include și concursuri săptămânale și bisăptămânale, fiecare având 4 probleme, și oferă provocări zilnice cu trageri norocoase lunare pentru utilizatorii constanți.

LeetCode suportă o gamă largă de limbaje de programare, inclusiv Java, Python, JavaScript și C, deși suportul pentru C nu este la fel de extins ca pentru limbajele mai moderne.

## 2.5 Limitările platformelor existente

Analiza platformelor majore relevă mai multe limitări semnificative care afectează experiența utilizatorilor, în special a începătorilor și a celor interesați de limbajul C:

* **Bariere financiare**: Multe platforme funcționează pe modele freemium unde funcționalitățile esențiale necesită abonamente plătite. Codecademy Pro costă $35 pe lună, LeetCode Premium are aceeași tarifare, iar HackerRank are costuri încă mai ridicate pentru funcționalitățile complete. Aceste costuri pot deveni prohibitive pentru studenți și programatori începători.
* **Suport limitat pentru limbajul C**: Deși platformele majore includ C în lista de limbaje suportate, acoperirea și numărul de exerciții dedicate exclusiv limbajului C sunt considerabil mai mici comparativ cu limbaje precum Python sau JavaScript. Majoritatea problemelor sunt concepute cu limbaje de nivel înalt în minte, ceea ce nu reflectă întotdeauna specificul și provocările unice ale programării în C.
* **Lipsa feedback-ului educațional**: Platformele se concentrează adesea pe evaluarea corectitudinii soluțiilor fără a oferi explicații detaliate despre conceptele fundamentale sau feedback constructiv pentru îmbunătățirea codului. Acest aspect este deosebit de problematic pentru începători care au nevoie de îndrumări asupra stilului de programare și a bunelor practici.
* **Complexitatea excesivă pentru începători**: LeetCode este adesea criticat pentru focusul său asupra problemelor de tipul celor folosite în interviuri la companii FAANG, care pot fi descurajante pentru programatori începători. Multe dintre problemele avansate nu reflectă programarea de zi cu zi și pot crea o impresie distorsionată asupra a ceea ce înseamnă să fii programator.
* **Fenomenul "tutorial hell"**: Tutorial hell este definit ca "un ciclu de consum constant de tutoriale de programare fără a putea aplica cunoștințele în lumea reală și a construi aplicații reale". Acest fenomen apare deoarece tutorialele au un "plafon" inerent la tipul de abilități pe care le pot învăța, unde cineva altcineva a avut grijă de debugging, testare și alte aspecte practice ale programării.

## 2.6 Platforme complementare și alternative

Pe lângă platformele majore, există și alte resurse relevante pentru învățarea programării în limbajul C:

* **GeeksforGeeks** oferă tutoriale comprehensive pentru limbajul C, acoperind de la concepte de bază la subiecte avansate precum structuri de date și algoritmi. Platforma se remarcă prin explicațiile detaliate și exemplele practice, dar lipsește componenta interactivă de execuție a codului.
* **W3Schools** oferă un tutorial structurat pentru C cu un editor „Try it Yourself” care permite utilizatorilor să editeze și să ruleze cod direct în browser, însă platforma nu oferă un sistem comprehensiv de evaluare sau urmărire a progresului.
* **Programiz** se concentrează pe furnizarea unei fundații solide în programarea C, explicând concepte fundamentale precum tipuri de date, variabile, bucle și funcții, dar nu include provocări practice sau sisteme de gamification care să motiveze utilizatorii.

## 2.7 Cercetări academice relevante

Studiile academice recente subliniază importanța platformelor interactive în educația programării. Cercetarea din domeniul ICT demonstrează că utilizarea instrumentelor de e-learning îmbunătățește semnificativ abilitățile de gândire computațională și rezolvare a problemelor comparativ cu metodele tradiționale de predare.

Un studiu quasi-experimental asupra utilizării ChatGPT în educația programării a arătat că studenții care au folosit asistență AI au avut "comportamente mai frecvente de debugging și primire de mesaje de eroare, precum și lipirea mesajelor de consolă pe site", sugerând că feedback-ul instantaneu și asistența interactivă pot îmbunătăți procesul de învățare.

Cercetările efectuate în Suedia și Taiwan asupra perspectivelor studenților privind instrumentele digitale în cursurile de programare relevă importanța "feedback-ului imediat, vizualizării conceptelor, platformelor de discuții online și tutorialelor pentru instrumentele de programare".

O analiză sistematică asupra educației în programare demonstrează că "deși studenții învață să programeze, o gamă de alte rezultate educaționale pot fi învățate sau practicate prin predarea programării, inclusiv rezolvarea problemelor matematice, gândirea critică, abilitățile sociale, auto-managementul și abilitățile academice".

## 2.8 Identificarea nișei pentru aplicația dezvoltată

Analiza detaliată a ecosistemului actual relevă o oportunitate clară pentru o platformă specializată în limbajul C care să adreseze limitările identificate:

* **Acces gratuit și complet**: Spre deosebire de modelele freemium predominante, aplicația dezvoltată oferă acces complet și gratuit la toate funcționalitățile, eliminând barierele financiare care împiedică accesul la educație de calitate.
* **Specializare în limbajul C**: În timp ce platformele majore tratează C ca pe un limbaj secundar, aplicația dezvoltată se concentrează exclusiv pe specificul și provocările unice ale programării în C, oferind exerciții concepute special pentru concepte precum pointeri, managementul memoriei și programarea la nivel scăzut.
* **Combaterea "tutorial hell"**: Prin focus pe construirea de proiecte practice și oferirea unei experiențe „hands-on” care "întinde abilitățile cu puțin", platforma încurajează aplicarea activă a cunoștințelor în loc de consumul pasiv de conținut.
* **Suport integrat prin asistent virtual**: Integrarea asistentului virtual VoiceGlow oferă suport instant și personalizat, ajutând utilizatorii să depășească blocajele și să înțeleagă conceptele dificile fără a fi nevoiți să caute resurse externe.

# Fundamentare Teoretică

## 3.1 Concepte fundamentale ale învățării online

### 3.1.1 E-learning versus învățarea tradițională

Dezvoltarea tehnologiilor digitale a revoluționat domeniul educației, conducând la apariția și răspândirea rapidă a învățării electronice (e-learning) ca alternativă viabilă la metodele tradiționale de predare. Această transformare este deosebit de relevantă în contextul educației în programare, unde natura practică a disciplinei se potrivește perfect cu caracteristicile interactive ale platformelor digitale.

E-learning-ul, definit ca educația care are loc prin internet și adesea numit "învățare la distanță", reprezintă termenul general pentru orice tip de învățare care se desfășoară la distanță și nu într-o sală de clasă tradițională. 77% dintre educatori cred că învățarea online este la fel de bună ca învățarea tradițională, dacă nu mai bună. Această perspectivă pozitivă se bazează pe avantajele concrete pe care le oferă mediile digitale de învățare.

Una dintre diferențele fundamentale între e-learning și învățarea tradițională constă în flexibilitatea oferită de platformele digitale. Lecțiile pot fi completate în funcție de programul tău fără să fie nevoie să părăsești casa sau să te muți în funcție de ploaie, zăpadă sau soare. Această flexibilitate este crucială pentru programatori și dezvoltatori care lucrează adesea în programe neregulate și au nevoie de acces constant la resurse educaționale pentru a se adapta la evoluția rapidă a tehnologiilor.

Din perspectiva costurilor, e-learning-ul prezintă avantaje semnificative. Costurile sunt mai mici deoarece majoritatea programelor online costă mai puțin decât institutele tradiționale, pentru că nu sunt necesare taxa de cameră și masă, parcarea, cărțile și taxele de prezență. Pentru programatorii începători sau cei care doresc să-și dezvolte competențele într-un limbaj specific precum C, această accesibilitate financiară poate fi decisivă.

Cercetările recente demonstrează eficacitatea învățării online în domeniul programării. Studiile au găsit că studenții în condiții de învățare online sau hibride adesea performează mai bine decât cei în instrucțiunea față în față. Această performanță superioară poate fi atribuită naturii active a învățării online, care încurajează studenții să se implice direct cu materialul și să practice în mod constant.

Cu toate acestea, învățarea tradițională păstrează anumite avantaje, în special în ceea ce privește interacțiunea socială și suportul imediat. În o sală de clasă tradițională, studenții pot să-și împărtășească direct punctele de vedere și să-și clarifice întrebările cu profesorul, obținând astfel răspunsuri imediate. Această interacțiune directă poate fi valoroasă pentru concepte complexe de programare care necesită explicații personalizate.

**3.1.2 Învățarea interactivă și feedback-ul instantaneu**

Interactivitatea reprezintă una dintre caracteristicile definitorii ale platformelor moderne de e-learning și este deosebit de importantă în educația programării. Spre deosebire de metodele pasive de consum de informații, învățarea interactivă angajează studenții în proces activ de construire a cunoștințelor.

Studiile arată că e-learning-ul poate duce la experiențe de învățare mai personalizate și angajante. Elemente interactive precum quiz-uri, simulări și forumuri de discuții contribuie la niveluri mai ridicate de angajament. În contextul programării, aceste elemente interactive se traduc prin editoare de cod în timp real, compilatoare integrate și sisteme de testare automată care permit studenților să vadă imediat rezultatele codului lor.

Feedback-ul instantaneu constituie o componentă esențială a învățării eficiente în programare. Spre deosebire de învățarea tradițională unde rezultatele pot fi primite după zile sau săptămâni, platformele interactive oferă evaluarea imediată a soluțiilor. Acest aspect este crucial pentru programare, unde erorile trebuie identificate și corectate rapid pentru a evita consolidarea unor practici incorecte.

Importanța feedback-ului instantaneu este confirmată de cercetările din domeniu care demonstrează că feedback-ul imediat, vizualizarea conceptelor, platformele de discuții online și tutorialele pentru instrumentele de programare sunt considerate esențiale de către studenți în dezvoltarea competențelor de programare.

Platformele interactive moderne integrează și funcționalități de debugging în timp real, permițând studenților să înțeleagă nu doar că soluția lor este incorectă, ci și de ce este incorectă. Acest tip de feedback constructiv facilitează procesul de învățare prin încercare și eroare, specific programării.

**3.1.3 Teorii pedagogice relevante: constructivismul și învățarea prin practică**

Fundamentul teoretic al platformelor moderne de învățare online se bazează în mare parte pe principiile constructivismului, o teorie educațională care susține că elevii construiesc activ cunoștințele prin experiențe și interacțiuni. Această abordare este deosebit de relevantă pentru învățarea programării, unde studenții trebuie să dezvolte nu doar cunoștințe teoretice, ci și competențe practice aplicabile.

**Constructivismul** se bazează pe mai multe principii fundamentale care se aplică direct învățării programării:

* **Construirea activă a cunoștințelor**: Elevii nu sunt receptori pasivi de informații; în schimb, ei construiesc cunoștințele prin corelarea ideilor noi cu experiențele și cadrele anterioare. În programare, aceasta înseamnă că studenții își dezvoltă înțelegerea prin scrierea efectivă de cod și rezolvarea problemelor practice, nu doar prin citirea teoriei.
* **Rolul experiențelor anterioare**: Pe măsură ce oamenii experimentează lumea și reflectă asupra acelor experiențe, ei își construiesc propriile reprezentări și încorporează informații noi în cunoștințele lor pre-existente (scheme). Pentru învățarea limbajului C, aceasta înseamnă că studenții cu experiență în alte limbaje de programare vor construi înțelegerea conceptelor specifice C pe baza cunoștințelor lor anterioare.
* **Importanța contextului social**: Interacțiunea socială joacă un rol esențial în ajutorarea elevilor să înțeleagă, să evalueze și să internalizeze ideile și conceptele. Platformele moderne integrează forum-uri, sisteme de mentorare și funcționalități de colaborare pentru a facilita această componentă socială a învățării.
* Teoria constructivistă susține că mediile de învățare eficiente trebuie să includă anumite componente esențiale: Activizarea cunoștințelor anterioare - noile cunoștințe sunt create în relație cu cunoștințele pre-existente ale elevului. În practica educațională pentru programare, aceasta se traduce prin evaluarea inițială a nivelului studenților și adaptarea conținutului la experiența lor anterioară.
* **Crearea disonanței cognitive**: Învățarea eficientă are loc atunci când studenții se confruntă cu provocări care îi determină să-și reconsidere înțelegerea actuală. Cunoștințele sunt construite atunci când sunt prezentate idei noi și activitățile sunt suficient de provocatoare pentru studenți. În programare, aceasta poate fi realizată prin probleme care necesită aplicarea conceptelor în contexte noi sau prin combinarea mai multor concepte într-o singură soluție.
* **Aplicarea cunoștințelor cu feedback**: Rolul instructorului este să încurajeze studenții și să ofere feedback. Aceasta poate fi văzută sub forma quiz-urilor, prezentărilor sau discuțiilor în clasă. Platformele moderne automatizează o parte din acest proces prin sisteme de evaluare automată, dar mențin componenta umană prin asistenți virtuali inteligente și suport personalizat.

### 3.1.4 Avantajele platformelor web în educația tehnică

Platformele web oferă avantaje unice pentru educația tehnică, fiind deosebit de potrivite pentru învățarea programării. Acestea permit integrarea unui ecosistem complet de dezvoltare într-un mediu accesibil prin browser, eliminând barierele tehnice care ar putea împiedica începătorii să se concentreze pe învățare.

Cele mai proeminente avantaje pe care platformele web le oferă sunt:

* **Accesibilitatea universală**: Una dintre cele mai mari provocări în educația programării este configurarea mediului de dezvoltare. Platformele web elimină această barieră prin oferirea unui mediu complet funcțional accesibil de pe orice dispozitiv cu acces la internet. Studenții nu mai trebuie să instaleze compilatoare, să configureze editoare sau să se confrunte cu probleme de compatibilitate.
* **Integrarea toolchain-ului complet**: Platformele moderne pot integra editoare de cod avansate (precum Monaco Editor folosit în Visual Studio Code), compilatoare în cloud (precum Judge0), sisteme de gestionare a versiunilor și unelte de debugging într-o interfață unificată. Această integrare oferă o experiență fluid ă care reflectă mediile de dezvoltare profesionale.
* **Personalizarea experienței de învățare**: Platformele de e-learning oferă experiențe personalizate care se adaptează la punctele tale forte, slăbiciuni și preferințe specifice. Prin analiza comportamentului de învățare și a performanțelor, aceste platforme pot adapta dificultatea problemelor și pot sugera resurse suplimentare în funcție de nevoile individuale.
* **Scalabilitatea și eficiența costurilor**: Conceptul de "cost marginal zero pentru livrare" este un beneficiu major al e-learning-ului. Aceasta înseamnă că odată ce ai creat conținutul cursului, costul de a-l livra unui elev suplimentar este minimal. Pentru educația în programare, aceasta permite oferirea de resurse educaționale de înaltă calitate la costuri reduse.
* **Învățarea activă prin practică**: Platformele web permit implementarea directă a principiului "learning by doing", unde studenții scriu și testează cod în timp real. Cercetările arată că aceste sesiuni scurte și frecvente pot îmbunătăți retenția mai bine decât cele lungi și întinse. Microlearning-ul devine posibil prin probleme de programare de complexitate graduală care pot fi rezolvate în sesiuni scurte.
* **Colaborarea globală**: Platformele web facilitează conectarea studenților din întreaga lume, permițând schimbul de experiențe și abordări diverse în rezolvarea problemelor. Conectează-te cu colegi din întreaga lume pentru a împărtăși idei și a învăța unii de la alții. Această dimensiune globală îmbogățește experiența de învățare și expune studenții la perspective diferite asupra programării.
* **Adaptabilitatea la nevoile moderne**: Contextul pandemic recent a demonstrat importanța crucială a platformelor de învățare online. Pentru ultimii câțiva ani, e-learning-ul a preluat învățarea tradițională din mai multe motive. Pandemia a contribuit la creșterea practicilor de e-learning și majoritatea dintre noi eram în siguranța caselor noastre, din cauza fricii de răspândirea bolii. Această experiență globală a accelerat adoptarea și perfecționarea platformelor de învățare online.

Cercetările din domeniu confirmă eficacitatea acestei abordări: Rezultatele studiului relevă că studenții au obținut aproape aceleași note independent de procedura de învățare. Pe baza acestui lucru, se poate presupune că cursurile de e-learning au aceeași eficacitate ca sesiunile de învățare în clasă. Această echivalență în rezultate, combinată cu avantajele suplimentare ale flexibilității și accesibilității, face ca platformele web să fie o alegere optimă pentru educația tehnică modernă.

În contextul specific al învățării limbajului C, platformele web oferă avantajul crucial de a permite experiențe practice cu gestionarea memoriei și debugging-ul în timp real, concepte fundamentale care sunt adesea dificil de învățat prin metode pur teoretice. Integrarea unor sisteme precum Judge0 permite execuția sigură a codului C în mediul cloud, oferind feedback instant asupra corectitudinii și eficienței soluțiilor propuse de studenți.

## 3.2 Tehnologii web moderne pentru aplicații educaționale

### 3.2.1 Arhitectura Next.js și avantajele pentru platforme educaționale

Next.js reprezintă un framework React de producție care oferă o combinație optimă între performanță, scalabilitate și experiența dezvoltatorului, caracteristici esențiale pentru aplicațiile educaționale moderne. În contextul platformei "CodeMaster", alegerea Next.js ca framework principal nu este întâmplătoare, ci reflectă nevoile specifice ale unei aplicații educaționale interactive.

**Flexibilitatea strategiilor de rendering**

Una dintre cele mai importante caracteristici ale Next.js este capacitatea sa de a oferi flexibilitate completă în strategiile de rendering. Framework-ul permite dezvoltatorilor să aleagă între Server-Side Rendering (SSR), Static Site Generation (SSG), Client-Side Rendering (CSR) și Incremental Static Regeneration (ISR) pentru fiecare pagină individual. Această flexibilitate este crucială pentru aplicațiile educaționale care trebuie să echilibreze performanța, SEO-ul și interactivitatea.

Pentru aplicația "CodeMaster", această arhitectură hibridă permite optimizarea fiecărei componente în funcție de necesitățile specifice. Pagina principală și secțiunile de marketing pot beneficia de SSG pentru încărcare rapidă și SEO excelent, în timp ce playground-ul interactiv utilizează CSR pentru a oferi o experiență fluidă și responsivă în timpul scrierii și execuției codului.

**Performanța optimizată pentru mediile educaționale**

In ceea ce privește performanta, studiile comparative demonstrează că aplicațiile Next.js (SSR) performează mai bine decât aplicațiile Create React App (CSR) în termeni de metrici critici precum „First Meaningful Paint”. Pentru platformele educaționale, acest aspect este crucial deoarece utilizatorii sunt sensibili la întârzierile în încărcarea conținutului educațional.

Next.js implementează implicit optimizări avansate precum:

* **Automatic code splitting**: În loc să descarce întreaga aplicație, browser-ul descarcă doar codul necesar pentru pagina curentă
* **Prefetching inteligent**: Link-urile vizibile sunt preîncărcate automat pentru navigare instantanee
* **Optimizarea imaginilor**: Componenta **Image** oferă lazy loading și redimensionare automată pentru dispozitive diferite

Aceste optimizări sunt esențiale pentru aplicația "CodeMaster", unde utilizatorii navighează frecvent între lista de probleme și playground-ul de cod

**Arhitectura de rute și organizarea conținutului educațional**

Sistemul de rute „file-based” din Next.js facilitează organizarea logică a conținutului educațional. Pentru aplicația "CodeMaster", structura de fișiere reflectă direct organizarea funcțională folosind App Router:

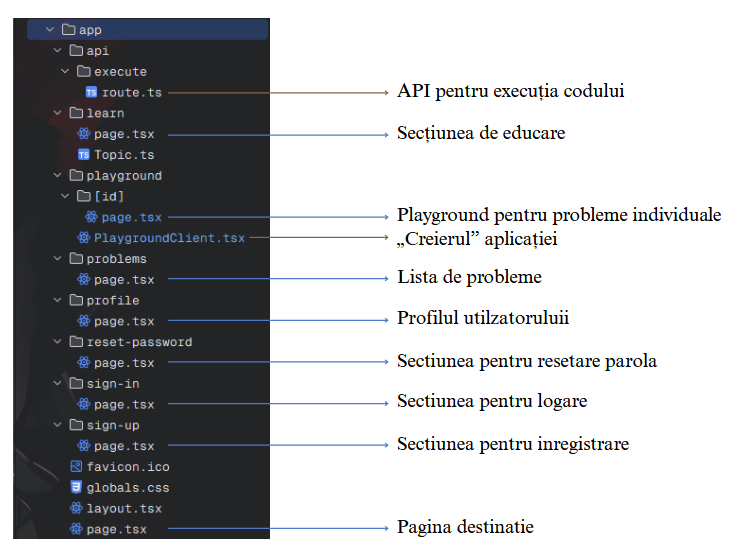


Figura 2 – Sistemul de rute

Această organizare permite gestionarea eficientă a rutelor dinamice pentru problemele individuale, unde fiecare problemă are propriul playground cu conținut specific încărcat din Firebase. App Router-ul din Next.js 13+ oferă avantaje suplimentare precum Server Components, Server Actions și îmbunătățiri de performanță pentru încărcarea conținutului educațional.

### 3.2.2 Managementul stării și arhitectura componentelor în aplicații educaționale

**React Hooks pentru gestionarea stării educaționale complexe**

Aplicația "CodeMaster" demonstrează utilizarea eficientă a **React Hooks** pentru gestionarea stărilor complexe specifice mediilor educaționale. În componenta **PlaygroundClient**, observăm o arhitectură sofisticată care gestionează multiple aspecte ale experienței de învățare:

|  |
| --- |
| const [code, setCode] = useState(() => {  const savedCode = loadCodeFromStorage(problem.id);  if (savedCode) {  return savedCode;  }  return problem.template ? cleanTemplate(problem.template) : defaultCode; }); const [results, setResults] = useState([]); const [isRunning, setIsRunning] = useState(false); const [activeTab, setActiveTab] = useState<'results' | 'output'>('output'); const [user, setUser] = useState<User | null>(null); const [isSolved, setIsSolved] = useState(false); const [showSolvedMessage, setShowSolvedMessage] = useState(false); |

Această abordare permite persistența automată a codului utilizatorului, urmărirea progresului în timp real și sincronizarea cu sistemul de autentificare Firebase. Hook-ul **useState** cu funcție de inițializare asigură că codul salvat local este restaurat automat, oferind continuitate în procesul de învățare.

**Arhitectura bazată pe componente pentru modularitate educațională**

Aplicația implementează o arhitectură modulară care separă clar responsabilitățile educaționale:

* **ProblemDescription**: Gestionează afișarea enunțului problemei, exemplelor și constrângerilor
* **Monaco Editor**: Oferă mediul de programare cu syntax highlighting și autocompletare
* **TestResults**: Prezintă rezultatele test case-urilor într-un format educațional structurat
* **SolvedBadge**: Oferă feedback vizual pentru problemele rezolvate

Această separare permite reutilizarea componentelor în contexte diferite și facilitează mentenanța codului. Fiecare componentă poate fi optimizată independent pentru nevoile specifice ale procesului educațional.

**Gestionarea complexă a stării utilizatorului și progresului**

Un aspect crucial al aplicațiilor educaționale este urmărirea progresului utilizatorului. Aplicația implementează un sistem sofisticat care sincronizează starea locală cu Firebase:

|  |
| --- |
| useEffect(() => {  const unsubscribe = onAuthStateChanged(*auth*, async (user) => {  setUser(user);  if (user) {   const progress = await getUserProgress(user.uid);  setIsSolved(progress.solved\_problems.includes(problem.id));  }  });   return () => unsubscribe(); }, [problem.id]); |

Această implementare asigură că progresul utilizatorului este sincronizat în timp real între sesiuni și dispozitive, caracteristică esențială pentru experiența educațională continuă.

**3.2.3 TailwindCSS și design responsiv pentru accesibilitatea educațională**

**Design responsiv pentru medii educaționale diverse**

TailwindCSS oferă un sistem de design „utility-first” care se potrivește perfect nevoilor aplicațiilor educaționale moderne. În contextul "CodeMaster", framework-ul permite crearea unei experiențe consistente pe diverse dispozitive - de la telefoane mobile folosite de studenți în deplasare până la monitoare mari din laboratoarele universitare.

Aplicația implementează un layout responsiv sofisticat în playground:

|  |
| --- |
| <div className="w-1/2 bg-[#1d1d1d] border-r"> // Descrierea problemei  <div className="w-2/3 flex flex-col bg-[#1d1d1d]"> // Editor și rezultate |

Această organizare asigură că pe desktop-uri mari, utilizatorii pot vedea simultan enunțul problemei și codul lor, în timp ce pe dispozitive mobile, layout-ul se adaptează pentru o experiență optimizată pe ecran mic.

Aplicația folosește o paletă de culori întunecate (bg-[#1d1d1d]) care reduc oboseala ochilor în timpul sesiunilor lungi de programare. Această alegere nu este doar estetică, ci se bazează pe cercetări care demonstrează că interfețele întunecate(dark) sunt preferate de programatori pentru reducerea strain-ului vizual.

Feedback-ul vizual este implementat prin culori semantice:

* Verde pentru test case-uri trecute și probleme rezolvate
* Roșu pentru erori de compilare și runtime
* Albastru pentru elemente interactive și navigare
* Gri pentru conținut inactiv sau de fundal

TailwindCSS facilitează crearea unei identități vizuale consistente prin întreaga aplicație. **Navbar**-ul implementează un design modern cu gradient și efect de sticla(sticlomorfism):

|  |
| --- |
| className="bg-gray-900/95 backdrop-blur-lg border-b border-gray-700/50" |

Această abordare creează o interfață modernă și profesională care inspiră încredere în utilizatori și reflectă calitatea conținutului educațional oferit.

### 3.2.4 API-uri și integrarea Firebase pentru managementul datelor educaționale

**Arhitectura Firebase pentru aplicații educaționale**

Firebase oferă o soluție completă pentru aplicațiile educaționale prin combinația dintre:

* **Authentication**: pentru gestionarea utilizatorilor,
* **Firestore**: pentru stocarea datelor.

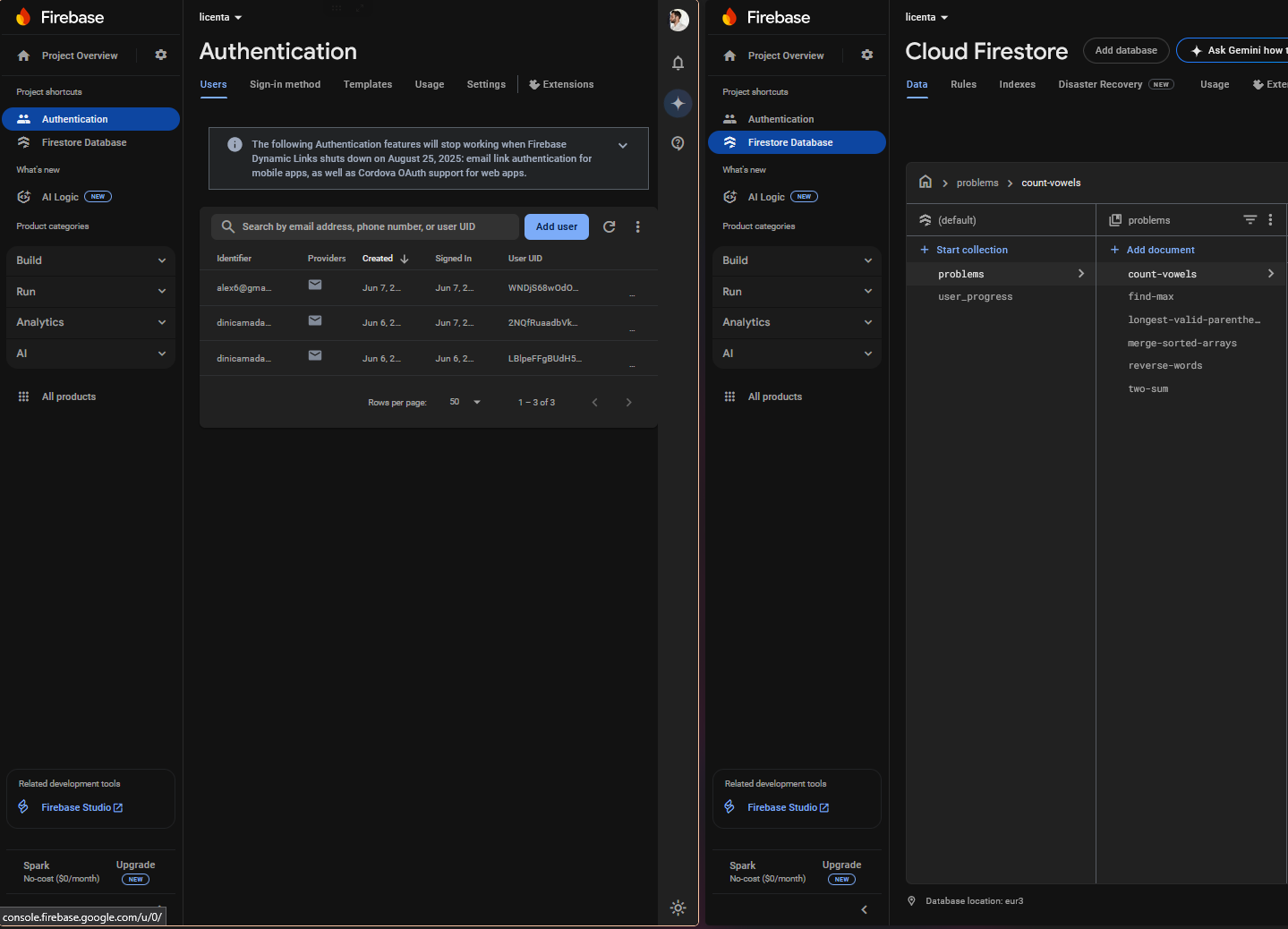


Figura 3 – Firebase : Autentificare si Firestore

Pentru "CodeMaster", această arhitectură simplifică semnificativ managementul infrastructurii, permițând concentrarea asupra aspectelor educaționale.

**Structura datelor pentru conținutul educațional**

Aplicația organizează datele în Firestore folosind o structură optimizată pentru platforma educațională:

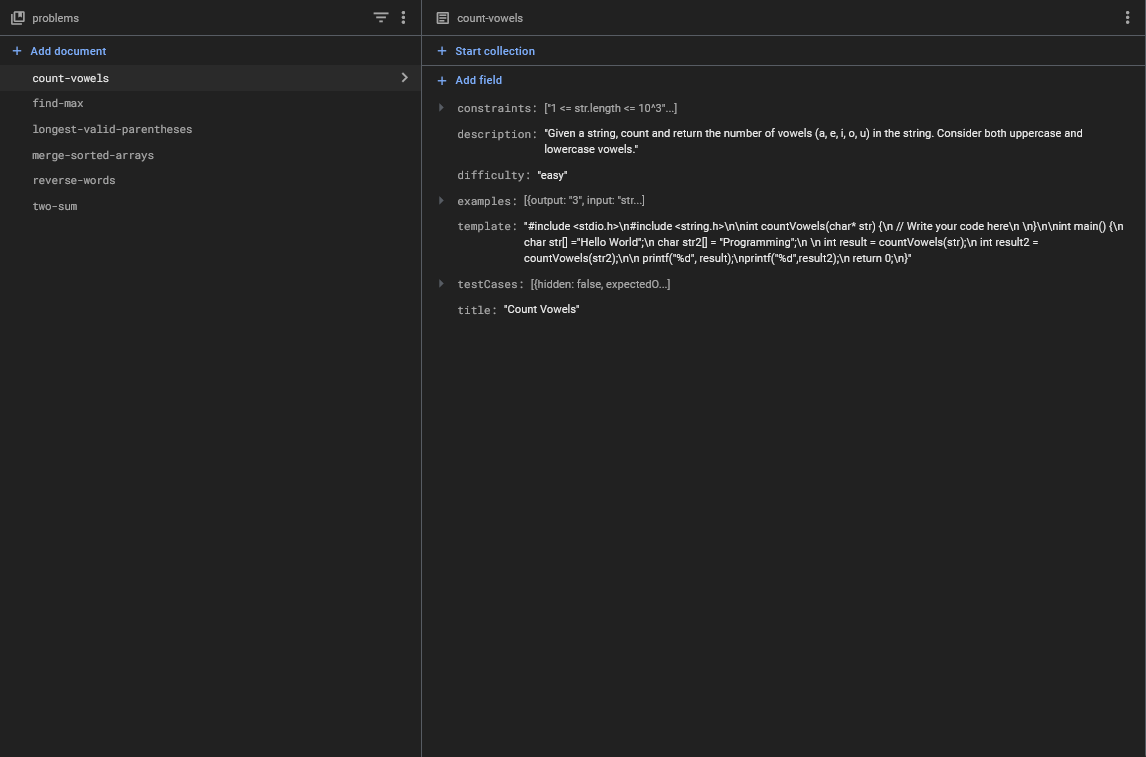


Figura 4 – Structura datelor din Firestore

Pentru progresul utilizatorului folosim o colectie diferita denumita „user\_progress” , care deține un doua câmpuri, **last\_update** care indica data la care a fost realizata ultima modificare/acțiune a utilizatorului respectiv, **solved\_problems** careretine problemele rezolvate de către utilizator.

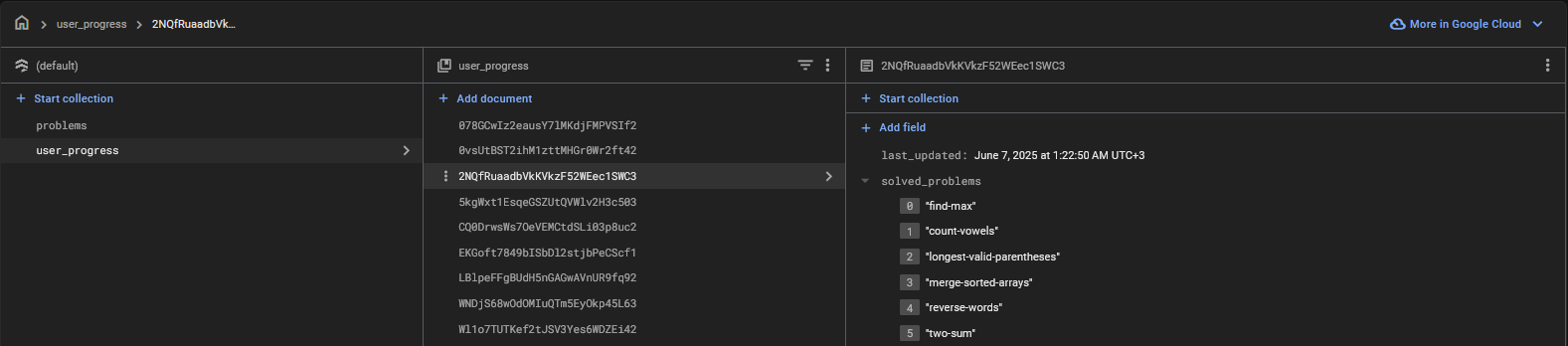


Figura 5- Structura colectie user\_progress

**Autentificarea și securitatea datelor educaționale**

Implementarea autentificării cu Firebase Auth asigură securitatea datelor utilizatorilor și permite personalizarea experienței educaționale:

|  |
| --- |
| useEffect(() => {  const unsubscribe = onAuthStateChanged(*auth*, async (user) => {  setUser(user);  if (user) {  // Incarcă progresul personalizat  const progress = await getUserProgress(user.uid);  setIsSolved(progress.solved\_problems.includes(problem.id));  }  });   return () => unsubscribe(); }, [problem.id]); |

Această abordare permite urmărirea progresului individual fără a compromite securitatea datelor personale.

### 3.2.5 Judge0 și execuția sigură a codului în mediul cloud

**Arhitectura microserviciilor pentru execuția codului**

Integrarea cu Judge0 API reprezintă o soluție elegantă pentru execuția sigură a codului C în mediul cloud. Această abordare elimină necesitatea configurării și mentenanței unor servere de compilare locale, oferind în același timp siguranță și scalabilitate.

Procesul de execuție implementat în **api/execute/route.ts** urmează un pattern robust:

1. **Encodarea sigură**: Codul utilizatorului este encodat în base64 pentru transmisie sigură
2. **Polling inteligent**: Sistema monitorizează statusul execuției cu timeout-uri și retry logic
3. **Decodarea rezultatelor**: Output-ul este decodat și procesat pentru feedback educațional structurat

|  |  |
| --- | --- |
| const encodedCode = *Buffer*.from(code).toString('base64'); const encodedInput = *Buffer*.from(combinedInput).toString('base64'); const submitResponse = await fetch('https://judge0-ce.p.rapidapi.com/submissions?base64\_encoded=true&wait=false', {  method: 'POST',  headers: {  'Content-Type': 'application/json',  'X-RapidAPI-Key': *process*.env.RAPIDAPI\_KEY!,  'X-RapidAPI-Host': 'judge0-ce.p.rapidapi.com'  }, | body: *JSON*.stringify({  language\_id: 50, // C (GCC 9.2.0)  source\_code: encodedCode,  stdin: encodedInput,  base64\_encoded: true  }) }); |

**Gestionarea test case-urilor pentru evaluare educațională**

Aplicația implementează un sistem sofisticat de combinare a test case-urilor:

|  |
| --- |
| const combinedInput = testCases.map((testCase: any) => testCase.input).join('\n'); |

Această abordare permite rularea multiplelor test case-uri într-o singură execuție, optimizând performanța și costurile, aspecte importante pentru sustenabilitatea unei platforme educaționale.

**Feedback-ul educational structurat**

Sistemul procesează răspunsurile Judge0 pentru a oferi feedback educațional relevant:

* **Erori de compilare**: Afișate cu syntax highlighting pentru înțelegerea problemelor
* **Erori de runtime**: Explicate în context pentru învățarea conceptelor de debugging
* **Rezultate test**: Comparate și prezentate într-un format care facilitează înțelegerea algoritmilor

**Securitatea și izolarea execuției**

Judge0 oferă un mediu complet izolat pentru execuția codului, eliminând riscurile de securitate asociate cu rularea codului utilizatorilor pe servere proprii. Această abordare este esențială pentru aplicațiile educaționale care trebuie să gestioneze cod potențial nesigur de la utilizatori începători.

Timpul de execuție și consumul de memorie sunt strict controlate, prevenind atacurile de tip denial-of-service și asigurând o experiență consistentă pentru toți utilizatorii.

Prin combinarea acestor tehnologii moderne - Next.js pentru framework, React Hooks pentru managementul stării, TailwindCSS pentru design, Firebase pentru backend și Judge0 pentru execuția codului - aplicația "CodeMaster" oferă o platformă educațională robustă, scalabilă și sigură care răspunde nevoilor specifice ale învățării programării în limbajul C

## 3.3 Limbajul de programare C - Importanța și specificul

### 3.3.1 Rolul limbajului C în educația informatică

Limbajul de programare C ocupă o poziție unică și fundamentală în educația informatică, fiind considerat de multe universități și instituții educaționale ca "limba mama" a programării moderne. Această poziție privilegiată nu este întâmplătoare, ci reflectă caracteristicile intrinseci ale limbajului care îl fac ideal pentru formarea unei înțelegeri solide a principiilor computaționale fundamentale.

**C ca limbaj fundamental pentru învățarea programării**

C este considerat limbajul fundamental al programării computerizate. Multe limbaje moderne precum C++, Java, Python și Go își derivă sintaxa din C. Prin urmare, dacă înveți C, nu doar că vei avea o înțelegere solidă a conceptelor fundamentale, ci vei găsi și mai ușor să înveți alte limbaje de programare. Această influență se extinde dincolo de sintaxă, afectând paradigmele de programare și conceptele arhitecturale care stau la baza majorității sistemelor de calcul moderne.

Alegerea limbajului C ca primul limbaj de programare într-un curriculum academic oferă studenților o înțelegere profundă a modului în care computerele funcționează la nivel fundamental. Spre deosebire de limbajele de nivel înalt care ascund detaliile implementării, în limbajele moderne de nivel înalt, detaliile la nivel de mașină sunt ascunse de la utilizator, astfel încât pentru a lucra cu cache-ul CPU, memoria, adaptatoarele de rețea, învățarea programării C este obligatorie.

**Relevanța limbajului C în anul 2025 și perspectivele de carieră**

Contrar percepției că limbajul C ar fi învechit, C merită învățat în 2025 deoarece este încă folosit pentru programarea sistemelor, sistemele embedded, sistemele de operare, motoarele de jocuri, rețelele și calculul de înaltă performanță. Această relevanță se traduce în oportunități concrete de carieră pentru programatorii care stăpânesc limbajul C.

Domeniile profesionale care necesită competențe în C includ o gamă largă de specializări tehnice: Ingineri de Sisteme Embedded care dezvoltă sisteme embedded, concentrându-se principal pe integrarea hardware și software pentru dispozitive precum IoT; Ingineri Firmware care creează firmware pentru dispozitive hardware pentru a controla funcționalitatea acestora și pentru a asigura funcționarea adecvată a sistemelor embedded; Programatori de Sistem care lucrează la software la nivel de sistem precum sistemele de operare, driverele de dispozitiv.

Această diversitate de oportunități profesionale demonstrează că învățarea limbajului C nu este doar un exercițiu academic, ci o investiție în competențe care rămân relevante și bine remunerate pe piața muncii tehnologice.

### 3.3.2 Concepte fundamentale specifice limbajului C

**Pointerii și gestionarea manuală a memoriei**

Pointerii reprezintă una dintre caracteristicile distinctive ale limbajului C care îl diferențiază de multe limbaje moderne de programare. Pointerii sunt unul dintre lucrurile care fac ca C să se remarce în fața altor limbaje de programare, precum Python și Java. Ei sunt importanți în C, pentru că ne permit să manipulăm datele din memoria computerului. Aceasta poate reduce codul și poate îmbunătăți performanța.

Conceptul de pointer în C oferă programatorilor control direct asupra memoriei, permițând manipularea eficientă a datelor și optimizarea performanțelor. Pointerii sunt o modalitate de a ajunge mai aproape de memorie și de a manipula conținutul memoriei direct. Această apropiere de hardware-ul sistemului este esențială pentru înțelegerea modului în care programele interacționează cu resursele fizice ale computerului.

Gestionarea manuală a memoriei prin pointeri introduce concepte fundamentale precum alocarea dinamică, dealocarea memoriei și gestionarea ciclului de viață al obiectelor. Puteți crea spațiu în memorie folosind funcția malloc. Pentru a crea spațiu, trebuie să știți tipul de spațiu pe care doriți să-l creați și dimensiunea în bytes(biți) a acelui spațiu. Această responsabilitate crescută către programator dezvoltă o înțelegere profundă a resurselor computaționale și a eficienței algoritmilor.

**Programarea la nivel scăzut versus limbajele de nivel înalt**

Limbajul C se poziționează ca un limbaj de nivel mediu, oferind un echilibru între controlul de nivel scăzut și abstractizările de nivel înalt. Fiind un limbaj de nivel mediu, C reduce diferența dintre limbajele de nivel scăzut, înțelese de mașină, de tip assembly și limbajele de nivel înalt, prietenoase cu utilizatorul. Poate fi folosit pentru scrierea sistemelor de operare, precum și pentru programarea la nivel de aplicație.

Această poziție unică permite studenților să înțeleagă atât principiile fundamentale ale computației, cât și să dezvolte aplicații practice. Programarea în C necesită o înțelegere a conceptelor hardware precum cache-ul procesorului, organizarea memoriei și arhitectura sistemului, cunoștințe care sunt esențiale pentru dezvoltarea de software eficient.

**Disciplina de programare și sintaxa strictă**

Limbajul C impune o disciplină riguroasă în programare prin sintaxa sa strictă și lipsa "plaselor de siguranță" automate. În C, trebuie să gestionezi memoria singur. Este o sarcină complicată, dar este și destul de puternică când este folosită corect: Gestionarea adecvată a memoriei computerului optimizează performanța programului, așa că este util să știi cum să eliberezi memoria când nu mai este necesară și să folosești doar cât de puțin este necesar pentru sarcină.

Această abordare dezvoltă în studenți o gândire disciplinată și atentă la detalii, caracteristici esențiale pentru orice programator profesionist. Lipsa garbage collection-ului automat și a altor facilități moderne forțează programatorii să înțeleagă în profunzime resursele computaționale și să scrie cod eficient și optimizat.

**3.3.3 Provocările în învățarea limbajului C**

**Complexitatea conceptelor avansate**

Învățarea limbajului C prezintă provocări semnificative, în special pentru începătorii în programare. Pointerii sunt puțin mai complex de înțeles, iar această complexitate se extinde la concepte conexe precum gestionarea dinamică a memoriei, aritmetica pointerilor și structurile de date avansate.

Gestionarea manuală a memoriei introduce riscuri specifice care pot fi intimidante pentru studenți. Câteva dintre erorile comune sunt date mai jos:

* **Scurgeri de memorie**: Eșecul de a elibera memoria alocată dinamic duce la scurgeri de memorie, epuizând resursele sistemului,
* **Pointeri atârnând**: Folosirea unui pointer după eliberarea memoriei sale poate cauza comportament nedefinit sau crash-uri.
* **Fragmentare**: Alocările și dealocările repetate pot fragmenta memoria, cauzând folosirea ineficientă a spațiului heap.

**Debugging dificil și identificarea erorilor**

Limbajul C nu oferă protecțiile automatice pe care le găsim în limbajele moderne, ceea ce face procesul de debugging mai provocator pentru studenți. Pointerii sunt vulnerabili la erori și au următoarele dezavantaje:

* Corupția memoriei poate avea loc dacă o valoare incorectă este furnizată pointerilor.
* Pointerii sunt puțin complex de înțeles.
* Pointerii sunt în mare parte responsabili pentru scurgerile de memorie în C.
* Accesarea folosind pointeri este comparativ mai lentă decât variabilele în C.
* Pointerii neinițializați ar putea cauza o eroare de segmentare.

Aceste provocări tehnice necesită o abordare pedagogică atentă și sisteme de suport educațional care să ghideze studenții prin procesul complex de învățare și debugging.

**3.3.4 Diferențele față de limbajele de nivel înalt moderne**

**Complexitatea sintactică și verbozitatea**

Comparația directă între C și limbajele moderne de nivel înalt revelă diferențe semnificative în complexitatea sintactică. Limbajul de programare C are mai puține biblioteci în comparație cu alte limbaje de nivel înalt. Prin urmare, învățarea programării C clarifică și conceptele de programare într-o măsură mare, deoarece trebuie să scrii multe lucruri de la zero.

Această caracteristică, deși inițial poate părea un dezavantaj, oferă de fapt o oportunitate educațională valoroasă. Nu vei fi dependent de limbajul de programare în totalitate pentru implementarea unor operații de bază și implementarea lor pe cont propriu te va ajuta să-ți construiești și abilitățile analitice.

**Performanța versus ușurința de utilizare**

Limbajul C oferă performanțe superioare comparativ cu limbajele interpretate moderne, dar la costul unei complexități crescute. C este foarte rapid în termeni de timp de execuție. Programele scrise și compilate în C se execută mult mai rapid decât în comparație cu orice alt limbaj de programare. Limbajul de programare C este foarte rapid în termeni de execuție deoarece nu are cheltuieli suplimentare de procesare precum „garbage collection” sau prevenirea scurgerilor de memorie etc. Programatorul trebuie să aibă grijă de aceste lucruri pe cont propriu.

**Controlul hardware-ului versus abstractizarea**

O diferență fundamentală între C și limbajele moderne constă în nivelul de control oferit asupra resurselor hardware. În timp ce limbajele moderne ascund detaliile implementării pentru a simplifica dezvoltarea, C oferă acces direct la memoria și resursele sistemului. În programarea C, gestionarea eficientă a memoriei și utilizarea pointerilor sunt cruciale pentru crearea de aplicații robuste și de înaltă performanță.

Această diferență fundamentală face ca învățarea limbajului C să fie o experiență educațională unică, oferind studenților o perspectivă completă asupra modului în care software-ul interacționează cu hardware-ul și dezvoltând competențe care rămân relevante indiferent de evoluțiile tehnologice viitoare.

Prin urmare, limbajul C continuă să joace un rol esențial în educația informatică modernă, nu doar ca un instrument de programare, ci ca o platformă pentru înțelegerea principiilor fundamentale ale computației și dezvoltarea unei gândiri disciplinate în programare.

**3.4 Sisteme de evaluare automată în programare**

**3.4.1 Principiile evaluării automate a codului**

Sistemele de evaluare automată a codului (Automated Code Assessment Systems - ACAS) au devenit o componentă esențială în educația programării moderne, oferind soluții scalabile pentru problema evaluării unui număr mare de studenți cu resurse didactice limitate. Motivul principal care a declanșat dezvoltarea sistemelor de evaluare automată a codului este că numărul de persoane care învață programarea crește în timp ce dimensiunea personalului didactic rămâne constantă și mică.

**Fundamentele evaluării automate**

Sistemele de evaluare automată, cunoscute și sub denumirea de "online judges" (OJ), sunt sisteme concepute pentru evaluarea fiabilă a codului sursă al algoritmilor trimis de utilizatori, care este apoi compilat și testat într-un mediu omogen. Aceste sisteme au devenit populare în diverse aplicații datorită capacității lor de evaluare automată a submisiilor de cod.

Principiul fundamental al acestor sisteme constă în automatizarea procesului de evaluare prin mai multe etape distincte:

* **Compilarea**: Verificarea sintaxei și generarea executabilului
* **Execuția**: Rularea programului într-un mediu controlat și securizat
* **Comparația**: Verificarea rezultatelor față de ieșirile așteptate
* **Evaluarea**: Generarea unui verdict final și a feedback-ului

**Tipuri de validare implementate**

Evaluarea automată în programare cuprinde mai multe nivele de validare, fiecare cu propriile caracteristici și provocări:

* **Validarea sintactică** reprezintă primul nivel de verificare, identificând erorile de sintaxă și problemele de compilare. Această etapă este esențială pentru asigurarea că programul poate fi executat și oferă feedback imediat asupra problemelor de bază.
* **Validarea semantică** evaluează corectitudinea logică a programului prin compararea rezultatelor generate cu cele așteptate. Aceasta include verificarea ieșirilor pentru diverse seturi de date de intrare și identificarea discrepanțelor în logica algoritmică.
* **Validarea performanței** monitorizează timpul de execuție și consumul de memorie pentru a verifica că programul respectă limitările specificate. Măsurarea timpului și a consumului de memorie este foarte obișnuită pentru evaluatorii automate de cod folosiți pentru competițiile de programare, dar mai puțin prezentă pentru utilizarea educațională.

**Avantajele față de evaluarea manuală**

Implementarea sistemelor de evaluare automată oferă beneficii semnificative comparativ cu metodele tradiționale de evaluare manuală. În învățământul superior, sistemele OJ au fost utilizate pe scară largă în cursurile de programare deoarece caracteristica de evaluare automată poate reduce drastic volumul de muncă de notare al instructorilor și asistenților de predare și, prin urmare, face dimensiunea clasei scalabilă.

Principalele avantaje includ:

* **Scalabilitatea**: Capacitatea de a evalua un număr mare de studenți simultan
* **Consistența**: Eliminarea subiectivității în evaluare și aplicarea criteriilor uniforme
* **Rapiditatea**: Oferirea feedback-ului instantaneu, crucial pentru procesul de învățare
* **Disponibilitatea**: Accesibilitate 24/7 pentru practică și submisie
* **Economicitatea**: Reducerea costurilor și a timpului necesar pentru evaluare

### 3.4.2 Test cases și validarea soluțiilor

**Structura și organizarea test case-urilor**

Test case-urile reprezintă fundația sistemelor de evaluare automată, constituind criteriul principal prin care se determină corectitudinea unei soluții. Într-un sistem de online judge, un fișier de evaluare poate include mai multe seturi de date pentru a verifica dacă programul trimis produce un răspuns corect pentru fiecare caz de test.

**Strategii de validare incrementală**

Validarea incrementală reprezintă o abordare pedagogică avansată care oferă feedback detaliat pe măsură ce studentul progresează prin rezolvarea problemei. În aplicația "CodeMaster", această strategie este implementată prin:

|  |
| --- |
| const results = testCases.map((testCase: any, index: number) => {  const actualOutput = outputLines[index] || '';  const expectedOutput = testCase.expectedOutput.trim();   return {  passed: actualOutput === expectedOutput,  input: testCase.input,  expectedOutput: testCase.expectedOutput,  actualOutput: actualOutput,  hidden: testCase.hidden,  error: '',  status: 'Completed',  statusId: result.status?.id  }; }); |

Această implementare permite evaluarea individuală a fiecărui test case, oferind feedback granular care ajută studenții să înțeleagă exact unde se află problemele în soluția lor.

**3.4.3 Feedback-ul educațional versus evaluarea tehnică**

**Diferența între feedback pentru învățare și pentru evaluare**

Sistemele de evaluare automată trebuie să echilibreze două obiective aparent contradictorii: evaluarea obiectivă a competențelor și sprijinirea procesului de învățare. Feedback-ul educațional diferă fundamental de evaluarea tehnică prin natura sa constructivă și orientată către dezvoltarea competențelor.

În contextul educațional, feedback-ul trebuie să răspundă la trei întrebări fundamentale:

* **Ce anume nu funcționează?** - identificarea erorilor specifice
* **De ce nu funcționează?** - explicarea cauzelor fundamentale
* **Cum poate fi îmbunătățit?** - ghidarea către soluții

Cercetările demonstrează că simpla cunoaștere a faptului că ceva a eșuat nu îi ajută suficient pe studenți și ar putea stimula comportamentul de gaming al sistemului. Hint-urile nu s-au dovedit a avea impact asupra performanței studenților sau asupra utilizării lor de feedback automat.

**Raportarea erorilor într-un context educațional**

Sistemele educaționale moderne implementează strategii sofisticate pentru raportarea erorilor, transformând mesajele tehnice în feedback constructiv. Au fost testate trei tipuri diferite de feedback, inclusiv (a) Ce este greșit - ce test case-uri testau și care au eșuat, (b) Gap - comparații între ieșirile așteptate și cele reale, și (c) Hint - sugestii despre cum să remediezi problemele dacă test case-urile au eșuat.

În aplicația "CodeMaster", această abordare este implementată prin:

**Feedback-ul de compilare** care traduce erorile tehnice în explicații accesibile:

|  |
| --- |
| if (compilationError) {  return NextResponse.*json*({  results: testCases.map((testCase: any) => ({  passed: false,  input: testCase.input,  expectedOutput: testCase.expectedOutput,  actualOutput: '',  hidden: testCase.hidden,  error: `Compilation Error:\n${compilationError}`,  status: 'Compilation Error'  }))  }); } |

**Feedback-ul de execuție** care oferă detalii despre rezultatele fiecărui test case, permițând studenților să înțeleagă discrepanțele specifice între soluția lor și cea așteptată:

**Ghidarea progresului studenților**

Sistemele moderne de evaluare automată integrează funcționalități de urmărire a progresului care depășesc simpla notare. În aplicația "CodeMaster", acest aspect este implementat prin:

|  |
| --- |
| if (allPassed && user && !isSolved) {  // Marcam problema ca rezolvata  await markProblemAsSolved(user.uid, problem.id);  setIsSolved(true);  setShowSolvedMessage(true);   setTimeout(() => setShowSolvedMessage(false), 3000); } |

Această funcționalitate nu doar marchează progresul, ci oferă și feedback pozitiv imediat prin mesaje de felicitare și indicatori vizuali de progres.

### 3.4.4 Abordări pentru detectarea și raportarea erorilor

**Tipuri de erori și metodele de detectare**

Sistemele de evaluare automată trebuie să gestioneze o varietate largă de tipuri de erori, fiecare necesitând strategii specifice de detectare și raportare:

* **Erorile de compilare** sunt cele mai ușor de detectat și de raportat, fiind generate direct de compilator. În aplicația "CodeMaster", aceste erori sunt capturate și prezentate într-un format educațional:

|  |
| --- |
| runtimeError = result.stderr ? *Buffer*.from(result.stderr, 'base64').toString('utf-8').trim() : ''; |

**Erorile logice** sunt cele mai dificil de detectat automat, manifestându-se prin rezultate incorecte fără erori explicite de compilare sau execuție. Detectarea acestora se bazează pe comparația cu test case-urile așteptate.

**Integrarea cu procesul de învățare**

Integrarea eficientă a sistemelor de evaluare automată în procesul de învățare necesită o abordare holistică care să țină cont de obiectivele pedagogice și de nevoile studenților. În învățământul nostru simțim că sistemele OJ existente ar trebui să-și îmbunătățească capacitatea de a oferi feedback studenților și profesorilor, în special asupra erorilor de cod și asupra stărilor de cunoaștere.

Pentru a aborda această provocare, sistemele moderne valorifică datele istorice ale studenților și implementează două funcții automatizate: predicția erorilor de cod și evaluarea stării de cunoaștere a studenților. Aceste funcționalități permit:

* **Predicția erorilor**: Identificarea proactivă a problemelor potențiale
* **Adaptarea conținutului**: Personalizarea exercițiilor în funcție de nivelul studentului
* **Urmărirea progresului**: Monitorizarea dezvoltării competențelor în timp
* **Intervenția timpurie**: Identificarea studenților care au nevoie de ajutor suplimentar

Prin implementarea acestor principii, aplicația "CodeMaster" oferă o experiență de învățare completă care combină evaluarea automată riguroasă cu suportul educațional personalizat, contribuind la formarea unei înțelegeri profunde a principiilor programării în limbajul C.