

## Concepte și Aplicații în Vederea Artificială - Tema 1

### Calculator automat de scor pentru jocul Double Double Dominoes

#### Obiectiv

Scopul acestei teme este implementarea unui sistem automat de calculare a scorului pentru o variantă a jocului de domino numită Double Double Dominoes.

#### Double Double Dominoes

Double Double Dominoes (DDD) este o variantă a jocului de domino care îmbină idei din jocul de Scrabble cu cel de domino (Figura 1). Scopul jocului este de a obține puncte construind lanțuri de piese de domino care acoperă pătrate speciale de pe tablă. Pe măsură ce un jucător plasează aceste piese de domino pe poziții mai îndepărtate de centrul tablei crește șansa de a obține un punctaj mai mare. Punctajul obținut poate crește și prin utilizarea pieselor de domino duble (cu aceeași valoare la ambele capete, cum ar fi 0-0, 1-1, etc.)

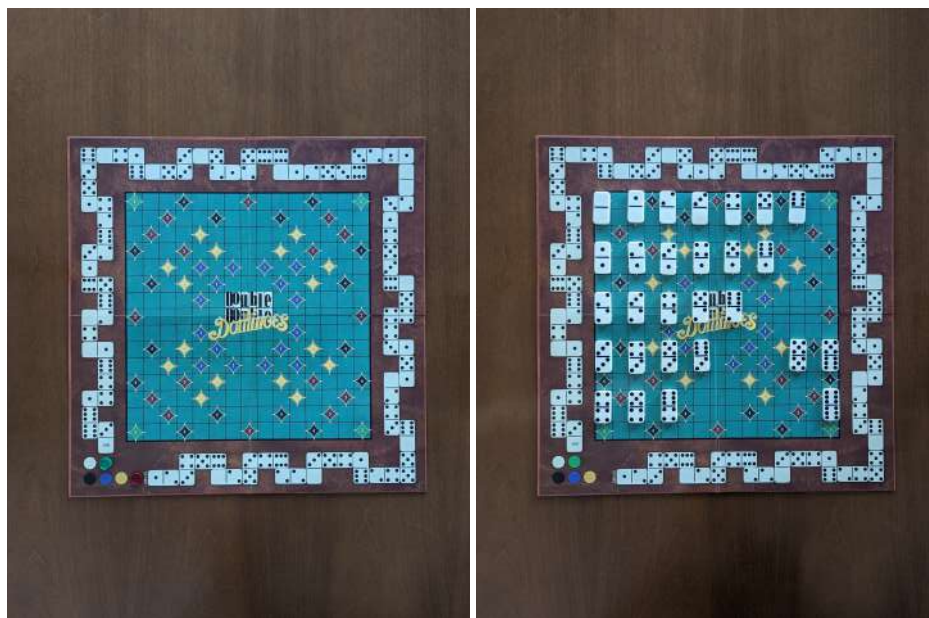


Figura 1: Tabla de joc DDD (stânga) și toate piesele posibile de domino plasate pe tablă (dreapta).

sau prin valorificarea poziției pionului plasat pe traseul pentru scor.

### Tabla de joc

Tabla de joc pentru DDD (Figura 1) este împărțită într-un careu de  $15 \times 15$  pătrate și are un traseu pentru scor ce ocupă marginea tablei de joc. Pe acest traseu se vor plasa pionii jucătorilor. Tabla este marcată cu pătrate speciale care conțin *romburi* colorate ce au asociat un punctaj:

- 16 romburi albastre pentru 1 punct;
- 16 romburi galbene pentru 2 puncte;
- 16 romburi maro pentru 3 puncte;
- 16 romburi negre pentru 4 puncte;
- 4 romburi verzi pentru 5 puncte.

### Piese de domino

O *piesă de domino* (prescurtat *domino*) are două capete, iar fiecare capăt are 7 valori posibile, date de numărul de puncte negre, de la 0 la 6. Cele două capete sunt separate de o linie neagră, verticală sau orizontală, în funcție de cum e poziționat domino-ul pe tablă. Există în total 28 de piese de domino diferite (0-0, 0-1, ..., 6-6). Acestea sunt plasate pe tablă în poziție verticală în Figura 1 în partea dreaptă.

### Sacul cu piese de domino

Pentru acest joc, există un sac cu piese de domino care conține fiecare domino repetat de două ori, în total sunt 56 de piese de domino. Fiecare jucător trage la începutul jocului 3 domino-uri din sac. Când îi vine rândul, jucătorul curent extrage un domino din sac (are astfel 4 domino-uri în mână) iar după ce plasează unul sau mai multe domino-uri pe tablă trage din sac domino-uri pentru a își completa numărul de domino-uri astfel încât să aibă mereu 3, cât timp sacul mai conține piese. Dacă nu plasează niciun domino pe tablă, atunci va elimina unul dintre cele 4 domino-uri din mână pentru a rămâne cu 3. În cele ce urmează, vom ignora acțiunile de a extrage sau de a elimina domino-uri, informația este prezentată pentru o înțelegere completă a jocului.

### Desfășurarea jocului

Jucătorul ce începe jocul trebuie să plaseze un domino pe pătratul marcat cu stea ★ din centrul tablei. Fiecare alt domino trebuie plasat astfel încât un capăt al său să atingă exact un domino cu numărul corespunzător. Celălalt capăt este fie liber (nu atinge nicio altă piesă), fie atinge un alt domino cu care se potrivește (are același număr). Atunci când un jucător pune un domino dublu, acesta poate alege să plaseze imediat un alt domino pe tabla de joc, dar acesta trebuie plasat legat de acel domino dublu. Rândul jucătorului se încheie atunci când acesta decide să nu mai plaseze domino-uri sau când plasează un

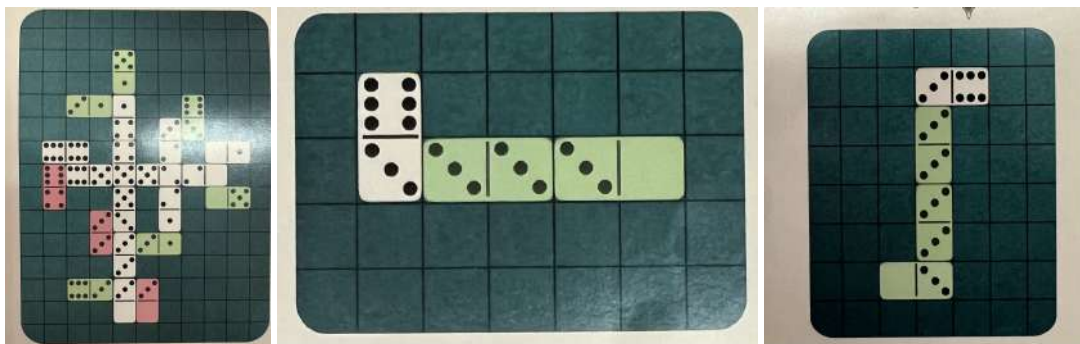


Figura 2: Domino-urile albe din diagrame reprezintă domino-urile de pe tablă înainte de poziționarea celorlalte domino-uri (verzi sau roșii). Domino-urile verzi din diagrame arată diverse moduri de plasare corectă a unor domino-uri noi. **Stânga:** domino-urile roșii arată plasarea încorectă a unor domino-uri noi. **Mijloc:** plasarea unui domino dublu și adăugarea unui al doilea domino care se potrivește cu capătul domino-ului dublu. **Dreapta:** plasarea unui domino dublu, apoi adăugarea unui al doilea domino dublu, apoi adăugarea unui al treilea domino care se potrivește cu capătul celui de-al doilea domino dublu.

domino care nu este dublu. Figura 2 arată configurații valide și invalide pe o tablă de joc de domino.

### Calcularea punctajului

Traseul pentru scor ocupă marginea tablei de joc. De fiecare dată când un jucător obține puncte, trebuie să mute imediat pionul său pe traseu cu un număr de căsuțe egal cu numărul de puncte obținute. Există două modalități de a obține puncte:

- *prin plasarea unui domino pe pătratele speciale* (ce conțin romburile colorate cu punctaj asociat) de pe tablă: atunci când un jucător pune un domino care acoperă un pătrat special, jucătorul obține punctajul asociat indicat de numărul din romb. Dacă jucătorul joacă un domino dublu, atunci acesta obține dublul punctelor.
- *prin plasarea unui domino ce are unul dintre cele două capete egal în valoare cu căsuța pionului pe traseul de scor:* de fiecare dată când un domino este plasat pe tablă iar unul din numerele de pe acesta se potrivește cu numărul căsuței pe care se află un pion de pe traseu, jucătorul care are acel pion primește 3 puncte bonus. De exemplu, dacă pionul se află pe o căsuță cu valoarea 4, iar pe tablă se plasează un domino ce are unul din capete inscripționat cu numărul 4, pionul respectiv se va muta 3 căsuțe înainte. Punctele bonus se acordă doar o singură dată pentru fiecare domino jucat.

Pentru o mai bună înțelegere a regulilor de joc, puteți să consultați acest videoclip: <https://www.youtube.com/watch?v=ORPJIjFkluQ&t>.

### Exemplu de calculare a scorului

În general, un jucător poate face mai multe mutări atunci când este rândul lui (plasând un domino dublu și apoi încă un domino suplimentar și eventual încă un domino - Figura 2),

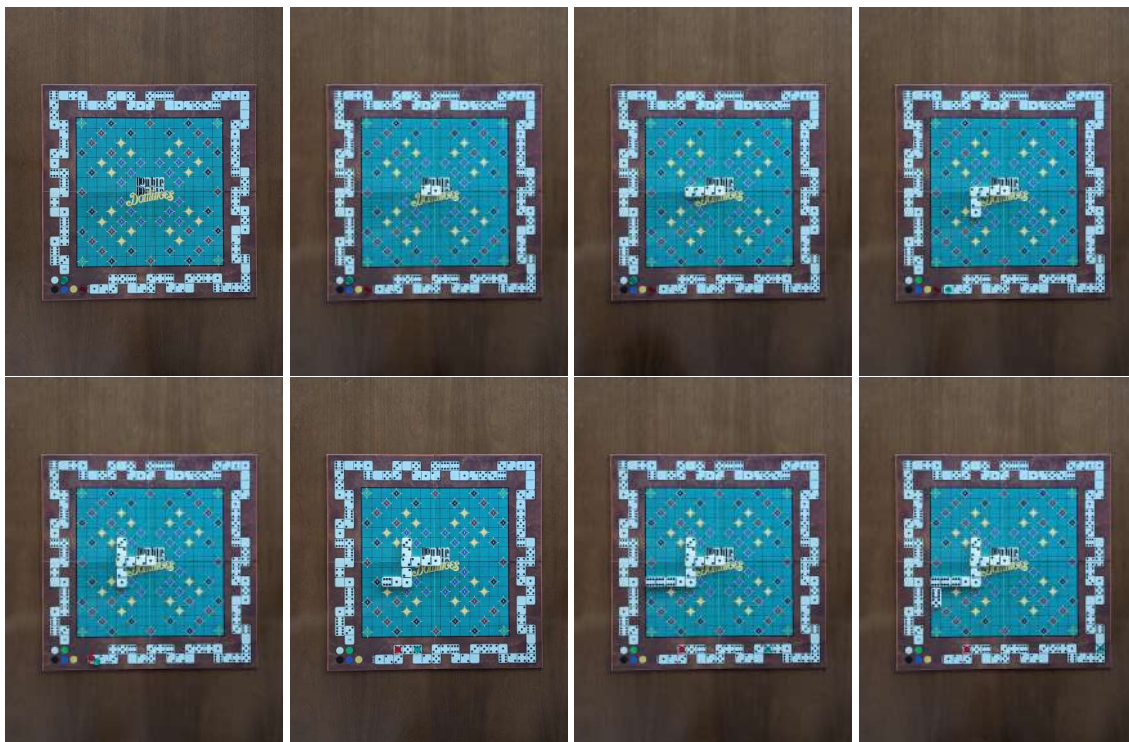


Figura 3: Ilustrăm șapte mutări făcute la începutul unui joc, pornind de la tabla inițial goală. Detaliem în text calculul scorurilor corespunzătoare fiecărui dintre cei doi jucători după fiecare mutare.

Însă în tema aceasta considerăm doar mutări individuale. La fiecare mutare, specificăm ce jucător face mutarea. De asemenea, luăm în considerare scenariul cu doar doi jucători: Jucătorul 1 are un pion roșu, iar Jucătorul 2 are un pion verde. Figura 3 exemplifică șapte mutări făcute la începutul unui joc. Enumerăm mai jos cele șapte mutări și oferim explicații detaliate despre calcularea scorului corespunzător fiecărui jucător după fiecare mutare. La începutul jocului, ambii pionii (roșu și verde) se află în colțul din stânga jos, la început ei nu acoperă nicio căsuță cu o valoare asociată (de la 0 la 6).

**Mutarea 1.** Jucătorul 2 începe jocul plasând piesa de domino 2-1. Niciunul dintre jucători nu obține puncte după prima mutare. Ambii pionii sunt la start. Următoarea mutare este efectuată de către Jucătorul 1.

**Mutarea 2.** Jucătorul 1 plasează piesa dublă de domino 2-2. Niciunul dintre jucători nu obține puncte după această mutare. Ambii pionii sunt la start. Jucătorul 1 are ocazia să continue cu încă o mutare (deoarece a plasat anterior un domino dublu), dar se oprește deoarece nu are o piesă pentru a continua, așa că mutarea 3 este executată de către Jucătorul 2.

**Mutarea 3.** Jucătorul 2 plasează piesa de domino 2-1 acoperind un romb albastru cu valoarea 1, astfel Jucătorul 2 obține 1 punct. În consecință, Jucătorul 2 mută pionul său verde pe traseul pentru scor pe prima căsuță care are valoarea 1. Pionul roșu al Jucătorului 1 se află

la start. Următoarea mutare este executată de către Jucătorul 1.

**Mutarea 4.** Jucătorul 1 plasează o piesă de domino 2-3 acoperind un romb albastru cu valoarea 1, astfel că Jucătorul 1 obține 1 punct. În consecință, Jucătorul 1 mută pionul său roșu pe traseu pe prima căsuță care are valoarea 1. Observați că ambii pioni, roșu și verde, sunt poziționați în aceeași căsuță pe traseu. Următoarea mutare este executată de către Jucătorul 2.

**Mutarea 5.** Jucătorul 2 plasează o piesă de domino 1-6 acoperind un romb galben cu valoarea 2, astfel că Jucătorul 2 obține 2 puncte. Deoarece atât Jucătorul 1, cât și Jucătorul 2 au pionii pe traseu pe o căsuță cu valoarea 1 și a fost plasat un domino care conține un capăt cu valoarea 1 în mutarea curentă, acest lucru înseamnă că fiecare dintre jucători primește 3 puncte bonus. Prin urmare, Jucătorul 2 avansează 5 căsuțe pe traseu (2 puncte pentru plasarea domino-ului pe romb galben și 3 puncte pentru plasarea unui domino cu 1) și Jucătorul 1 avansează 3 căsuțe. Acum, pionul verde al Jucătorului 2 acoperă o căsuță cu valoarea 6, iar pionul roșu al Jucătorului 1 acoperă o căsuță cu valoarea 4. Următoarea mutare ar trebui să fie efectuată de către Jucătorul 1, dar acesta cedează mutarea deoarece nu are nicio opțiune bună pentru a plasa o piesă de domino. Prin urmare, următoarea mutare este din nou executată de către Jucătorul 2.

**Mutarea 6.** Jucătorul 2 plasează o piesă de domino dublă 6-6 acoperind un romb negru cu valoarea 4, astfel că Jucătorul 2 obține 8 puncte = 4 puncte  $\times$  2 (deoarece a plasat un domino dublu). Jucătorul 2 are, de asemenea, pionul poziționat pe traseu pe o căsuță cu valoarea 6, astfel că obține încă 3 puncte bonus. După această mutare, pionul roșu al Jucătorului 1 rămâne pe loc pe căsuța cu valoarea 4, în timp ce pionul verde al Jucătorului 2 este mutat cu 11 poziții înainte, ajungând pe o căsuță cu valoarea 5. Deoarece Jucătorul 2 a plasat un domino dublu, are șansa să continue. Următoarea mutare este efectuată tot de către Jucătorul 2

**Mutarea 7.** Jucătorul 2 plasează o piesă de domino 6-5 acoperind un romb negru cu valoarea 4, astfel că Jucătorul 2 obține 4 puncte. Jucătorul 2 are, de asemenea, pionul poziționat pe traseu pe o căsuță cu valoarea 5, astfel că obține încă 3 puncte bonus. După această mutare, pionul roșu al Jucătorului 1 rămâne pe loc pe căsuța cu valoarea 4, în timp ce pionul verde al Jucătorului 2 s-a deplasat cu 7 poziții înainte, ajungând pe o căsuță cu valoarea 5.

## Descrierea datelor

Arhiva cu materiale (disponibilă aici <https://tinyurl.com/CAVA-2023-TEMA1>) conține patru directoare: *antrenare*, *testare*, *evaluare* și *imagini auxiliare*. Directoarele *antrenare* și *testare* au aceeași structură, deși datele din directorul *testare* vor fi disponibile după termenul limită de trimitere a codului soluției (**prima fază** - detalii mai jos).

Datele constau în imagini cu tabla de joc Double Double Dominoes și cu piesele de domino puse pe tablă după fiecare mutare. Toate imaginile sunt realizate cu același telefon



mobil aflat într-o poziție fixă deasupra tablei de joc. Este posibil ca luminozitatea scenei (a tablei de joc) să prezinte mici variații de la o imagine la alta.

Directorul *imagini\_auxiliare* conține câteva imagini cu tabla de joc cu: (i) toate piesele aranjate în diverse configurații; (ii) fără piese. Folosiți aceste imagini pentru a înțelege mai bine problema și pentru a extrage date pentru soluția voastră.

Directorul *antrenare* conține datele de antrenare constând în imagini de la primele 20 de mutări pentru 5 jocuri de DDD. În total sunt 100 de imagini de antrenare și 100 de fișiere cu adnotări corespunzătoare fiecărei imagini. Imaginea de antrenare  $i$  din jocul  $j$  este denumită ' $j\_i.jpg$ ', unde  $j \in \{1, 2, 3, 4, 5\}$  și  $i \in \{01, 02, 03, \dots, 20\}$ . Fișierul cu adnotări corespunzător are același format, extensia '.jpg' fiind înlocuită de extensia '.txt'. Pentru fiecare joc, există un fișier .txt ce conține informații despre ce jucător a efectuat mutarea în imaginea respectivă ( $j\_mutari.txt$  unde  $j$  este numărul jocului).

Fișierele cu adnotări conțin următoarele informații:

- poziția piesei de domino adăugată pe tablă, poziție numerotată de la stânga la dreapta și de sus în jos. Folosim ca reguli de adnotare regulile oficiale de Scrabble, astfel pentru a specifica o poziție pe tablă folosim numere de la 1 la 15 pentru linii și literele de la A la O pentru coloane.
- numerele corespunzătoare celor două capete ale fiecărei piese de domino adăugate pe tablă.
- scorul obținut în runda respectivă de jucătorul la mutare.

În Figura 4 puteți vedea un exemplu de fișier de adnotare pentru mutarea 5 prezentată anterior.

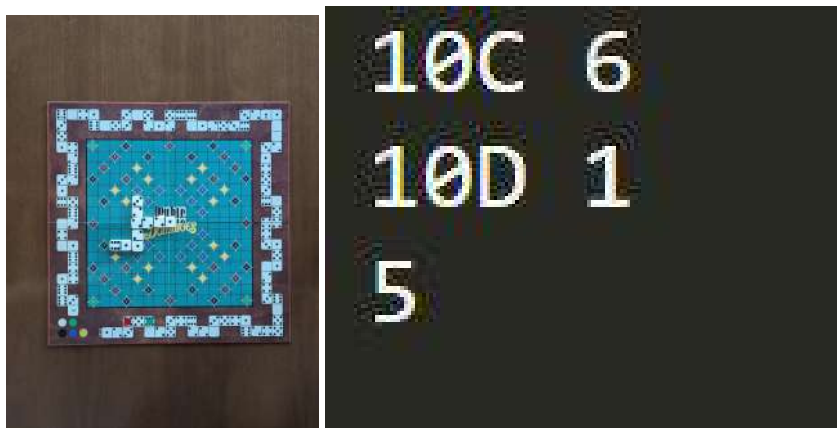


Figura 4: Pentru mutarea curentă, un domino 1-6 este plasat pe tabla de joc. Fișierul de adnotare specifică pozițiile domino-ului nou adăugat, numerele de pe domino și scorul total al jucătorului curent care realizează mutarea.

Directorul *evaluare* vă indică cum să vă scrieți codul astfel încât să respectați formatul fișierelor cu rezultate impus pentru faza de evaluare pe datele de test (**faza a doua**) ce

va avea loc după trimiterea codului cu soluția de fiecare din voi. Conține următoarele sub-directoare:

- *fake\_test* - acest director exemplifică cum vor arăta datele de testare, el păstrează aceeași structură ca cea descrisă pentru directorul *antrenare* descris anterior. Acest director va fi similar cu directorul *testare* în care vom pune imaginile de testare pentru faza a doua de evaluare.
- *fisiere\_solutie* - acest director exemplifică formatul fișierelor cu rezultatele pe care trebuie să le trimiteți în faza a doua. Veți trimite rezultatele voastre în acest format, încărcând o arhivă zip a unui director similar cu cel numit *331\_Alexe\_Bogdan*;
- *cod\_evaluare* - acest director conține codul care va fi folosit pentru evaluarea automată a rezultatelor voastre folosind adnotările soluțiilor corecte (ground-truth). Asigurați-vă că acest cod rulează pe fișierele voastre. Adnotările soluțiilor corecte (ground-truth) vor fi disponibile după faza a doua.

**Foarte important.** Există o diferență între datele de antrenare și cele de testare: doar în imaginile de antrenare aveți pionii plasați pe traseu, în timp ce în imaginile de testare pionii nu vor fi prezenți (de fapt, este sarcina voastră să descoperiți poziția lor). Figura 5 exemplifică diferența între imaginile de antrenare și cele de testare.



Figura 5: Imagine de antrenare cu pionii(stânga), imagine de testare fără pionii(dreapta).

### Cerințele temei și notare

Scrieți un program în Python/Jupyter notebook care extrage automat informațiile vizuale dintr-o anumită rundă dintr-un joc de Double Double Dominoes și calculează scorul pentru runda respectivă. Distribuția datelor de testare este aceeași ca la antrenare, imaginile fiind luate în aceleași condiții.

Pentru această temă, vom folosi următoarele reguli de notare:

- **Task 1 - 5 puncte** - vom evalua performanța algoritmului vostru pe o mulțime de 100 de imagini de testare ce reprezintă 5 jocuri de DDD, fiecare joc având 20 de runde. Pentru fiecare imagine de testare algoritmul vostru trebuie să furnizeze poziția piesei care a fost plasată pe tablă în runda respectivă. Veți primi punctajul numai dacă algoritmul vostru furnizează corect poziția piesei adăugate pe tablă (ambele capete). Nu există punctaje parțiale. Fiecare configurație corectă valorează 0.05 puncte pentru un total de **5 puncte**;
- **Task 2 - 2 puncte** - vom evalua performanța algoritmului vostru pe aceleași 100 de imagini de la Task-ul 1, pentru piesa plasată trebuie să recunoașteți numerele care se află pe piesa respectivă (pe cele două capete). Veți primi punctajul numai dacă algoritmul vostru recunoaște corect ambele numere. Nu există punctaje parțiale. Fiecare configurație corectă a numerelor valorează 0.02 puncte pentru un total de **2 puncte**;
- **Task 3 - 2 puncte** - vom evalua performanța algoritmului vostru pe aceleași 100 de imagini de la Task-urile 1 și 2, pentru fiecare imagine trebuie să calculați scorul obținut de jucătorul curent care realizează la runda respectivă. Veți primi punctajul numai dacă algoritmul vostru calculează corect scorul pentru runda curentă. Nu există punctaje parțiale. Pentru fiecare scor corect calculat primiți 0.02 puncte pentru un total de **2 puncte**;
- **documentație - 1 punct** - descrieți într-un fișier pdf de minim două pagini soluția voastră pentru rezolvarea celor trei task-uri. Puteți ilustra aspecte cheie ale soluției voastre adăugând secvențe de cod și vizualizări ale imaginilor pentru soluția voastră. Acest fișier ar trebui să conțină suficientă informație astfel încât un student de nivel mediu de la cursul nostru să poată reimplementa soluția descrisă de voi.
- **oficiu - 1 punct** - primiți acest punct dacă formatul fișierelor voastre urmează formatul impus iar codul nostru de evaluare rulează pe datele primite de la voi fără a face modificări în fișierele voastre.

### Termene limită

**Prima fază - trimiterea codului.** Încărcați o arhiva zip cu codul soluției voastre și un fișier pdf ce descrie soluția voastră până marți, 5 decembrie, ora 23:59 la link-ul acesta <https://tinyurl.com/CAVA-2023-TEMA1-SOLUTII>. Includeți în arhiva zip NU-MAI cod (fișiere .py sau .ipynb) sau alte fișiere necesare rulării codului (fișiere cu modelele voastre antrenate, alte imagini auxiliare folosite de voi etc.). Nu includeți în arhiva voastră imaginile inițiale (le avem și noi!!!). **ATENȚIE: nu vom accepta teme trimise după data limită.**

Codul vostru ar trebui să includă un fișier README (vedeți exemplul din materiale) cu următoarele informații: (i) librăriile folosite de voi și necesare pentru rularea soluției voastre; (ii) indicații despre cum ar trebui rulat codul pentru fiecare task. Studenții care nu încarcă un fișier pdf cu descrierea soluției lor vor primi 0 puncte la partea de documentație.



**A doua fază - trimiterea rezultatelor.** Miercuri, 6 decembrie, vom publica datele de test în directorul *testare* de la adresa <https://tinyurl.com/CAVA-2023-TEMA1>. Veți rula soluția voastră pe imaginile de test și veți încărca rezultatele în aceeași zi ca o arhivă zip folosind următorul link <https://tinyurl.com/CAVA-2023-TEMA1-REZULTATE>.