

## Concepte și Aplicații în Vederea Artificială - Tema 1

### Calculator automat de scor pentru Scrabble

#### Obiectiv

Scopul acestei teme este implementarea unui sistem automat de calculare a scorului pentru jocul de cuvinte Scrabble.

#### Scrabble

Scrabble este un joc în care participanții formează cuvinte prin plasarea de litere pe o tablă având dimensiunile de  $15 \times 15$  pătrate (Figura 1). Cuvintele se pot forma pe orizontală sau pe verticală, precum la cuvinte încrucișate, iar punctajul obținut este mai mare atunci când literele folosite sunt mai rare (mai valoroase) sau când sunt plasate pe pătrate divers colorate care dau diferite bonificații ale tablei de joc. Cuvintele sunt valide doar dacă corespund dicționarilor acceptate oficial. Fiecare jucător concurează pentru a obține un scor cât mai mare folosind diferite combinații de litere plasându-le cât mai bine pe tablă astfel încât să profite de pătratele premium.

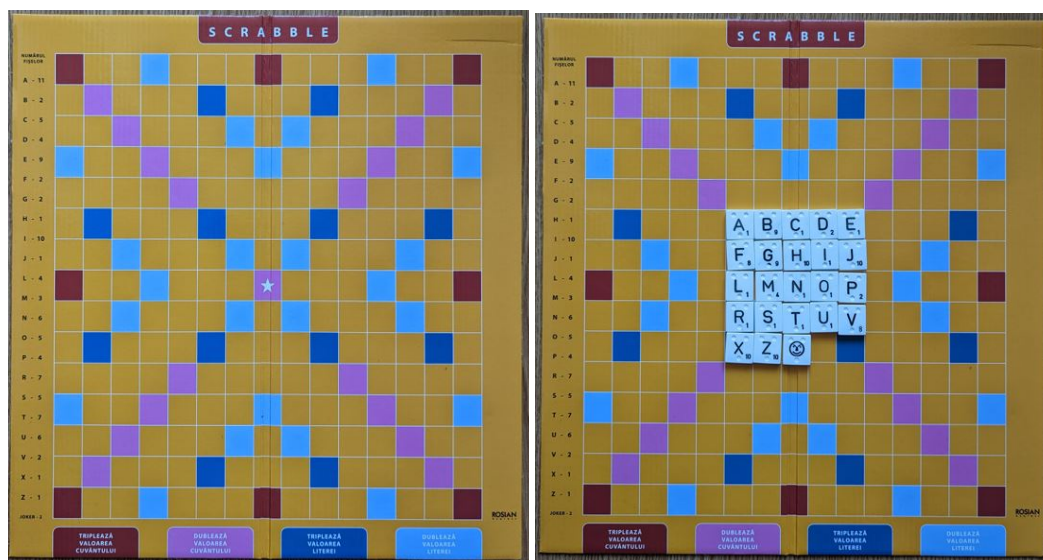


Figura 1: Tabla de Scrabble: (i) fără nicio piesă (stânga); (ii) cu piese cu toate literele din alfabet + piesa cu joker (dreapta).

## Piese

În limba Română setul de piese este alcătuit din 100 de piese, dintre care 98 conțin litere și punctajul asociat literei respective (un număr cuprins între 1 și 10). Punctajul unei litere este caracteristic fiecărei limbi și se raportează la frecvența apariției literelor în limba respectivă, de exemplu literele folosite frecvent cum ar fi vocalele valorează un punct iar litere mai puțin comune cum ar fi H, X sau Z valorează zece puncte. Semnele diacritice sunt ignorate, de exemplu Ă și Â se joacă folosind litera A. Pentru varianta în limba română din setul de piese lipsesc literele K, Q, W și Y fiind foarte puțin frecvente în cuvintele din dicționar. Jocul conține de asemenea două piese joker care au valoarea zero. Aceste piese pot fi folosite ca înlocuitor pentru orice literă (inclusiv litere inexistente în joc: K, Q, W și Y). Odată ce piesa a fost așezată pe tablă, alegerea literei pentru joker rămâne fixată.

## Tabla

Tabla de Scrabble este împărțită într-un careu de  $15 \times 15$  pătrate. Pe tablă există câteva pătrate premium care multiplică numărul de puncte primite astfel:

- 8 pătrate roșii pentru triplarea scorului pentru întreg cuvântul format.
- 17 pătrate roz pentru dublarea scorului pentru întreg cuvântul format, în acestea este inclus și pătratul central (8H) care este marcat cu o stea ★.
- 12 pătrate albastre pentru triplarea scorului pentru o literă.
- 24 pătrate bleu pentru dublarea scorului pentru o literă.

## Desfășurarea jocului

Primul jucător combină două sau mai multe litere din cele șapte litere pe care le-a extras inițial din sac pentru a forma un cuvânt apoi plasează piesele pe tablă astfel încât cuvântul format să poată fi citit fie pe verticală fie pe orizontală. Este obligatoriu ca una din literele ce alcătuiesc cuvântul respectiv să fie plasată pe pătratul din centru marcat cu stea. Cel de-al doilea jucător, apoi fiecare pe rând, adaugă una sau mai multe litere la cele deja existente pentru a forma cuvinte noi. Toate literele utilizate în cadrul unei depuneri se plasează numai orizontal (de la stânga la dreapta) sau numai vertical (de sus în jos), pe o singură linie sau coloană. Nu se pot depune cuvinte izolate, care să nu aibă legătură cu un alt cuvânt de pe tablă. Toate literele unei depuneri trebuie să fie legate între ele (eventual, prin alte litere de pe tablă). Dacă în cazul unei depuneri sunt atinse și alte litere de pe linii sau coloane adiacente cuvintele formate trebuie să fie de asemenea corecte. Jucătorul primește punctaj pentru toate cuvintele noi formate sau modificate de piesele plasate.

Noile cuvinte pot fi formate astfel:

- prin adăugarea literelor (una sau mai multe) la literele sau cuvintele deja existente pe tablă;
- prin adăugarea în paralel a unui cuvânt nou la un cuvânt deja existent astfel încât literele alăturate să formeze cuvinte noi;

- prin adăugarea de litere începând de la o literă a unui cuvânt existent.

### Calcularea punctajului

Pe fiecare piesă de Scrabble este indicat punctajul în partea din dreapta jos. Valoarea jokerului este 0. Punctajul unei depuneri se calculează însumând valorile literelor componente ale cuvântului format (ținând cont de pătratele premium, dacă este cazul). Se adaugă și punctajul cuvintelor adiacente nou formate, care se calculează la fel ca și pentru cuvântul principal.

*Pătrate premium pentru scorul literelor:* pătratele bleu dublează scorul unei litere iar pătratele albastre triplează scorul unei litere .

*Pătrate premium pentru scorul cuvintelor:* pătratele roz dublează scorul unui cuvânt iar pătratele roșii triplează scorul unui cuvânt. Dacă un cuvânt este plasat simultan pe două pătrate premium scorul este multiplicat de 2 ori. Pătratul din centru marcat cu stea, de asemenea, dublează valoarea primului cuvânt plasat.

Bonificațiile pentru pătratele premium se aplică doar în runda în care au fost jucate cuvintele. Începând cu runda următoare, scorul literelor este cel indicat pe piesă. În cazul în care într-o rundă sunt formate mai multe cuvinte se calculează scorul pentru fiecare, literele comune se însumează la scorul fiecărui cuvânt. Dacă în cadrul unei depuneri se plasează toate cele 7 litere, la calcularea punctajului se adaugă un bonus de 50 de puncte.

**Exemple de formare a cuvintelor și punctarea lor:** Figurile 2, 3, 4 prezintă câteva exemple de formare și punctare a unor cuvinte formate.

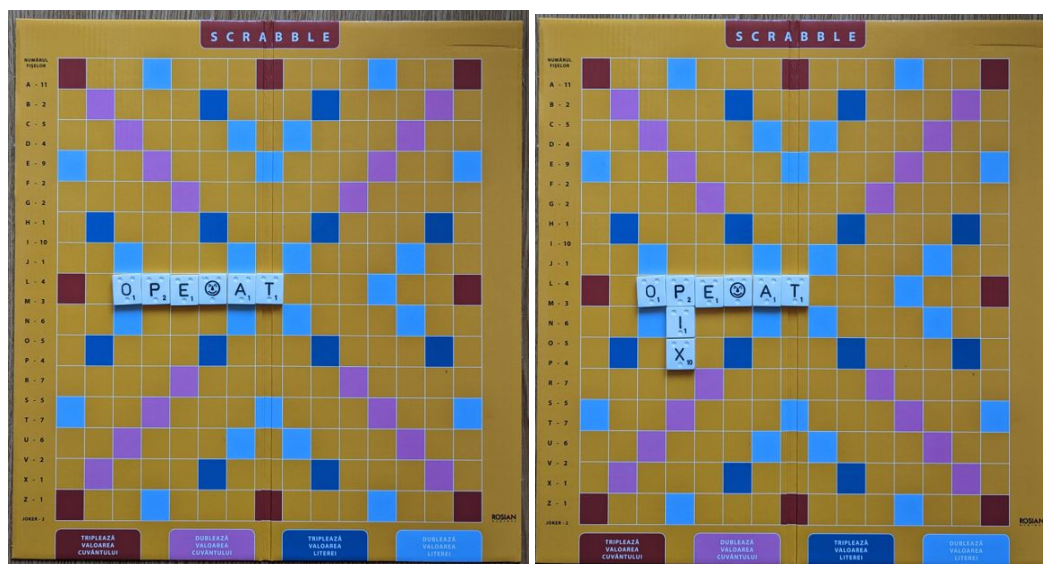


Figura 2: Exemple de formare a cuvintelor și calcularea punctajului pentru cuvintele OPE?AT (stânga) și PIX (dreapta).

În runda 1 este plasat pe tablă cuvântul OPE?AT, litera corespunzătoare jokerului este aleasă ca fiind R. Punctajul pentru acest cuvânt este 16: litera O are 1 punct, litera P are 2 puncte dar este plasată pe un pătrat premium bleu deci valoarea acesteia se dublează și va fi 4, E are 1 punct, pentru joker sunt 0 puncte, A are 1 punct iar T tot 1 punct. Cuvântul este plasat pe pătratul marcat cu stea care dublează scorul. Scorul obținut se calculează astfel:  $1+4+1+0+1+1$  înmulțit cu 2. În runda 2 este plasat pe tablă cuvântul PIX. Scorul pentru acest cuvânt este 13, scorul pentru litera P este 2, pentru litera I este 1 iar pentru X este 10. Nu se aplică niciun pătrat premium.

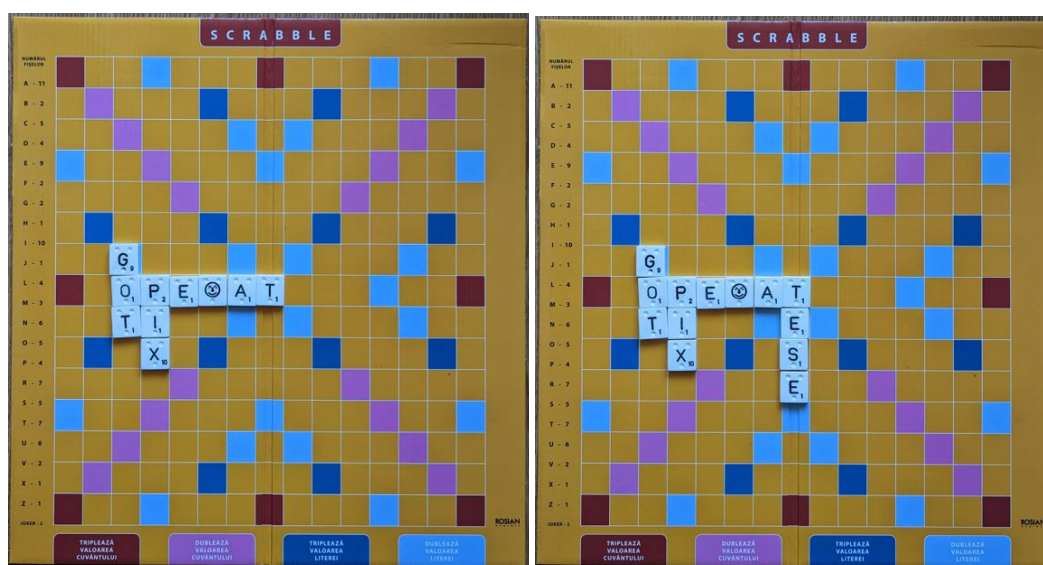


Figura 3: Exemple de formare a cuvintelor și calcularea punctajului pentru cuvintele GOT (stânga) și TESE (dreapta)

În runda 3 este plasat pe tablă cuvântul GOT, literele G și T sunt plasate pe pătrate premium bleu. Scorul pentru acest cuvânt este 21 deoarece, scorul pentru G este 18, pentru O este 1 iar pentru T este 2. De asemenea, în această rundă este format și cuvântul TI, iar scorul pentru acesta este 3: scorul pentru T este 2 (se află pe pătrat bleu), iar scorul pentru I este 1. Scorul total al acestei runde este 24. În runda următoare este plasat pe tablă cuvântul TESE, iar scorul pentru acesta este de 4 puncte deoarece nu se aplică niciun bonus, iar scorul fiecăreia din cele patru litere este 1.

În runda 5 este plasat pe tablă cuvântul JAI, pentru acest cuvânt jucătorul obține 23 de puncte astfel:  $10*2+1+1*2=23$ . De asemenea, este format și cuvântul IE, iar scorul pentru acesta este:  $1*2+1=3$ . Astfel scorul obținut în această rundă este 26. În runda 6, jucătorul construiește cuvântul COOPERAT, litera C fiind plasată pe pătratul premium roșu prin care se triplează scorul pentru cuvântul nou format. Astfel scorul pentru această rundă este 24.



Figura 4: Exemple de formare a cuvintelor și calcularea punctajului pentru cuvintele JAI (stânga) și COOPERAT (dreapta)

## Descrierea datelor

Arhiva cu materiale (disponibilă aici <https://tinyurl.com/CAVA-2022-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 din imagini cu tabla de Scrabble și cu piesele depuse pe tablă după fiecare rundă. 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 literele aranjate în diverse configurații; (ii) fără litere. 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 runde pentru 5 jocuri de Scrabble. 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 notată ' $j\_i.jpg$ ', 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'.

Fișierele cu adnotări conțin următoarele informații:

- poziția pieselor adăugate pe tablă de la stânga la dreapta sau 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.



- litera corespunzătoare fiecărei piese adăugate pe tablă
- scorul obținut în runda respectivă

În Figura 5 puteți vedea un exemplu de fișier de adnotare pentru o rundă.



Figura 5: Pentru runda curentă literele adăugate sunt G și T pentru a forma cuvintele GOT și TI. În fișierul de adnotare specificăm doar pozițiile pentru piesele nou adăugate

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.

### Cerințele proiectului și notare

Scrieți un program în Python/Jupyter notebook care extrage automat informațiile vizuale dintr-o anumită rundă dintr-un joc de Scrabble și calculează scorul pentru runda respec-

tivă. Distribuția datelor de testare este aceeași ca la antrenare, imaginile fiind achiziționate 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 Scrabble, fiecare joc având 20 de runde. Pentru fiecare imagine de test algoritmul vostru trebuie să furnizeze pozițiile pieselor (literelor) care au fost depuse pe tablă în runda respectivă. Veți primi punctajul numai dacă algoritmul vostru furnizează corect toate pozițiile pieselor adăugate pe tablă. 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 fiecare piesă trebuie să recunoașteți litera care se află pe piesa respectivă. Veți primi punctajul numai dacă algoritmul vostru recunoaște corect toate literele depuse pe tablă. Nu există punctaje parțiale. Fiecare configurație corectă a literelor 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 jucător 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, 6 decembrie, ora 23:59 la link-ul acesta <https://tinyurl.com/CAVA-2022-TEMA1-SOLUTII>. Includeți în arhiva zip NU-MAI cod (fișiere .py sau .ipynb) sau alte fișiere necesare rulării codului (fișiere cu modelele voastre antrenate, etc.). Nu includeți în arhiva voastră imaginile inițiale (le avem și noi!!!). ATENȚIE: nu vom accepta proiecte 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, 7 decembrie, vom publica datele de test în directorul *test* de la adresa <https://tinyurl.com/CAVA-2022-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-2022-TEMA1-REZULTATE>.

### **Restricții și precizări**

În implementarea voastră nu puteți folosi rețele neuronale preantrenate. De asemenea, pentru recunoașterea literelor înscrisoare pe piesele de Scrabble nu puteți folosi aplicații pentru OCR cum ar fi Tesseract. Dacă aveți neclarități despre ce aveți și ce nu aveți voie să folosiți trimiteți un mesaj lui Bogdan la adresa [bogdan.alexe@fmi.unibuc.ro](mailto:bogdan.alexe@fmi.unibuc.ro).