

Concepte și Aplicații în Vederea Artificială - Tema 1

Calculator automat de scor pentru jocul Qwirkle

Obiectiv

Scopul acestui proiect este dezvoltarea unui sistem automat care calculează scorul în diferitele variante ale jocului *Qwirkle*.

Qwirkle Classic și Qwirkle Connect

Qwirkle este un joc de strategie bazat pe plasarea de piese, în care jucătorii trebuie să poartească piesele după culoare sau formă. Setul de joc include piese ce pot avea șase forme și șase culori distincte. Fiecare combinație formă–culoare apare exact de trei ori în set, rezultând un total de 108 piese.



Figura 1: *Qwirkle Classic* (stânga) vs *Qwirkle Connect* (dreapta).

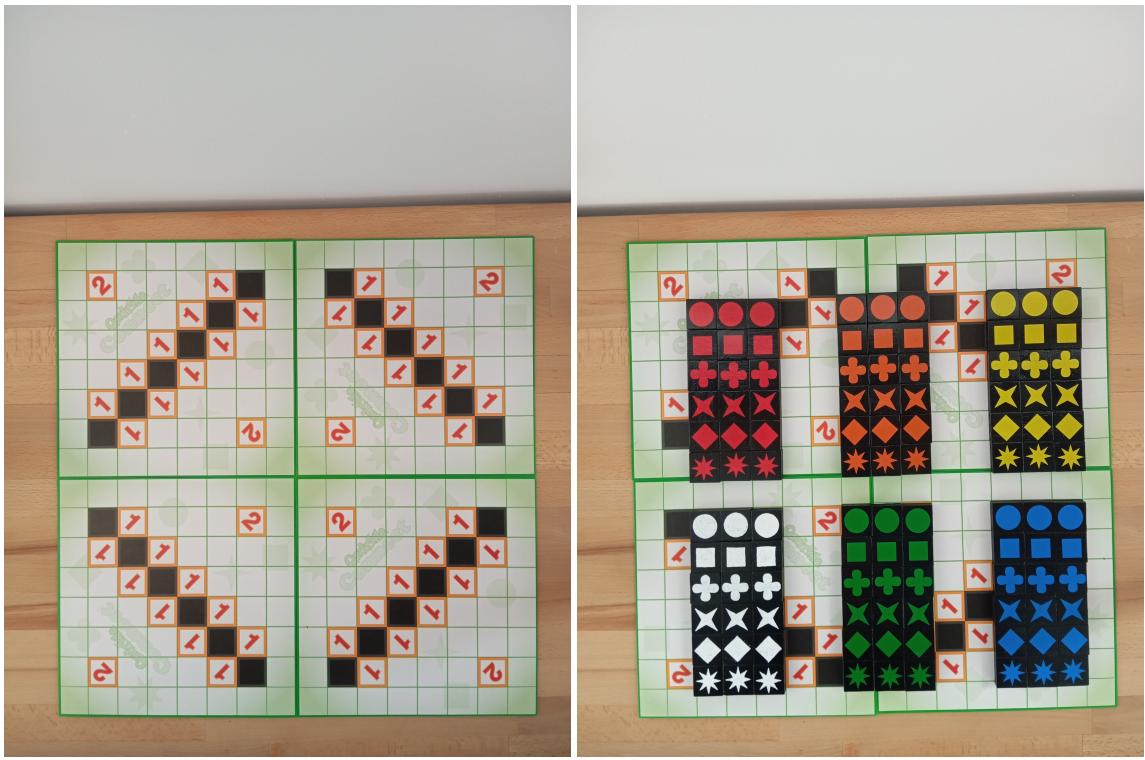


Figura 2: Tabla (stânga) și toate piesele posibile plasate pe tablă (dreapta).

Qwirkle, în forma sa clasică, se joacă direct pe o suprafață plană (Figura 1 stânga), de obicei pe o masă. Jucătorii plasează piesele adiacente pentru a forma linii de forme sau culori identice, fără un cadru fizic sau o disponere prestabilită. Obiectivul este de a obține cât mai multe puncte prin plasarea strategică a pieselor și completarea *Qwirkle-urilor*, linii de șase piese care formează un set complet. Jocul poate fi jucat de doi până la patru jucători.

Qwirkle Connect este o extensie care se bazează pe regulile versiunii clasice *Qwirkle*. *Qwirkle Connect* folosește o tablă dedicată pentru a ghida desfășurarea jocului (Figura 1 dreapta). Tabla este, de obicei, împărțită în pătrate (adesea configurate în patru cadrane interschimbabile), unele pătrate speciale oferind puncte bonus sau servind drept ancore pentru plasarea pieselor inițiale. Ca și în versiunea originală *Qwirkle*, jucătorii folosesc 108 piese care combină șase forme și șase culori diferite, formând linii care se potrivesc fie după formă, fie după culoare, fără a repeta piesele.

În această temă, punem în mare parte accent pe varianta *Qwirkle Connect*, care folosește o tablă dedicată (Figura 2) pentru desfășurarea jocului. În plus, secțiunea bonus abordează varianta *Qwirkle Classic*, unde jocul are loc direct pe masă, fără tablă.

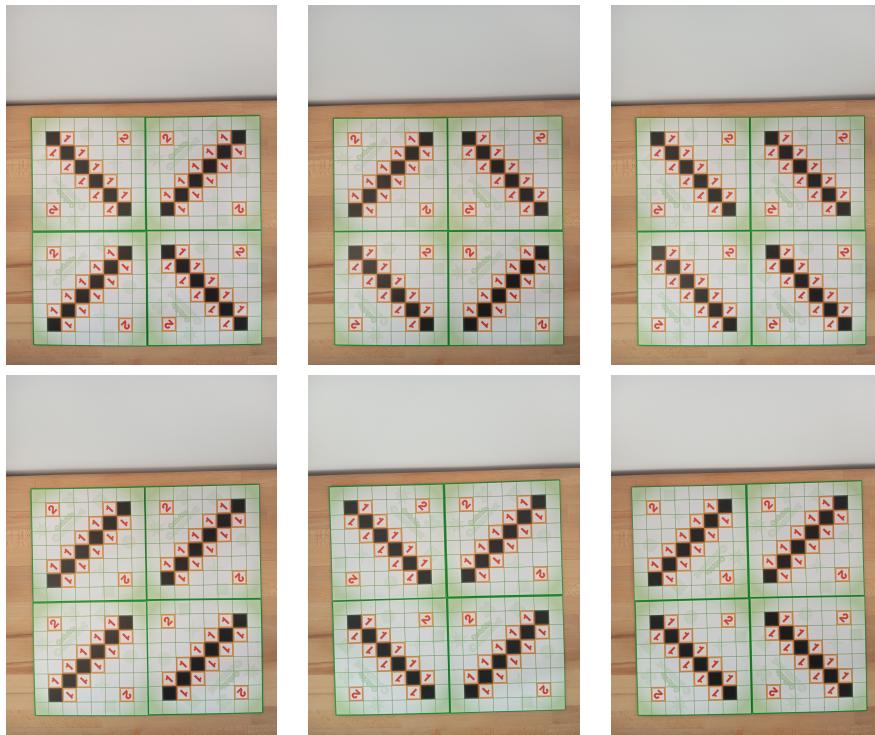


Figura 3: Diferite configurații ale tablei.

Piese de joc

La crearea liniilor pe tablă, jucătorii folosesc *piese* care combină o formă cu o culoare (Figura 2 dreapta). Fiecare piesă combină o formă și o culoare, rezultând 36 de combinații unice (6 forme \times 6 culori), fiecare apărând de trei ori în setul complet de 108 piese. Piese au următoarele caracteristici:

- 6 forme distincte: cerc, pătrat, romb, stea cu patru colțuri, trifoi și stea cu opt colțuri;
- 6 culori distincte: roșu, portocaliu, galben, verde, albastru și alb.

Tabla de joc

În *Qwirkle Connect*, jucătorii folosesc o tablă modulară împărțită în patru cadrane identice. Fiecare cadrان contine aceeași dispunere de *pătrate speciale*, care pot fi folosite în faza inițială a jocului sau pot oferi puncte suplimentare pentru piesele plasate. Acest design modular le permite jucătorilor să *reconfigureze* tabla înainte de fiecare joc, rotind sau schimbând între ele aceste cadrane, obținând astfel o varietate de configurații (Figura 3). Când toate cele patru cadrane sunt așezate împreună (în orice configurație aleasă de jucători), ele formează o suprafață de joc continuă. Un număr de pătrate din fiecare cadrان sunt marcate special. Acestea includ:

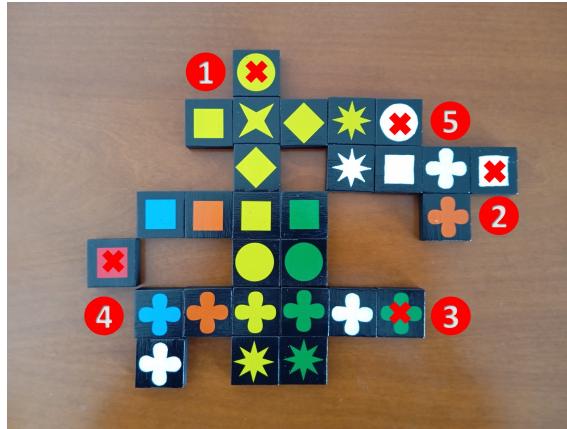


Figura 4: Exemple de configurații valide și invalide

- *șase pătrate negre* – acestea sunt folosite la începutul jocului pentru a plasa cele șase piese inițiale;
- *pătrate cu bonus aditiv* – acestea acordă +1 sau +2 puncte bonus ori de câte ori un jucător plasează piese pe ele. Există zece pătrate cu bonus de +1 punct și două pătrate cu bonus de +2 puncte în fiecare cadran.

Deoarece fiecare cadran este identic, aceste pătrate speciale apar în aceeași poziții relative, dar pot ajunge în locuri diferite pe tabla finală, în funcție de modul în care jucătorii rotesc sau schimbă cadranele.

Reguli de bază pentru plasarea pieselor

Tura unui jucător constă în plasarea uneia sau mai multor piese într-un singur rând sau într-o singură coloană, respectând următoarele reguli:

- **uniformitate:** toate piesele plasate trebuie să aibă fie aceeași formă, fie aceeași culoare, fără repetiții;
- **conectivitate:** fiecare piesă nou adăugată trebuie să fie conectată (fie în stânga, dreapta, sus sau jos) la cel puțin o piesă existentă;
- **continuitate:** toate piesele plasate într-o tură trebuie să formeze o linie dreaptă, fără spații libere.

Plasări valide și invalide ale pieselor

Figura 4 ilustrează mai multe plasări valide și invalide. Mai jos sunt detaliate cauzele fiecărei plasări invalide:

- **plasare invalidă 1** (marcată „1” în Figura 4): această plasare conține șapte piese galbenе într-o singură linie, depășind numărul maxim permis de șase. Problema apare deoarece cercul galben nou adăugat dublează o combinație formă–culoare deja existentă în acea linie.

- **plasări invalide 2 și 3** (marcate „2” și „3”): fiecare plasare reutilizează o piesă care făcea deja parte din linie (mai exact, pătratul alb și trifoial verde), încălcând regula conform căreia o combinație formă–culoare poate apărea o singură dată într-o linie.
- **plasare invalidă 4** (marcată „4”): piesa pătrat roșu este plasată într-o poziție care nu se conectează la nicio linie existentă, încălcând cerința de conectivitate.
- **plasare invalidă 5** (marcată „5”): piesa cerc alb nu se potrivește cu piesele galbene din linia pe care o atinge, astfel că regula de potrivire pe bază de culoare nu este respectată.

Desfășurarea jocului

Considerăm scenariul cu doar doi jucători: Jucătorul 1 și Jucătorul 2. La începutul jocului, Jucătorul 1 aranjează cele patru cadrane în orice orientare dorește, asigurându-se că acestea formează o suprafață de joc continuă. Apoi plasează 24 de piese extrase aleatoriu din săculeț pe toate pătratele negre, câte sase în fiecare cadran (Figura 5, prima imagine). Această plasare inițială devine *structura centrală* de la care trebuie conectate toate mișările ulterioare.

După acest pas inițial, fiecare jucător primește șase piese extrase din săculeț, împreună cu toate piesele rămase (inițial există 108 piese în total, dar 24 dintre ele sunt plasate pe pătratele negre în etapa inițială, deci rămân 84 de piese în săculeț). La fiecare tură, jucătorul curent plasează una sau mai multe piese din mâna pe tablă pentru a forma o linie validă, respectând regulile de potrivire după culoare sau formă. După ce piesele sunt plasate, jucătorul curent primește puncte pentru toate liniile formate și extrage piese noi din săculeț pentru a-și refațe mâna la șase piese.

În fiecare rundă, un jucător poate alege să nu plaseze nicio piesă pe tablă și, în schimb, să schimbe unele dintre piesele sale cu altele noi extrase din săculeț. Deși această acțiune este permisă în jocul real, ea nu este luată în considerare în cadrul acestei teme. În schimb, presupunem că fiecare jucător plasează cel puțin o piesă pe tablă în fiecare tură. Toate mutările sunt valide, nu trebuie să verificați acest lucru.

Punctajul

Scorul jucătorului curent după fiecare mutare se bazează pe piesele plasate pe tablă și poate crește în anumite cazuri. Atunci când un jucător plasează piese, el primește puncte pentru fiecare linie *nou formată* sau *extinsă*:

- **punctajul liniei.** Fiecare linie formată sau extinsă valorează un număr de puncte egal cu numărul de piese din acea linie (inclusiv piesele nou plasate).
- **bonusul Qwirkle.** Dacă o linie ajunge la șase piese (numărul maxim posibil fără repetiții), acea linie se numește *Qwirkle* și oferă un bonus de șase puncte suplimentare.

- **pătratele bonus.** Plasarea unei piese pe un pătrat marcat cu bonus modifică punctajul de bază al liniei, prin adăugarea de puncte suplimentare (+1 sau +2 puncte), în funcție de pătratul respectiv.

Dacă mai multe bonusuri se aplică aceleiași piese nou plasate (de exemplu, atunci când se formează un *Qwirkle* folosind pătrate bonus), efectele acestora sunt cumulative. Pentru un pătrat numerotat (cu +1 sau +2), punctele bonus pot fi acordate o singură dată, chiar dacă piesa plasată acolo face parte simultan din două linii și contribuie la ambele. Considerăm că o linie este formată din cel puțin două piese (o singură piesă nu formează o linie).

Exemplu de punctaj

Figura 5 arată opt mutări efectuate de cei doi jucători pornind de la configurația inițială. Mai jos listăm cele opt mutări și oferim explicații detaliate despre calculul punctajului corespunzător fiecărei mutări.

Mutarea 1. Jucătorul 1 plasează trei piese verzi, un pătrat, o stea cu patru colțuri și un trifoi, pentru a construi trei linii:

- o linie de patru piese verzi, fiecare cu o formă diferită.
- o linie de două stele cu patru colțuri, fiecare într-o culoare diferită.
- o linie de două trifoiuri, fiecare într-o culoare diferită.

Pentru această mutare, Jucătorul 1 câștigă 10 puncte: 4 puncte pentru prima linie, câte 2 puncte pentru a doua și a treia linie, și încă 2 puncte bonus pentru plasarea a două piese pe pătrate cu bonus de +1.

Mutarea 2. Jucătorul 2 plasează trei piese roșii, o stea cu patru colțuri, un cerc și un romb, pentru a forma două linii:

- o linie de patru piese roșii, fiecare cu o formă unică.
- o linie de două romburi în culori diferite.

Această mutare aduce Jucătorului 2 în total 7 puncte: 4 puncte pentru prima linie, 2 puncte pentru a doua linie și încă 1 punct bonus pentru plasarea unei piese pe un pătrat cu bonus +1.

Mutarea 3. Jucătorul 1 plasează patru piese portocalii, un pătrat, o stea cu patru colțuri, un trifoi și un cerc, pentru a completa două linii:

- o linie de cinci piese portocalii, fiecare cu o formă distinctă.
- o linie de două cercuri în culori diferite.

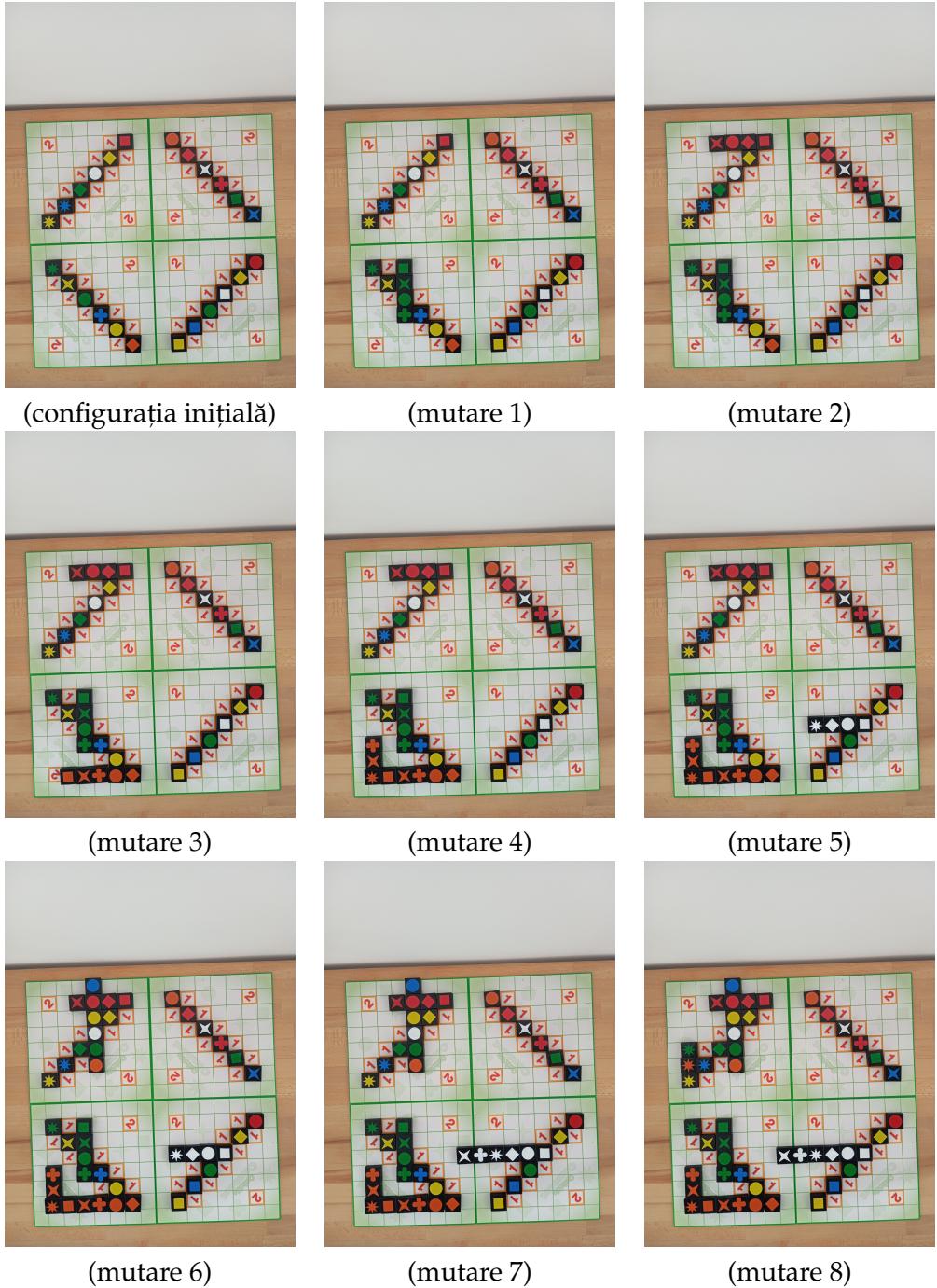


Figura 5: Ilustrăm opt mutări realizate de cei doi jucători, pornind de la o configurație inițială. În text este descris în detaliu calculul punctajelor corespunzătoare fiecărui jucător după fiecare mutare.

Această mutare aduce Jucătorului 1 în total 8 puncte: 5 puncte pentru prima linie, 2 puncte pentru a doua linie și 1 punct bonus pentru plasarea unei piese pe un pătrat cu bonus +1.

Mutarea 4. Jucătorul 2 plasează trei piese portocalii, o stea cu opt colțuri, o stea cu patru colțuri și un trifoi, pentru a forma două linii:

- o linie de șase piese portocalii, fiecare cu o formă unică, formând astfel un *Qwirkle*.
- o linie de trei piese portocalii, fiecare cu o formă unică.

Această mutare aduce Jucătorului 2 în total 17 puncte: 6 puncte pentru prima linie plus un bonus suplimentar de 6 puncte pentru completarea unui *Qwirkle*, 3 puncte pentru a doua linie și 2 puncte bonus pentru plasarea unei piese pe un pătrat cu bonus +2.

Mutarea 5. Jucătorul 1 plasează trei piese albe, o stea cu opt colțuri, un romb și un cerc, pentru a forma două linii:

- o linie de patru piese albe, fiecare cu o formă distinctă.
- o linie de două cercuri în culori diferite.

Această mutare aduce Jucătorului 1 în total 7 puncte: 4 puncte pentru prima linie, 2 puncte pentru a doua linie și 1 punct bonus pentru plasarea unei piese pe un pătrat cu bonus +1.

Mutarea 6. Jucătorul 2 plasează patru piese cerc, una albastră, una galbenă, una verde și una portocalie, pentru a forma trei linii:

- o linie de șase cercuri în culori diferite, formând astfel un *Qwirkle*.
- o linie de două piese galbene cu forme diferite.
- o linie de două piese verzi cu forme diferite.

Această mutare aduce Jucătorului 2 un total de 18 puncte: 6 puncte pentru prima linie, plus un bonus suplimentar de 6 puncte pentru completarea unui *Qwirkle*, 2 puncte pentru a doua linie, 2 puncte pentru a treia linie și 2 puncte bonus pentru plasarea a două piese pe pătratele cu bonus +1.

Mutarea 7. Jucătorul 1 plasează două piese albe, o stea cu patru colțuri și un trifoi, pentru a extinde o linie de la patru la șase piese, completând astfel un *Qwirkle*. Pentru această mutare, Jucătorul 1 primește în total 12 puncte: 6 puncte pentru linia extinsă și un bonus suplimentar de 6 puncte pentru obținerea unui *Qwirkle*.

Mutarea 8. Jucătorul 2 plasează două piese cu stele cu opt colțuri, una verde și una portocalie, pentru a forma două linii:

- o linie de trei stele cu opt colțuri de culori diferite.
- o linie de două stele cu opt colțuri de culori diferite.

Pentru această mutare, Jucătorul 2 primește în total 6 puncte: 3 puncte pentru prima linie, 2 puncte pentru a doua linie și un punct bonus pentru plasarea unei piese pe un pătrat cu bonus +1.

Descrierea datelor

Arhiva cu materiale (disponibilă aici <https://tinyurl.com/CAVA-2025-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 ale tablei de joc formată din cele patru cadrane interschimbabile și cu piesele plasate 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 *Qwirkle Connect* la care se adaugă imaginea cu configurația inițială a tablei. În total sunt 105 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 $i \in \{00, 01, 02, 03, \dots, 20\}$. Pentru fiecare joc, imaginea „j.00.jpg” corespunde configurației tablei după etapa inițială, când Jucătorul 1 alege aranjarea celor patru cadrane și plasează 24 de piese pe pătratele negre. Fișierul de adnotare corespunzător are aceeași denumire, dar extensia „.jpg” este înlocuită cu „.txt”. Observați că fișierul „j.00.txt” nu există.

Fișierele cu adnotări conțin următoarele informații:

- poziția piesei adăugate pe tablă, specificată în ordine de la stânga la dreapta și de sus în jos. Poziția este indicată folosind numerele 1-16 pentru rânduri și literele A-P pentru coloane.
- forma și culoarea piesei: un număr între 1-6 pentru formă (1 – cerc, 2 – trifoi, 3 – diamant, 4 – pătrat, 5 – stea cu patru colțuri, 6 – stea cu opt colțuri) și o literă pentru culoare (R – roșu, B – albastru, G – verde, Y – galben, O – portocaliu, W – alb).
- scorul obținut pentru mutarea respectivă.

În Figura 6 puteți vedea un exemplu de fișier de adnotare pentru imaginea 1.01.jpg.

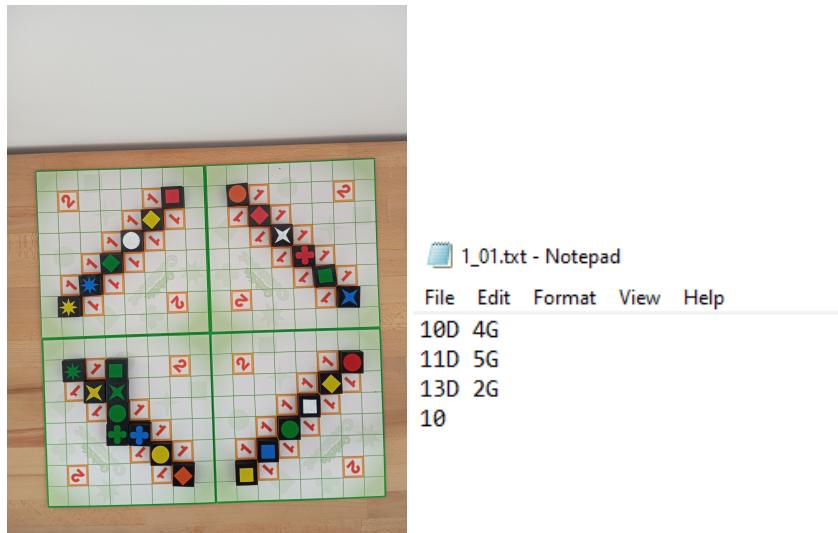


Figura 6: Pentru mutarea curentă, trei piese sunt plasate pe tablă. Fișierul de adnotare „ground-truth” specifică pozițiile pieselor nou adăugate și culoarea și forma specifică, codificate prin cifre și litere precum și scorul obținut după mutare.

Directorul *evaluare* vă indică cum să vă scrieți codul astfel încât să respectați formatul impus pentru fișierele cu rezultate folosite în 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 (pentru un singur joc), 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 (tot pentru cinci jocuri).
- *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, încarcând 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 vor fi disponibile după faza a doua.

Cerințele temei și notare

Scrieți un program în Python/Jupyter notebook care extrage automat informațiile vizuale după fiecare mutare dintr-un joc *Quirkle Connect* și calculează scorul jucătorului după mutare. Distribuția datelor de testare este aceeași ca la antrenare, imaginile fiind luate în aceleași condiții.

La această temă puteți lua nota 11 (adică 5,5 puncte din nota finală; vedeti evaluarea din Cursul 1). 10 puncte sunt pentru sarcinile obligatorii și 1 punct pentru sarcinile bonus – care vor fi discutate ulterior. Evaluarea temei o vom realiza în funcție de performanța algoritmului vostru pe fiecare dintre cele 100 de imagini de test (dintr-un total de 105 imagini, 5 fiind imaginile inițiale pentru fiecare joc). Veți primi un set de testare care conține 105 imagini de test, organizate în 5 jocuri a către 20 de mutări. Distribuția imaginilor din setul de test urmează aceeași distribuție ca în setul de antrenare, ceea ce înseamnă că imaginile au fost achiziționate în aceleși condiții. Pentru fiecare imagine de test trebuie să generați un fișier .txt care conține informații similare celor din fișierele de adnotare. Fiecare imagine de test rezolvată corect valorează 0,08 puncte, distribuite astfel:

- 0,04 puncte pentru specificarea corectă a poziției pieselor adăugate.
- 0,03 puncte pentru specificarea corectă a pieselor plasate pe pozițiile corespunzătoare de pe tablă;
- 0,01 puncte pentru specificarea corectă a scorului jucătorului curent după mutare.

La cele 8 puncte, se adaugă:

- 0,5 puncte pentru documentație. Descrieți într-un fișier pdf de minim două pagini soluția voastră. 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.
- 0,5 puncte pentru respectarea formatului pentru rezultatele trimise, astfel încât funcția noastră `evalueaza_solutie.py` să poată rula fără probleme pe fișierele submise de către voi.
- 1 punct bonus pentru rezolvarea problemei în scenariul *Qwirkle Classic*, detalii mai jos.
- 1 punct din oficiu.

Bonus - scenariul clasic

Scenariul bonus reprezintă de fapt forma clasice a jocului Qwirkle și anume *Qwirkle Classic*. În acest scenariu, jocul are loc direct pe masă, fără o grilă sau un sistem de coordonate predefinit. Deoarece nu există o tablă, nu există niciun sistem natural de coordonate, iar specificarea pozițiilor pieselor devine o situație ambiguă. Pentru a rezolva acest aspect, definim originea (0, 0) ca fiind poziția primei piese plasate în turul initial, mai exact, cea mai din stânga piesă de pe primul rând. Toate pozițiile pieselor adăugate ulterior se calculează relativ la această origine. Rețineți că, în acest sistem, pot apărea coordonate negative.

Metoda de specificare a pieselor folosind cifre și litere rămâne neschimbată față de scenariul standard *Qwirkle Connect*. În ceea ce privește calcularea scorului, pătratele bonus care

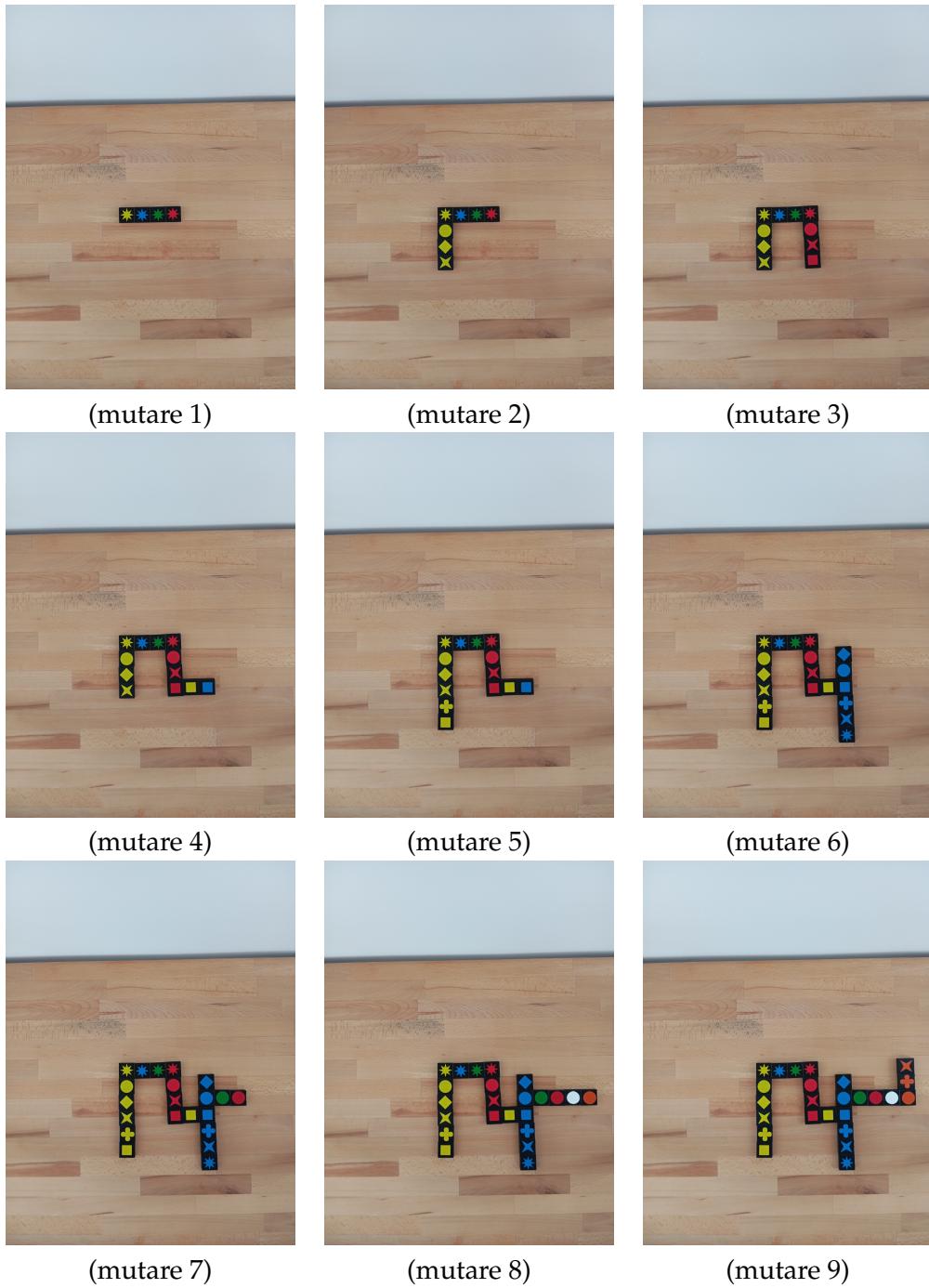


Figura 7: Ilustrăm nouă mutări realizate de cei doi jucători în scenariul bonus.

ofereau +1 sau +2 puncte sunt eliminate; totuși, bonusul de 6 puncte pentru realizarea unui Qwirkle este păstrat.

Veți primi un set de testare bonus care conține 20 de imagini de test (nu mai există o ima-

gine cu configurația inițială). Pentru fiecare imagine bonus trebuie să generați un fișier .txt ce conține informații similare cu cele din fișierele de adnotare. Fiecare imagine bonus rezolvată corect valorează 0,05 puncte, distribuite astfel:

- 0,02 puncte pentru specificarea corectă a poziției pieselor adăugate;
- 0,02 puncte pentru specificarea corectă a pieselor plasate pe pozițiile corespunzătoare;
- 0,01 puncte pentru specificarea corectă a scorului jucătorului curent după mutare.

Exemplu calcul scor pentru bonus - scenariul clasic

Figura 7 prezintă nouă mutări realizate de către cei doi jucători în scenariul bonus. Scorurile obținute de către cei doi jucători sunt următoarele: 4 (mutarea 1), 4 (mutarea 2), 4 (mutarea 3), 3 (mutarea 4), 12 (mutarea 5), 12 (mutarea 6), 3 (mutarea 7), 5 (mutarea 8), 3 (mutarea 9).

Termene limită

Prima fază - trimiterea codului. Încărcați o arhiva zip cu codul soluției voastre și un fișier pdf ce descrie soluția voastră până **marti, 2 decembrie 2025, ora 23:59** la link-ul acesta <https://tinyurl.com/CAVA-2025-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, 3 decembrie 2025, vom publica datele de test în directorul *testare* de la adresa <https://tinyurl.com/CAVA-2025-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-2025-TEMA1-REZULTATE>.

NOTĂ IMPORTANTĂ. După termenul limită, nu este permis să aduceți modificări care îmbunătățesc soluția pe datele de testare. Aceasta include modificarea parametrilor din cod, actualizarea modelelor antrenate, modificarea şablonelor sau ajustări similare. Vă rugăm să vă asigurați că testați soluția într-un mediu nou creat, urmând instrucțiunile din fișierul README, pentru a confirma că aceasta rulează corect pe calculatoarele noastre. Vom rula codul pentru a verifica dacă rezultatele raportate se potrivesc cu ieșirile obținute de noi. Puteți modifica doar setări necritice, cum ar fi ajustarea căilor către datele de test sau modificarea blocurilor try/except, în cazul în care codul generează o eroare la procesarea unei imagini de test.

De asemenea, aveți la dispoziție datele din jocul *fake test*, pe care le puteți utiliza pentru a evalua robustețea soluției voastre..