**RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE**

**Datorzinātnes un informācijas tehnoloģijas fakultāte**

**ATSKAITE**

**1.Praktiskais darbs studiju kursā**

**“Mākslīgā intelekta pamati”**

**Saite uz koplietoto repozitoriju**

[**https://github.com/MarisZeibe/AI-pr-d-1-27.git**](https://github.com/MarisZeibe/AI-pr-d-1-27.git)

**27. komanda:**

**Artūrs Melmanis 221RDB183**

**Katrīna Apine 221RDB169**

**Aleksandrs Kapanskis 221RDB182**

**Māris Žeibe 221RDB138**

**2023./ 2024. m.g.**

SATURS

[SPĒLES APRAKSTS 3](#_Toc163496807)

[PAPILDUS PRASĪBAS PROGRAMMATŪRAI 3](#_Toc163496808)

[PROGRAMMATŪRAS DARBĪBAS DEMONSTRĀCIJAS PIEMĒRS VAI LIETOTĀJA CEĻVEDIS AR PASKAIDROJUMIEM 4](#_Toc163496809)

[APRAKSTS PAR IZMANTOTAJĀM DATU STRUKTŪRĀM SPĒLES KOKA GLABĀŠANAI AR DETALIZĒTIEM KOMENTĀRIEM, KAS TIEŠI TIEK GLABĀTS KONKRĒTAJĀ DATU STRUKTŪRĀ 6](#_Toc163496810)

[HEIRISTISKĀ NOVĒRTĒJUMA FUNKCIJAS APRAKSTS UN PAMATOJUMS IZVĒLĒTAJAI FUNKCIJAI 9](#_Toc163496811)

[REALIZĒTO PAMATA ALGORITMU KODS AR STUDENTU SNIEGTAJIEM SKAIDROJUMIEM 10](#_Toc163496812)

[ALGORITMU SALĪDZINĀJUMS UN KOMANDAS VEIKTIE SECINĀJUMI 14](#_Toc163496813)

[VISS PROGRAMMATŪRAS KODS: 15](#_Toc163496814)

# SPĒLES APRAKSTS

Spēles sākumā ir dots cilvēka-spēlētāja izvēlētais skaitlis. Kopīgs punktu skaits ir vienāds ar 0 (punkti netiek skaitīti katram spēlētājam atsevišķi). Turklāt spēlē tiek izmantota spēles banka, kura sākotnēji ir vienāda ar 0. Spēlētāji veic gājienus pēc kārtas, reizinot pašreizējā brīdī esošu skaitli ar 3, 4 vai 5. Ja reizināšanas rezultātā tiek iegūts pāra skaitlis, tad kopīgajam punktu skaitam tiek pieskaitīts 1 punkts, bet ja nepāra skaitlis – tad 1 punkts tiek atņemts. Savukārt, ja tiek iegūts skaitlis, kas beidzas ar 0 vai 5, tad bankai tiek pieskaitīts 1 punkts. Spēle beidzas, kad ir iegūts skaitlis, kas ir lielāks par vai vienāds ar 3000. Ja kopīgais punktu skaits ir pāra skaitlis, tad no tā atņem bankā uzkrātos punktus. Ja tas ir nepāra skaitlis, tad tam pieskaita bankā uzkrātos punktus. Ja kopīgā punktu skaita gala vērtība ir pāra skaitlis, uzvar spēlētājs, kas uzsāka spēli. Ja nepāra skaitlis, tad otrais spēlētājs.

# PAPILDUS PRASĪBAS PROGRAMMATŪRAI

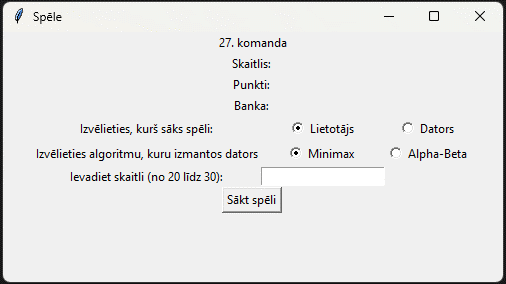
Spēles sākumā cilvēks-spēlētājs izvēlas, ar kuru skaitli diapazonā no 20 līdz 30 sākt spēli.

# PROGRAMMATŪRAS DARBĪBAS DEMONSTRĀCIJAS PIEMĒRS VAI LIETOTĀJA CEĻVEDIS AR PASKAIDROJUMIEM

Šī programma ļauj lietotājam spēlēt spēli pret lietotāju vai pret datoru, kur tiek izmantots Minimaksa vai Alfa-Beta algoritms, lai pieņemtu lēmumu par gājienu veikšanu. Spēles mērķis ir sasniegt noteiktu skaitli (END\_NUMBER) ar sākuma skaitli, punkti tiek piešķirti katram gājienam atkarībā no tā, vai rezultējošais skaitlis ir pāra vai nepāra, un vai tas dalās ar 5. Spēle turpinās, līdz tiek sasniegts vai pārsniegts noteiktais skaitlis.

Kad palaižam programmu bez grafiskā interfeisa (saskarnes), tad kods ļauj izvēlēties, vai spēli sāksim ar l (lietotāju) vai d (datoru). Apstiprinot izvēli tiek izvadīts nākamais paziņojums, kur ir jāizvēlas kādu algoritmu izmantos dators - m (Minimaksa) vai a (Alfa-beta) algoritmu. Kad tas tika izvēlēts, sekojošais paziņojums būs par sākuma skaitļa izvēli diapazonā no 20 līdz 30, kas būs spēles sākuma skaitlis. Kad tiek apstiprināta šī izvēle, tad sākas spēle, kur tiek skaitīti punkti, bankas skaitlis, heiristisko vērtējumu. Kad gājiens tiek veikts, tiek izvadīts paziņojums, kur jāizvēlas ar kādu skaitli tiks reizināts sākotnējais skaitlis (diapazonā no 3 līdz 5). Spēle turpinās līdz tiek iegūts skaitlis, kas ir lielāks par vai vienāds ar 3000. Pašās beigās tiek izvadīts gala skaitlis, iegūtais punktu skaits un bankas rezultāts, kā arī, tiek piedāvāts spēlēt spēli vēlreiz.

Grafiskās saskarnes realizācijas piemērs ar skaidrojumiem:

*attēls1*

Ja apskata grafisko saskarni (att. 1), tad varam redzēt, ka palaižot programmu tiek izvadīts logs, kurā redzēsim skaitli, punktus un bankas skaitli. Tāpat arī esam aicināti ar divām iespējām izvēlēties starp dalībnieku kurš sāks spēli (klikšķinot uz Lietotājs, ja vēlamies, lai spēli uzsāk lietotājs, vai Dators, ja vēlamies, lai spēli sāk dators. Nākamā izvēle, kuru esam aicināti veikt ir izvēlēties starp algoritmiem, kurus var izmantot dators – Minimax vai Alfa-Beta algoritms, un, visbeidzot, skaitli, ar kuru vēlamies uzsākt spēlēt, kas ir jāieraksta iekšā lodziņa un tad varam spiest pogu “Sākt spēli”.

A screenshot of a computer

Description automatically generated *attēls2*

Kad tas ir izdarīts mūs sagaida nākamais logs (att. 2), kur mūs aicina ievadīt reizinātāju starp skaitļiem 3, 4 vai 5, kas ir jāieraksta iekšā lodziņā (ja tika izvēlēts, ka pirmais spēli uzsāk Lietotājs).

A screenshot of a chat

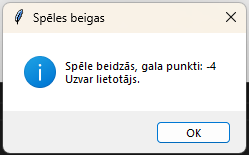
Description automatically generated *attēls3*

Pēc “Ok” pogas nospiešanas, parādās jauns logs (att. 3) ar informāciju par datora veikto gājienu spēles biedra informēšanai.

A screenshot of a computer

Description automatically generated *attēls4*

Augšējā loga pusē (att. 4) varam sekot līdzi rezultātam pēc katra spēlētāja gājiena.

 *attēls5*

Visbeidzot, mūs sagaida “Spēles beigas” logs (att. 5), kur tiek paziņots par spēles beigām, kā arī paziņo spēles uzvarētāju un tā iegūtos punktus.

# APRAKSTS PAR IZMANTOTAJĀM DATU STRUKTŪRĀM SPĒLES KOKA GLABĀŠANAI AR DETALIZĒTIEM KOMENTĀRIEM, KAS TIEŠI TIEK GLABĀTS KONKRĒTAJĀ DATU STRUKTŪRĀ

**State (Stāvoklis):**

Šī klase tiek izmantota, lai pārstāvētu spēles stāvokli koka struktūrā.

number: pašreizējais skaitlis spēlē.

points: pašreizējie punkti spēlē.

bank: pašreizējā banka spēlē.

level: kāda ir pašreizējā stāvokļa līmenis koka struktūrā.

children: saraksts ar stāvokļiem, kas tiek sasniegti no šī stāvokļa.

value: vērtība, kas tiek izvērtēta algoritma darbības laikā.

Šī klase ir atbildīga par pārstāvēt spēles stāvokli koka struktūrā.

Katrs objekts pārstāv vienu stāvokli spēles laikā ar tādiem atribūtiem kā pašreizējais skaitlis, punkti, banka un līmenis.

Tās metodes ļauj izveidot nākamo stāvokli, novērtēt pašreizējo stāvokli un pārvērst to par tekstuālu reprezentāciju.

**Game (Spēle):**

Šī klase pārvalda spēles gaitu, saņemot un apstrādājot gājienus un noteicot uzvarētāju.

state: pašreizējais spēles stāvoklis.

algorithm: izvēlētais algoritms datora gājieniem.

players: spēlētāji (lietotājs un dators).

Šī klase pārvalda visu spēles gaitu.

Tā sāk spēli, apstrādā gājienus un nosaka uzvarētāju.

Tā saņem informāciju par spēles parametriem un izmanto algoritmus, lai veiktu gājienus datora pusei.

Klase nodrošina interfeisu starp spēles logiku un lietotāja interakciju.

# HEIRISTISKĀ NOVĒRTĒJUMA FUNKCIJAS APRAKSTS UN PAMATOJUMS IZVĒLĒTAJAI FUNKCIJAI

END\_NUMBER = 3000; MAX\_MULTIPLIER = 5

|  |  |
| --- | --- |
| def evaluate\_state(self) -> float:          max\_number = END\_NUMBER \* MAX\_MULTIPLIER          k = 1 if (((self.bank if self.number < END\_NUMBER else 0) + self.points) % 2 == 0) else -1          x1 = min(self.bank, 1)          x2 = (1 if self.number >= END\_NUMBER else 0) \* (max\_number - self.number) / (max\_number - 20)          x3 = (0 if self.number >= END\_NUMBER else 1) \* self.number / (max\_number - 20)          return k \* (100\*x1 + 10\*x2 + 1\*x3) | k – vai stāvoklis ir labvēlīgs pirmajam spēlētājam (maksimizētājam) vai otrajam spēlētājam (minimizētājam)  x1 – vai spēles banka ir lielāka par 0  x2 – ja ir spēles beigu stāvoklis, mazākam skaitlim ir lielāka vērtība  x3 – ja nav spēles beigu stāvoklis, lielākam skaitlim ir lielāka vērtība  Kopējā heiristikās funkcijas vērtība tiek aprēķināta, saskaitot šos faktorus, kur k tiek izmantots, lai noskaidrotu, kurš spēlētājs ir labvēlīgā stāvoklī. Jo augstāka heiristikās funkcijas vērtība, jo labvēlīgāks ir stāvoklis pašreizējam spēlētājam. Šī vērtība tiek izmantota Minimax un Alfa-beta algoritmos, lai izvēlētos optimālo gājienu spēlē.  Šī funkcija tika izvēlēta, lai novērtētu pašreizējo spēles stāvokli, izvēloties labākos gājienus, pārbaudot un sekojot līdzi punktiem un gaitai, aprēķinot visu ātri un precīzi. |

# REALIZĒTO PAMATA ALGORITMU KODS AR STUDENTU SNIEGTAJIEM SKAIDROJUMIEM

SEARCH\_DEPTH = 2; END\_NUMBER = 3000; MIN\_START\_NUMBER = 20;   
MAX\_START\_NUMBER = 30; MIN\_MULTIPLIER = 3; MAX\_MULTIPLIER = 5

|  |  |
| --- | --- |
| def generate\_tree(tree: list[State], index=0, depth=SEARCH\_DEPTH) -> list[State]:      tree[index].children = []      if tree[index].number >= END\_NUMBER:          return tree      for multiplier in range(MIN\_MULTIPLIER, MAX\_MULTIPLIER + 1):          new\_state = tree[index].next\_state(multiplier)          if new\_state not in tree:              tree.append(new\_state)              tree[index].children.append(len(tree) - 1)              if depth > 1:                  tree = generate\_tree(tree, len(tree) - 1, depth - 1)          else:  tree[index].children.append(tree.index(new\_state))  return tree | **Spēles koka ģenerēšanas funkcija generate\_tree** ir atbildīga par spēles koka izveidošanu, kur katrs mezgls (vai stāvoklis) pārstāv iespējamo spēles stāvokli. Katrs mezgls satur informāciju par pašreizējo skaitli, punktiem, banku, līmeni un sarakstu ar tā potenciālajiem bērniem (vai turpmākajiem stāvokļiem).  Šī funkcija sāk ar sākotnējo stāvokli un pēc tam, izmantojot spēles noteikumus, izveido visus iespējamos nākamā gājiena stāvokļus.  Ja jaunizveidotais stāvoklis vēl nav sastopams koka struktūrā, tas tiek pievienots koka beigās un norādīts kā potenciālais bērns pašreizējam mezglam. Ja stāvoklis jau eksistē koka struktūrā, tad tikai tiek norādīts uz jau esošo mezglu kā potenciālo bērnu.  Funkcija atkārto šo procesu, līdz tiek sasniegts noteiktais meklēšanas dziļums (vai, ja kāds no stāvokļiem ir beigu stāvoklis).  Šī funkcija tika izvēlēta, jo strādā efektīgi un optimizēti, atgriež nepieciešamos datus un sniedz iespēju ierobežot dziļumu izmantojot depth (dziļums) neizmantojot vairāk par pieejamajiem resursiem |
| print(f'value: {tree[index].evaluate\_state():<9.4f}', end=' ') | **Heiristisko vērtējumu piešķiršana virsotnēm.**  Šī rindiņa sniedz iespēju izdrukāt izvērtējumu katram spēles stāvoklim, lai varētu vieglāk sekot līdzi spēles algoritma darbībai un analizēt katru virsotni atbilstoši tās novērtētajai vērtībai.  Šī funkcija tika izvēlēta, jo izdara savu nepieciešamo darbu – izvada skaitli pēc nepieciešamā formatējuma, lai nodrošinātu vieglāku lasāmību un vienveidīgāku izvadi. |
| def minimax\_search(tree: list[State], index=0) -> dict[str, float]:      if len(tree[index].children) == 0:          return {'value': tree[index].evaluate\_state()}      if tree[index].level % 2 == 0:          best = {'value': float('-inf')}          for child\_index in tree[index].children:              child = {'value': minimax\_search(tree, child\_index)['value'],                       'index': tree[index].children.index(child\_index)}              if child['value'] > best['value']:                  best = child                  tree[child\_index].value = best['value']      else:          best = {'value': float('inf')}          for child\_index in tree[index].children:              child = {'value': minimax\_search(tree, child\_index)['value'],                       'index': tree[index].children.index(child\_index)}              if child['value'] < best['value']:                  best = child                  tree[child\_index].value = best['value']      tree[index].value = best['value']      return best | **Funkcija minimax\_search ir Minimax algoritma realizācija.** Šī funkcija darbojas rekursīvi, meklējot labāko gājienu no pašreizējā stāvokļa. Šeit ir tās galvenās darbības:  1. Ja pašreizējam stāvoklim nav pēcteču (children) (t.i., beigu stāvokļa), tiek izvērsta bāzes gadījuma apstrāde, un tiek atgriezta šī virsotnes vērtība, kas iegūta, izmantojot funkciju evaluate\_state.  2. Ja pašreizējais stāvoklis ir maksimizējošais spēlētājs (piemēram, cilvēks), tad tiek sākta meklēšana pēc maksimālās vērtības starp children stāvokļiem. Šajā gadījumā algoritms meklē children stāvokli ar vislielāko vērtību, jo tas simbolizē labāko iespējamo gājienu pašreizējam spēlētājam.  3. Ja pašreizējais stāvoklis ir minimizējošais spēlētājs (piemēram, dators), tad tiek sākta meklēšana pēc minimālās vērtības starp children stāvokļiem. Šajā gadījumā algoritms meklē children stāvokli ar vismazāko vērtību, kas simbolizē labāko iespējamo gājienu pretējam spēlētājam.  4. Pēc tam, kad ir atrasts labākais pēctecis (child), tiek atjaunināta pašreizējā stāvokļa vērtība ar labākā child vērtību, un šī vērtība tiek atgriezta.  Šī funkcija tika izvēlēta, lai varētu strādāt ar Minimaksa algoritmu, kas prasa lēmumu pieņemšanu optimālā, gudrā veidā, kā arī tā bija prasība veicot projektu. |
| def alpha\_beta\_search(tree: list[State], index=0, alpha=float('-inf'), beta=float('inf')) -> dict[str, float]:      if len(tree[index].children) == 0:          return {'value': tree[index].evaluate\_state()}      if tree[index].level % 2 == 0:          best = {'value': float('-inf')}          for child\_index in tree[index].children:              child = {'value': alpha\_beta\_search(tree, child\_index, alpha, beta)['value'],                       'index': tree[index].children.index(child\_index)}              if child['value'] > best['value']:                  best = child                  tree[child\_index].value = best['value']              alpha = max(alpha, best['value'])              if alpha >= beta:                  break      else:          best = {'value': float('inf')}          for child\_index in tree[index].children:              child = {'value': alpha\_beta\_search(tree, child\_index, alpha, beta)['value'],                       'index': tree[index].children.index(child\_index)}              if child['value'] < best['value']:                  best = child                  tree[child\_index].value = best['value']              beta = min(beta, best['value'])              if alpha >= beta:                  break      tree[index].value = best['value']      return best | **Funkcija alpha\_beta\_search ir Alfa-beta algoritma realizācija**, kas tiek izmantota, lai uzlabotu Minimaksa algoritmu, samazinot vajadzīgo aprēķinu apjomu, nepārskatot liekus gājienus.  Šī funkcija strādā līdzīgi kā Minimaksa algoritms, meklējot labāko gājienu no pašreizējā stāvokļa, tomēr, atšķirībā no Minimaksa, Alfa-beta algoritms veic savu darbību apgrieztā kārtībā un izlemj, vai apskatīt citus pēctečus vai pārtraukt meklēšanu, pamatojoties uz alfa un beta vērtībām.  **Galvenās atšķirības:**  1. Ja pašreizējais stāvoklis ir maksimizējošais spēlētājs, tad ar maksimālo vērtību tiek vienlaikus saglabāta alfa vērtība. Ja kāds *child* vērtībā pārsniedz alfa vērtību, alfa tiek atjaunināta.  2. Ja pašreizējais stāvoklis ir minimizējošais spēlētājs, ar minimālo vērtību tiek saglabāta beta vērtība. Ja kāds *child* vērtībā ir mazāks par beta vērtību, beta tiek atjaunināta.  3. Ja alfa vērtība kļūst lielāka vai vienāda ar beta vērtību, tas nozīmē, ka mēs esam atraduši gājienu, kas nav labāks par citiem jau apskatītajiem gājieniem, un tāpēc mums nav jēgas turpināt meklēt. Tāpēc algoritms tiek pārtraukts.  Šī funkcija tika izvēlēta, lai varētu strādāt ar Alfa-beta algoritmu kā tas tiek noteikts projekta nosacījumos, tas ir ātrs un nepēta liekus gājienus optimizējot mūsu spēli. |
| def generate\_tree(tree: list[State], index=0, depth=SEARCH\_DEPTH) -> list[State]: …  def minimax\_search(tree: list[State], index=0) -> dict[str, float]: …  def alpha\_beta\_search(tree: list[State], index=0, alpha=float('-inf'), beta=float('inf')) -> dict[str, float]: … | **Uzvaru nesošo ceļu atrašanas funkcija.**  Mūsu komandas spēles kodā uzvaru nesošais ceļš tiek noteikts funkcijās **genereate\_tree, minimax\_search** un **alpha\_beta\_search.** generate\_tree funkcija veido visus iespējamos gājienus, izveidojot koka struktūru, kur |

# ALGORITMU SALĪDZINĀJUMS UN KOMANDAS VEIKTIE SECINĀJUMI

**Algoritmu salīdzinājums:**

Gājiens, ja cilvēks, tad skaitlis, ja dators, tad skaitlis, virsotnes, laiks (ms)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Algoritms | Pirmais | Skaitlis | Gajiens(1) | Gajiens(2) | Gajiens(3) | Gajiens(4) | Gajiens(5) | Uzvar |
| 1 | Alfa-Beta | Liet | 20 | 3 | 3;9;0.105 | 3 | 5;8;0.06 | 3 | Liet |
| 2 | Alfa-Beta | Liet | 21 | 4 | 5;10;0.093 | 3 | 3;1;0.033 | - | Dat |
| 3 | Alfa-Beta | Liet | 22 | 5 | 3;9;0.046 | 3 | 3;2;0.038 | 3 | Liet |
| 4 | Alfa-Beta | Liet | 23 | 3 | 5;8;0.055 | 3 | 3;1;0.026 | - | Dat |
| 5 | Alfa-Beta | Liet | 24 | 3 | 5;9;0.054 | 4 | 3;1;0.027 | - | Dat |
| 6 | Alfa-Beta | Dat | 25 | 5;7;0.046 | 3 | 3;9;0.085 | 4 | - | Dat |
| 7 | Alfa-Beta | Dat | 26 | 5;9;0.058 | 5 | 5;8;0.048 | - | - | Dat |
| 8 | Alfa-Beta | Dat | 27 | 5;8;0.062 | 4 | 3;9;0.083 | 4 | - | Dat |
| 9 | Alfa-Beta | Dat | 28 | 5;9;0.056 | 3 | 3;9;0.049 | 5 | - | Dat |
| 10 | Alfa-Beta | Dat | 29 | 5;8;0.073 | 3 | 3;3;0.046 | 3 | - | Dat |
| 11 | Minimax | Liet | 20 | 3 | 3;12;0.06 | 3 | 5;12;0.048 | 3 | Liet |
| 12 | Minimax | Liet | 21 | 4 | 5;12;0.054 | 3 | 3;3;0.022 | - | Dat |
| 13 | Minimax | Liet | 22 | 5 | 3;12;0.055 | 3 | 3;6;0.033 | 3 | Liet |
| 14 | Minimax | Liet | 23 | 3 | 5;12;0.044 | 3 | 3;3;0.026 | - | Dat |
| 15 | Minimax | Liet | 24 | 3 | 5;12;0.076 | 4 | 3;3;0.033 | - | Dat |
| 16 | Minimax | Dat | 25 | 5;12;0.041 | 3 | 3;12;0.058 | 4 | - | Dat |
| 17 | Minimax | Dat | 26 | 5;12;0.031 | 5 | 5;9;0.064 | - | - | Dat |
| 18 | Minimax | Dat | 27 | 5;12;0.042 | 4 | 5;12;0.057 | 4 | - | Dat |
| 19 | Minimax | Dat | 28 | 5;12;0.068 | 3 | 3;12;0.056 | 5 | - | Dat |
| 20 | Minimax | Dat | 29 | 5;12;0.025 | 3 | 3;12;0.058 | 3 | - | Dat |

**Secinājumi:**

…

# VISS PROGRAMMATŪRAS KODS:

import tkinter as tk

from tkinter import simpledialog, messagebox

from enum import Enum

GUI\_MODE = True

DEBUG = True

SEARCH\_DEPTH = 2

END\_NUMBER = 3000

MIN\_START\_NUMBER = 20

MAX\_START\_NUMBER = 30

MIN\_MULTIPLIER = 3

MAX\_MULTIPLIER = 5

class Algorithm(Enum):

    MINIMAX = 1

    ALPHA\_BETA = 2

class Player(Enum):

    USER = 1

    COMPUTER = 2

class State:

    number: int

    points: int

    bank: int

    level: int

    children: list

    value: float | None

    def \_\_init\_\_(self, number, points, bank, level) -> None:

        self.number = number

        self.points = points

        self.bank = bank

        self.level = level

        self.children = []

        self.value = None

    def \_\_eq\_\_(self, other) -> bool:

        if other.\_\_class\_\_ is not self.\_\_class\_\_:

            return NotImplemented

        return ((self.number, self.points, self.bank, self.level) ==

                (other.number, other.points, other.bank, other.level))

    def next\_state(self, multiplier: int) -> 'State':

        new\_state = State(

            self.number \* multiplier,

            self.points + (1 if (self.number \* multiplier) % 2 == 0 else -1),

            self.bank + (1 if (self.number \* multiplier) % 5 == 0 else 0),

            self.level + 1

        )

        if new\_state.number >= END\_NUMBER:

            new\_state.points += new\_state.bank \* (-1 if new\_state.points % 2 == 0 else 1)

        return new\_state

    def evaluate\_state(self) -> float:

        max\_number = END\_NUMBER \* MAX\_MULTIPLIER

        # Vai stāvoklis ir labvēlīgs pirmajam spēlētājam (maksimizētājam) vai otrajam spēlētājam (minimizētājam)

        k = 1 if (((self.bank if self.number < END\_NUMBER else 0) + self.points) % 2 == 0) else -1

        # Vai spēles banka ir lielāka par 0

        x1 = min(self.bank, 1)

        # Ja ir spēles beigu stāvoklis, mazākam skaitlim ir lielāka vērtība

        x2 = (1 if self.number >= END\_NUMBER else 0) \* (max\_number - self.number) / (max\_number - 20)

        # Ja nav spēles beigu stāvoklis, lielākam skaitlim ir lielāka vērtība

        x3 = (0 if self.number >= END\_NUMBER else 1) \* self.number / (max\_number - 20)

        return k \* (100\*x1 + 10\*x2 + 1\*x3)

def generate\_tree(tree: list[State], index=0, depth=SEARCH\_DEPTH) -> list[State]:

    tree[index].children = []

    if tree[index].number >= END\_NUMBER:

        return tree

    for multiplier in range(MIN\_MULTIPLIER, MAX\_MULTIPLIER + 1):

        new\_state = tree[index].next\_state(multiplier)

        if new\_state not in tree:

            tree.append(new\_state)

            tree[index].children.append(len(tree) - 1)

            if depth > 1:

                tree = generate\_tree(tree, len(tree) - 1, depth - 1)

        else:

            tree[index].children.append(tree.index(new\_state))

    return tree

def print\_tree(tree: list[State], algorithm: Algorithm | None = None, index=0, offset=0) -> None:

    if algorithm == Algorithm.MINIMAX:

        minimax\_search(tree)

    elif algorithm == Algorithm.ALPHA\_BETA:

        alpha\_beta\_search(tree)

    print('\t' \* offset, end='')

    print(f'number: {tree[index].number:<5}', end=' | ')

    print(f'points: {tree[index].points:<2}', end=' | ')

    print(f'bank: {tree[index].bank}', end=' | ')

    print(f'level:', 'MAX' if tree[index].level % 2 == 0 else 'MIN', end=' | ')

    print(f'value: {tree[index].evaluate\_state():<9.4f}', end=' | ')

    if tree[index].value is not None:

        print(f'algorithm: {tree[index].value:.4f}', end='')

    print()

    for state\_index in tree[index].children:

        print\_tree(tree, None, state\_index, offset + 1)

def minimax\_search(tree: list[State], index=0) -> dict[str, float]:

    if len(tree[index].children) == 0:

        return {'value': tree[index].evaluate\_state()}

    if tree[index].level % 2 == 0:

        best = {'value': float('-inf')}

        for child\_index in tree[index].children:

            child = {'value': minimax\_search(tree, child\_index)['value'],

                     'index': tree[index].children.index(child\_index)}

            if child['value'] > best['value']:

                best = child

                tree[child\_index].value = best['value']

    else:

        best = {'value': float('inf')}

        for child\_index in tree[index].children:

            child = {'value': minimax\_search(tree, child\_index)['value'],

                     'index': tree[index].children.index(child\_index)}

            if child['value'] < best['value']:

                best = child

                tree[child\_index].value = best['value']

    tree[index].value = best['value']

    return best

def alpha\_beta\_search(tree: list[State], index=0, alpha=float('-inf'), beta=float('inf')) -> dict[str, float]:

    if len(tree[index].children) == 0:

        return {'value': tree[index].evaluate\_state()}

    if tree[index].level % 2 == 0:

        best = {'value': float('-inf')}

        for child\_index in tree[index].children:

            child = {'value': alpha\_beta\_search(tree, child\_index, alpha, beta)['value'],

                     'index': tree[index].children.index(child\_index)}

            if child['value'] > best['value']:

                best = child

                tree[child\_index].value = best['value']

            alpha = max(alpha, best['value'])

            if alpha >= beta:

                break

    else:

        best = {'value': float('inf')}

        for child\_index in tree[index].children:

            child = {'value': alpha\_beta\_search(tree, child\_index, alpha, beta)['value'],

                     'index': tree[index].children.index(child\_index)}

            if child['value'] < best['value']:

                best = child

                tree[child\_index].value = best['value']

            beta = min(beta, best['value'])

            if alpha >= beta:

                break

    tree[index].value = best['value']

    return best

class Game:

    state: State

    algorithm: Algorithm

    players: list[Player]

    def \_\_init\_\_(self, starting\_player: Player, algorithm: Algorithm, starting\_number: int) -> None:

        self.state = State(starting\_number, 0, 0, 0)

        self.algorithm = algorithm

        if starting\_player == Player.USER:

            self.players = [Player.USER, Player.COMPUTER]

        else:

            self.players = [Player.COMPUTER, Player.USER]

        if DEBUG:

            print\_tree(generate\_tree([self.state], 0, 10 \*\* 5), algorithm)

    def user\_move(self, multiplier: int) -> None:

        self.state = self.state.next\_state(multiplier)

    def computer\_move(self) -> int:

        tree = generate\_tree([self.state])

        if self.algorithm == Algorithm.MINIMAX:

            multiplier = int(minimax\_search(tree)['index']) + MIN\_MULTIPLIER

        else:

            multiplier = int(alpha\_beta\_search(tree)['index']) + MIN\_MULTIPLIER

        self.user\_move(multiplier)

        if DEBUG:

            print\_tree(tree, self.algorithm)

        return multiplier

    def get\_current\_player(self) -> Player:

        return self.players[self.state.level % 2]

    def is\_game\_finished(self) -> bool:

        return self.state.number >= END\_NUMBER

    def get\_winner(self) -> Player:

        return self.players[self.state.points % 2]

def int\_input(message: str, number\_range: range) -> int:

    print(message, end='')

    while True:

        try:

            input\_number = int(input())

            if input\_number in number\_range:

                return input\_number

            else:

                print('Nepareiz skaitlis, mēģiniet vēlreiz: ', end='')

        except ValueError:

            print('Kļūda, mēģiniet vēlreiz: ', end='')

def choose\_starting\_player() -> Player:

    while True:

        print("Izvēlieties, kurš sāks spēli:")

        print("Lietotājs vai dators")

        choice = input("Ievadiet izvēlēto spēlētāju (l vai d): ")

        if choice == "l":

            return Player.USER

        elif choice == "d":

            return Player.COMPUTER

        else:

            print("Nepareiza izvēle. Mēģiniet vēlreiz.")

def choose\_algorithm() -> Algorithm:

    while True:

        print("Izvēlieties algoritmu, kuru izmantos dators:")

        print("Minimaksa algoritms vai Alfa-beta algoritms")

        choice = input("Ievadiet izvēlēto algoritmu (m vai a): ")

        if choice == "m":

            return Algorithm.MINIMAX

        elif choice == "a":

            return Algorithm.ALPHA\_BETA

        else:

            print("Nepareiza izvēle. Mēģiniet vēlreiz.")

def choose\_starting\_number() -> int:

    return int\_input(f'Ievadiet skaitli no {MIN\_START\_NUMBER} līdz {MAX\_START\_NUMBER}: ',

                     range(MIN\_START\_NUMBER, MAX\_START\_NUMBER + 1))

class GUI(tk.Tk):

    def \_\_init\_\_(self):

        super().\_\_init\_\_()

        self.title("Spēle")

        self.geometry("500x250")

        self.game\_frame = tk.Frame(self)

        self.game\_frame.pack()

        self.game\_label = tk.Label(self.game\_frame, text="27. komanda")

        self.game\_label.pack()

        self.number\_label = tk.Label(self.game\_frame, text="Skaitlis: ")

        self.number\_label.pack()

        self.points\_label = tk.Label(self.game\_frame, text="Punkti: ")

        self.points\_label.pack()

        self.bank\_label = tk.Label(self.game\_frame, text="Banka: ")

        self.bank\_label.pack()

        self.start\_game()

    def start\_game(self):

        self.start\_frame = tk.Frame(self)

        self.start\_frame.pack()

        self.player\_label = tk.Label(self.start\_frame, text="Izvēlieties, kurš sāks spēli:")

        self.player\_label.grid(row=0, column=0)

        self.player\_var = tk.StringVar(self.start\_frame, value="user")

        self.player\_radio\_user = tk.Radiobutton(self.start\_frame, text="Lietotājs", variable=self.player\_var, value="user")

        self.player\_radio\_user.grid(row=0, column=1)

        self.player\_radio\_computer = tk.Radiobutton(self.start\_frame, text="Dators", variable=self.player\_var, value="computer")

        self.player\_radio\_computer.grid(row=0, column=2)

        self.algorithm\_label = tk.Label(self.start\_frame, text="Izvēlieties algoritmu, kuru izmantos dators")

        self.algorithm\_label.grid(row=1, column=0)

        self.algorithm\_var = tk.StringVar(self.start\_frame, value="minimax")

        self.algorithm\_radio\_minimax = tk.Radiobutton(self.start\_frame, text="Minimax", variable=self.algorithm\_var, value="minimax")

        self.algorithm\_radio\_minimax.grid(row=1, column=1)

        self.algorithm\_radio\_alpha\_beta = tk.Radiobutton(self.start\_frame, text="Alpha-Beta", variable=self.algorithm\_var, value="alpha\_beta")

        self.algorithm\_radio\_alpha\_beta.grid(row=1, column=2)

        self.start\_num\_label = tk.Label(self.start\_frame, text="Ievadiet skaitli (no 20 līdz 30):")

        self.start\_num\_label.grid(row=2, column=0)

        self.start\_num\_entry = tk.Entry(self.start\_frame)

        self.start\_num\_entry.grid(row=2, column=1)

        self.start\_button = tk.Button(self.start\_frame, text="Sākt spēli", command=self.initialize\_game)

        self.start\_button.grid(row=3, columnspan=3)

    def initialize\_game(self):

        if int(self.start\_num\_entry.get()) not in range(MIN\_START\_NUMBER, MAX\_START\_NUMBER + 1):

            messagebox.showinfo("Kļūda", "Nepareizs skaitlis")

            return

        starting\_player = Player.USER if self.player\_var.get() == "user" else Player.COMPUTER

        algorithm\_choice = Algorithm.MINIMAX if self.algorithm\_var.get() == "minimax" else Algorithm.ALPHA\_BETA

        starting\_number = int(self.start\_num\_entry.get())

        self.game = Game(starting\_player, algorithm\_choice, starting\_number)

        self.current\_player = starting\_player

        self.start\_frame.pack\_forget()

        self.game\_frame.pack()

        self.show\_turn\_widgets()

    def show\_turn\_widgets(self):

        self.number\_label.config(text=f"Skaitlis: {self.game.state.number}")

        if self.current\_player == Player.USER:

            if not hasattr(self, 'turn\_label'):

                self.turn\_label = tk.Label(self.game\_frame, text="Ievadiet reizinātāju (no 3 līdz 5):")

                self.turn\_label.pack()

            if not hasattr(self, 'turn\_entry'):

                self.turn\_entry = tk.Entry(self.game\_frame)

                self.turn\_entry.pack()

            if not hasattr(self, 'turn\_button'):

                self.turn\_button = tk.Button(self.game\_frame, text="Ok", command=self.user\_move)

                self.turn\_button.pack()

        else:

            self.computer\_turn()

    def user\_move(self):

        if int(self.turn\_entry.get()) not in range(MIN\_MULTIPLIER, MAX\_MULTIPLIER + 1):

            messagebox.showinfo("Kļūda", "Nepareizs skaitlis")

            return

        multiplier = int(self.turn\_entry.get())

        self.game.user\_move(multiplier)

        self.update\_game\_info()

        self.play\_turn()

    def play\_turn(self):

        if not self.game.is\_game\_finished():

            if self.current\_player == Player.USER:

                self.current\_player = Player.COMPUTER

            else:

                self.current\_player = Player.USER

            self.show\_turn\_widgets()

        else:

            self.end\_game()

    def computer\_turn(self):

        multiplier = self.game.computer\_move()

        messagebox.showinfo("Datora gājiens", f"Dators izvēlējās reizinātāju: {multiplier}")

        self.update\_game\_info()

        self.play\_turn()

    def update\_game\_info(self):

        self.number\_label.config(text=f"Skaitlis: {self.game.state.number}")

        self.points\_label.config(text=f"Punkti: {self.game.state.points}")

        self.bank\_label.config(text=f"Banka: {self.game.state.bank}")

    def end\_game(self):

        points = self.game.state.points

        points += self.game.state.bank \* (-1 if points % 2 == 0 else 1)

        winner = "lietotajs" if self.game.get\_winner() == Player.USER else "dators"

        messagebox.showinfo("Spēles beigas", f"Spēle beidzās, gala punkti: {points}\nUzvar {winner}.")

        self.restart\_game()

    def restart\_game(self):

        self.game\_frame.pack\_forget()

        self.start\_game()

if GUI\_MODE:

    root = GUI()

    root.mainloop()

else:

    while True:

        game = Game(choose\_starting\_player(), choose\_algorithm(), choose\_starting\_number())

        while not game.is\_game\_finished():

            if game.get\_current\_player() == Player.USER:

                print('Lietotāja gājiens:')

                input\_multiplier = int\_input(f'Ievadiet reizinātāju no {MIN\_MULTIPLIER} līdz {MAX\_MULTIPLIER}: ',

                                             range(MIN\_MULTIPLIER, MAX\_MULTIPLIER + 1))

                game.user\_move(input\_multiplier)

            else:

                print('Datora gājiens:')

                print('Dators izvēlējās skaitli:', game.computer\_move())

            print('skailtis:', game.state.number, '| punkti:', game.state.points, '| banka:', game.state.bank)

        print('Spēle beidzās, gala punkti:', game.state.points)

        print('Uzvarēja', 'lietotājs' if game.get\_winner() == Player.USER else 'dators')

        play\_again = input("Vai vēlaties spēlēt vēlreiz? (j/n): ")

        if play\_again.lower() != "j":

            break