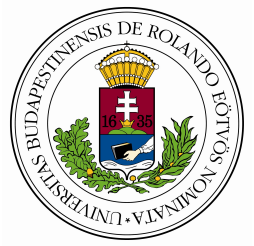


Eötvös Loránd Tudományegyetem

Informatika Kar

Programozáselméleti és Szoftvertechnológiai Tanszék

MI kliens 2 dimenziós ügyességi játékhoz

Témavezetők:

Bordás Henrik
Szoftverfejlesztő
CAE-Engineering kft.

Szerző:

Vecsernyés Márk
nappali tagozat
programtervező informatikus szak

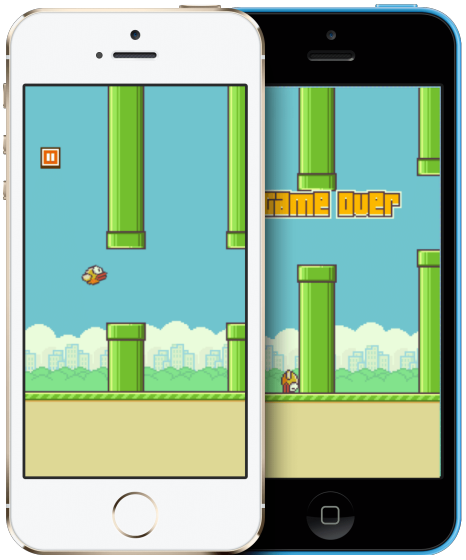
Budapest, 2019

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS

A világ legnagyobb videómegosztóján számos példa van arra, amikor a gép megtanul játszani egy játékkal anélkül, hogy ismerné annak szabályait. Komplexebb többszemélyes kompetitív játékokban a mesterséges intelligencia képes legyőzni a világ legjobb játékosait[1] is. Mindig is érdekelt, hogy ez hogyan lehetséges, ezért szakdolgozatom témájául a gépi tanulást választottam egy ismert játékon evolúciós algoritmussal.

A tanítást a Flappy Bird[2] (*1. ábra*[3]) átiratán végeztem. Az eredeti 2013. Május 24-én jelent meg okostelefonos platformra. *Dong Nguyen* fejlesztette a *dotGears* cégnél, 2014 elején napi 50.000 dollárt hozott reklámbevételekből. Két dimenziós, retro játékokra hasonlít, az irányítandó karakter egy sárga madár, aki folyamatosan halad előre balról jobbra, közben a magassága a gravitáció hatására csökken. Egyetlen parancsot lehet neki adni, ez az ugrás, így kell minél messzebb manővereznie az akadályok (oszlopok) között. 2014. Február 10-én *Nguyen* személyes okokra hivatkozva törölte a játékot. Ezután az egyik legtöbbször másolt játék lett az *Apple Storeban*, megközelítőleg napi 60 másolatot töltöttek fel, de PC-re is számos átirat megjelent.



1. ábra

Dolgozatom célja egy létező algoritmus implementálása egy olyan grafikus környezetben, amiben a felhasználó láthatja a működését a gyakorlatban.

Ezúton szeretnék köszönetet mondani a *családomnak* tanulmányaim támogatásáért, illetve *Bordás Henriknek*, aki konzulenskénk tudásával és tanáncsaival segített felépíteni dolgozatom.¶

2. BEVEZETÉS AZ EVOLÚCIÓS ALGORITMUSBA

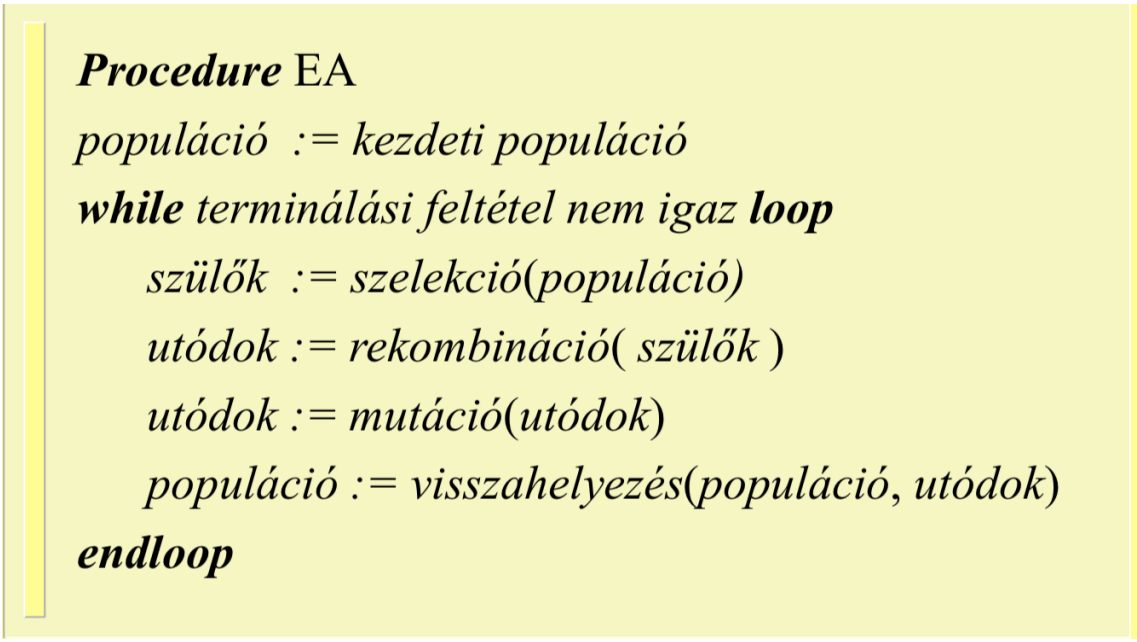
A feladat *célja* egy működő program létrehozása. Jelen esetben az elméleti háttér minimális ismerete nélkül nem értelmezhető kellő mélységben a program által megoldott feladat, ezért szerentném röviden, a teljesség igénye nélkül ismertetni az evolúciós algoritmust működését a programomban. Az evolcúciós algoritmus egy *heurisztikákat* nem használó egy speciális *keresőrendszer. H*eurisztikus, vagy informált keresőrendszernek nevezzük azokat, amely a probléma definícióján túlmenően problémaspecifikus tudást is felhasznál – hogyan képes hatékonyabban megtalálni a megoldást[4]. A *keresőrendszer*[5] egy algoritmus (*2. ábra*), ami a problématérben keresi egy helyes választ. Általános alakja a következő:

```
Procedure KR
1.  ADAT := kezdeti érték
2.  while ¬ terminálási feltétel(ADAT) loop
3.      SELECT SZ FROM alkalmazható szabályok
4.      ADAT := SZ(ADAT)
5.  endloop
end
```

2. ábra

A mesterséges intelligenciában használt keresőrendszerekek ennek az algoritmusnak speciális esetei, ilyen például az evolúciós algoritmus is.

A evolúció alapalgoritmusa[6] (3. *ábra*) a következő:



3. ábra

Egy adott pillanatban a problématérnek sosem egy egyedét (lehetséges válaszát), hanem egy halmazát tároljuk. Ezt nevezzük *populációnak*. A populációt egyedeit valamivel kódolnunk kell, erre *neurális hálót* fogok használni (ami mátrixokkal van reprezentálva, de jelen dolgozatnak nem célja a neurális háló bemutatása).

Arra törekszünk, hogy az egyedek minél jobbak legynek, ennek megítélésére rátermettségi függvényt (későbbiekben fitnessz) fogunk használni. Egy madár fitnessz értéke annál magasabb, minél messzebb jut a pályán (minden időpillanatban egyet nő). Minden pálya véletlenszerűen van generálva, sosem egy adott pályára tanulnak rá az egyedek. A tanulás mindig a generáció végén történik.

Legfontosabb fogalmak rövid áttekintése:

- *Egyed:* problématér egy lehetséges válasza.

- *Kódolás*: egyed reprezentációja.
- *Populáció*: problématér egy halmaza, az egyedeket tartalmazza.
- *Fitnessz*: az egyed rátermettségi függvénye.
- *Generáció*: az algoritmus egy ciklusa.
- *Evolúciós operátorok:* Szelekció, rekombináció, mutáció, visszahelyezés.
- *Terminálasi feltétel:* az a feltélel, amikor az algoritmus véget ér (a fitnessz eléri a megadott küszöbértéket).

Az algoritmus futása vázlatosan a programomban:

1. Az algoritmus elején a populáció méretével megegyező számú egyedet (madarat) hozunk létre, tetszőleges neurális hálóval. Ez az első generáció inicializálasa.
2. Elkezdunk egy játékot, amiben a madarak a neurális hálójuk alapján ugrálnak az oszlopok között (itt még természetesen nem tanulnak). A neurális hálónak 3 input paramétere van: madár magassága (*y koordinátája*), az következő oszloppár *x koordinátája*, illetve a következő oszlopok közül a felső tetejének *y koordinátája.* Minden időpillanatban minden madár lefuttatja a neurális hálóját a jelenlegi poziciójához tartozó paraméterekre, majd ez alapján kétféle döntés hozhat: ugrik vagy nem ugrik. Ha az egyik madár fitnessz értéke elér egy küszöbindexet, akkor az algoritmus terminál. Amennyiben nem éri el egyik sem, és minden madár meghal, a 3. pontra lépünk.
3. Az első evolúciós operátorunk a szelekció. Itt kiválasztunk néhány (feltehetőleg rátermett) egyedet szülőnek. A cél, hogy a kevésbé rátermett egyedek is esélyt kapjanak (persze kisebb valószínűséggel). Erre több módszer létezik, én a *versengéses* módszert választottam, ahol tetszőleges

csoportok (itt párok) legjobbikát választom ki, pontosan $\left\lfloor \frac{s}{100} * p \right\rfloor$ darabot, ahol $s \epsilon \{50,51,..,100\}$ szelekciós együttható, illetve $p \epsilon \{20,25,..,100\}$ a populáció mérete.

4. A második evolúciós operátor a rekombináció. Feladata, hogy a szülőkből olyan utódokat készítsünk, amik a szülők tulajdonságait öröklik. Erre a következő módszert használok: egyszerű jelcsoportokat cserélek két véletlenszerűen választott szülőben. A szülők neurális hálóval vannak kódolva, ami 2 mátrixból, és 2 vektorból áll (lásd bővebben Fejlesztői dokumentáció megfelelő fejezetében). A mátrixokat ugyanabban a tetszőleges pontban kettévágom és összeolvasztom, a vektoroknál a kettő közül az egyiket választom ki, és azt adom az utódnak. Pontosan $\left\lfloor \frac{c}{100} * p \right\rfloor$ (alsó egészrész) darab utód jön létre, ahol ahol $c \epsilon \{40,45,..,90\}$ rekombinációs együttható, illetve $p \epsilon \{20,25,..,100\}$ a populáció mérete.

5. A harmadik evolúciós operátor a mutáció. Feladata egy utód kisméretű változtatása. Meghatározásához 2 együtthatót kell definiálnunk, $M \epsilon \{5,10,..,30\}$ és $m \epsilon \{5,10,..,30\}$. $\left\lfloor \frac{M}{100} * p \right\rfloor$ számú utódot választunk ki, mindegyiknek $\left\lfloor \frac{m}{100} * p \right\rfloor$ darab komponense megváltozik (a neurális háló minden eleme $(-1,1)$ intervallumba esik, így ezen az inntervallumon belül változhat a kiválasztott elem).

6. A negyedik evolúciós operátor a visszahelyezés. Feladata a populáció utódokkal való frissítése. Kiválsztja a lecserélendő egyedeket, majd azok helyére az újakat teszi. A populáció mérete legyen $p \epsilon \{20,25,..,100\}$ és a törlési együttható $d \epsilon \{1,2,..,10\}$. Az utolsó (legrosszabb fitnessz értékkel

rendelkező) $\left\lfloor \frac{d}{100} * p \right\rfloor$ darab egyed helyett újat generálunk, majd a sorban következő (növekvő sorrendben) egyedeket lecseréljük az összes utódra. A maradék (legjobb fitnessz értékű) egyed marad. A generáció számát növeljük eggyel, majd 2. pontra lép az algoritmus.

Megjegyzés: az együtthatók intervallumait tapasztalati úton hoztam létre

Az evolúciós algoritmus egy nem-módosítható stratégia, a populácion végzett változtatások visszavonhatatlanok. Nem determinisztikus, a populáció módosítása mindig ugyanazzal a stratégiával, de véletlenszerű választásokkal történik. Ugyanarra a kezdőpopulációra más eredményeket ad általában. A program kipróbálásakor ezért tapasztalhatunk eltérő tanulási időket, például valamikor egy 3. generációs egyed eléri a megadott küszöbértéket, valamikor pedig a 200. generációra sem képes egyetlen egyed sem eljutni a 3. oszlopig.¶

3. FELHASZNÁLÓI DOKUMENTÁCIÓ

A következőkben ismertetjük *a program által megoldott feladatot*, *célközönségét*, majd a felhasználó szempontjait szem előtt tartva áttekintjük az *első üzembehelyezést*, végül részletesen bemutatjuk a *program használtát*, paraméterezését és a program által generált eredményeket, és értelmezését. Jelen fejezet az olvasási szokások miatt (az egyes részeknek önmagukban is teljeseknek kell lennie) redundáns információkat tartalmazhat.

3.1. A program által megoldott feladat

A program a gépi tanulás egy módszerének, az *evolúciós algoritmusnak a* futását, nem pedig magát az algoritmust akarja részletesen megmutatni a felhasználónak. A szoftver korlátozottan, de paraméterezhető.

Bármilyen módszer működése egy adott probléma megoldására akkor szemléltethető a legjobban, ha a modell kellően bonyolult, viszont közérthető. A bonyolultságra azért van szükség, mert az esetleges egyszerűsítések következtében ha túl sok tulajdonságot elhagyunk, akkor a módszer hátrányait nem minden esetben láthatjuk. Közérthetőség nélkül pedig a probléma sokak számára értelmezhetetlenné válik. A bevezetőben ismertetett modellt fogom úgy átalakítani, hogy a gép képes legyen hozzáferni a megfelelő interfészekhez ("lássa, amit a felhasználó láthat", illetve "parancsot tudjon neki adni, hogy a felhasználó", de semmi többet).

A *kiindulási modell* a játék egy változata melynek forráskódja[7] ingyenesen letölthető az internetről. Itt a felhasználó manuálisan, egy gomb lenyomásával tudja irányítani a karaktert. Ezt az input interfészt le kell cserélnünk, hogy a számítógép irányítsa madarat, illetve a populációnak méretének megfelelő számú madarat kell elhelyezni a játékban. A minden madarat eltérő mesterséges neurális hálóval kell kódolni, futása végén (egy futás játék indításától a madár haláláig tart) pedig fitnessz értékét feljegyezni. Az algoritmus a ezen értékekek

ismeretében tudja elvégezni a kiértékelést. *A program által megoldott feladat a feljebb ismertetett modellen történő optimális egyed keresés evolúciós algoritmussal.*

3.2. Célközönség

A program célközönsége azok az emberek, akik már megismerkedtek az evolúciós algoritmussal, és szeretnék látni működés közben. A módszer előnyei, illetve hátrányai közül számos előjön futtatások során. Például egy alkalmazási terület amikor a tanár elmagyarázza az algoritmust, majd elindítja ezt a programot, és a diákok láthatják működés közben.

3.3. Minimális rendszerkövetelemények

A program jelenleg csak asztali számítógépen futtatható, operációs rendszertől függetlenül, amennyiben a szükséges programcsomagok telepítve vannak. Két fő komponense van: *backend* (szerverszolgáltatás) illetve a *frontend* (kliens rész).

3.3.1. Backend komponenseinek minimális rendszerkövetelményei

Név	Verzió	Feladat	Telepítés
Python	3.7.0	Interpretálás	Binárisból
Pip3	18.0	Python3 csomagok telepítése	Binárisból
PostgreSQL	10.5	Adatbázis-szolgáltatás	Binárisból
Flask	1.0.2	HTML szerver	Pip3-mal
Psycopg2	2.7.5	Adatbázis utasítások kezelése	Pip3-mal
Numpy	1.15.2	Mátrixok kezelése	Pip3-mal
Torch	0.4.1	Neurális háló kezelése	Pip3-mal

3.3.2. Frontend minimális rendszerkövetelményei

Elég egy böngésző következők közül tetszőlegesen a teljesség igénye nélkül (html, javascript, illetve ajax támogatás szükséges):

Név	Verzió
Google Chrome	70.0
Mozilla Firefox	63.0
Opera	53
Safari	12.0

3.3.3. Hardveres minimális rendszerkövetelmények

Amennyiben a 3.3.1-es, és 3.3.2-es pontban leírt komponensek futnak az adott személyi számítógépen, akkor a program is futni fog. Pontos minimális hardveres követelmények a csomagok hivatalos honlapjain elérhetőek.

3.4. Első üzembehelyezés

Ha a minimális szoftveres és hardveres követelmények a rendelkezésünkre állnak, akkor a forráskód birtokában el fogjuk tudni indítani az alkalmazást, külön telepítést nem igényel, mert interpretert használ. Indítás előtt győződjünk meg a következőkről:

- Python3 interpretert el tudjuk indítani konzolos felületről
- PostgreSQL szolgáltatás fut, illetve rendelkezik '*postgres*' role-lal

Első lépésben a backend szolgáltatást fogjuk elindítani: nyissunk meg egy konzolt, navigáljunk a forráskód gyökérkönyvtárába, majd a "`python3 app.py`"

parancsot kiadva a program backend része elindul. Ekkor az alkalmazás a standard outputra kiír pár log üzenetet (*4. ábra*).

```
markvecsernyes@szonor fbai (master) $ python3 app.py
Connecting to the PostgreSQL database...
 * Serving Flask app "app" (lazy loading)
 * Environment: production
   WARNING: Do not use the development server in a production environment.
   Use a production WSGI server instead.
 * Debug mode: on
Connecting to the PostgreSQL database...
```

4. ábra

Ha sikerült csatlakoznia az adatbázishoz, és az üzenetek között nincs hiba, akkor a backend szolgáltatás fut, több teendőnk ezzel nincs (nem szükséges a továbbiakban leállítani, illetve újraindítni ezt).

3.5. A program futtatása

A böngészőbe http://127.0.0.1:5000/ címet beírva az URL sávba, megkapjuk a program grafikus felhasználói felületét, amit GUI-nak (graphical user interface) nevezünk. Összesen 3 különböző oldal található meg a programban (Kezdőoldal (3.5.1), egyjátékos modul (3.5.2), mesterséges intelligenciát használó modul (3.5.3)), ezeket a következőkben ismertetem.

3.5.1. Kezdőoldal

Leírás: egy üdvözlőképernyő, ahonnan a felhasználó a többi oldalra tud navigálni.

Elérés: A 3.5-ös pontban ismertetett URL a program kezdőlapjára navigálja a felhasználót (*5. ábra*).

5. Ábra

Felület: A GUI két jól elkülíthető részre van osztva:

- Gombokra, ahol a "`Single player mode`" az egyjátékos modulhoz (3.5.2), illetve "`AI player mode`" ami a mesterséges intelligenciát használó modulhoz (3.5.3) vezet.

- Rajzvászonra 576 pixel * 512 pixel-es mérettel, melynek világoskék a színe. Nyelve angol, a felirat jelentése pedig: "Üdvözöljük! Kérem válassza ki a játék módját felül, jó szórakozást!"

Használat: A gombok valamelyikére kell kattintani, hogy el tudjuk kezdeni a játékot valamelyik verzióban.

3.5.2. Egyszemélyes modul

Leírás: a modul célja, hogy a felhasználó kipróbálhassa a probléma nehézségét, nevezetesen, hogy a megfelelő időpillanatokba parancsot adva (egy gombot lenyomva) milyen messze tud jutni a madárral.

Elérés: Erre az oldalra (6. *ábra*) a *kezdőoldalról* (3.5.1), illetve a *mesterséges intelligenciát használó modulból* navigálhatunk (3.5.3).

6. ábra

Felület: A GUI két jól elkülíthető részre van osztva:

- Gombokra, ahol a "<Home" a kezdőoldalra (3.5.1), illetve "AI player mode" ami a mesterséges intelligenciát használó (3.5.3) verzióhoz vezet.
- Rajzvászonra 576 pixel * 512 pixel-es mérettel, melynek világoskék a színe. Középen egy vonallal van elválasztva bal oldalán a játék fut (automatikusan indul), jobb oldalon pedig az aktuális pontszám látható, minden időpillanatban frissítve. A madár meghal, ha oszloppal ütközik, ekkor a pontszám 0-ra csökken, a játék pedig újraindul. A szöveg fordítása: "Egyjátékos mód! Nyomja le bármelyik gombot, hogy a madarat vezérelje. A cél elkerülni az oszlopokat."

Használat: A modul használatához bármelyik gombot lenyomhatjuk a billentyűzeten, ekkor ugrik a madár. Az oldalt elhagyni valamelyik fent említett gombra kattintva lehet.

3.5.3.Mesterséges intelligenciát használó modul

Leírás: a modul célja, mesterséges intelligenciát (evolúciós algoritmust) használva a számítógép megpróbálja megtanulni a 3.5.2-ben futtatható játékot minél jobban játszani.

Elérés: Erre az oldalra a *kezdőoldalról* (3.5.1), illetve az *egyszemélyes modulból* navigálhatunk (3.5.3).

Felület: A GUI három jól elkülöníthető részre van osztva:

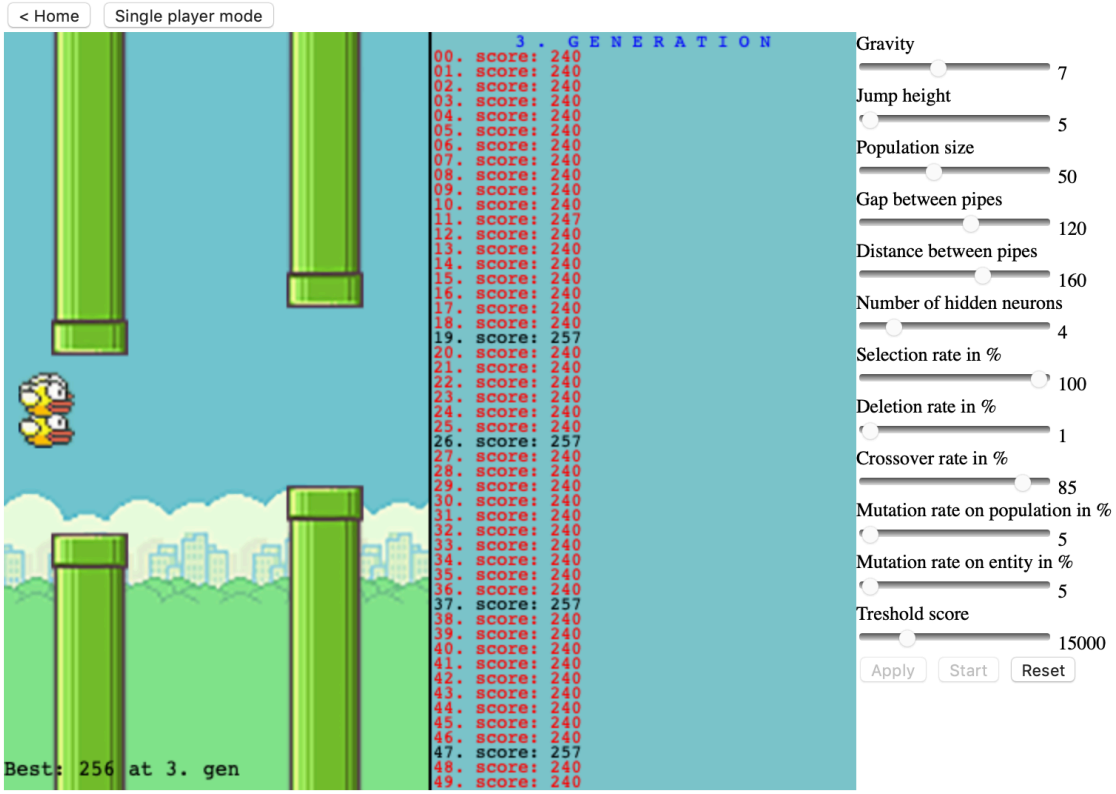
- Gombokra, ahol a "<Home" a kezdőoldalra (3.5.1), illetve "Single player mode" ami az egyszemélyes verzióhoz (3.5.2) vezet.
- Rajzvászonra 576 pixel * 512 pixel-es mérettel, melynek világoskék a színe. Két állapota van:

- Indítás előtt (7. *ábra*): Utasítások vannak kiírva középre. A szöveg fordítása: "Mesterséges intelligenciát használó mód! 1. Állítsa be a futási paramétereket, 2. kattintson az Apply-ra, 3. kattintson a Start-ra."

7. ábra

- Indítás után (8. *ábra*): egy vonallal van a rajzvászon kettéosztva. B*al oldalt* a játék fut, minden időpillanatban frissítve. A populáció méretével megegyező számú madár van kirajzolva, folyamatosan haladnak balról jobbra, a magasságuk a gravitáció hatására csökken. Az ugrási parancsok mesterséges intelligenciával vannak vezérelve. Ha egy madár oszloppal ütközik, akkor meghal, és eltűnik a képernyőről. *Jobb oldalt f*elül az aktuális generáció száma, alatta az egyes madarak fitnessz értékei láthatóak sorszámozva feketével. A madár halálával a fitnessz értékét tartalmazó szöveg színe *piros* lesz. Ha minden madár

meghal, akkor lefut a tanító algoritmus, majd a generáció száma eggyel nő, és a játék újraindul, de a madarak már máshogy fognak ugrálni.



8. ábra

- Input paraméterek, és a játék indítása. A bemeneti paramétereket csúszkával lehet állítani, majd a gombok segítségével lehet véglegesíteni, majd indítani a játékot. Alaphelyzetben a *csúszkák*, és az *Apply*, illetve a *Reset* gomb aktív, a *Start* pedig inakvív. A felület ezen része részletesen a következő elemeket tartalmazza:

  - Gravity (csúszka): a gravitáció értéke, megadható vele, hogy milyen gyorsan csökkenjen a madár magassága. Állítható: 5-10 között, 1-es lépéseközzel.

- Jump height (csúszka): ugrás magassága, megadható vele, hogy egy ugrással mennyit nőjön a madár magassága. Állítható: 5-10 között, 1-es lépésekkel.

- Population size (csúszka): populáció mérete, azt állítja, hogy hány madár (egyed) legyen a populációban. Ezek az egyedeket vezérli a neurális háló, illetve rajtuk fut a tanítási algoritmus. llítható: 20-100 között, 5-ös lépésekkel.

- Gap between pipes (csúszka): egy oszloppár közti függőleges távolság. Állítható: 90-140 között, 5-ös lépésekkel.

- Distance between pipes (csúszka): két egymást követő oszloppár közti vízszintes távolság. Állítható: 120-180 között, 10-es lépésekkel.

- Number of hidden neurons (csúszka): a neurális háló rejtett neuronjainak száma. Állítható: 3-10 között, 1-es lépésekkel.

- Selection rate in % (csúszka): szelekciós ráta, az evolúciós algoritmus pontosan $\left\lfloor \frac{s}{100} * p \right\rfloor$ darab pár közül választja ki a legjobbat szülőnek (s a szelekciós ráta, p a populáció mérete). Állítható 50-100 között 5-ös lépésekkel.

- Deletion rate in % (csúszka): törlési ráta, az evolúciós algoritmus pontosan $\left\lfloor \frac{d}{100} * p \right\rfloor$ darab egyed helyett teljesen újat hoz létre (d a törlési ráta, p a populáció mérete). Állítható 1-10 között 1-es lépésekkel.

- Crossover rate in % (csúszka): rekombinációs ráta, az evolúciós algoritmus a kiválasztott szülők közül pontosan $\left\lfloor \frac{c}{100} * p \right\rfloor$ darab egyedpár kódjait keresztezi. Állítható 40-90 között 5-ös lépésekkel.

- Mutation rate on population % (csúszka): mutációs ráta a populáción, az evolúciós algoritmus pontosan $\left\lfloor \frac{M}{100} * p \right\rfloor$ darab utódot választ ki, ezek fognak mutálódni. Állítható 5-30 között 5-ös lépésekkel.

- Mutation rate on entity % (csúszka): mutációs ráta az egyeden, az evolúciós algoritmus a mutációra kiválasztott egyedek pontosan $\left\lfloor \frac{m}{100} * p \right\rfloor$ darab kódját lecseréli egy véletlenszerű értékre a $(0,1)$ intervallumban. Állítható 5-30 között 5-ös lépésekkel.

- Threshold score (csúszka): a terminálási feltétel pontszáma, azt állítja, hogy az evolúciós algoritmus mekkora fitnessz értéknél álljon le. Állítható 5000-50000 között 5000-es lépésekkel.

- Apply (gomb): nyugtázás, az input paraméterek véglegesítése. Start gomb előfeltétele.

- Start (gomb): játék indítása, a gomb az Apply gomb megnyomása után válik elérhetővé.

- Reset (gomb): az oldal újratöltése, minden beállítás elveszik, és alapértelmezettre áll vissza.

Használat: A modul használatához először tetszőlegesen módosítsuk az input paramétereket a csúszkával (hagyhatjuk az alapértelemzett beállításokon is). Majd az Apply gombbal véglegesítsük (ekkor az Apply, illetve az input paraméterek inakvívvá válnak, a start gomb pedig aktívvá), majd a Start gomb

megnyomásával elindíthatjuk a játék futását, Innentől semmilyen felhasználói input nem szükséges. A Reset gombbal bármikor újratölthetjuk a lapot, ekkor minden eddigi beálliás elveszik. Az oldalt elhagyni valamelyik felső gombra kattintva lehet.

3.6. Hálózati kommunikációt használó műveletek

Hálózati kommunikációt csak az oldalak betöltése és a mesterséges intelligenciát használó modul (3.5.3) végez. A program jelenleg csak *localhoston* (a számítógép saját magára mutató neve[8]) az *5000*-es portot haszálva fut. A kliens a következő műveletekkel létesíthet kapcsolatot a szerverrel:

- *Oldalak betöltése*: a GIU-n felül található gombokra kattintva
- Mesterséges intelligencia modulban:
  - *Apply* gomb megnyomása
  - *Start* gomb megnyomása
  - *Reset* gomb megnyomása
  - *Automatikusan* minden generáció előtt és után
  - *Automatikus* minden időpillanatban a madarak pozícióival

3.7. Adatbázist hasznaló műveletek

Adatbázist csak a mesterséges intelligenciát hasznaló modul (3.5.3) használ a következő műveletekkel.

- *Apply* gomb megnyomása
- *Start* gomb megnyomásával
- *Automatikusan* minden generáció előtt

- *Automatikusan* minden generáció után

3.8. Nagyobb erőforrásokat igénylő műveletek

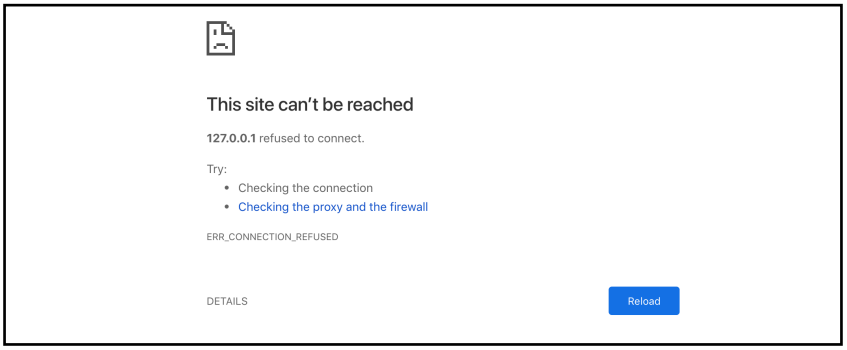
Nagyobb erőforrásokre csak a mesterséges intelligenciát használó modulnak (3.5.3) lehet szüksége. Minél magasabb értékre állítjuk a *Population size* (több neurális hálót kell lefuttatni, illetve nagyobb halmazon kell elvégezni a tanítást) vagy a *Number of hidden neurons* (nagyobb neurális hálókkal kell vezérelni a madarakat) csúszka értékét, annal több számítást kell végeznie a gépnek, ezáltal lassulhat.

Megjegyzés: *a tanítás nem feltétlenül lesz hatékonyabb, ha ezek minél magasabb értékek, de dolgozatom célja nem az optimális kiindulási paraméterek keresése.*

3.9. Hibaüzenetek, azok elhárításai

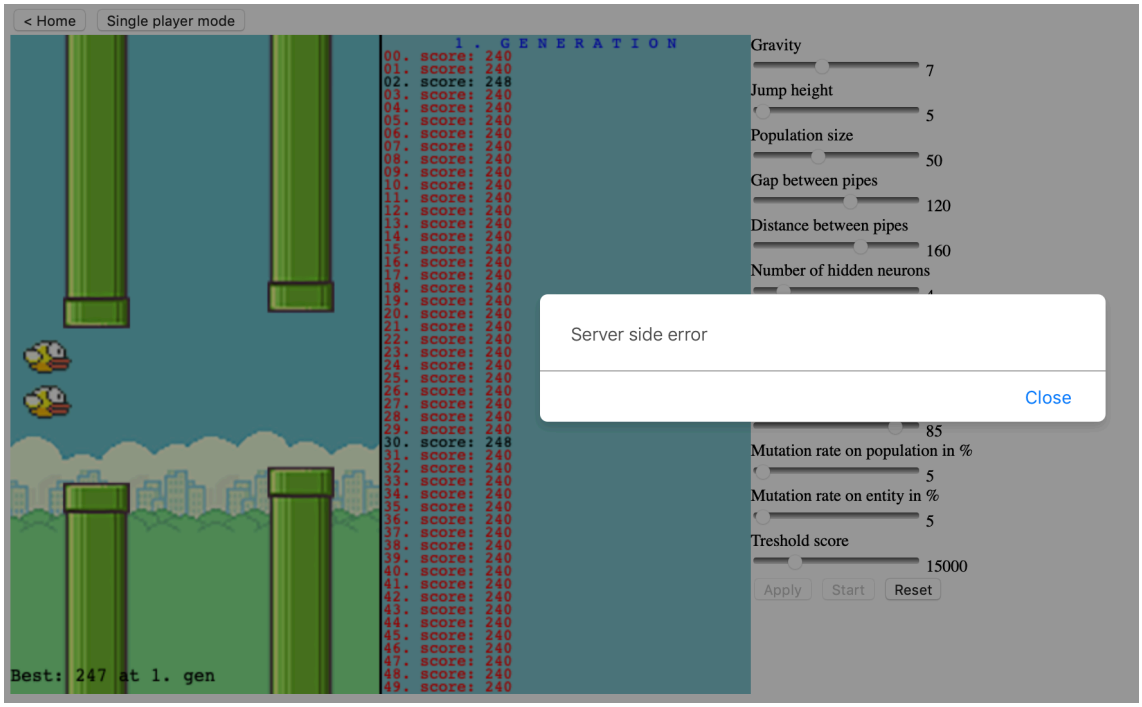
A program használata közben kétféle hibaüzenet jelenhet meg csak a kliens oldalon. Az egyik a hálózati kommunikációra, a másik pedig az adatbázisra vonatkozik.

- Kommunikációs hiba a szerverrel (3.6)
    - Sikertelen oldalbetöltés esetén beépített, a használt böngészőre jellemző hibaüzetet kapunk, hogy a szerver nem érhető el (Google Chrome-ban *9. ábra*)



9. Ábra

- További műveletek esetén pedig egy *Server side error* (szerver oldal hiba) feliratú HTML alert (figyelmeztetés) típusú felugró ablak jelzi (*10. ábra*), hogy az elküldött üzenetre nem érkezett válasz.



10. ábra

- Adatbázis kapcsolat (3.7) hibája csak az *Apply* gomb megnyomásakor jöhet elő HTML alert formában (*11. ábra*)

11. ábra

Hibaelhárítás *hálózati kommunkációs* hiba esetén: leggyakoribb hiba, hogy leáll a szerver, ezért ellenőrizzük, hogy fut-e a szerver. Amennyiben leállt, indítsuk el újra a 3.4-be ismertetettek alapján.

Hibaelhárítás *adatbázis kapcsolat* hibája esetén: indítsuk el újra az adatbázis szolgáltatást, amit különböző platformokon a következő parancsokkal tehető meg konzolos felületről:

- *Windows:* `net start posgresql`
- Linux: `systemctl start posgtesql`
- MacOS: `brew services start postgresql`

3.10. Kapcsolat a fejlesztővel

A projekt a https://github.com/fovecsernyes/fbai oldalon elérhető. Felmerülő hiba esetén új `Issue` létrehozásával lehet hibákat jelezni, illetve a fovecsernyes@gmail.com e-mail címen.¶

4. FEJLESZTŐI DOKUMENTÁCIÓ

A következőkben ismertetjük *a program megoldási tervét*, *megvalósítását*, tesztelését, illetve a továbbfejlesztési lehetőségeket fejlesztői szemléletet követve. Jelen fejezet az olvasási szokások miatt (az egyes részeknek önmagukban is teljeseknek kell lennie) redundáns információkat tartalmazhat.

Csak a mesterséges intelligencát használó (3.5.3) modulra vonatkozóan tartalmaz információt ez a fejezet.

4.1. Általános információk

A kiindulási projekt a https://github.com/CodeExplainedRepo/FlappyBird-JavaScript címen található nyílt forráskódú kódbázisból lett forkolva (a szoftverfejlesztési projekt elágaztatása során a fejlesztők veszik a szoftvercsomag forráskódját és megkezdik annak az eredeti fejlesztéstől független továbbfejlesztését, egy új szoftverterméket hozva létre[9]) a fejlesztő engedélyével. Az egyszemélyes modul (3.5.2) lényegében megegyezik ezzel a kóddal. A mesterséges intelligenciát használó modul csak a képeket, illetve játék általános logikáját tartotta meg (például milyen feltételek bekövetkeztekor haljon meg a haljon meg a madár).

A projekt elérhető a https://github.com/fovecsernyes/fbai címen, ahol a fejlesztés egész folyamata nyomonkövethető.

4.2. Megoldási terv

A következőben a megoldás részletes tervét (program futásának algoritmusát, rendszer architektúrájának leírását, fájlszerkezetet, adatbázis felépítését, komponensek leírásait és metódusait illetve a felhasználói felület tervét) ismertetem.

4.2.1. A program futásának terve

A modul működési tervét a rendszer architekturájától eltekintve általánosan, a teljesség igénye nélkül ismertetem stuktogrammokkal, majd a követező fejezetekben részletezem ezek működését.

Program működési terve

adatbázis := AdatbázisInicializálás( )	
futási_paraméterek := FelhasználóBemenet( )	
neurális_hálók := NeurálisHálókatGenerál(futási_paraméterek)	
AdatbázisbaÍr(adatbázis, ciklusok_tábla, játék_id)	
AdatbázisbaÍr(adatbázis, neurális_hálók_tábla, neurális_hálók)	
	Ciklus amíg IGAZ
	neurális_hálók := AdatbázisbólBetölt(adatbázis, neurális_hálók_tábla, neurális_hálók)
	fitnessz := JátékotFuttat(neurási_hálók, futási paraméterek)
	AdatbázisbaÍr(adatbázis, fitnessz_tábla fitnessz)
	neurális_hálók := EvolúciósAlgoritmus(adatbázis, futási_paraméterek)
	AdatbázisbaÍr(neurális_hálók)

Függvény AdatbázisInicializálás( )

adatbázis := CsatlakozásAzAdatbázishoz( )	
\ Léteznek-e a táblák az adatbázisban /	
-	Táblák létrehozása
Return adatbázis	

Függvény FelhasználóiBemenet( )

Be: gravitáció, ugrás, populáció, nyílás, távolság, rejtett_neuron, szelekció, törles, keresztezés, mutáció1, mutáció2, küszöb
futási_paraméterek := Tömb[gravitáció, ... küszöb]
futási_paraméterek[gravitáció] := gravitáció
futási_paraméterek[ugrás] := ugrás
futási_paraméterek[populáció] := populáció
futási_paraméterek[nyílás] := nyílás
futási_paraméterek[távolság] := távolság
futási_paraméterek[rejtett_neuron] := rejtett_neuron
futási_paraméterek[szelekció] := szelekció
futási_paraméterek[törlés] := törlés
futási_paraméterek[keresztezés] := keresztezés
futási_paraméterek[mutáció1] := mutáció1
futási_paraméterek[mutáció2] := mutáció2
futási_paraméterek[küszöb] := küszöb
Return futási_paraméterek

Függvény NeurálisHálókatGenerál(futási_paraméterek)

neurális_hálók := Tömb[1..futási_paramétrek[populáció]]	
	Ciklus i=1..futási_paraméterek[populáció]
	neurális_hálók[i] := random_neurális_háló(3, futási_paraméterek[rejtett_neuron])
Return neurális_hálók	

Procedúra Adatbázisbaír(adatbázis, táblanév, adat)

Az adatbázisban található táblanév nevű táblába beszúrja az adatot

Függvény AdatbázisbólBetölt(adatbázis, táblanév, adat)

Return az adatbázisban található táblanév nevű táblából kiolvasott adat

Függvény JátékotFutatt(neurális_hálók, futási_paraméterek)

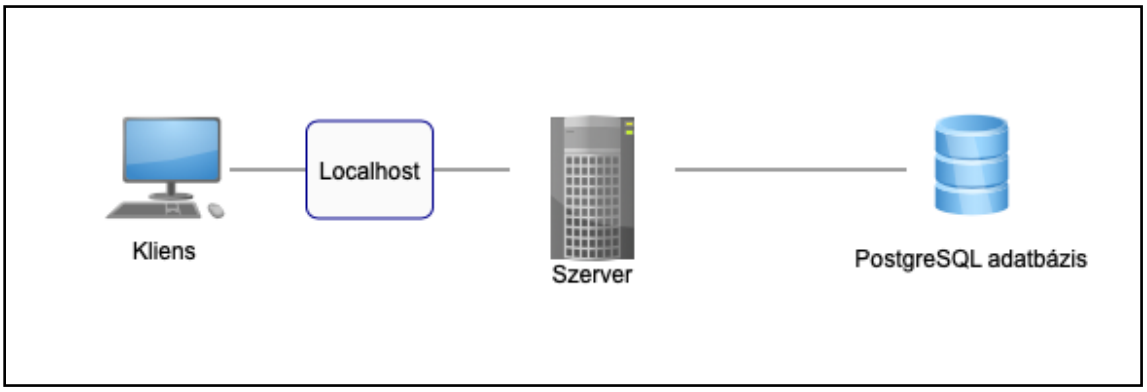
Madár := Rekord{ pozíció=(0,0), fitness=0, él=Igaz }				
Madarak = Madár[1..futási_paraméterek[populáció]]				
Ciklus amíg van élő madár				
	Ciklus 1..futási_paraméterek[populáció]			
		\ Madarak[i].él == Hamis /		
		-	Madarak[i] futtatása neurális háló alapján	
			Madarak[i].pozició== \ oszlop pozíció /	
			Madarak[i].él := Hamis	Madarak[i]. fitnessz++
			Madarak[i].fitness >= futási_paraméterek[küszöb]	
			Program terminál	-
Return Madarak.fitnessz				

Függvény EvolúciósAlgoritmus(adatbázis, futási_paraméterek)

fitnessz := AdatbázisbólBetölt(adatbázis, fitnessz_tábla, fitnessz)
neurális_halók := AdatbázisbólBetölt(adatbázis, neurális_hálók_tábla, neurális_hálók)
szülők := szelekció(fitnessz, neurális_hálók, futási_paraméterek)
utódok := keresztezés(szülők, futási_paraméterek)
utódok := mutáció(utódok, futási_paraméterek)
új_neurális_halók := visszahelyezés(utódok, fitnessz, neurális_hálók)
Return új_neurális_hálók

4.2.2.Rendszer architektúrának leírása

A rendszer architektúrája egy egyszerű kliens-szerver modell (*12. ábra*), ahol a kliens az alkalmazás frontendjéért (megjelenítés, felhasználói interakció) felel, míg a szerver a backendért (felhaszálói interakciók kezelése, kérések kiszolgálása, számítások végzése, adatbáziskezelés). A kommunikáció egy számítógépen belül (localhoston) folyik.



12. ábra

ADATBÁZIS

Alkalmazott technológiák: PostgreSQL-t használok, ami nyílt forráskódú, és ingyenesen használható.

Feladata: a hosszabb távon és több, egymástől független helyen használt adatok tárolása.

BACKEND

Alkalmazott technológiák: Python3 nyelven írt *Flask* nevű framework-öt használ, ami lényegében egy HTTP szervert valósít meg.

Feladatai:

- A klienstől érkező kérések fogadása, feldolgozása, és válasz küldése
  - Oldalak átirányítása

    - Adatbázis inicializálása, futási paraméterek tárolása
    - Játék indítása
    - Neurális hálók betöltése minden generáció elején
    - Fitnessz értékek rögzítése minden generáció végén
    - Madár neurális hálójának lefuttatása adott pozícióra
- Adatbázisműveletek
    - Adatbázishoz csatlakozás
    - Táblák létrehozása
    - Táblákba való írás
    - Táblákból olvasás
- Neurális hálók kezelése
    - Neurális hálók létrehozása
    - Lefuttatása adott input paraméterekre
- Evolúciós algoritmus

FRONTEND

Alkalmazott technológiák: HTML, illetve *JavaScript.*

Feladatai:

- HTML a statikus megjelenítésért
    - A gombok, input mezők, rajzvászon pozíciójáért felel
- JavaScript a dinamikus elemekért

- Gombok, csúszkák státuszának változtatása

- Rajzvászonra rajzolás, például a madarak megjelenítése

FRONTEND ÉS BACKEND KÖZTI KOMMUNIKÁCIÓ

A frontend és a backend localhoston kommunikál egymással GET illetve POST kérésekkel. Mindig a frontend kezdmenényezi a kommunikáció, ezt a backend fogadja, feldolgozza, majd válaszol rá.

- GET kérések:

  - Oldalak betöltése, hogy milyen címre irányítsanak át a navigáló gombik (felhasználói interakció)

- POST kérések

  - Input paraméterek küldése (felhasználói interakció)

  - Játék indítása (felhasználói interakció)

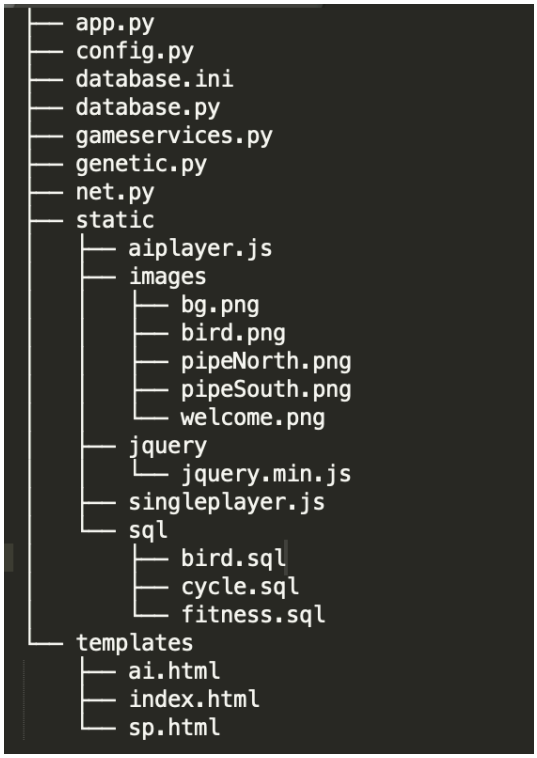
  - Generáció indítása (automatikusan)

  - Generáció befejezése (automatikusan)

  - Neurális háló kiértékelése adott input paraméterekkel (automatikusan)

4.2.3. Fájszerkezet (*13. ábra*)

A fájlok elrendezésében a Flask framework alapértelmezett mappaszerkezetét használom. A projekt *gyökérkönyvtárában* a Python3 fájlok, a *static* mappában a JavaScript fájlok, a képek, illetve az táblákat létrehozó parancsok vannak. A templates mappában pedig a HTML fájlok.



13. ábra

4.2.4.Adatbázis felépítése

A program PostgreSQL nevű adatbáziskezelő szolgáltatást használ, amihez csak a backend fér hozzá. Először a táblákat és feladatait ismertetem, majd egy ábrával megadom a táblák mezőit, és a táblák közti kapcsolatot.

CYCLE TÁBLA

A program jelenlegi állapotában nem játszik szerepet, a továbbfejlesztésnél lesz hasznos, ha bevezetjük a ciklusokat. Miutan elindul egy generáció, és meghal minden madár, akkor ne legyen rögtön tanulás és generációlépés, hanem ugyazok az egyedek fussanak más pályán többször, fitnessz értékük adódjon össze. Ezzel elkerülhető az, hogy az olyan egyedeket "kidobjuk", akik csak egy pályán teljesítenek rosszul, de a többin magas fitnessz értéket képesek elérni.

A teszteseteknél lesz fontos a *game_id* (játék azonosítója) mező, illetve a *running_parameters* (futási paraméterek), mert ezeket felhasználva különböző lekérdezések készíthetők az egyes játékokra vonatkozóan.

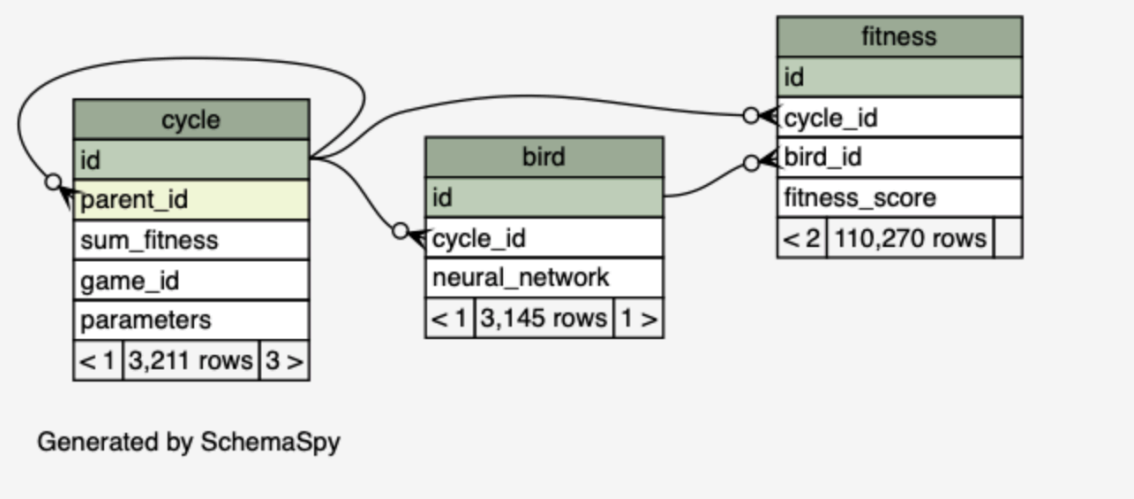
FITNESS TÁBLA

A madarakhoz tartozó fitnessz értékét tárolom benne minden generáció után. Az evolúciós algoritmus használja annak eldöntésére, hogy melyik egyed volt jobb.

BIRD TÁBLA

A madarak adatait tartalmazza: minden madárnak egyedi azonosítója van (sosem törlünk madarat, minél többet játszunk, annál nagyobb lesz a tábla mérete), itt tárolom a neurális hálókat (az evolúciós algoritmus innen olvassa ki), illetve a továbbfejlesztési lehetőségeket szem előtt tartva a ciklus azonosítója is megjelenik.

TÁBLÁK MEZŐI, AZOK KÖZTI KAPCSOLAT (14. ÁBRA)



14. ábra

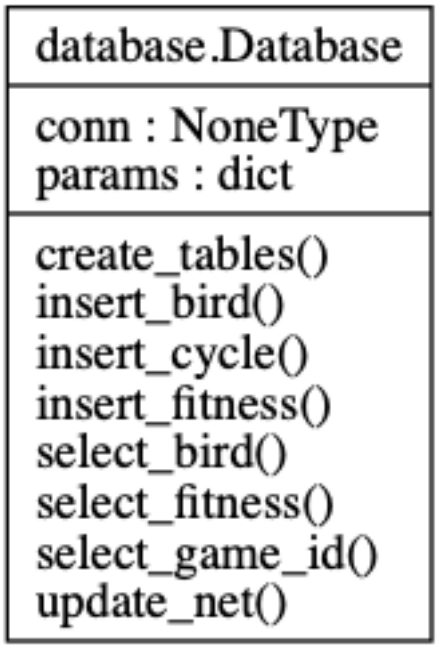
4.2.5.Komponensek leírásai

BACKEND

- `app.py`: nem tartalmaz osztályt, ezt "fő" fájl, ami kezeli a frontendről jövő kéréseket (a kérés lekezeléseinek metódusai másik fájlokban találhatóak). Ezek a kérések a következők lehetnek:

- Oldalak betöltese
- Apply gomb megnyomásának kezelése
- Start gomb megnyomásának kezelése
- Generáció előtti kérés kezelése
- Generáció utáni kérés kezelése
- Neurális hálóra vonatkozó kérés kezelése

- `config.py`: adatbázis konfiguráció olvasása fájlból
- `database.py`: az adatbáziskezelés műveleteiért felel, két adattagja van: conn (adatbázis kapcsolat) és az params (adatbázis konfiguációja). Metódusai pedig a *15. ábrán* látható sorrendben:
  - Táblák létrehozása
  - Madár beszúrása
  - Ciklus beszúrása
  - Fitnessz beszúrása
  - Madarak lekérdezése
  - Fitnessz lekérdezése
  - Játék azonosítójának lekérdezése
  - Neurális háló frissítése



15. ábra

- `gameservices.py`: az `app.py`-ban lévő kérések ennek a fájlnak a metódusait hívják meg. Nincs osztályba szervezve, a következő metódusokat tartalmazza: