

Členění do balíčků a tříd

Balíček main

Obsahuje hlavní třídu (s metodou main()) Galaxy_SP2022 a třídu Space, která reprezentuje vesmír jako celek.

Balíček objects

Obsahuje abstraktní třídu SpaceObject, od které dědí specifické vesmírné objekty. Ty jsou také v tomto balíčku zahrnuty (zatím hotová pouze třída Planet).

Balíček graphics

Obsahuje třídu DrawingPanel, na kterou je vykreslována veškerá grafika, třídu WindowInitializer, která má na starosti inicializaci okna a třídu ColorPicker, jež poskytuje barvy pro objekty.

Balíček util

Obsahuje knihovní třídy FileLoader, která slouží pro načtení obsahu souboru a třídu Vectors, jež poskytuje statické metody pro práci s vektory.

Inicializace

Hlavní třída Galaxy_SP2022

Tato třída pomocí třídy FileLoader nejdříve načte první řádku souboru (obsahuje gravitační konstantu a časový krok) a poté všechny ostatní řádky s vesmírnými objekty.

Pomocí získaných hodnot je vytvořena instance třídy Space a je předána metodě init() třídy WindowInitializer.

Třída WindowInitializer

Třída pomocí metody init() vytvoří instanci JFrame, která představuje okno, a vloží do ní instanci DrawingPanel, což je panel pro vykreslování grafiky.

Instance třídy Timer je zde využívána pro překreslení panelu (každých 17 ms – 60 snímků za sekundu). Panel má také nastavený MouseListener, kde překrytá metoda mousePressed() kontroluje, zda uživatel kliknul na některý z vykreslovaných objektů a pokud ano, zobrazí o něm informace. Pro celé okno je nastaven KeyEventDispatcher (není použit KeyListener, aby nebyl ztracen focus) – překrytá metoda dispatchKeyEvent() reaguje na stisknutí mezerníku, po kterém mění status simulace na pozastavená / aktivní.

Třída Space

Třída reprezentuje celý vesmír, obsahuje tedy důležité konstanty G_CONST (gravitační konstanta) a T_CONST (časový krok simulace – kolik sekund v simulaci odpovídá naší jedné sekundě). Také obsahuje kolekci typovanou na SpaceObject, ve které se nachází všechny vykreslované objekty.

Abstraktní Třída SpaceObject a její potomci

SpaceObject

Abstraktní třída SpaceObject definuje předpřipravený vesmírný objekt. Byla zvolena abstraktní třída, protože některé metody nebudou společné pro všechny typy objektů (např. planeta se bude vykreslovat jako jiný tvar než kometa).

Třída pro všechny vesmírné objekty společně definuje:

- název,
- typ,
- pozici X a Y,
- pozici X a Y přizpůsobenou oknu,
- celkovou rychlost, složky X a Y rychlosti,
- celkové zrychlení, složky X a Y zrychlení,
- váhu,
- poloměr,
- přizpůsobený poloměr oknu,
- barvu,
- tvar.

Statické proměnné MIN_RADIUS a MAX_RADIUS představují určité omezení poloměru tak, aby nedosahoval příliš malých rozměrů (planeta by nebyla vůbec viditelná), nebo příliš velkých rozměrů (stejně by byl poloměr pomocí škálování zmenšen). Práce s těmito hodnotami je vidět v setteru pro poloměr přizpůsobený oknu `setScaledRadius()`. Barva je přiřazena jednou v konstruktoru metodou `randomColor()` třídy `ColorPicker`.

Abstraktní metody, které lze implementovat až v konkrétním potomkovi, jsou:

- `draw()` – vykreslí objekt na jeho souřadnicích přizpůsobených oknu,
- `drawHighlight()` – vykreslí zvýraznění objektu po kliknutí na objekt uživatelem,
- `approximateHitTest()` – provede přibližný hit-test pro objekt při kliknutí uživatelem,
- `findRadius()` – vypočítá poloměr objektu podle jeho hmotnosti (hustota je jednotková).

Všechny vesmírné objekty mají společné metody:

- `computeAcceleration()` – pomocí Newtonovy pohybové rovnice vypočítá zrychlení objektu, které je ovlivněné všemi ostatními objekty,
- `checkForCollision()` – zkontroluje, zda objekt nekoliduje s některým z ostatních a pokud ano, provede kolizi a přepočítá vlastnosti nového objektu.

Planet

Tento potomek třídy `SpaceObject` je reprezentován tvarem kruhu. Obsahuje implementované abstraktní metody ze třídy `SpaceObject`:

- `draw()` – vykreslí kruh na souřadnicích planety přizpůsobených oknu,
- `drawHighlight()` – vykreslí barevný obrys kruhu reprezentujícího planetu po kliknutí na planetu uživatelem,
- `approximateHitTest()` – provede přibližný hit-test pro planetu při kliknutí uživatelem – je vytvořen nový kruh o něco větší než kruh reprezentující planetu a pro tento větší je proveden hit-test, tolerance je tím menší, čím je planeta větší,
- `findRadius()` – vypočítá poloměr planety podle její hmotnosti pomocí vzorce pro hustotu a objem koule, kdy hustota je jednotková:

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{m}{V} \\ V &= m \\ \frac{4}{3}\pi r^3 &= m \\ r &= \sqrt[3]{\frac{3m}{4\pi}}\end{aligned}$$

Grafika

Třída DrawingPanel

Tato třída představuje plátno, a tedy slouží k vykreslování objektů a informací o nich. Obsahuje metodu `paint()`, ve které se periodicky spouští hlavní metody programu. Třída definuje mnoho důležitých proměnných, které ovládají simulaci:

- `Space space` – instance celého vesmíru,
- `long startTime` – čas vytvoření instance `DrawingPanel` v nanosekundách,
- `double simulationTimeS` – čas simulace v sekundách,
- `double actualTimeS` – opravdový čas v sekundách,
- `final int UPDATE_TIME` – jak často se má aktualizovat simulace v ms – nastaveno na 17 ms, což je 60 snímků za sekundu,
- `boolean simulationActive` – simulace aktivní / pozastavená,
- `double simulationStoppedWhen` – čas zastavení simulace v sekundách,
- `double simulationResumedWhen` – čas obnovení běhu simulace v sekundách,
- `double simulationStoppedFor` – čas zastavení simulace celkem v sekundách,
- `final double UPDATE_CONST` – kolikrát se v jedné aktualizaci přepočítají hodnoty zrychlení, rychlosti, pozice a překreslí se planety,
- `List<SpaceObject> spaceObjects` – kolekce všech vesmírných objektů,
- `double GConstant` – gravitační konstanta,
- `double TStep` – časový krok simulace,
- `double x_min, x_max, y_min, y_max` – extrémy pozic objektů,
- `double world_width, world_height` – rozměry simulačního světa,
- `double scale` – číslo, kterým násobíme souřadnice, aby se objekty vešly do okna,
- `SpaceObject currentToggled` – uživatelem právě vybraná planeta,
- `boolean showingInfo` – říká, jestli jsou právě v pravém horním rohu vypisovány informace o planetě,
- `boolean collisionOn` – kolize zapnutá / vypnutá.

Přizpůsobování se velikosti okna – škálování

Škálování je realizováno v metodě `updateDrawing()`, která nejdříve spočte hodnotu `scale` podle extrémních souřadnic objektů, poté touto hodnotou vynásobí souřadnice a rozměry objektů a všechny objekty vykreslí. S tímto přístupem je zároveň souřadný systém vždy vycentrován na střed okna.

Hodnota `scale` je vypočítána v osách X i Y a jako finální `scale` je vybrána ta menší z nich. Extrémní souřadnice objektů jsou hledány pomocí pomocných metod `findXMinSpaceObject()`, `findXMaxSpaceObject()`, `findYMinSpaceObject()`, `findYMaxSpaceObject()`.

V této metodě je také vypočítán maximální rozměr vesmírného objektu jako polovina rozměru okna.

procedure `updateDrawing()`

```
world_width = abs(x_max - x_min)
world_height = abs(y_max - y_min)
```

```
scale_x = window_width / world_width
scale_y = window_height / world_height
scale = min(scale_x, scale_y)
```

```
for all objects do
    x = (object.x - x_min)*scale + window_width/2 - (world_width*scale)/2
    y = (object.y - y_min)*scale + window_width/2 - (world_height*scale)/2
    radius = object.radius*scale

    object.radius = radius
    object.x = x
    object.y = y

    draw(object)
end for
end procedure
```

Třída ColorPicker

Knihovná třída, která slouží pro uchovávání pole vhodných barev pro objekty. Barvu pro planetu získáme voláním metody randomColor(), jež vrátí náhodnou barvu z pole.

Vykreslení objektu

Realizováno ve třídě specifického objektu metodou draw(), která je definovaná v abstraktní třídě SpaceObject a implementována až ve třídě potomka. Nejdříve je vhodně nastaven atribut shape na souřadnice a rozměry objektu přizpůsobené oknu a poté je vykreslen určený tvar objektu.

Vykreslení zvýraznění objektu

Realizováno ve třídě specifického objektu metodou drawHighlight(), která je definovaná v abstraktní třídě SpaceObject a implementována až ve třídě potomka. Nejdříve je vhodně nastaven atribut shape na souřadnice a rozměry objektu přizpůsobené oknu a poté je vykreslen určený obrys objektu.

Vypsání informací o objektu

Pokud je proměnná showingInfo třídy DrawingPanel nastavena na true (mění se podle toho, jak uživatel kliká na objekty / mimo ně), zavolá se v metodě paint() metoda drawInfo(). Tato metoda zjistí, zda je uživatelem vybraný objekt opravdu stále v kolekci spaceObjects (mohl být odstraněn kolizí) a pokud ano, zavolá metodu drawHighlight() pro zvýraznění objektu. Poté uloží vybrané informace (název, pozice X a Y, rychlost, zrychlení, rozměr, váha) do proměnných a ve vhodné podobě (zaokrouhlení, zápis pomocí mocnin deseti) je zobrazí na plátno metodou drawString().

Vypsání aktuálního času

Metoda paint() při každém svém průběhu volá nejdříve metodu computeTime(), jež přepočítá čas simulace a opravdový čas. Proměnné simulationTimeS a actualTimeS se ale změní jen pokud je simulace aktivní (tedy ubíhá v ní čas). Pokud je simulace aktivní, proměnné se změní, ale čas v nich je zmenšený o proměnnou simulationStoppedFor, ve které se akumuluje čas, po který byla simulace zastavená.

Proměnná simulationStoppedFor se může zvětšit při volání metody changeSimulationStatus(), jež se volá tehdy, když uživatel zmáčkne mezerník. Tato metoda změní proměnnou simulationActive na opačnou hodnotu a pokud byla simulace znovu spuštěna, zvýší se i hodnota simulationStoppedFor (je to rozdíl času, kdy byla simulace zastavena a času, kdy byla simulace znovu spuštěna).

Po volání metody computeTime() zavolá metoda paint() metodu drawTime(). Zde jsou proměnné simulationTimeS a actualTimeS převedeny na vhodný řetězec a vykresleny metodou drawString().

Hlavní smyčka

Metoda paint()

Metoda paint() se díky Timeru ve třídě WindowInitializer volá každých 17 ms a obstarává volání metod hlavní smyčky:

- updateSystem() – aktualizace pozic, zrychlení, rychlostí a překreslení panelu – každých 17 ms (obstaráno dělením modulo),
- computeTime() – vypočítání aktuálního času,
- drawTime() – vykreslení aktuálního času,
- drawInfo() – vykreslení informací pokud je uživatelem vybrán nějaký objekt.

Metoda updateSystem()

Metoda zjistí, zda je simulace aktivní a pokud ano, přepočítá nové zrychlení, rychlosti a pozice. Nakonec zavolá metodu updateDrawing() – ta je volána i pokud simulace není aktivní. Čas t je na začátku nutné převést na sekundy a poté na čas simulace násobením proměnnou TStep (kolik našich sekund odpovídá kolika sekundám v simulaci).

```
procedure updateSystem(t)
    t = t/1000 * TStep
    if (simulationActive)
        for(i = 0; i < UPDATE_CONST; i++)
            for all objects do
                object.computeAcceleration()
            end for
            for all objects do
                object.speedX += 0.5(t/UPDATE_CONST) * object.accelerationX
                object.speedY += 0.5(t/UPDATE_CONST) * object.accelerationY

                object.x += 0.5(t/UPDATE_CONST) * object.speedX
                object.y += 0.5(t/UPDATE_CONST) * object.speedY

                object.speedX += 0.5(t/UPDATE_CONST) * object.accelerationX
                object.speedY += 0.5(t/UPDATE_CONST) * object.accelerationY
            end for
            if (collisionOn)
                for all objects do
                    object.checkForCollision()
                end for
            end for
        end for
        updateDrawing()
    end procedure
```

Metoda computeAcceleration()

Tato metoda je volána pro všechny vesmírné objekty metodou updateSystem(). Každému objektu nastaví novou hodnotu atributu accelerationX a accelerationY. Metoda má vždy k dispozici kolekci všech existujících objektů.

ObjectI zde představuje právě zkoumaný objekt. ObjectJ je vždy ten druhý objekt, přičemž je nutné projít celou kolekci objektů – tedy objectI je pořád ten samý, objectJ se mění.

```
procedure computeAcceleration()
    forceXSum = 0
    forceYSum = 0
    for all objects do
        if (objectI != objectJ)
            distanceX = objectJ.x - objectI.x
            distanceY = objectJ.y - objectI.y
            distance = sqrt(distanceX * distanceX + distanceY * distanceY)

            force = (GConst * objectI.weight * objectJ.weight) / (distance * distance)
            forceX = force * (distanceX / distance)
            forceY = force * (distanceY / distance)

            forceXSum += forceX
            forceYSum += forceY
        end for
        accelerationX = forceXSum / objectI.weight
        accelerationY = forceYSum / objectI.weight
    end procedure
```

Poznámka: Kód navíc obsahuje ošetření případu, kdy je vzdálenost mezi objekty menší než součet jejich poloměrů, k čemuž dochází, pokud je kolize vypnutá. V tomto případě je jejich vzdálenost uměle nastavena na právě tento součet, aby nedocházelo k „vystřelování“ planet kvůli dělení příliš malou hodnotou distance.

Metoda checkForCollision()

Tato metoda je volána metodou updateSystem(), jestliže je zapnutá kolize. ObjectI znovu představuje právě zkoumaný objekt, ObjectJ jsou ostatní objekty. Metoda má přístup ke kolekci všech existujících objektů.

Ke kolizi dochází, pokud je vzdálenost objektů menší nebo rovna jak součet jejich poloměrů. Poté program rozhodne, který z objektů je větší a menší podle jejich váhy – ten větší se upraví a v kolekci se ponechá, ten menší je z kolekce vymazán.

Ratio představuje poměr obou objektů, aby ten menší neměl takový vliv na rychlost a zrychlení většího objektu. Nový poloměr výsledného objektu je vypočítán metodou findRadius(), kterou implementuje každý potomek SpaceObject. Nové pozice X i Y jsou aritmetický průměr obou pozic X a Y.

```
procedure checkForCollision()
    for all objects do
        if (objectI != objectJ)
            distanceX = objectJ.x - objectI.x
            distanceY = objectJ.y - objectI.y
            distance = sqrt(distanceX * distanceX + distanceY * distanceY)
            if(distance <= objectI.radius + objectJ.radius)
                ratio = smaller.weight / bigger.weight

                newWeight = bigger.weight + smaller.weight
                newRadius = bigger.findRadius()
                newX = (bigger.x + smaller.x) / 2
                newY = (bigger.y + smaller.y) / 2
                newSpeedX = bigger.speedX + (smaller.speedX * ratio)
                newSpeedY = bigger.speedY + (smaller.speedY * ratio)
                newAccelerX = bigger.accelerX + (smaller.accelerX * ratio)
                newAccelerY = bigger.accelerY + (smaller.accelerY * ratio)

                bigger.set()
                spaceObjects.remove(smaller)

            end for
        end procedure
```

Poznámka: Nyní metoda kontroluje kolizi i u objektů, které jsou od sebe velmi daleko, což určitě není optimální stav a pravděpodobně by se kód dal v budoucnu vylepšit.

Utility třídy

Třída FileLoader

Knihovně třída, která obsahuje statické metody pro načítání ze souboru. Vstupní soubor je typu CSV (Comma-Separated Values), tudíž načtené řádky dělíme podle čárek.

Metoda loadFirstLine() načte první řádek souboru, jenž obsahuje gravitační konstantu a časový krok. Druhá metoda, loadSpaceObjects(), přeskočí první řádku a načte ty ostatní, které definují vesmírné objekty (název, typ, pozice X a Y, rychlost X a Y a váha). Podle typu bude v budoucnu zvolena vytvořená instance, nyní jsou vytvářeny defaultně jen planety. Načtené objekty jsou uloženy do kolekce, kde si je vyzvedne metoda main().

Třída Vectors

Knihovně třída pro práci s vektory. Obsahuje dvě metody – vectorSize(), která spočítá velikost vektoru, a vectorAddition(), která ze dvou vektorů vytvoří složený vektor a vrátí jeho velikost.