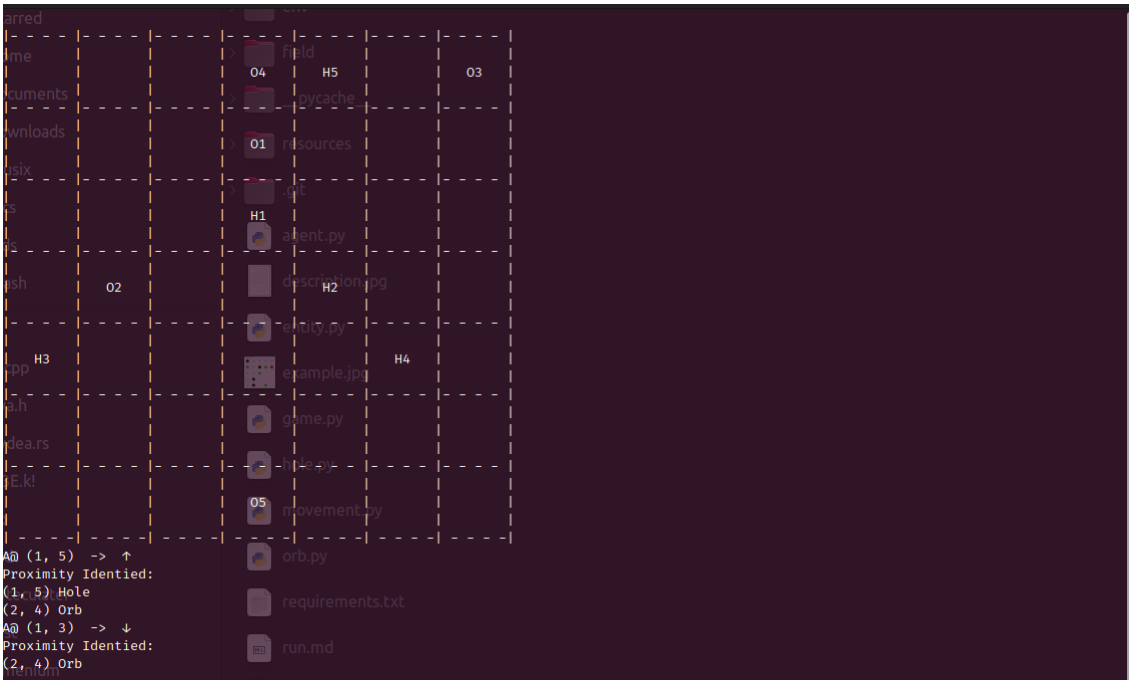
Smart Agent Simulation

ماهیت این پروژه را در واقع می توان این‌گونه در نظر گرفت که می‌خواهیم یک عامل هوشمند پیاده سازی کنیم که تعدادی عناصر از عناصر در مختصات های تصادفی را پیدا کند و آن ها را تا مقاصدی تصادفی – که حفره- نامیده می‌شوند- جا به جا کنیم.

ما این پروژه را به دو صورت پیاده کرده ایم:

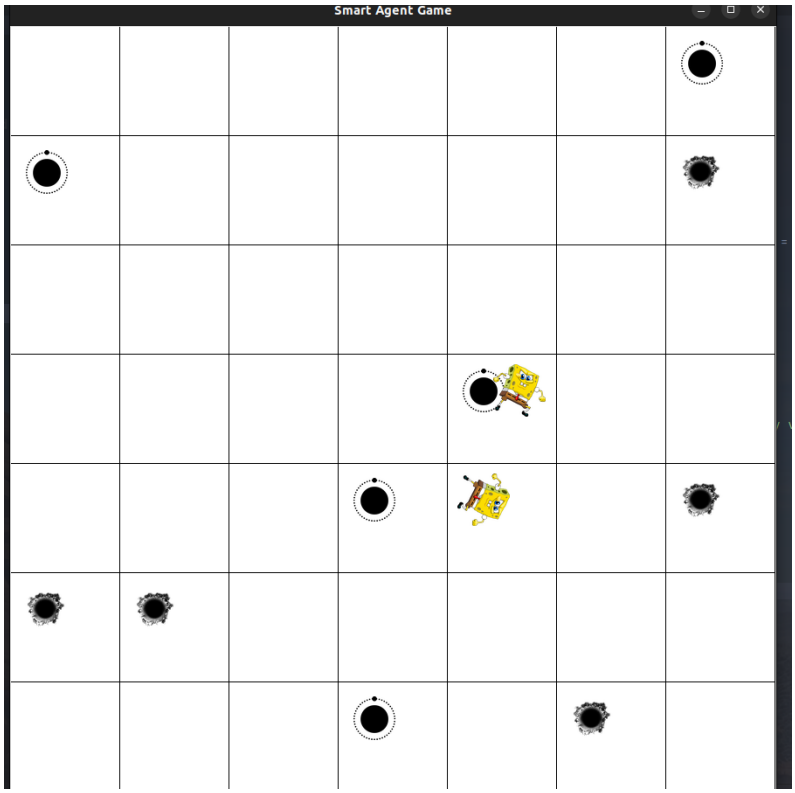
۱- رابط کاربری تحت کنسول (Console App)

در حالت کنسول اپ، ایجنت(های) ما A می باشند که گوی ها را - که با O مشخص می شوند- پیدا کرده و تا حفره ها – که با H مشخص شده اند– می برند.



۲- رابط کاربری گرافیکی (GUI App)

در این حالت، باب اسفنجی (ها) به دنبال گوی هایی که در ابتدا نمی‌داند کجاست، میگردد و هر کدام را که پیدا کرد به داخل حفره هایی که میشناسد منتقل میکند.



نکته: در این مرحله از پروژه فعلا از حالت کنسول ائ برای ارائه استفاده شد. علت این امر عدم اطمینان از پرفورمنس حالت گرافیکی پروژه بود. گرچه برای اجرای پروژه صرفا کافیست خط اول فایل game.py به صورت زیر تبدیل شود و برنامه بصورت خودکار حالت اجرا را به gui app تغییر می‌دهد:

```
from field.gui import Field
```

توضیح کد پروژه

این پروژه کاملا با رعایت اصول شی گرایی نوشته شده است. تمام اشیاء داخل بازی کلاس مخصوص خود را دارند و در هر جا که نیاز بوده است از ارث بری استفاده شده است. کد برنامه تقریبا فقط با استفاده از کتابخانه های

استاندارد پایتون نوشته شده است. فقط در رابط گرافیکی از کتابخانه های خارجی tkinter برای طراحی پنجره گرافیکی و ایتم های آن و Pillow برای بارگذاری عکس ها استفاده شده است.

ماژول movement

این ماژول حاوی دو کلاس بسیار پرکابرد است که در همه جای این پروژه استفاده شده‌اند. اولین کلاس آن کلاس Coordinates است که همان‌طور که از نامش برمی‌آید نماینده مختصات اشیا داخل پروژه است. تمام اشیاء اصلی پروژه –گوی، حفره و عامل هوشمند- داری فیلدهایی مانند position هستند که از جنس این کلاس Coordinates اند. این کلاس دارای دو متغیر(یا همان فیلد در مبحث کلاس) اصلی x و y هست که مشخص کننده مکان فعلی یک شی است. همچنین این کلاس دارای توابع(یا همان متد در حوزه کلاس) می‌باشد که جهت مقایسه مکان ها و نمایش آن ها استفاده می‌شوند.

این کلاس یک تابع Random دارد که که برای تولید مختصات تصادفی در محدوده خواسته شده برای x و y و که با پارامترهای x_max و y_max مشخص شده‌اند استفده می‌شود. تفاوت این تابع با تابع Randomize مهم است. تابع Random یک تابع استاتیک است که یک شی جدید از نوع Coordinates تولید می کند که حاوی مختصات تصادفی ست؛ اما تابع Randomize یک تابع عضو (member method) می باشد که برای تصادفی کردن مختصات شی در حال استفاده می‌باشد و شی جدیدی تولید نمی‌کند.

همچنین در این ماژول یک Enum داریم؛ که البته در زبان پایتون Enum هم از جنس کلاس می‌باشد و برخلاف زبان‌های دیگر یک ماهیت جداگانه نیست. این Enum که با نام Direction تعریف شده است در کلاس Agent استفاده می‌شود و در خرلحظه جهت عامل هوشمند را مشخص می‌کند که با چهار مقدار RIGHT – LEFT – UP –DOWN مشخص میگردد. هم چنین این Enum یک تابع Random دارد که برای تولید جهت تصادفی استفاده می‌شود، که در ابتدای بازی برای تولید جهت تصادفی عامل ها استفاده شده است.

کلاس Entity

این کلاس در فایل entity.py تعریف شده است و بصورت مستقیم استفاده نشده است؛ یعنی بعنوان کلاس پدر برای اشیا داخل بازی استفاده شده است. این کلاس شامل مشخصه ها و رفتارهای مشترک گوی ها، حفره‌ها و عامل هوشمند می‌باشد.

از جمله فیلدهای مشترک اشیا که در این کلاس تعریف شده اند می توان به id و name اشاره کرد که برای تمایز بین اشیا از یک دسته تعریف شده اند. فیلد position که می‌توانم گفت تقریبا مهم‌ترین مشخصه اشیا است نیز در این کلاس تعریف شده است و از طریق ارث بری در تمامی اشیا هم تعریف می شود و بدین تریت جایگاه همه اشیا در زمین بازی مشخص می گردد. همچنین avatars که لیست عکس های درنظر گرفته شده برای اشیا مختلف است. و از توابع این کلاس می توان به GetNextId اشاره کرد که با دریافت لیستی از اشیاء یک دسته، آیدی عنصر بعدی آن را پیدا می‌کند.

همچنین این کلاس یک فیلد(متغیر) بسیار مهم دارد به نام identified. این متغیر در واقع آیدی عامل هوشمندی که آن را شناسایی کرده است را در خود ذخیره می‌کند. درصورتی که مقدار آن صفر باشد به این معناست که فعلا توسط هیچ عاملی شناسایی نشده است.

کلاس Orb

این کلاس در فایل orb.py برای شبیه سازی گوی ها تعریف شده است که از کلاس Entity ارث بری می‌کند؛ بنابراین علاوه بر فیلدها و توابع مشترک موجود در کلاس پدر یک فیلد اضافی به نام hole دارد. این فیلد یا مقداری ندارد (مقدار None در پایتون) و یا مساوی با ابجکت حفره ای که این گوی را دربردارد می‌باشد. درواقع عامل هوشمند از این طریق متوجه می‌شود که آیا این گوی خارج از حفره‌ها هست یا نه. در صورتی که خارج بود آن را بعنوان یک کاندید احتمالی برای جابه‌جایی درنظر می-گیرد؛ البته این درصورتی است که از قبل توسط عامل شناسایی شده باشد.

این شی در حالت کنسول با حرف O و آیدی هر گوی (مانند O۱) و در حالت گرافیکی با عکس orb.png که در پوشه resources قرار دارد مشخص شده است. درواقع فیلد avatar این آبجکت از این عکس استفاده میکند.

توجه: فیلد avatars لیستی از اشیاء از نوع کلاس Avatar می باشد. کلاس Avatar در فایل resources/avatar.py تعریف شده است که حاوی آدرس عکس استفاده شده و سایز آن برای نمایش در حالت گرافیکی است. همچنین یک فیلد canvas_id دارد که وقتی یک شی در پنجره گرافیکی نمایان شد، آیدی المان آن (که مربوط به کتابخانه tkinter است) را ذخیره می کند.

کلاس Hole

این کلاس هم از کلاس Entity ارث می‌برد و همانند کلاس orb.py نوشته شده است با کمی تفاوت جزئی. اول اینکه این کلاس در ماژول hole.py تعریف شده است؛ همچنین به جای فیلد hole در کلاس Orb، این کلاس فیلد orbs را داراست که لیستی از گوی‌هایی که درون این حفره گنجانده شده‌اند را شامل می‌شود. این بخش بصورت پویا نوشته شده است و یک فیلد استاتیک به‌نام Hole.CAPACITY موجود است که نشان می‌دهد هر حفره حداکثر چند گوی را می‌تواند نگه دارد. چون در این برنامه این مقدار یک است پس این لیست حداکثر یک عضو دارد.

همچنین این کلاس یک تابع دارد به‌نام has_room. درواقع این تابع چک می‌کند آیا داخل این حفره جا برای گوی جدید هست یا نه. این امر با چک کردن تعداد اعضای فیلد orbs میسر می‌شود؛ بدین صورت که اگر این تعداد کمتر از CAPACITY – که در پروژه ما یک است- باشد پس جا برای گوی جدید دارد؛ درواقع عامل هوشمند از طریق این تابع می‌تواند تشخیص دهد که آیا این حفره قابل استفاده است یا نه.

ماژول agent

این ماژول شامل دو کلاس است. کلاس اول کلاس Candidate می باشد. این کلاس برای جابه‌جایی بهینه گوی ها به سمت حفره ها استفاده می‌شود. به این صورت که یک عامل هوشمند در هر مرحله بین ایا شناسایی شده اطرافش بررسی می‌کند و نزدیک‌ترین گوی به خودش را به نزدیک‌ترین حفره به آن گوی وصل می‌کند. این کار از طریق ساخت یک آبجکت جدید از نوع Candidate انجام می‌گیرد که این کلاس دو فیلد hole و orb را برای همین منظور داراست.

این کلاس همچنین تابع distance را دارد که فاصله گوی از حفره را مشخص می‌کند؛ و متد drop نیز بررسی می‌کند که اگه حفره مورد نظر خالی است گوی انتخابی را در حفره بیاندازد. این کار از طریق مقداردهی orb.hole با hole انتخابی و اضافه کردن orb انتخابی به لیست hole.orbs انجام می‌گیرد. این توابع فقط زمانی فراخوانی می‌شود که مکان این حفره و گوی دقیقا یکسان شود و یا به نوعی خروجی تابع distance شی Candidate صفر باشد.

کلاس Agent

ماژول مذکور همچنین شامل کلاس Agent است که همان عامل هوشمند می‌باشد. این کلاس هم دوباره از کلاس Entity ارث‌بری می‌کند و فیلدهای مشترک آن‌ها را داراست. یکی از تفاوت‌های این کلاس در این است که لیست avatars آن ۴ عضو دارد. درواقع در این کلاس این فیلد بصورت دیکشنری پایتون (dict) تعریف شده است که به ازای هر Direction یک آواتار دارد و هر شی آواتار یک عکس در جهت مرتبط دارد. سپس یک مشخصه (property) به نام avatar دارد که با توابع جهت کنونی عامل هوشمند آواتار مرتبط را مشخص می‌کند. پس این کلاس یک فیلد direction نیز دارد (همان طور که قبلا درباره Direction enum گفته شده بود.) که جهت حرکت عامل هوشمند درهر لحظه را مشخص می‌کند. فیلد بسیار مهم دیگر این کلاس moves است که به ازای هر تغییر مکان یک عامل هوشمند یکی به مقدار آن اضافه می‌شود.

محدودیت تعداد حرکتی برنامه هم بصورت پویا می‌باشد؛ بدین صورت که یک فیلد Game.MAX_MOVES داریم [کلاس Game بزودی بررسی می‌شود] و تا زمانی که فیلد moves یک عامل کمتر از این مقدار باشد بازی ادامه دارد. فیلد دیگر candidate می‌باشد که از جنس Candidate می‌باشد و کاربرد آن بصورت کامل در بخش قبلی بررسی شده است. چند تابع مهم در این کلاس وجود دارد که باید به تفصیل بررسی گردند:

۱. look_around

این تابع با هدف شناسایی المان‌های اطراف عامل هوشمند تعریف شده‌است. پس از هر حرکتی که ایجنت انجام می‌دهد، این تابع فراخوانی می‌شود، ۸ خانه اطراف عامل و خانه‌ای که درونش هست را بررسی می‌کند؛ درصورتی که حفره یا گوی‌ای در آن‌جا باشد، آن را شناسایی کرده و فیلد identified ان را مساوی به آیدی خودش می‌کند.

۲. find_next_best_displacement

پس از هر بار که گوی‌ای درون یک حفره می‌رود این تابع فراخوانی می‌شود و از میان اشیاء شناسایی شده توسط عامل(های) هوشمند بهتر گوی و حفره (از لحاظ فاصله) را انتخاب می‌کند و به عنوان Candidate برای عامل هوشمند بر می‌گرداند.

۳. direct_into

این تابع بعد از هرباری که یک Candidate به عامل(های) هوشمند معرفی می‌شود، در هر حرکت جهت حرکت را به سمت مکان حفره آن (candidate.hole.position) عامل تغییر می‌دهد(یا حفظ می‌کند) و درصورتی که هنوز به حفره نرسیده باشد مقدار False و اگر عامل دقیقا روی حفره قرار گرفت مقدار True را بر میگرداند. پس اگر این تابع مقدار True برگرداند عامل متوجه می‌شود که باید گوی را رها کند تا در حفره بیفتد.

۴. check_one_directional_moves

این تابع از جمله توابع بهینه سازی حرکت می‌باشد و بیشتر بدرد زمانی می‌خورد که عامل هیچ Candidate ای ندارد و درحال حرکت رندوم در زمین بازی است تا بالاخره حداقل یک حفره و گوی شناسایی کند؛ در این حالت اگر یک عامل به مدت طولانی صرفا در یک جهت حرکت کرده باشد (بخصوص در ضلع های زمین بازی)، این تابع جهت حرکت را به وسط زمین تغییر می‌دهد تا مانع گیرکردن عامل در حلقه حرکتی باطل شود.

۵. move_forward_to

این تابع بلافاصله بعد از اینکه یک Candidate برای عامل پیدا شد فرزاخوانی می‌شود و عامل را دقیقا به سمت محل گوی حرکت می‌دهد تا به مکان گوی برسد و آن را حمل کند.

همچنین این تابع مقدار فیلد moves عامل را بعد از حرکت افزایش می دهد تا برنامه آمار تعداد حرکت عامل را داشته باشد.

۶. move

این تابع وظیفه حرکت اصلی را دارد. چه در حالت حرکت رندوم برای پیدا کردن Candidate و چه زمانی که عامل به مکان حفره پیدا شده منتقل شد این تابع فراخوانی می‌شود و حرکت عامل را در جهت تعیین شده از قبل ادامه می‌دهد. همچنین با فراخوانی توابع check_one_directional_moves برای جلوگیری از حرکت رندوم طولانی در یک جهت و تابع check_agent_position جهت پیشگیری از خارج شدن عامل از زمین بازی (یعنی اینکه مولفه‌های مکان آن در محدوده ۱ الی ۷ باقی بماند.) حرکت عامل را کنترل می‌کند. درصورتی که حرکت بعدی عامل دقیقا مساوی با مکان عامل دیگر باشد این تابع از حرکت باز می‌ماند تا عامل دیگر از آن مکان رد شود. همچنین در این حالت احتمال

دارد که عوامل گیر کنند و در جایگاه خود ثابت بمانند (هر یک منتظر بماند که بعدی حرکت کند)، که اگر این تعداد حرکت نکردن به ۳ بار برسد تابع move با فراخوانی تابع force_move عوامل را از این حالت نجات می‌دهد.

همچنین این تابع مقدار فیلد moves عامل را بعد از حرکت افزایش می دهد تا برنامه آمار تعداد حرکت عامل را داشته باشد.

پوشه field

این پوشه شامل سه ماژول می باشد. ماژول های gui.py و console.py همانطور که از نامشان بر می‌آید مربوط به رابط کاربری برنامه می‌باشند. این توابع نکات خاص آنچنانی ندارند هر کدام از این ماژول‌ها نهایتا یک کلاس Field معرفی می‌کنند که از کلاس FieldLogic ارث‌بری می‌کنند. کلاس FieldLogic که در ادامه بررسی می‌شود حاوی منطق و جزییات و تمام اطلاعات مربوط به زمین بازی است که این دو ماژول با استفاده از آن بعنوان کلاس پدر، هرکدام به شیوه اجزا آن را بصورت تحت کنسول یا گرافیکی نمایش می‌دهند. از آن‌جا که منطق این دو ماژول کاملا واضح است به همین میزان توضیح کفایت می‌کنیم.

FieldLogic

این کلاس که در ماژول logic.py تعریف شده است حاوی اطلاعات مربوط به زمین و اجزا آن است. اطلاعاتی از قبیل طول و عرض زمین، آبجکت های مربوط به گوی و حفره هاو ...

این کلاس از طریق لیست orbs اطلاعات تمام گوی‌های داخل زمین را نگه می‌داد؛ و از طریق holes همین کار را برای حفره ها می‌کند. همچنین این کلاس یک لیست سه بعدی به نام cells دارد که با توجه به Position های هر کدام از اشیاء هر کدام از آن ها در اندیس متناظر به مکانشان در این لیست قرار می‌گیرند.

توابع این کلاس بسیار ساده اند و نیازی به توضیح مفصل ندارند. این کلاس شامل توابعی جهت افزودن گوی جدید به زمین، افزودن حفره جدید به زمین، افزودن تصادفی این اشیا به زمین، دریافت اشیا داخل یک سلول (عضوی از

لیست cells)، قرار دادن یا جابه‌جا کردن یک شی در یک سلول زمین بازی و ... می‌باشد. ولی در زیر به مهم ترین توابع این کلاس اشاره می‌شود:

۱. update_ui

این تابع در داخل خود FieldLogic تعریف نشده است و صرفا بصورت abstract تعریف شده است. درواقع این تابع توسط کلاس Field در هرکدام از ماژول‌های console.py و gui.py بصورت کامل تعریف می‌شود و وظیفه‌اش این است که اشیاء داخل فیلد cells را با ترتیب همان مکانشان در جایگاه مناسب داخل زمین، حال بصورت گرافیکی یا تحت کنسول رسم کند.

۲. get_remaining_orbs

اگرچه این تابع کد بسیار کوتاهی دارد اما بسیار وظیفه‌ی مهمی دارد. این تابع تعداد گوی‌های در دسترس را بدست می‌اورد؛ یعنی گوی‌هایی که هنوز وارد هیچ حفره‌ای نشده‌اند. اهمیت این تابع در این است که برنامه در هر مرحله با فراخوانی این تابع بررسی می‌کند که آیا عامل (ها) برنده شده‌اند یا نه.

۳. shake

این تابع هر باری که یک گوی درون یک حفره می‌افتد فراخوانی می‌شود. وظیفه این تابع این است که یک عدد تصادفی از ۰ تا ۱۰۰ تولید کند و اگر این مقدار کمتر مساوی ۱۰ بود، یک گوی را یک خانه جابه‌جا کند. در واقع این همان بخشی از سوال است که می‌خواست وقتی گوی داخل حفره رفت باقی گوی ها با احتمال ۱۰٪ جابه‌جا شوند.

فرایند این تابع به این صورت است که به ازای هر گوی خارج از حفره‌ها، با تولید عدد تصادفی بین ۰ تا ۱۰۰ همان احتمال ۱۰ درصدی را شبیه سازی می‌کند و طبق این احتمال یک گوی را (اگر گوی احتمال لازم را داشت) بصورت تصادفی در یکی از چهار جهت به یک خانه کناری جابه‌جا کند؛ البته بدیهی است که در این روند این تابع بررسی می‌کند که مکان جدید استاندارد باشد و خارج از زمین یا در خانه یک گوی دیگر نباشد.

Game

و اما کلاس گیم، در واقع Entry Point یا همان نقطه شروع برنامه‌است؛ این تابع تمام مفاهیم و امکاناتی که تا اینجا مطرح کردیم را با هم بصورت مناسب و همگون ترکیب می‌کند تا بازی به همان صورتی که انتظار می‌رود اجرا شود. این کلاس وظیفه ساختن اشیا Field و Agent و قرار دادن اشیا گوی و حفره –همگی با مکان تصادفی- در field را دارد. همچنین این کلاس به صورت پویا مقدار طول و عرض زمین بازی را دریافت می‌کند که درآینده اقدام برای افزایش یا کاهش ابعاد زمین بازی به راحتی قابل انجام باشد.

همچنین در ماژول game.py در کد بخش main -که در پایتون همان کدی است که در زیر شرط:

If __name__ == '__main__':

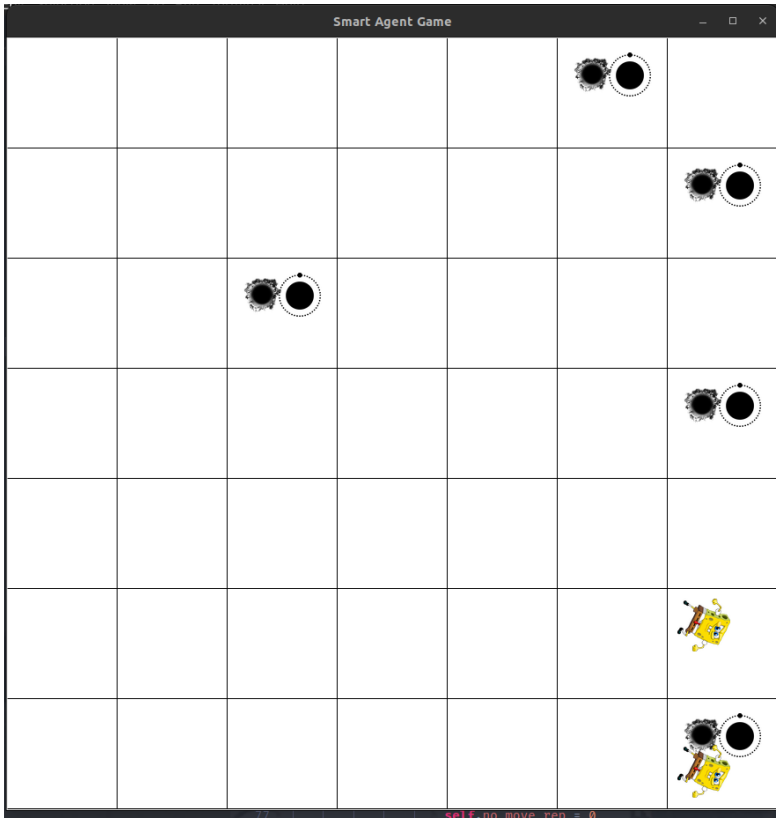
نوشته می‌شود- با ساختن شی‌ای از این کلاس Game و فراخوانی تابع simulate شبیه‌سازی و بازی را شروع می‌کند.

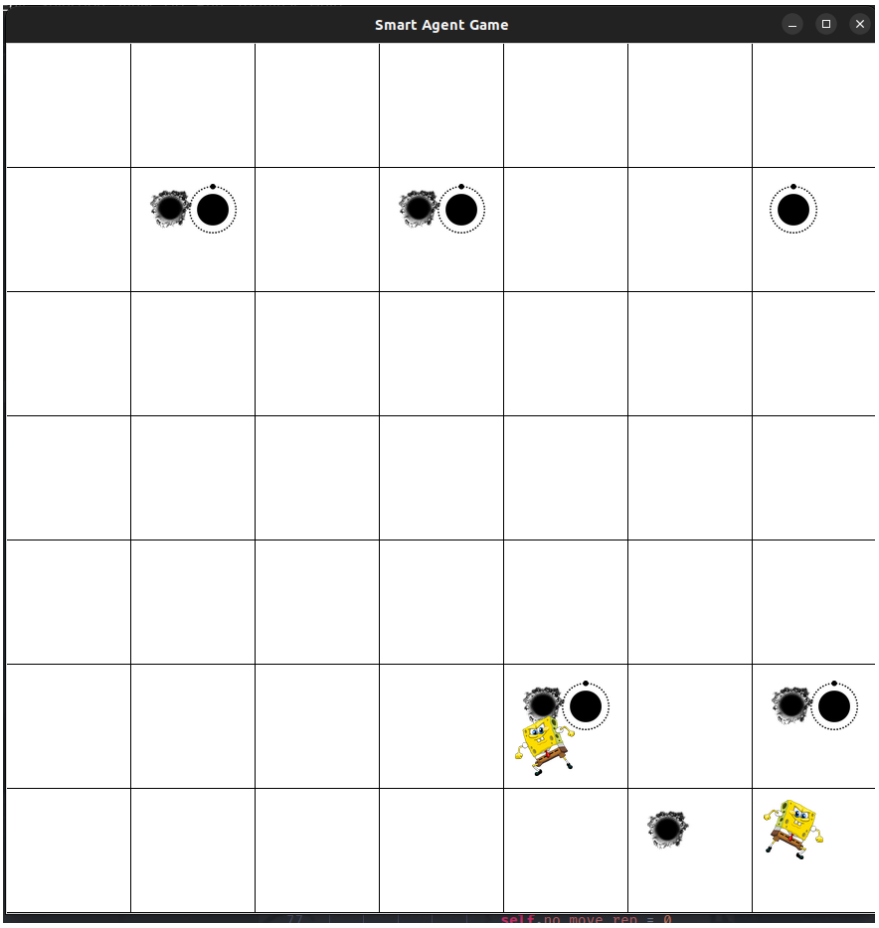
تابع simulate با توجه به نوع زمین بازی –گرافیکی یا تحت کنسول- اقدامات لازم را انجام می‌دهد که در میان این اقدامات فراخوانی تابع do_next_move مهم ترین بخش است. این تابع وظیفه بررسی حرکت عامل‌ها، بررسی به پایان رسیدن بازی یا برنده‌شدن عامل‌ها، و همچنین حرکت این عامل ها با توجه توابع موجود در کلاس Agent را دارد. بصورت خلاصه این تابع در هر مرحله برای هر عامل تابعه look_around را فراخوانی می‌کند تا اشیا اطراف شناسایی شوند؛ سپس اگر عامل (ها) Candidate ای نداشته باشند، با فراخوانی توابع مناسب آن را پیدا می‌کند و از طریق move_forward_to عامل را به گوی موردنظر می‌رساند.

درهرمرحله نیز اگر Candidate ای از قبل موجود بود این تابع با فراخوانی وابع direct_into و move عامل(ها) آن را به سمت هدف خود حرکت می‌دهد.

و اینگونه تمامی بخش ها و اجزا پروژه در جای خود اجرا می‌شوند. نمونه ای از خروجی نهای بازی:


←A1 O1H1
O4H2
A2↓ O3H3
O5H5
O2H4
All orbs are placed in holes.
fr3ek@thcpp:~/pya.h/Python/SmartAgentSimulation$
PROBLEMS
OUTPUT
DEBUG CONSOLE
TERMINAL
PORTS
DEVDB
A@ (2, 6) -> ↑
Proximity Identied:
(2, 6) Orb


Smart Agent Game

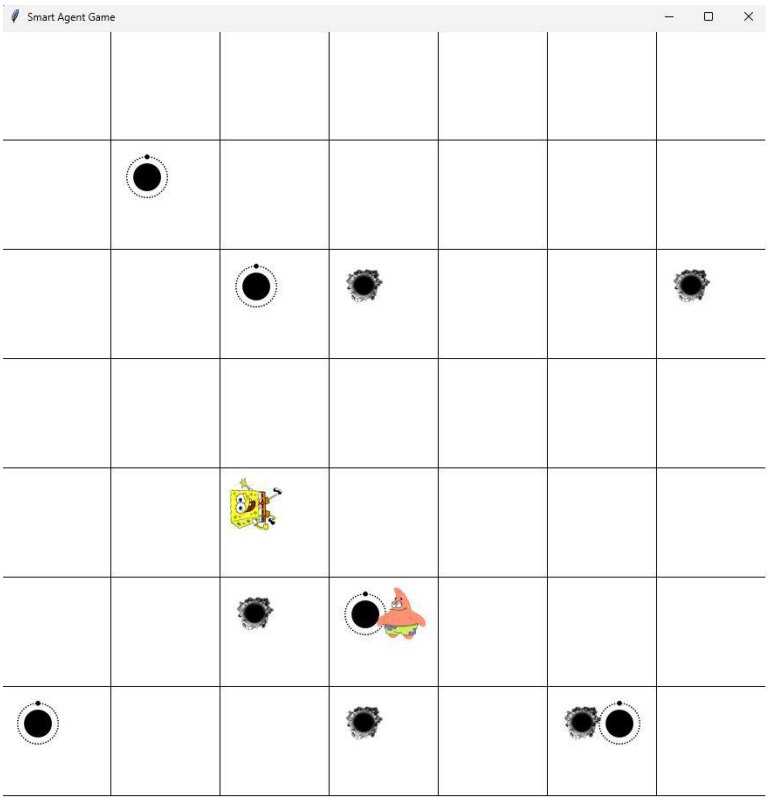

Smart Agent Game
self.no_move_rep = 0

تغییرات جدید برنامه:

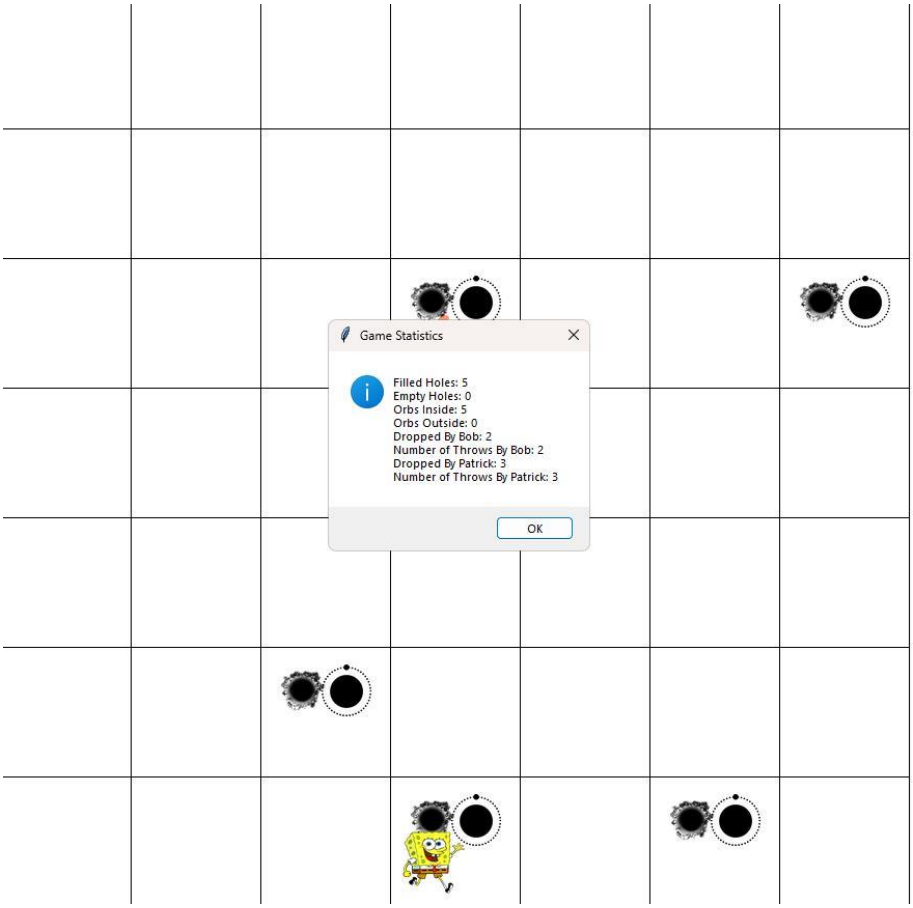
در این نسخه از برنامه مقداری تغییر در ظاهر و منطق برنامه داده شده است که ابتدا این تغییرات را ذکر کرده و سپس آن را از لحاظ کد نیز بررسی می کنیم؛

بررسی ظاهری

در این نسخه برنامه را از حالت تحت کنسول به حالت گرافیکی تغییر دادیم؛ همچنین برای عامل های بازی آیکون‌های جدید و مجزا در نظر گرفتیم تا از هم متمایز باشند؛ برای جذابیت بخشیدن به بازی از شخصیت‌های انیمیشن محبوب باب افسنجی استفاده کردیم؛



همچنین در انتهای بازی وقتی حرکت‌های مجاز هر دو بازیکن تمام شد و یا قبل‌تر از آن تمامی گوی‌ها درون حفره ها قرار کرفتند، پس از نمایش پیغام پایان بازی، یک پنجره‌ی جدید باز میشود که آمار کلی بازی و مقایسه عملکرد عامل‌های هوشمند را نمایش می‌دهد.



این پیغام اطلاعات زیر را به بازیکن نمایش می‌دهد:

- تعداد حفره‌های پر شده
- تعداد حفره‌های خالی
- تعداد گوی‌های درون حفره
- تعداد حفره‌های بیرون از حفره (آزاد)
- تعداد گوی‌هایی که توسط هر عامل درون حفره قرار داده شده‌اند.
- تعداد گوی‌هایی که توسط هر عامل از حفره خارج شده و به مکانی دیگر پرتاب شده‌اند.
- تعداد حرکات انجام شده توسط هر عامل

نکته: مواردی مثل تعداد حفره‌های خالی به نظر می‌رسد در این‌جا کاربردی نیستند، چرا که قبل از آن تعداد حفره-های پر ذکر شده‌اند و به نظر نیازی به ذکر آن نیست. این موراد اضافی برای آینده پیش بینی شده‌اند؛ برای مثال فرض کنید در آینده شاید حفره‌ها بتوانند بیش از یک گوی را در خود جا بدهند، در این صورت تمام این موارد آماری اضافی معنا پیدا می کنند.

بررسی منطق جدید بازی

در حالت جدید، رابطه بین عامل‌ها خراب شده است. باب اسفنجی و پاتریک باهم به مشکل خورده‌اند و دیگر راضی به همکاری برای پر کردن حفره‌ها نیستند. این دو حالا باهم می‌جنگند که هر کدام گوی‌ها را به تنهایی درون حفره ها قرار دهند و کار دیگری را خراب کنند؛ در نتیجه اگر باب گویی را پیدا کرد توسط پاتریک داخل حفره رفته با عصبانیت آن را به جایی دیگر پرتاب می‌کند. پاتریک هم همینکار را میکند.

بررسی تغییرات اصلی کد بازی

حال اصلی ترین تغییرات بازی را از دید کد بررسی می‌کنیم:

الگوریتم شناسایی

یکی از مهم‌ترین تغییرات موجود در کد، الگوریتم شناسایی گوی و حفره است. پیش‌تر عناصر گوی و حفره، فیلدی به نام identified داشتند که اگر مقداری غیرصفر یا None داشت به این معنی بود که این عنصر توسط حداقل یکی از عامل‌های بازی شناسایی شده است و درصورت لزوم می‌تواند از آن عنصر استفاده کند (اگر گوی بود آن را بردارد و به سمت یکی از حفره‌های شناسایی شده قبلی ببرد و اگر عنصر شناسایی شده جدید حفره بود، می تواند از آن استفاده کند که گوی‌های شناسایی شده قبلی و یا گویی که هم اکنون در دست دارد را درون آن قرار دهد.)

از آن جا که در حالت قبلی پاتریک و باب با هم دوست بودند، و اطلاعات را با هم به اشتراک می‌گذاشتند، همین فیلد برای پیاده سازی مکانیزم شناسایی کافی بود. اما در حالت جدید که عامل‌ها با هم همکاری نمی‌کنند، و داده‌هایشان خصوصی شده است، این الگوریتم دیگر جواب‌گو نیست.

در حالت جدید فیلد identified از گوی‌ها و حفره‌ها حذف شده و به جای آن هر عامل هوشمند یک لیست به نام اکتشافات (discoveries) دارد. تمامی حفره‌ها و گوی‌های موجود در این لیست، توسط عامل شناسایی شده و قابل استفاده توسط وی هستند؛ هر عامل هم لیست مخصوص به خود را دارد و این امکان شبیه سازی بی‌خبر بودن عامل‌ها از

اطلاعات هم را فراهم می‌کند. درنتیجه از این پس، وقتی عامل به دنبال کاندید برای جابه‌جایی می‌گردد، صرفا لیست خود را مرور می‌کند و سپس اقدام به حرکت می‌کند. این تغییر منجر به بهینه سازی نیز می‌شود، زیرا قبل‌تر برنامه باید تک تک سلول‌ها را بررسی می‌کرد و از میان آن‌ها عناصر شناسایی شده را فیلتر می‌کرد و سپس به دنبال حفره و گوی کاندید می‌گشت؛ اما با فراهم آوردن لیست discoveries آبجکت هر کدام از این اشیاء شناسایی شده مستقیما در دسترس برنامه است و نیاز به انجام عملیات search خانه‌های زمین بازی برای پیدا کردنشان نیست.

تعداد حرکات مجاز

تغییر مهم دیگر، تعداد حرکت‌های مجاز عامل‌ها بود. این مقدار توسط یک فیلد استاتیک در کلاس بازی مشخص شده است:

Game. MAX_MOVES

با تغییر این مقدار به ۴۰، تعداد حرکت‌های مجاز هر بازیکن به ۴۰ افزایش می‌یابد. هر عامل به صورت مستقل حرکات خود را انجام می‌دهد تا یا به این عدد برسد و یا قبل از آن تمام حفره‌ها پر شوند.

یک تغییر دیگر در این زمینه اتفاق افتاده است؛ از آن جا که ممکن بود گاهی دو عامل دقیقا روبه روی هم قرار گیرند (مثلا پاتریک و باب دقیق در خانه های کنار هم قرار گیرند، پاتریک بخواهد به بالا برود که در آن جا باب قرار دارد)؛ از آن جا که هیچ دو عاملی نباید در یک زمام مشخص درون یک خانه باشند، برای پیشگیری از این مسئله، وقتی چنین حالتی پیش بیاید، یکی از عامل‌ها صبر می‌کند تا عامل دیگر کمی از آن جا فاصله بگیرد و اصطلاحا راه اطراف عامل دوم باز شود. سپس اقدام به جرکت می‌کند. البته این اختلاف تعداد حرکت در انتهای بازی درنظر گرفته می‌شود و بازی زمانی تمام می‌شود که هر دو عامل تمام حرکات مجاز خود را انجام داده باشند. در نتیجه اگر حرکات یک عامل زودتر از دیگری تمام شد، آن عامل در ان خانه متوقف می‌شود و عامل دیگر به حرکت ادامه می‌دهد و وقتی حرکات وی نیز تمام شد نتیجه اعلام می‌گردد؛ البته این منتظر ماندن قطعا زمانی‌است که حفره‌ها کاملا پر نشده باشند وگرنه که بازی زودتر از این‌ها تمام می‌شود.

نکته‌ی دیگری که شاید در حرکات عامل‌ها شاید به چشم بیاید . شاید حتی به عنوان باگ تلقی شود، این است که ممکن است گاهی دیده شود یک عامل وارد خانه‌ای که گوی وجود دارد شود ولی آن را حمل نکند. این مسئله عمدی بوده و باگ نیست؛ علت آن این است که یک عامل زمانی یک گوی را حمل می‌کند که حداقل یک حفره شناسایی شده بشناسد که بتواند گوی را به آنجا حمل کند؛ علت این مکانیزم این است که شاید در جلوتر عالم گوی و حفره‌ای پیدا کند که نزدیک‌تر به هم باشند و عامل با حمل بی هدف یک گوی امکان این حرکت بهینه را صلب می‌کند. گرچه اگر عامل از

یک گوی رد شد و در خانه‌های جلوتر حفره‌ای نزدیک پیدا کرد دوباره به خانه گوی باز می‌گردد و آن گوی را حمل میکند.

پرتاب گوی

این هم یک دیگر از تغییرات مهم کد می‌باشد. برای پیاده سازی این امر یک تابع به نام try_to_sabotage به معنای اقدام به خرابکاری در کلاس Agent نوشته شده است که در انتهای هر حرکت هر عامل فراخوانی می‌شود. این تابع مکان فعلی عامل را بررسی می‌کند، اگر یک گوی و یک حفره در آن‌جا باشد که گوی توسط عامل رقیب در آن حفره جای گرفته، در این صورت این تابع با فراخوانی تابعی دیگر در کلاس FieldLogic به نام throw_orb اقدام به پرتاب کردن این گوی می‌کند و سپس این گوی از لیست discoveries هر دو عامل حذف می‌شود.

برای پیاده سازی این مسئله که که یک عامل چطور متوجه می‌شود گوی توسط عامل رقیب داخل حفره رفته است، درون کلاس Orb یک فیلد جدید به نام dropped_by تعریف شده است که از نوع عدد صحیح می‌باشد. این فیلد درواقع آیدی عاملی که آن را داخل حفره رها کرده است را ذخیره می‌کند و اگر مقدار آن صفر یا None باشد به معنای این است که این گوی هنوز درون حفره‌ای نرفته است. پس درنتیجه در تابع try_to_sabotage اگر یک عامل با گوی داخل حفره‌ای مواجه شد که مقدار فیلد dropped_by آن با مقدار آیدی عددی خودش مساوی نیست، عصبانی می‌شود و آن گوی را پرتاب می‌کند. قبلا هم ذکر شده است که نحوه تشخیص اینکه یک گوی در حفره قرار گرفته یا نه چطور انجام می‌شود: هر گوی یک فیلفد به نام hole دارد که مشخص کننده‌ی حفره ای است که گوی در آن قرار دارد، که این مقدار برای گوی آزاد برابر با None است.

آمار نهایی

اگرچه اطلاعات مهم بازی، از قبیل مختصات عامل‌ها و عناصر شناخته‌شده‌شان، و کاندیدهای جابه‌جایی حال حاضرشان و ... در هر حرکت در کنسول چاپ می‌شوند، تصمیم گرفته شود جدا از آن، یک آمار نهایی هم نمایش داده شود که عملکرد کلی عامل‌ها و همچنین مقایسه آن‌ها با هم نمایش داده شود.

این کار در کلاس FieldLogic و توسط متغیر ممبر final_stats و مشخصه statistics و تابع set_final_stats عملی می‌گردد. به این صورت که در هر گام بازی، تابع set_final_stats فراخوانی می‌شود که مقدار final_stats را آپدیت می‌کند؛ و وقتی هم که بازی تمام شد این مقدار به صورت پنجره پیام در حالت گرافیکی و چاپ در حالت کنسول نمایش داده می‌شود.

این تابع توسط خواندن مشخصه statistics محاسبات را تکمیل می‌کند. این مشخصه یک دیتای اولیه را فراهم می‌کند که اطلاعاتی از قبیل حفره های پر و خالی و گوی‌های ازاد و داخل حفره و همچنین یک دیکشنری آماده می‌کند که متناظر با آیدی هر عامل تعداد گوی‌هایی که وارد حفره کرده است را بدست می‌آورد (با بررسی و شمارس dropped_by های هر گوی). سپس تابع set_final_stats با دریافت لیست عامل‌ها و دیکشنری خروجی ذکر شده، یک رشته نهایی تولید می‌کند که آمار بازی است. همچنین این تابع با تطابق آیدی‌های موجود در دیکشنری ایجاد شده مشخصه statistics و آیدی عامل‌های دریافتی، به جای آیدی آن‌ها اسم هر عامل را نمایش می‌دهد تا تمایز عامل ها برای کاربر راحت باشد. زیرا برای راحتی کاربر یک متغیر به نام name به هر عامل اختصاص داده شده‌است که در ابتدای بازی با نام‌های Bob و Patrick برای هر عامل مقداردهی شده‌اند.

همچنین هر عامل یک متغیر به نام thorws_count دارد که تعداد گوی‌های پرتاب شده توسط هر عامل را مشخص می‌کند که این مقدار هم توسط تابع به آمار نهایی اضافه میگردد. نهایتا تعداد حرکات هر عامل هم نمایش داده می‌شود که این مقدار زمانی که قبل از اتمام حرکات مجاز تمام حفره‌ها پرشده باشند دارای اهمیت است. درغیرانصورت هموارد با MAX_MOVES یا همان ۴۰ می‌باشد.