

WYDZIAŁ ARCHITEKTURY, BUDOWNICTWA   
I SZTUK STOSOWANYCH

**OPRACOWANIE GRY KOMPUTEROWEJ WYKORZYSTUJĄCEJ ALGORYTMY GENETYCZNE**

PRACA INŻYNIERSKA

PROMOTOR: AUTOR:

**dr inż. ŁUKASZ WALUSIAK ARTUR PILICHOWSKI**

KIERUNEK: informatyka

TRYB: studia niestacjonarne

NUMER ALBUMU:10256

KATOWICE, 2022

1. WSTĘP

1.1 Gry komputerowe

Gry pełnią przede wszystkim funkcję ludyczną (zapewniając rozrywkę zarówno uczestnikom jak i obserwatorom) i prezentacyjną (ukazując sprawność fizyczną lub intelektualną uczestników). Choć stwierdzenie to wymagałoby dowodu (ang. proof), co mogłoby wiązać się z osobną pracą dyplomową, to nawet pobieżna obserwacja różnego rodzaju gier (od planszowych po różnorakie dyscypliny sportu) dostarczyłaby wielu dowodów (ang. evidence) zdających się je potwierdzać.

Nie inaczej jest w przypadku gier komputerowych, nawet u zarania ich istnienia, tj. w latach 40. i 50. XX wieku. Powstałe wówczas gry takie jak „Tennis for Two” z 1958 roku czy późniejszy „Spacewar” zdecydowanie nie były projektami komercyjnymi, jednak nadawały się do prezentacji działania ówczesnych komputerów publiczności niezaznajomionej z budową i działaniem komputerów ani skomplikowanymi obliczeniami przez nie wykonywanymi.

Współcześnie prezentacyjna funkcja gier komputerowych może być kojarzona z dążeniem do fotorealizmu grafiki 3D renderowanej w czasie rzeczywistym w wysokobudżetowych produkcjach, jednak nie wyczerpuje to dostępnych możliwości.

1.2 Algorytmy

Algorytm definiuje się jako ‘skończony ciąg jednoznacznych działań prowadzących do rozwiązania problemu należącego do danej klasy’ bądź ‘jednoznacznie zdefiniowaną procedurę obliczeniową, która dla otrzymanych danych wejściowych produkuje odpowiednie dane wyjściowe’ lub po prostu przepis na rozwiązanie danego problemu.

Algorytm zaimplementowany w programie komputerowym musi rozwiązywać problem w skończonym czasie i przy wykorzystaniu skończonych zasobów (głównie pamięci). Miarą kosztów jego działania jest złożoność obliczeniowa, odpowiednio: czasowa i pamięciowa, którą opisuje się jako funkcję rozmiaru danych wejściowych.

Dążenie do minimalizacji złożoności obliczeniowej przyczyniło się do opracowania różnorakich paradygmatów tworzenia algorytmów, takich jak metoda „dziel i zwyciężaj”, algorytmy zachłanne lub algorytmy genetyczne.

1.3 Algorytmy genetyczne

Algorytmy genetyczne są rodzajem heurystyki (lub metaheurystyką), inspirowanej biologicznymi procesami ewolucji i doboru naturalnego.

Ogólne działanie algorytmów genetycznych polega na wygenerowaniu zbioru potencjalnych rozwiązań (tzw. populacji) będącego podzbiorem wszystkich możliwych rozwiązań danego problemu, a następnie cyklicznemu przetwarzaniu go za pomocą operacji krzyżowania, mutacji i selekcji (operacje te są zwykle przynajmniej w pewnym stopniu losowe, stąd algorytmy genetyczne klasyfikuje się także jako algorytmy stochastyczne). Kolejne iteracje tych operacji (tzw. pokolenia) powinny powodować polepszenie średnich wyników w populacji.

Algorytmy genetyczne są stosowane w dziedzinach takich jak optymalizacja i przeszukiwanie, gdzie wykazują istotną przewagę nad tradycyjnymi algorytmami analitycznymi, dzięki wysokiej odporności, rozumianej jako równowaga między wydajnością a skutecznością, łatwości zastosowania do szerokiego spektrum problemów oraz niewrażliwości na pułapki stanowione przez rozwiązania pozorne (np. ekstrema lokalne w zadaniach optymalizacyjnych).

2. ZAŁOŻENIA I CEL PRACY

Celem niniejszej pracy jest implementacja algorytmu genetycznego wraz z funkcjonalnościami mającymi umożliwić śledzenie jego działania w trakcie wykonywania programu oraz gromadzić dane pozwalające na późniejszą analizę tegoż działania. Analiza ta powinna przynieść odpowiedź na pytanie: na ile zasadne jest użycie mechanizmu algorytmów genetycznych w taki sposób, jak w opisywanej tutaj aplikacji. Sama analiza jak i odpowiedź na wspomniane pytanie nie należą do zakresu niniejszej pracy.

2.1 Założenia

2.1.1 Mechanizm algorytmów genetycznych

Mechanizm algorytmów genetycznych, rozumianych jako rodzina algorytmów oparta o ideę doboru naturalnego i dziedziczności, posiada szereg elementów stałych, na czele z kluczowymi operacjami selekcji, krzyżowania i mutacji. Sposoby realizacji tych operacji (a także ich kolejność) mogą się jednak znacznie różnić, np. na skutek wymagań narzucanych przez rozwiązywany problem.

2.1.1.1 Tworzenie populacji

Pierwszym krokiem jest stworzenie populacji, czyli zbioru elementów zwanych osobnikami, z których każdy reprezentuje potencjalne rozwiązanie. Każdy osobnik posiada określony genom, czyli jeden lub więcej ciągów wartości odpowiadających (bezpośrednio lub w postaci zakodowanej) danym, z których składa się rozwiązanie. Dla przykładu: w przypadku problemu komiwojażera populacja zawierałaby różne cykle Hamiltona przedstawione jako ciągi wierzchołków lub krawędzi składających się na dany cykl, natomiast w przypadku problemu, którego rozwiązaniem jest pojedyncza wartość liczbowa, populacja może być zbiorem liczb przedstawionych w postaci binarnej, jako ciągi zero-jedynkowe. Niezależnie od przyjętej formy i postaci, populacja powinna być losowym podzbiorem przestrzeni rozwiązań danego problemu. Rozmiar populacji jest ustalany arbitralnie.

2.1.1.2 Selekcja

Selekcja, zwana także reprodukcją, jest procesem mającym na celu wyłonienie z aktualnej populacji najbardziej wartościowych osobników (najlepszych rozwiązań) przy jednoczesnym zapewnieniu różnorodności genetycznej populacji w następnym pokoleniu.

W pierwszej kolejności należy określić jakość każdego z aktualnie rozpatrywanych rozwiązań. Dla każdego z nich obliczana jest jego wartość za pomocą tzw. funkcji celu (zwanej też, w nawiązaniu do teorii ewolucji, funkcją przystosowania). Obliczenia te zazwyczaj uwzględniają wartości zapisane w genomie danego osobnika, ale postać funkcji celu jest zależna od rozwiązywanego problemu i formy, w jakiej zapisane są rozwiązania.

Następnie dokonywana jest selekcja na podstawie wartości osobników. Najprostszym sposobem jej realizacji jest metoda ruletki, czyli losowy wybór, w którym prawdopodobieństwo wybrania danego osobnika jest wprost proporcjonalne do jego wartości. Metoda ta jest wystarczająca do prawidłowego działania algorytmu, choć można ją wzbogacić o mechanizmy przeciwdziałające dominacji jednego z osobników lub zapewniające przetrwanie najlepszego z nich. Bez względu na wybraną metodę, wybrany osobnik zostaje dodany do nowego zbioru, który będzie stanowił następne pokolenie populacji lub podstawę dla jego utworzenia, jednocześnie pozostając w dotychczasowej populacji, co umożliwia jego ponowny wybór. Proces ten jest powtarzany do momentu osiągnięcia założonej liczebności nowego zbioru.

2.1.1.3 Krzyżowanie

W procesie krzyżowania dokonywana jest wymiana informacji genetycznej pomiędzy parami osobników z dotychczasowej populacji. Wymianie mogą podlegać losowe fragmenty genomu lub jego pojedyncze elementy (tzw. geny). Osobniki, które mają zostać skrzyżowanie, są również wybierane losowo, a po zakończeniu wymiany nie biorą udziału w dalszych iteracjach tego procesu. Operacja jest powtarzana dopóki w populacji występuje choć jedna para osobników nie poddanych krzyżowaniu.

2.1.1.4 Mutacja

Operacja mutacji polega na zmianie wartości losowych genów. Podobnie jak w naturze, prawdopodobieństwo zajścia takiej zmiany powinno być bardzo niskie.

2.1.2 Zastosowanie algorytmów genetycznych w grach komputerowych

Gry komputerowe nie są wymieniane wśród czołowych obszarów zastosowań algorytmów genetycznych, co może budzić zdziwienie, zważywszy na istnienie szeregu zagadnień w ramach tego medium, w których ukierunkowana losowość i adaptacyjność, charakterystyczne dla algorytmów genetycznych, wydają się być pożądane. Dotyczą one przede wszystkim dostosowania mechanik gry do działań graczy – czy to w celu zwiększenia realizmu interakcji, czy dla urozmaicenia rozgrywki – czego przykładem może być mechanika dynamicznego poziomu trudności.

Nie jest jednak oczywiste ani pewne czy algorytmy genetyczne zapewniają odpowiednie rozwiązanie(?) w tych kwestiach. Jest to spowodowane kilkoma[?] czynnikami. [???]

2.1.2.1 [Zastosowanie – do jakich problemów się nadają?]

Nawet pobieżna analiza problemów, do rozwiązywania których używane są algorytmy genetyczne, pozwala na wyróżnienie kilku cech wspólnych, które należałoby uznać za sprzyjające a może nawet konieczne.

Pierwszą z nich jest obecność funkcji matematycznej zawartej w opisie problemu, która może posłużyć za funkcję celu. Za przykład mogą posłużyć zadania optymalizacyjne polegające na poszukiwaniu ekstremum wspomnianej funkcji. Odpowiednio zdefiniowana funkcja celu pozwala na jednoznaczne przyporządkowanie wartości osobnika danej kombinacji jego genów. Jest to istotne dla procesu znajdowania najlepszego rozwiązania – wprowadza element stałości i stabilizacji do tego silnie losowego procesu, ukierunkowując poszukiwania.

Wspomniana jednoznaczność wynika ze swoistej „statyczności” problemu, rozumianej jako niezmienność opisujących go danych i warunków determinujących rozwiązanie. Można to też określić jako poszukiwanie jak najlepszego rozwiązania dla jednego, ściśle określonego problemu. Przykładem dobrze ilustrującym sens tej idei jest wspomniany już problem komiwojażera, w przypadku którego w zadanym grafie ważonym należy odnaleźć najmniejszy cykl obejmujący wszystkie jego wierzchołki. Graf pozostaje zawsze taki sam – w trakcie rozwiązywania nie zmienia się ani liczba wierzchołków, ani połączenia między nimi, ani wagi krawędzi. Jakąkolwiek z wymienionych zmian należałoby zinterpretować jako wygenerowanie nowego grafu, a w konsekwencji – nowego problemu do rozwiązania. Analogicznie przykładem problemu nie spełniającego tego założenia mogłoby być rozpoznawanie pisma – zadanie wymagające analizy wielu próbek, z których każda stanowi właściwie osobny problem do rozwikłania. W tym przypadku zastosowanie znajdują sieci neuronowe, które na podstawie dotychczasowych problemów „uczą się” rozwiązywać kolejne. Co prawda algorytmy genetyczne również są stosowane do tworzenia systemów uczących się, jednak jest to „nauka” metodą prób i błędów przez wielokrotne podchodzenie do tego samego zadania. Możliwość zastosowania takiej metody jest istotną cechą łączącą omawiane tu problemy.

Kolejnym elementem, na który warto zwrócić uwagę, jest zakres dopuszczalnych rozwiązań. Stosowanie algorytmów genetycznych jest zasadne w przypadkach, w których możliwy kompromis pomiędzy jakością wyniku a czasem uzyskania go. Akceptowalność rozwiązań reprezentowanych przez osobniki jest określana poprzez porównanie przyporządkowanej im wartości funkcji celu z ustalonym wcześniej progiem. Wspomniany kompromis powoduje, że wartość tego progu jest istotnie niższa od maksymalnej możliwej dla danego problemu. To z kolei oznacza, że osobnik będący końcowym rezultatem pracy algorytmu genetycznego jedno z rozwiązań „wystarczająco dobrych”, nie koniecznie najlepsze. W przypadkach, w których taki kompromis nie jest możliwy, o wiele bardziej zasadne jest zastosowanie wyspecjalizowanego algorytmu analitycznego.

[O zastosowaniu w grach – problem interaktywności]

Podstawowym czynnikiem stojącym na przeszkodzie zastosowaniu mechanizmu algorytmów genetycznych w grach komputerowych zdaje się być ich interaktywność. Działania gracza powodują zmianę stanu gry a każda taka zmiana oznacza nowy problem do rozwiązania.

[Problem 2.: nieznany cel i brak ściśle zdefiniowanej metody oceny]

W rezultacie zmianie ulega także [ocena osobników?] - osobnik początkowo reprezentujący wartościowe(?) rozwiązanie w nowych warunkach może [stracić na wartości / być daleki od najlepszego rozwiązania]. To sprawia, że ścisłe powiązanie osobnika z wartością [nie jest odpowiednie w tym przypadku] – potrzebna jest metoda oceny uwzględniająca [dodatkową zmienność]

Być może metoda oceny mogłaby być ściśle powiązana lub wynikać z działań gracza.

[działania gracza ważniejsze od genów dla oceny jakości osobników]

[Problem 3.: Czas wykonania jednego cyklu pracy AG] Powiązanie oceny osobników z działaniami gracza wydłuży czas potrzebny do ukończenia selekcji. Ocena polegająca na obliczeniu wartości funkcji matematycznej przyjmującej geny jako argumenty jest szybsza.

[Rozwiązanie] Opisanych wyżej problemów można uniknąć, stosując AG do zadań niezależnych od działań gracza i innych źródeł zmienności [zadania te dotyczą raczej tworzenia gry lub jej elementów, a nie samej rozgrywki]

[To nie rozwiązanie tylko unik]

Właściwe rozwiązanie tego problemu wymagałoby znalezienia metody oceny [uwzględniającej dodatkową zmienność].

Możliwe jest jednak, że mechanizmy AG dadzą zadowalające wyniki nawet w tak niesprzyjających warunkach.

[Terminologia związana z grami i związek z pojęciami dotyczącymi algorytmów genetycznych]

[Uzasadnienie tematu]

[Wykorzystane technologie]

3. OPIS APLIKACJI