

## Streszczenie

**Tytuł:** *Zastosowanie algorytmów ewolucyjnych w wielokrokowych Grach Obronnych Stackelberga*

W rozprawie zbadana została możliwość zastosowania algorytmów ewolucyjnych do poszukiwania aproksymacji stanu równowagi w wielokrokowych grach obronnych Stackelberga (ang. *Stackelberg Security Games*). Gry obronne Stackelberga rozgrywane są pomiędzy dwoma niesymetrycznymi graczami nazywanymi Obrońcą i Atakującym. Obrońca wybiera swoją strategię jako pierwszy, a następnie Atakujący, znając strategię Obrońcy, decyduje się na wybór własnej, co stawia go w uprzywilejowanej sytuacji. Celem gry jest znalezienie równowagi Stackelberga czyli takiej pary strategii Obrońcy i Atakującego, dla których zmiana strategii przez któregokolwiek z graczy pogorszy jego oczekiwany rezultat. Zostało udowodnione, że w przypadku klasy gier rozważanych w rozprawie poszukiwanie tej równowagi jest problemem NP-trudnym.

Model gier obronnych Stackelberga ma istotne znaczenie praktyczne i jest szeroko wykorzystywany w rzeczywistych scenariuszach, takich jak zabezpieczenie lotnisk, walka z kłusownictwem w Afryce czy ochrona statków pasażerskich.

W literaturze dotychczas dominowały podejścia oparte o technikę programowania liniowego i całkowitoliczbowego (MILP), które są nieefektywne pod względem czasu obliczeń i zużywanej pamięci, co czyni je nieskutecznymi w przypadku większych gier.

W rozprawie zaproponowany został algorytm wzorowany na biologicznej ewolucji, który poszukuje optymalnego rezultatu poprzez przetwarzanie populacji potencjalnych rozwiązań. Skuteczność opisanego podejścia została zweryfikowana przez szereg eksperymentów, obejmujących szeroką klasę gier o różnej charakterystyce i poziomie skomplikowania. Otrzymane wyniki pokazały, że zaproponowane podejście w przeważającej większości przypadków zwraca rezultaty optymalne lub bardzo bliskie optymalnym. Jednocześnie charakteryzuje się ono krótszym czasem obliczeń i mniejszym zużyciem pamięci niż metody MILP, co pozwala na rozwiązywanie gier większych i bardziej skomplikowanych. Dodatkowymi atutami zaproponowanego algorytmu są jego uniwersalność oraz łatwość adaptacji do różnych wariantów gier, takich jak gry z częściową

---

obserwowalnością, gry z ograniczoną racjonalnością Atakującego, czy gry z niepewnością obserwacji.

W rozprawie przeprowadzono wnikliwą analizę działania zaprezentowanego podejścia, przedstawiono wyniki eksperymentów dotyczących różnych wariantów algorytmu i porównanie ich z najlepszymi metodami opisanymi w literaturze. Dodatkowo zaproponowane zostały dwa istotne rozszerzenia bazowej wersji algorytmu wykorzystujące sztuczne sieci neuronowe (podejście neuroewolucyjne) oraz dodatkową rywalizującą populację (podejście koewolucyjne).

Wyniki przeprowadzonych eksperymentów pokazały, że zastosowanie algorytmów ewolucyjnych do poszukiwania równowagi w grach obronnych Stackelberga niesie szereg korzyści i stanowi wartościową alternatywę względem innych stosowanych obecnie metod.

**Słowa kluczowe:** *algorytmy ewolucyjne, gry obronne, równowaga Stackelberga*

*A. Zychowski*