



UNIwersytet Jagielloński
Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki
Stosowanej

TOMASZ BOROWSKI

SZTUCZNA INTELIGENCJA
W SYMULATORZE DZIAŁAŃ
ANTYTERRORYSTYCZNYCH

PRACA MAGISTERSKA NAPISANA POD KIERUNKIEM

DR HAB. PIOTRA BIAŁASA

KRAKÓW 2012

Streszczenie

Niniejsza praca dyplomowa omawia projekt gry symulacyjnej, w której gracz ma możliwość planowania i przeprowadzania działań antyterrorystycznych. Zastosowane w projekcie algorytmy sztucznej inteligencji, typowe dla gier wideo, zostały uzupełnione algorytmami realizującymi charakterystyczne dla strony konfliktu taktyki. Dokumentacja projektu jest uzupełniona opisem technologii HTML5 Canvas oraz bibliotek JavaScript wykorzystanych podczas implementacji.

Spis treści

Streszczenie	2
Oświadczenie	4
Wprowadzenie	5
Rozdział 1. State of Art	7
1. Planowanie operacji antyterrorystycznych w rzeczywistości	7
2. Gry symulacyjne	9
3. Sztuczna inteligencja w grach	10
4. Istniejące rozwiązania: Tom Clancy's Rainbow Six	13
5. HTML5 Canvas i Kinetic.js	14
Bibliografia	16
Spis tabel	17
Spis rysunków	18

Oświadczenie

Świadomy odpowiedzialności prawnej oświadczam, że złożona praca magisterska pt.: „Sztuczna inteligencja w symulatorze działań antyterrorystycznych” została napisana przeze mnie samodzielnie.

Równocześnie oświadczam, że praca ta nie narusza prawa autorskiego w rozumieniu ustawy z dnia 4 lutego 1994 roku o prawie autorskim i prawach pokrewnych (Dz.U.1994 nr 24 poz. 83) oraz dóbr osobistych chronionych prawem cywilnym.

Ponadto praca nie zawiera informacji i danych uzyskanych w sposób nielegalny i nie była wcześniej przedmiotem innych procedur urzędowych związanych z uzyskaniem dyplomów lub tytułów zawodowych uczelni wyższej.

Wprowadzenie

Gry wideo, które dotychczas kojarzone były niemal wyłącznie z pojęciem interaktywnej formy dostarczania rozrywki, od wielu lat zdobywają coraz to nowsze pola zastosowań. Przykładem tutaj mogą być gry oparte o zasadę tzw. *edutainment* (w tłum. *edurozrywka*)¹. Mają one na celu efektywne przekazywanie wiedzy dzięki swojemu atrakcyjnemu i rozrywkowemu charakterowi, w takich dyscyplinach naukowych jak biologia, fizyka, informatyka lub języki obce. Innym polem zastosowań elementów gier jest biznes. Coraz częściej można spotkać się z pojęciem *gamefication* (w tłum. *grywalizacji*) miejsca pracy. Określa ono zestaw technik i narzędzi związanych z grami, które pomagają motywować pracowników do lepszego wykonywania powierzonej im pracy. Dzieje się to poprzez nagradzanie najlepszych pracowników wirtualnymi punktami doświadczenia, osiągnięciami oraz umieszczaniem ich wizerunku na szczytach rankingów². Wreszcie, możemy mieć również do czynienia z grami symulacyjnymi. Ich celem jest umożliwienie graczom doznawania wrażeń znanych z rzeczywistości, a których oni bezpośrednio mogą na co dzień nie doświadczać. Wśród takich gier można wyróżnić gry, których celem jest szkolenie użytkowników - np. symulatory lotu - oraz te, których głównym celem jest dostarczenie użytkownikom rozrywki - np. symulator prowadzenia sieci pizzerii.

Niniejsza praca dyplomowa skupia się na projekcie gry symulacyjnej, która odwzorowuje, w dużym uproszczeniu, działania oddziałów antyterrorystycznych podczas szturmów na budynek, zajęty przez wrogie jednostki. Użytkownik grający w tę grę ma możliwość stworzenia schematu budynku, parametryzacji liczby jednostek po

¹przykładowy serwis z grami edukacyjnymi - <http://www.edugames.pl/>

²przykładowa aplikacja bazująca na idei grywalizacji - <https://dueprops.com/>



RYSUNEK 0.1. Fligt Simulator 2004 - przykład gry symulacyjnej

obu stronach konfliktu oraz określenia planu działania antyterrorystów. Na podstawie tej konfiguracji gra przeprowadza symulację szturmu na budynek, którą gracz może obserwować.

Realizacja tego projektu obejmuje zaprojektowanie i zaimplementowanie gry oraz omówienie taktyk stosowanych przez strony konfliktu. Zwrócona jest szczególna uwaga na twórcze wykorzystanie algorytmów sztucznej inteligencji, charakterystycznych dla gier wideo. Uzupełnieniem dokumentu jest przedstawienie technologii i bibliotek, które zostały wykorzystane podczas implementacji.

ROZDZIAŁ 1

State of Art

1. Planowanie operacji antyterrorystycznych w rzeczywistości

Problem terroryzmu i skutków, jakie może on wyrządzać ludności, jest dla instytucji państwowych podstawą do przygotowywania długoterminowych strategii jego zapobiegania. Strategie te ujęte są w dokumentach¹ przygotowywanych przez instrumenty państwowe. Opisują one środki i metody zabezpieczania obywateli przed aktami terroryzmu. Niestety, w zetknięciu z rzeczywistością bywają one nie zawsze skuteczne.

Mając do czynienia z aktem terroryzmu, polegającym na przejęciu kontroli przez terrorystów nad pewną przestrzenią (np. nad budynkiem), służby odpowiadające za bezpieczeństwo podejmują szereg działań, które mają na celu zminimalizować ryzyko utraty zdrowia lub życia przez osoby postronne (w tym ew. zakładników). Prócz zabezpieczenia okolicznego terenu (odizolowaniu go od cywili oraz mediów) oraz prowadzenia negocjacji z terrorystami, bardzo ważnym elementem jest przygotowanie planu przejęcia zakładników oraz ew. eliminacji terrorystów z użyciem siły. Do takiej czynności może dojść w przypadku, gdy terroryści odmówią negocjacji, bądź gdy zaczynają zabijać zakładników.

Proces planowania akcji antyterrorystycznych jest często charakterystyczny dla przeprowadzającej go jednostki specjalnej i zawsze jest strzeżony tajemnicą. Jednakże na przełomie kwietnia i maja 1980 roku, gdy grupa sześciu terrorystów przejęła kontrolę nad Ambasadą Irańską w Londynie, biorąc za zakładników 26 osób, to brytyjskie jednostki specjalne przeprowadziły skuteczną eliminację terrorystów

¹polskim przykładem jest dokument "Narodowy Program Antyterrorystyczny RP na lata 2012-2016"

Planowana czynność	Realizacja (Nimrod)
(1) Przygotowanie IA Plan ⁴	(1) Szturm ambasady od głównego wejścia i zabezpieczanie budynku piętro po piętrze
(2) Zbieranie danych	(2) Zainstalowane podsłuchy w ścianach, snajperzy jako obserwatorzy, sprawdzanie punktów wejścia pod osłoną nocy
(3) Rozpoznanie wroga	(3) Wywiad dostarcza dane osobowe terrorystów, którzy starali się o wizy w ambasadzie Wielkiej Brytanii w Belgradzie
(4) Rozpoznanie wyposażenia wroga	(4) Jeden z uwolnionych zakładników informuje policję o liczbie i uzbrojeniu terrorystów
(5) Rozpoznanie terenu	(5) Analizowane są plany architektoniczne budynku i prowadzona jest konsultacja z woźnym ambasady
(6) Określenie niezbędnych środków	(6) Cztery drużyny (24 żołnierzy), pistolety maszynowe MP5, ładunki wybuchowe, granaty ogłuszające, liny itp.
(7) Określenie punktów wejścia	(7) Wejście przez dach, wejście przez balkony na pierwszym piętrze, wejście tylnymi drzwiami na parterze
(8) Określenie punktów ewakuacji	(8) Ewakuacja zakładników do ogrodu za budynkiem ambasady

TABELA 1.1. Czynności dokonywane podczas planowania operacji antyterrorystycznej

na oczach całego świata². Dzisiaj Operacja Nimrod jest szczegółowo udokumentowana licznymi artykułami³, książkami oraz dokumentami wideo. Dzięki tej wiedzy jesteśmy w stanie odtworzyć proces planowania takiej akcji antyterrorystycznej, co zostało ukazane w tabeli 1.1. Spełnienie wszystkich wymienionych czynności znacznie zwiększa szanse na powodzenie operacji: uratowanie zakładników, eliminacja terrorystów i nieodniesienie strat własnych przez jednostkę przeprowadzającą atak.

²świadcami operacji byli dziennikarze wielu stacji telewizyjnych, a wśród zakładników byli m. in. reporterzy BBC

³przy przygotowywaniu tej pracy został wykorzystany artykuł ze strony Elite UK Forces[1]

W grze symulacyjnej, będącej przedmiotem tej pracy dyplomowej, gracz może zaplanować podstawowe elementy operacji antyterrorystycznej:

- (1) zdefiniować liczbę terrorystów i antyterrorystów
- (2) zaplanować jednopoziomową architekturę budynku
- (3) oznaczyć punkty kluczowe wokół których można spodziewać się obecności terrorystów
- (4) zdefiniować punkt wejścia oraz punkt ewakuacji

2. Gry symulacyjne

Gatunek gier symulacyjnych charakteryzuje się wiernym odzwierciedlaniem realiów świata rzeczywistego lub fikcyjnego. Prócz zastosowania rozrywkowego, gry symulacyjne wykorzystuje się do celów szkoleniowych (np. wirtualna nauka jazdy) lub badawczych (np. analiza bezpieczeństwa terytorialnego). Wśród symulacyjnych gier wideo należy wymienić kilka podgatunków⁵:

Symulatory budowania i zarządzania: cechują się brakiem obecności wroga, którego gracz musi pokonać. Są to gry o pewnych procesach (ekonomicznych, politycznych, wytwórczych itp.), w ramach których gracz odgrywa rolę architekta i zarządcy. Obiektami budowanymi mogą być parki rozrywki, porty lotnicze, szpitale, zoo czy też miasta. Im lepiej gracz rozumie zachodzące procesy, tym skuteczniejszy w wykonywaniu powierzonych mu zadań. Pierwszym symulatorem tego typu była gra **SimCity** [Maxis 1989].

Symulatory życia: pozwalają na kontrolowanie istnień i rozwijaniu relacji między nimi. Mechanizmy są to podobne do symulatorów budowania i zarządzania i często nie ma określonego kryterium zwycięstwa. Gry symulacyjne, gdzie gracz hoduje zwierzę lub jakiś antropomorficzny twór, skupiają się na tworzeniu i rozwijaniu relacji tej formy życia z graczem. Przykładami takich gier jest **The Sims** [Maxis 2000] oraz **Spore** [Maxis 2008].

⁵przedstawiona lista wywodzi się z podziału przedstawionego w książce A. Rollingsa i E. Adamsa[2] i dopełniona jest podgatunkami omawianymi w różnych publikacjach internetowych

Symulatory sportowe: pozwalają graczowi na wirtualne uprawianie dyscyplin sportowych, których zasady i kryteria zwycięstwa są zgodne z rzeczywistymi odpowiednikami⁶. Często takie symulatory wymagają od swoich twórców modelowania rzeczywistych postaci ze świata sportu, wraz z uwzględnieniem ich umiejętności, charakterystycznych ruchów czy ubioru. Przykładami takich gier są gry z serii **Pro Evolution Soccer** [Konami] oraz **NBA Live** [EA Sports].

Symulatory pojazdów: mają na celu dostarczyć graczom wrażeń, jakie mogliby odczuć podczas kierowania rzeczywistymi pojazdami, w określonych warunkach. Tego typu gry najczęściej charakteryzują się bardzo wysoką wiernością odzwierciedlenia pojazdów, do której należy zaliczyć takie czynniki jak wygląd, parametry jazdy lub lotu, wyposażenie oraz sterowanie. Przykładami takich gier jest seria **Colin McRae Rally** [Codemasters] oraz seria **Microsoft Flight Simulator** [Microsoft].

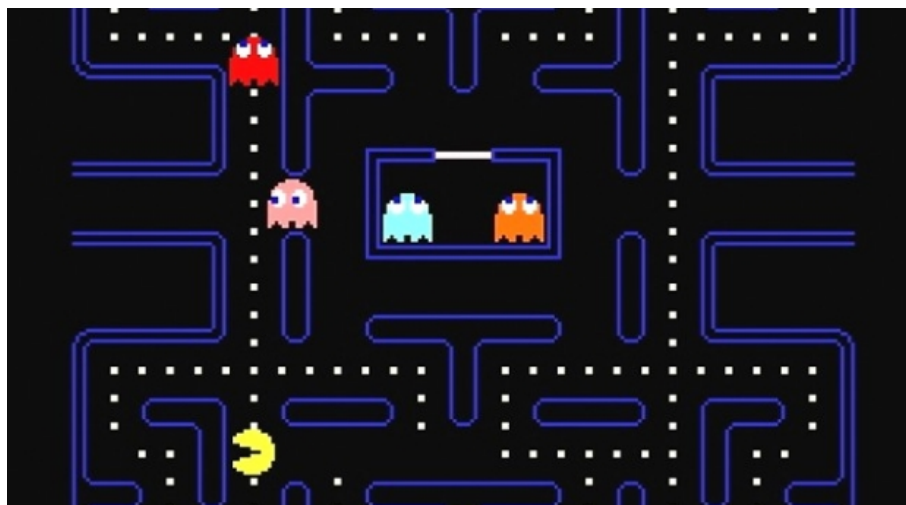
Symulatory czynności i zawodów: to dość popularny w ostatnim czasie typ gier. Mają one na celu umożliwienie graczom na wirtualne wykonywanie prac związanych z zawodami, którymi na co dzień się nie zajmują. Przykładami takich gier jest **Symulator Farmy 2011** [Atari / Infogrames 2011] czy **Symulator Koparki 2011** [astragon Software 2011]. Realizm nie jest tutaj najważniejszym kryterium.

Grę symulacyjną, będącą przedmiotem tej pracy dyplomowej, można sklasyfikować w podgatunku symulatorów czynności i zawodów.

3. Sztuczna inteligencja w grach

Sztuczna inteligencja, jako dział informatyki, zajmuje się analizą zachowań człowieka oraz formalizowaniem (np. w postaci algorytmów) zaobserwowanych procesów m.in. myślowych i decyzyjnych. Dzięki takiej analizie jest możliwe przygotowywanie

⁶choć część zasad może być wyłączana, np. czas trwania meczu piłkarskiego lub błąd kroków w koszykówce



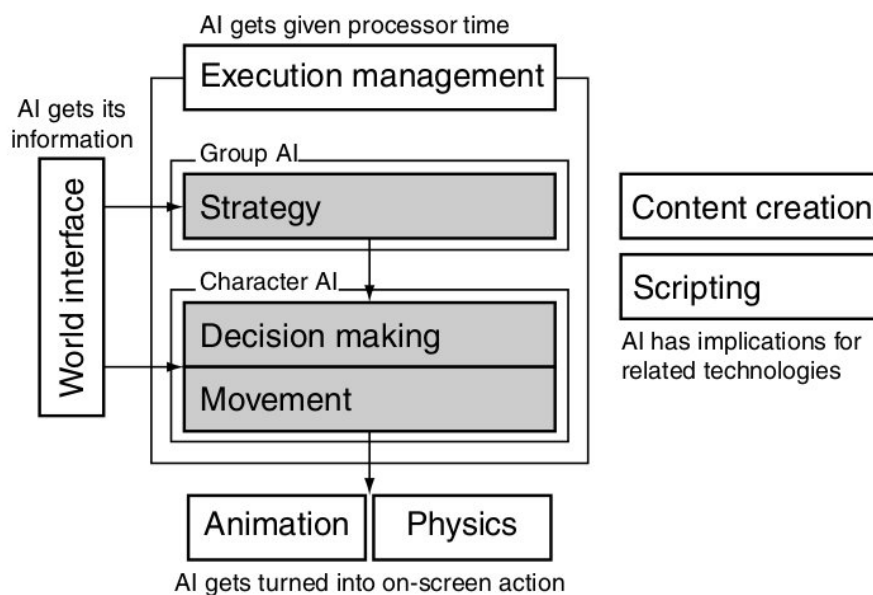
RYSUNEK 3.1. Pac-Man - przykład prostych technik sztucznej inteligencji w grach

programów, pozwalających na rozwiązywanie problemów, które do tej pory były domeną ludzką. Przykładami mogą tu być wyszukiwanie danych, rozpoznawanie obiektów, synteza mowy lub podejmowanie decyzji. W tym celu algorytmy sztucznej inteligencji mogą wykorzystywać implementacje takich zagadnień jak sieci neuronowe, algorytmy genetyczne czy logika rozmyta.

W grach wideo sztuczna inteligencja najczęściej sprowadza się do zastosowania prostych technik sztucznej inteligencji, które mają na celu zaspokoić trzy podstawowe potrzeby bohaterów gry[3]:

- zdolność poruszania się
- zdolność do podejmowania decyzji gdzie należy się poruszyć
- zdolność taktycznego i strategicznego myślenia

Pac-Man [Namco, 1980] była jedną z pierwszych gier, która posiadała zauważalne dla odbiorców elementy sztucznej inteligencji. Gracz, poruszając się po dwuwymiarowym labiryncie, zdobywał punkty zjadając kropki (rysunek 3.1). W tej czynności aktywnie przeszkadzały mu cztery duchy, które starały się podążać korytarzami labiryntu w kierunku gracza. Od strony implementacyjnej gra opierała się o bardzo prostą maszynę stanową, która dla duchów definiowała dwa stany: podążaj za



RYSUNEK 3.2. AI Model - zdefiniowany przez I. Millingtona i J. Funge

graczem i uciekaj od gracza. Na każdym skrzyżowaniu dróg labiryntu podejmowana była decyzja⁷ o następnym kierunku.

W późniejszych grach elementy myślenia i podejmowania decyzji stawały się coraz bardziej rozbudowane. Przykładem jest gra **Goldeneye 007** [Rare Ltd. 1997], gdzie postaci zostały wyposażone w system symulowanych zmysłów. Jedna postać analizowała pulę informacji ze świata gry, co pozwalało np. na dostrzeżenie martwego towarzysza i wykonanie odpowiedniej reakcji na ten fakt, czyli zmiany własnego stanu.

Analizując elementy składowe sztucznej inteligencji w grach wideo, należy odwołać się do modelu AI (rysunek 3.2). Postaci z gry posiadają wiedzę (całościową lub częściową) o świecie w którym funkcjonują (*World interface*). Na podstawie tej wiedzy każda postać, za pomocą odpowiednich algorytmów, podejmuje jakieś decyzje (*Decision making*) oraz porusza się (*Movement*). Element strategii (*Strategy*) jest przetwarzany na poziomie grupy postaci i może wpływać na podejmowane przez jednostki decyzje lub wykonywane ruchy. Rezultatem bezpośrednim tych obliczeń

⁷decyzja była losowa lub poparta prostymi obliczeniami

są wykonywane animacje (*Animation*) oraz wyliczenia fizyki ruchu postaci (*Physics*). Efektem ubocznym mogą tu być zmiany stanu gry, polegające na modyfikacji elementów świata (*Content creation*) gry oraz wykonywaniu oskryptowanych akcji (*Scripting*).

W grze symulacyjnej, będącą przedmiotem tej pracy dyplomowej, będziemy mogli wyróżnić każdy z trzech elementów modelu sztucznej inteligencji:

Podejmowanie decyzji: np. otwarcie ognia do wroga lub ucieczka

Poruszanie się: np. poruszanie po ścieżce, wędrowanie

Strategia: np. role i ich przejmowanie w grupie antyterrorystów

4. Istniejące rozwiązania: Tom Clancy's Rainbow Six

Gra **Rainbow Six** [Red Storm 1998] bazuje na powieści Toma Clancy'ego o tym samym tytule, która opisuje działania tajnego, międzynarodowego oddziału antyterrorystycznego Rainbow. Gra łączy w sobie elementy FPP⁸ oraz strategii. Przeprowadzane operacje antyterrorystyczne są każdorazowo poprzedzane planowaniem szturmu na podstawie mapy lokacji (rysunek 4.1).

Przed misją gracz otrzymuje dane wywiadowcze, które posiadają zbliżony charakter do tych, które są wykorzystywane w planowaniu w rzeczywistości (szczegóły rozdziale 1). Podczas planowania misji w Rainbow Six gracz może:

- (1) zdefiniować liczbę drużyn antyterrorystów
- (2) zdefiniować liczbę antyterrorystów w drużynie oraz wskazać ich wyposażenie
- (3) oznaczyć punkty kluczowe, wzdłuż których będzie poruszać się drużyna antyterrorystów
- (4) zdefiniować lokacje, w których drużyna będzie czekała na polecenia innej drużyny

⁸First Person Perspective - gra akcji z pierwszoosobową perspektywą



RYSUNEK 4.1. Tom Clancy's Rainbow Six - planowanie operacji antyterrorystycznej

Po zaplanowaniu operacji antyterrorystycznej, gracz może uczestniczyć aktywnie w rozgrywce (będąc dowódcą jednej z drużyn) lub przyglądać się jej w roli obserwatora. Celem misji jest najczęściej odbicie zakładników, ale może też nim być rozbrojenie ładunków wybuchowych, zdobycie danych lub eliminacja konkretnej postaci. Element planowania misji wyróżnia Rainbow Six spośród innych gier o podobnej tematyce. Gra okazała się na tyle popularna, że doczekała się kolejnych części⁹.

Różnice pomiędzy planowaniem operacji antyterrorystycznej w Rainbow Six a grą symulacyjną, będącą przedmiotem tej pracy dyplomowej, wymieniono w tabeli 4.1

5. HTML5 Canvas i Kinetic.js

Canvas to część języka **HTML5**, której początki sięgają 2004 roku. Pozwala ona na dynamiczne renderowanie kształtów oraz obrazów w obrębie dokumentu HTML. Dzięki temu tworzenie animacji 2D i 3D nie wymaga instalowania dodatkowego

⁹więcej informacji o grze Rainbow Six można znaleźć w Encyklopedii Gier[?]

Rainbow Six	Gra symulacyjna
(1) Brak definiowania lokacji	(1) Posiada prosty edytor lokacji
(2) Posiada podział antyterrorystów na drużyny	(2) Dostępna jest tylko jedna drużyna antyterrorystów
(3) Szczegółowe definiowanie wyposażenia	(3) Brak możliwości definiowania wyposażenia
(4) Możliwość podglądu planu w 3D	(4) Podgląd planu wyłącznie w 2D

TABELA 4.1. Różnice pomiędzy planowaniem w Rainbow Six a przygotowaną grą symulacyjną

oprogramowania, ponieważ całość jest obsługiwana przez środowisko współczesnych przeglądarek internetowych¹⁰.

Istnieje duża ilość bibliotek javascript'owych, które ułatwiają pracę z HTML5 Canvas. Jedną z nich jest **Kinetic.js**, która dodatkowo pozwala na animowanie obiektów na scenie, przetwarzanie ich (translacje, rotacje, skalowanie itp.) oraz obsługę zdarzeń. Scena w Kinetic.js jest złożona z warstw zdefiniowanych przez użytkownika. Każda warstwa składa się z dwóch kontekstów: kontekst sceny i kontekst bufora. Podczas gdy kontekst sceny reprezentuje to, co jest renderowane na ekranie, to kontekst bufora odpowiada za wydajną obsługę zdarzeń. Każda warstwa może zawierać kształty lub grupy kształtów, które mogą być indywidualnie lub grupowo przetwarzane.

W grze symulacyjnej, będącą przedmiotem tej pracy dyplomowej, zostały zastosowane następujące biblioteki javascript'owe:

- Kinetic.js[5] - pozwala na renderowanie obiektów oraz ich przetwarzanie
- Sylvester[6] - pozwala na obliczenia na wektorach
- jQuery[7] - pozwala na przetwarzanie elementów HTML
- javascript-astar[8] - pozwala na wyszukiwanie ścieżek algorytmem A*

¹⁰ zgodność danej przeglądarki internetowej ze standardami HTML5 można sprawdzić pod adresem <http://html5test.com/>

Bibliografia

- [1] Elite UK Forces: Operation Nimrod - the iranian embassy siege. [online], 2012. [dostęp: 2012-09-10 12:00], Dostępny w Internecie: <http://www.eliteukforces.info/special-air-service/sas-operations/iranian-embassy/>.
- [2] E. Adams A. Rollings, editor. *Andrew Rollings and Ernest Adams on Game Design*. New Riders Publishing, New Jersey, 2003.
- [3] J. Funge I. Millington, editor. *Artificail Intelligence for Games - second edition*. Morgan Kaufmann Publishers, Burlington, 2009.
- [4] Gra tom clancy's rainbow six - encyklopedia gier — gry-online.pl. [online], 2012. [dostęp: 2012-09-10 12:00], Dostępny w Internecie: <http://www.gry-online.pl/grasp?ID=3102>.
- [5] Eric Drowell. *Kinetic.js Home Page*, 2012. wersja 3.10.5, [dostęp: 2012-09-10 12:00], Dostępny w Internecie: <http://www.kineticjs.com/>.
- [6] James Coglan. *Sylvester Home Page*, 2012. wersja 0.1.3, [dostęp: 2012-09-10 12:00], Dostępny w Internecie: <http://sylvester.jcoglan.com/>.
- [7] jQuery Team. *jQuery Home Page*, 2012. wersja 1.8.1, [dostęp: 2012-09-10 12:00], Dostępny w Internecie: <http://www.jquery.com/>.
- [8] Brian Grinstead. *A* Search Algorithm in JavaScript*, 2012. wersja 0.1.3, [dostęp: 2012-09-10 12:00], Dostępny w Internecie: <http://www.briangrinstead.com/blog/astar-search-algorithm-in-javascript-updated>.

Spis tabel

1.1 Czynności dokonywane podczas planowania operacji antyterrorystycznej	8
4.1 Różnice pomiędzy planowaniem w Rainbow Six a przygotowaną grą symulacyjną	15

Spis rysunków

0.1 Fligt Simulator 2004 - przykład gry symulacyjnej	6
3.1 Pac-Man - przykład prostych technik sztucznej inteligencji w grach	11
3.2 AI Model - zdefiniowany przez I. Millingtona i J. Funge	12
4.1 Tom Clancy's Rainbow Six - planowanie operacji antyterrorystycznej	14