



Łódź, 9 września 2022

dr hab. inż. Adam Wojciechowski, prof. PŁ
Instytut Informatyki
Wydział Fizyki Technicznej, Informatyki i Matematyki Stosowanej
Politechnika Łódzka

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Tytuł rozprawy: **Tworzenie narracji komputerowej gry fabularnej z użyciem transformacji grafowych**

Autor rozprawy: **mgr Iwona Grabska-Gradzińska**

Promotor: **prof. dr hab. Ewa Grabska**

Promotor dodatkowy: **dr Wojciech Palacz**

Niniejsza recenzja została sporządzona na wniosek Rady Naukowej Dyscypliny Informatyka Techniczna i Telekomunikacja, Uniwersytetu Jagiellońskiego, która mocą uchwały z dnia 7 lipca 2022 roku powołała mnie na recenzenta w przewodzie doktorskim Pani mgr Iwony Grabskiej - Gradzińskiej.

1. Zakres tematyczny rozprawy

Tematyka rozprawy dotyczy zagadnień formalnego opisu struktur fabuły gier wideo ze szczególnym uwzględnieniem fabularnych gier przygodowych, gdyż proces projektowania, implementacji i weryfikacji wątku fabularnego w grach wideo jest wciąż istotnym wyzwaniem dla ich twórców. Proces tworzenia i wykorzystywania określonych struktur narracyjnych znany i rozwijany jest już od dawna przez teoretyków literatury. Jednakże dopiero w przypadku gier, które charakteryzują się nieliniową narracją, problem staje się istotnie złożony. W takim przypadku sprawdzenie spójności narracyjnej, porównywanie lub automatyczne generowanie fabuł jest zazwyczaj dużym wyzwaniem. Formalizacja struktur narracyjnych, która łączy dokonania literatury (np.: teorię morfologii bajki magicznej Władmira Proppa) i informatyki (np.: transformacje grafowe z procedurą generacyjną), jest zagadnieniem interesującym i oczekiwanym przez przemysł gier wideo, przemysł filmowy jak również inne dziedziny gospodarki korzystające z mechanizmów grywalizacji, w których wątek fabularny odgrywa istotną rolę, np. coraz popularniejsze gry poważne dedykowane seniorom, czy psychologiczno-medyczne symulacje terapeutyczne. Na polu interdyscyplinarnych badań, szczególnie przydatne okazują się narzędzia informatyczne, pozwalające na modelowanie i prototypowanie aktualnego stanu systemu oraz jego zmian w czasie. Taka wrażliwość techniczna towarzyszyła w badaniach również Doktorantce, która właściwie zdiagnozowała problem, opracowała autorski model formalny wraz z jego transformacjami, a następnie zaimplementowała go w wybranym środowisku programistycznym i zweryfikowała praktycznie pod kątem kilku postawionych hipotez. W kontekście powyższych uwag, zarówno zakres jak i problematykę rozprawy doktorskiej należy uznać za bardzo ciekawą i aktualną, zarówno pod względem teoretycznym jak również praktycznym.

2. Zawartość i układ pracy

Rozprawa doktorska obejmuje 167 stron i składa się z 6 głównych rozdziałów, podsumowania oraz bibliografii podzielonej na zakresy tematyczne, zawierającej 119 pozycji, jak również odpowiednich

spisów i bardzo przydatnych dodatków, zawierających m.in. objaśnienia symboli używanych w pracy, słowniczek pojęć, czy źródła JSON schema dla opracowanych produkcji.

Rozdział pierwszy przytacza bardzo ciekawe literaturoznawcze fundamenty teoretyczne, na bazie których została zrealizowana praca. Osadzenie struktur grafowych w teorii konstrukcji tekstu literackiego (np. struktur narracyjnych Władimira Proppa) i typologii gier komputerowych (np. dystynktywnej kategoryzacji gier wg *Espena Aarsetha*) zostało opracowane w bardzo ciekawy i inspirujący sposób. Zarówno analizy jak i spostrzeżenia wynikają z głębokiej interdyscyplinarnej wiedzy Doktorantki, która w profesjonalny sposób łączy elementy formalizmów algorytmicznych z teoriami obecnymi w literaturze i w świecie gier wideo. Pozostając pod wrażeniem wiedzy i umiejętności kojarzenia interdyscyplinarnych teorii z formalizacją problemu (np.: graf stanu świata, hierarchizacja transformacji modyfikujących stan świata, koncepcja uszczegóławiania transformacji osadzona w pojęciu produkcji generycznych, in.) stwierdzam, że Doktorantka zaprezentowała doskonałe wyczucie potrzeb i zaproponowała systematyczne działania zmierzające do rozwiązania problemu projektowania/ustrukturyzowania fabuły gier wideo. To przekłada się na przejrzystość i zasadność postawionego problemu badawczego oraz klarowność motywacji stojącej za autorską próbą rozwiązania postawionego problemu.

Celem badań było opracowanie koncepcji opisu schematów fabularnych komputerowych gier przygodowych w oparciu o reprezentację grafową i grafową procedurę generacyjną.

Tezą pracy było udowodnienie, że zaproponowany w rozprawie nowy model grafowy wraz z procedurą generacyjną jest odpowiedni do:

- opisu struktur fabularnych przygodowych gier wideo,
- implementacji mechanizmów symulatora rozgrywki gracza fabularnych gier przygodowych w celu testowania linii fabularnych,
- tworzenia mechanizmów współpracy projektowej w zespołowym tworzeniu gier,
- analizowania fabuł formalnie zakodowanych w postaci grafu rozgrywki, zarówno przeprowadzonych przez gracza w czasie rzeczywistym jak i hipotetycznych.

Rozdział 3, który obejmuje formalny opis nowego autorskiego modelu grafowego, został poprzedzony bardzo użytecznym studium przypadku – opisem fabuły przykładowej gry „Royal Envoy”, która stanowi obrazową referencję podczas opisywania szczegółów modelu formalnego. Model narracyjny gry fabularnej odwzorowuje istotne obiekty świata, relacje i zależności pomiędzy nimi. Podstawą modelu jest skierowany graf stanu świata gry, w którym możemy wyróżnić cztery podstawowe typy wierzchołków: lokacje, bohaterowie, przedmioty i wiedza narracyjna. Każdy typ wierzchołków wraz z relacjami między nimi tworzy warstwę. Działania typowe dla mechaniki gier wideo są możliwe do zakodowania poprzez transformację grafu według formalnych reguł zwanych produkcjami – grafowymi procedurami generacyjnymi.

Ze względu na złożoność grafu opisującego nieliniową fabułę, nawet średnio rozbudowanych gier wideo, niezbędne było przyjęcie pewnego schematu grupującego węzły grafu w podgrafy snopkowe (ew. podgrafy półsnopkowe). To bardzo obrazowy, a jednocześnie przydatny mechanizm reprezentacji grafu sceny (graf sceny można traktować jako las podgrafów snopkowych osadzonych w podgrafie warstwy lokacji poprzez korzenie - lokacje), który realnie pozwolił na praktyczną implementację (zagnieżdżenie zapisu grafu w formacie JSON) i analizę modelu formalnego. Doktorantka tworząc autorski model formalny instrukcji nie zapomniała o tak kluczowych aspektach jak predykaty stosowalności wykonania akcji, własności generyczne pozwalające definiować akcje

w sposób bardziej ogólny (na węzłach bez etykiet) oraz o hierarchizacji akcji, zapewniającej częściowy porządek w zbiorze produkcji. Kolejne sekcje rozdziału 3 przedstawiają drobiazgowy i poparty cennymi przykładami iteracyjny opis formalny grafów n-warstwowych z częściowym bądź pełnym etykietowaniem oraz ich (grafów lub ich instancji) dopasowanie generyczne. Opis nowego modelu jest poprawny i głęboko profesjonalny.

Na kanwie wprowadzonego modelu formalnego w rozdziale 4 zaprezentowano założenia (specyfikację standardu implementacji) systemu StoryGraph, który jest przygotowaniem do implementacji opracowanego modelu formalnego dla czterech warstw. Obejmuje zarówno instancję grafu czterowarstwowego jak i struktury odpowiadające produkcji (graf, predykaty stosowalności, procedura modyfikująca). Doktorantka bardzo drobiazgowo i starannie przedstawiła strukturę grafu wielosnopkowego (grafu oraz instancji), strukturę predykatów stosowalności oraz strukturę instrukcji, który uzupełniony o format opisu danych, stanowi podstawę do kodowania rozwiązań implementacyjnych w wybranym języku programowania. Ciekawa jest dyskusja przyjętych ograniczeń, które zostały omówione w kontekście zasad kształtowania fabuły.

Rozdział 5 poświęcony jest praktycznej implementacji referencyjnej, wykonanej w języku Python. Rozdział umożliwia zapoznanie się z praktyczną realizacją algorytmu wyszukiwania generycznego grafu czterowarstwowego, który w ujęciu ogólnym (znajdowanie grafu izomorficznego) jest zagadnieniem NP-trudnym. Dzięki sprowadzeniu struktury grafowej do grafu wielosnopkowego, ze wskazanym węzłem podmiotu produkcji, możliwe było zaproponowanie algorytmu dopasowanego do specyfiki danych fabularnych oraz jego implementacja. Architektura implementacji referencyjnej jest oparta o znane i dostępne technologie, które umożliwiają popularyzację rozwiązania (dostępność na platformie GitHub). Wśród licznych funkcjonalności najciekawsza wydaje się symulacja rozgrywki dzięki testowaniu linii fabularnych. Uzupełniona o algorytmy analizy grafu stanu świata i automatycznego generowania produkcji może stanowić doskonały mechanizm do automatycznego testowania fabuły w grach.

Bezcenne narzędziowo są również funkcjonalności pozwalające na wizualizację świata, produkcji i ich hierarchii. Obecnie narzędzia wizualne stanowią podstawowy pomost pomiędzy specjalistyczną wiedzą techniczną a ekspertami z innych dziedzin, którym przykładowo powierzono zadania utworzenia struktury fabularnej gry wideo. Interdyscyplinarne kompetencje i zainteresowania, które łączy w sobie Doktorantka są rzadkością na współczesnym rynku.

Rozdział 6 został poświęcony zastosowaniom stworzonego modelu strukturalizowania fabuły, którego główną motywacją, dzięki formalizacji zależności pomiędzy akcjami gracza, było kontrolowanie spójności gry. Schematy zachowań są dodatkowo gwarancją projektowania konsekwentnych schematów akcji, stymulujących u gracza procesy dedukcyjne i budujących poczucie immersji oraz unifikujących pracę projektantów. Własności takie mają zaprojektowane produkcje generyczne, które oczywiście w razie potrzeby mogą zostać uszczegółowione. Produkcje zostały dodatkowo częściowo uporządkowane (drzewo hierarchii produkcji) usprawniając w ten sposób pracę projektantów. Hiper parametr „override” pozwala priorytetyzować produkcje szczegółowe i jednocześnie blokować produkcje generyczne. Możliwe warianty hierarchizacji produkcji zostały opatrzone wieloma cennymi przykładami wraz z kodami.

Ostatnim wątkiem rozdziału 6 są przykłady i perspektywy zastosowania stworzonego systemu StoryGraph w praktycznej realizacji projektów gier (m.in.: „Dragon Story” i „Royal Envoy”). Schemat współpracy projektantów gry w systemie, uzupełniony schematami misji i zależności pomiędzy misjami, pozwala systematycznie podejść do procesu projektowania gier i w pełni go kontrolować. System pracy w oparciu o zaproponowane modele i schematy znalazł praktyczne zastosowanie

w studenckich zespołach projektowania gier. Dowodzi to jego poprawności i praktycznej przydatności w rzeczywistych scenariuszach projektowych.

Inspirujące są perspektywy wykorzystania systemu StoryGraph nie tylko do wspierania projektantów, ale również do testowania rozgrywki (np. w połączeniu ze śledzeniem punktów fiksacji wzroku).

Reasumując, przedłożona do oceny rozprawa doktorska prezentuje nowatorski model grafowy do strukturyzowania fabuły. Głównym przeznaczeniem modelu są gry wideo, ale potencjał wykorzystania modelu jest dużo szerszy. Praca jest zredagowana bardzo starannie i uzupełniona wieloma obrazowymi przykładami. Warty docenienia jest pogłębiony opis formalny, który w sposób logiczny i chronologiczny wdraża czytelnika w kolejne aspekty opracowanego modelu. Bezsprzecznie należy uznać, że cele pracy zostały osiągnięte. Postawione względem opracowanego modelu grafowego zadania, opisane hipotezami, zostały dowiedzione.

3. Uzyskane wyniki

Do kluczowych wyników prac i osiągnięć Doktorantki niewątpliwie można zaliczyć:

1. Nowatorski model grafowy struktur fabularnych znajdujący zastosowanie w projektowaniu gier wideo. W szczególności wartościowa była koncepcja grafu snopkowego, która odzwierciedla struktury narracyjne, ułatwia reprezentowanie zależności pomiędzy obiektami w grze, a także istotnie upraszcza zadanie wyszukiwania podgrafu w grafie świata gry.
2. Zbiór funkcji (produkcji) operujących na grafach, które dzięki swojej generyczności (z możliwością sprecyzowania), wzorowanej na koncepcjach analitycznych zaczerpniętych z teorii literatury, umożliwiają praktyczną realizację fabuły zarówno z perspektywy projektanta jak i gracza. Dodatkowo zapis formalny pozwala na zachowanie, odtworzenie i ewentualne wykorzystanie (np. analizę) ram fabularnych gry.
3. Mechanizm formalnej hierarchizacji całości narracyjnych i przesłaniania produkcji umożliwia podział prac projektowych w zespołach oraz zapewnia spójność i logiczne powiązania pomiędzy decyzjami projektowymi na różnych etapach procesu projektowania.
4. Specyfikację systemu StoryGraph, utworzoną na bazie modelu formalnego, która umożliwia implementację, zgodną z założeniami systemu, niemalże w dowolnym języku i środowisku programistycznym.
5. Implementację referencyjną, która umożliwiła praktyczną weryfikację własności opracowanego modelu grafowego i tym samym udowodnienie tez postawionych w pracy.

Przedstawiony zakres dokonań Doktorantki należy uznać za znaczący i mający istotny wkład do dyscypliny informatyka techniczna i telekomunikacja, w szczególności w zakresie metod formalizowania struktur narracyjnych przy wykorzystaniu, inspirowanej teorią literatury, teorią grafów i przekształceń grafowych. Należy również podkreślić, że wyniki badań zostały zaprezentowane na co najmniej kilkunastu renomowanych, międzynarodowych konferencjach (bibliografia odwołuje się do 15 prac z udziałem Doktorantki) oraz zostały opublikowane w tomach pokonferencyjnych renomowanych serii wydawniczych. Szerzej ujmując dorobek Doktorantki, w bazie SCOPUS można znaleźć 17 prac z Jej udziałem. Prace z udziałem Doktorantki zostały już częściowo zauważone w środowisku, o czym świadczy wysoka liczba cytowań (79 na dzień sporządzania recenzji) oraz współczynnik Hirscha równy 3. Są to bardzo dobre wskaźniki bibliometryczne, które z racji na publikację aż dziesięciu prac w ostatnich trzech latach (2020-2022), na pewno w niedługim czasie istotnie jeszcze wzrosną.

4. Uwagi

Lektura rozprawy doktorskiej, która obejmuje tak wiele interdyscyplinarnych wątków związanych z opracowaniem formalnego opisu struktury fabularnej skłania do pytań i refleksji, które w żaden sposób nie podważają zaprezentowanych wyników i osiągnięć, ale świadczą, że przedstawiona do oceny praca jest ciekawa i inspirująca oraz ma przestrzeń do dalszych badań.

1. Jak deklaruje Doktorantka (str. 87) przygotowanie świata gry, w którym mają być wykonywane produkcje odbywa się poprzez skrypty. Jak praktycznie i w jakiej chronologii realizowany jest ten proces? Czy istnieje wizualne narzędzie do zarządzania (nadzorowania) grafem stanu świata gry i regułami produkcji?
2. Jakie ograniczenia ma system StoryGraph? Chociaż Doktorantka przedstawiła wybrane ograniczenia systemu i uzasadniła je specyfiką mechaniki gier to powstaje pytanie czy formalna podbudowa systemu nie utrudnia skalowania struktur fabularnych – np. dla złożonych gier RPG? Czy spójność fabuły gry odbywa się jedynie w drodze testowania wielu wariantów, czy istnieją może procedury weryfikacji np. redundancji produkcji? Jakie własności systemu StoryGraph pozwalają go nazwać silnikiem (str. 131)?
3. Czy istnieją rekomendacje odnośnie kolejności tworzenia produkcji (lub ich hierarchii) dla nowej fabuły gry wideo? Czy trudność przekonwertowania pomysłu (koncepcji) na formalne reguły gry leży jedynie w głowie projektanta?
4. Chociaż zgodnie z deklaracjami Autorki pracy system StoryGraph nie został jeszcze przygotowany do automatycznego generowania fabuły to powstaje pytanie jaki jest pomysł na realizację tej funkcjonalności? Jakie jest prawdopodobieństwo uzyskania tzw. „wrażenia niesamowitości” wytworzonych ścieżek fabularnych?
5. Jak przy procesie generacyjnym można wykorzystać techniki sztucznej inteligencji, o których wspomina Doktorantka?

W zakresie edytorskim i językowym należy podkreślić wysoką staranność w przygotowaniu rozprawy. Praca jest zredagowana bardzo czytelnie, ma logiczny i zrozumiały układ, zaś język którym posługuje się Doktorantka jest przemyślany i zgodny z fachową terminologią dziedzinową. W pracy można doszukać się niewielkich uchybień językowo redakcyjnych, które w żaden sposób nie podważają mojej wysokiej oceny pracy, np.:

1. Odwołania w przypisach dolnych na str. 11 i 16 do dodatków A i B zostały opatrzone błędną numeracją stron.
2. W pracy można znaleźć nieliczne błędy edytorskie i językowe, np.: „Są one są” (str. 82); „produkcje” (str. 83); „procedury dopasowana” (str. 92); „sterowanych przez gracza i nie.” (str. 98);

5. Podsumowanie

Przytoczone przeze mnie niewątpliwe osiągnięcia Doktorantki pozwalają jednoznacznie stwierdzić, że Pani mgr Iwona Grabska-Gradzińska wykazała się właściwą wiedzą z zakresu tworzenia i adaptacji modeli grafowych do formalnego strukturyzowania fabuły w grach wideo. Opanowała i właściwie posługuje się warsztatem naukowym, potrafi krytycznie myśleć oraz wyciągać konstruktywne i ciekawe wnioski. Potrafi implementować swoje pomysły z pomocą narzędzi informatycznych, praktycznie weryfikując autorskie modele teoretyczne. Zadbana też o to, aby wyniki jej prac były odpowiednio udokumentowane i spopularyzowane, o czym świadczą liczne i zauważone przez środowisko publikacje naukowe. Uważam, że przedłożona do oceny rozprawa doktorska Pani mgr

Iwony Grabskiej-Gradzińskiej zawiera oryginalne i kompleksowe rozwiązania ważnego i aktualnego problemu badawczego, jest dowodem na wysoką ogólną wiedzę teoretyczną i umiejętności prowadzenia przez Doktorantkę prac naukowych. Tym samym **rozprawa** moim zdaniem **spełnia z wyraźnym nadmiarem** wymogi Ustawy z dnia 14.3.2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki, z późniejszymi zmianami. Osiągnięcia Doktorantki wnoszą bardzo wyraźny i istotny wkład naukowy w dyscyplinę naukową informatyka techniczna i telekomunikacja, który zasługuje na **wyróżnienie rozprawy**. Dysertacja bowiem prezentuje nowatorskie, doskonale udokumentowane i kompleksowe rozwiązanie problemu naukowego. Praktyczną przydatność opracowanego rozwiązania w projektowaniu gier wideo Doktorantka potwierdziła kilkoma zrealizowanymi lub nadzorowanymi projektami gier. Zaproponowany model wypełnia lukę w interdyscyplinarnym obszarze projektowania i weryfikacji fabuły gier wideo. Dodatkowymi argumentami wspierającymi mój wniosek o wyróżnienie jest wysoka aktywność publikacyjna Doktorantki. Zaproponowane przez Panią mgr Iwonę Grabską-Gradzińską rozwiązanie zostało pozytywnie przyjęte na wielu renomowanych konferencjach międzynarodowych z listy MNiE, w tym na konferencji o randze A według bazy CORE. Wniosuję o dopuszczenie Doktorantki do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Adam Wojciechowski