

dr hab. inż. Waldemar Rakowski, prof. uczelni

Wyższa Szkoła Ekonomiczna w Białymstoku
Katedra Informatyki i Metod Ilościowych

Białystok, 20 stycznia 2025

Recenzja rozprawy doktorskiej
dla Rady Naukowej Dyscypliny Informatyka Techniczna i Telekomunikacja
Politechniki Warszawskiej

Tytuł rozprawy: Wspomaganie decyzji sędziów w zakresie miejsca upadku lotki względem pola gry podczas meczów badmintonu

Autor rozprawy: mgr inż. Michał Kopania

Celem doktoratu było opracowanie i wdrożenie systemu informatycznego czasu rzeczywistego do akwizycji za pomocą układu kamer sekwencji wideo przebiegu meczu badmintonu i wskazującego miejsce upadku lotki badmintonu z dokładnością znacznie przewyższającą percepcję sędziego obserwującego mecz i tym samym umożliwiającego korektę spornych decyzji sędziów. Fundamentalnym zagadnieniem związanym z opracowaniem modelu zachowania się lotki w przedziale czasu od chwili odbicia jej przez uczestnika gry do chwili jej upadku na pole gry jest wybór kompromisu pomiędzy wymaganiami mocy obliczeniowej zastosowanych algorytmów i kosztami sprzętu komputerowego. Algorytmy zostały dobrane w taki sposób, aby przetwarzanie danych wideo na kilku jednocześnie pracujących komputerach klasy komputerów osobistych umożliwiło osiągnięcie wskazanego wyżej celu, tj. podjęcie decyzji o tym czy lotka upadła w polu gry czy poza nim z ryzykiem pomyłki na poziomie statystycznym kilku procent. Algorytmy zostały dobrane tak, aby osiągnąć założony cel przy różnym oświetleniu hali, również przy oświetleniu sztucznym przy którym może występować zjawisko migotania, co stanowi znaczne utrudnienie w podjęciu poprawnej decyzji.

W pracy omówiono fundamentalne dla opracowanego systemu algorytmy, w szczególności dotyczące wykrywania i śledzenia obiektów w sekwencjach wideo. Ze względu na liczbę algorytmów z konieczności omówiono je tylko nieznacznie głębiej niż encyklopedycznie. Zamieszczono odwołania do artykułów źródłowych; bibliografia liczy 118 pozycji i jest wyczerpująca.

Autor opracował nowatorski algorytm detekcji lotki w sekwencji wideo. Polega on na wygenerowaniu ramki różnicowej z dwóch kolejnych ramek, usunięciu z ramki różnicowej dużych obiektów, które nie mogą być lotką i na podstawie 7 kolejnych ramek różnicowych wygenerowanie tzw. ramki akumulacyjnej. W ramce akumulacyjnej wyodrębniane są obiekty będące tzw. kandydatami na lotkę. W drodze filtracji odrzucane są te obiekty kandydujące, które nie pasują do modelu lotki. Za lotkę przyjmowany jest obiekt, którego trajektoria pasuje do modelu trajektorii lotki. Prosty algorytm śledzący wyznacza kolejne położenia lotki. W rozprawie na stronie 66 podano: „Dokładne wyznaczenie miejsca odbicia zostało opisane w rozdziale *Algorytm wyznaczania korka lotki i miejsca odbicia o podłoże*.”, ale takiego rozdziału nie ma, jest natomiast punkt o tej nazwie w podrozdziale 3.4 rozdziału 3 (strona 96), w którym Autor przedstawił własny algorytm wyznaczania korka lotki i miejsca odbicia o podłoże, wykorzystujący modele geometryczne i trajektorie śledzonych obiektów.

W zaimplementowanym systemie, który z założenia miał być systemem komercyjnym, Autor użył 14 kamer rozmieszczonych na obrzeżu kortu i 7 komputerów do przetwarzania pozyskiwanych przez kamery sekwencji wideo. Każda z kamer „widziała” tylko fragment kortu, a komputer przetwarzał dane z dwóch kamer. Taka konfiguracja pozwoliła osiągnąć aktualne wymagania rynkowe narzucane na tego typu systemy.

Autor rozprawy jest współautorem dwóch publikacji ściśle związanych z tematyką rozprawy ujętych w Bibliografii jako pozycje 6 i 25. System wspomagający decyzje sędziów podczas meczów badmintonu przedstawiony w rozprawie jest oryginalnym zastosowaniem wyników prac własnych Autora w sferze gospodarczej i społecznej i uzyskał status doktoratu wdrożeniowego według kryteriów Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Na stronie 4 rozprawy podano, że „Konkretne osiągnięcie naukowe zostało wdrożone w sferze gospodarczej - kompleksowy system wspomagania [...] opracowany wspólnie z drugim doktorantem Jarosławem Nowiszem”. Wprawdzie w paru miejscach w rozprawie Autor wzmiankuje o algorytmach opracowanych przez pana Nowisza i wykorzystanych w opracowanym systemie, jednakże wskazanym byłoby scharakteryzowanie głównego indywidualnego wkładu każdego z doktorantów w opracowanie systemu, co może się odbyć podczas obrony pracy doktorskiej.

Wartościowym rozdziałem rozprawy jest rozdział 5 *Dyskusja i podsumowanie rozprawy*. W rozdziale tym nawiązano do istniejących systemów wspomagających podejmowanie decyzji przez sędziów dedykowanych dla innych gier np. tenisa, piłki nożnej czy siatkówki. W porównaniu do wymienionych gier, w których obiektem do rozpoznania i śledzenia jest kula, w przypadku badmintonu obiektem do rozpoznania i śledzenia jest lotka o budowie i kształcie znacznie bardziej skomplikowanej. Badania Autora dotyczące zachowania się lotki w locie są unikalne i zostały one zastosowane z sukcesem do opracowania systemu wspomagania decyzji sędziów w badmintonie. W

omawianym tu rozdziale szczegółowo scharakteryzowano akwizycję danych, na podstawie których możliwa była ocena skuteczności działania systemu i wykazanie, że wyniki działania systemu były na poziomie 94%. To było powodem rozbudowy interfejsu systemu o funkcjonalność odwrotną, tj. umożliwiającą weryfikację decyzji systemu przez sędziego. W rozdziale tym Autor omawia istniejące systemy komercyjne wspomagające decyzje sędziów, które są w jakimś sensie uniwersalne, tj. możliwe do wykorzystania w różnych grach, podczas gdy opracowany system jest dedykowany do badmintona, a jego adaptacja do innych gier wymagałaby istotnych zmian w wykorzystanych algorytmach.

Rozprawa doktorska spełnia wymagania art. 187 ustawy *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* oraz wymagania podane w załączniku do uchwały nr 321/L/2023 Senatu Politechniki Warszawskiej z dnia 29 marca 2023 r. *Sposób postępowania w sprawie nadania stopnia doktora*. W kryteriach merytorycznych rozprawę uznaję za spełniającą wymagania z wyraźnym nadmiarem.

Waldemar Raczko