

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

Streszczenie

Badminton uchodzi za najszybszy sport na świecie. Podczas meczu badmintonu, lotka do badmintonu w momencie uderzenia może poruszać się z prędkością przekraczającą 400 km/h [Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania., Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.] Aktualny rekord prędkości zarejestrowany przez firmę Yonex (producent sprzętu do badmintonu) w kontrolowanym środowisku w dniu 14 kwietnia 2023 wynosi aż 565 km/h [Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.] i jest lepszy od poprzedniego z 2013 roku o 72 km/h [Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.]. Co prawda po samym uderzeniu lotka gwałtownie zwalnia, jednakże w momencie upadku na ziemię prędkość jest na tyle wysoka, że ludzkie oko nie jest w stanie dokładnie ocenić miejsca jej odbicia od podłoża. Prowadzi to do dość częstych pomyłek sędziowskich – około 20% - 24% decyzji sędziów jest błędna [Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania., Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.], co prowadzi do wielu realnych problemów, m.in. niesprawiedliwych werdyktów sędziowskich wypaczających przebieg zawodów, przedłużających się kontrowersji, czy dyskusji uderzających w atrakcyjność rozgrywek. Opracowanie narzędzia wspomagającego, które usprawni pracę sędziów liniowych ograniczając liczbę ich błędnych decyzji, zwiększając klarowność analizy i przyspieszając konsensus w przypadkach wątpliwych poprzez obiektywizację dokonywanych ocen były główną motywacją realizowanych badań.

Zasadniczym osiągnięciem przedstawionym w niniejszej rozprawie jest oryginalne rozwiązanie w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej polegające na konstrukcji efektywnego modelu zachowań upadającej lotki względem linii referencyjnych, pozwalającego ustalić i zinterpretować miejsce upadku lotki, przy możliwie dużej odporności na różnorodne, praktyczne zakłócenia i realistycznie zmieniające się uwarunkowania pomiarowe. Uzyskane wyniki własnych badań naukowych zostały zweryfikowane względem realnych zastosowań w sferze gospodarczej. Przeprowadzone w okresie kilku lat badania, oraz prace wdrożeniowe, które przedstawiono w niniejszej rozprawie, skutkowały opracowaniem i wdrożeniem praktycznego, komercyjnego systemu, który w warunkach realnych rozgrywek skutecznie wspomaga sędziów zawodów badmintonowych w ocenie miejsca upadku lotki i podjęciu kluczowej decyzji: ‘w korcie’ lub ‘aut’. Unikalnym pomysłem odróżniającym badania autora od znanych z literatury [Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania., Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania., Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.] jest wyznaczenie momentu i miejsca upadku lotki w stosunku do linii kortu na podstawie zapisu wideo tylko z jednej kamery, a nie z wielu.

Niniejsza rozprawa została przygotowana w ramach doktoratu wdrożeniowego edycji III. Celem doktoratu wdrożeniowego określonym przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego jest „rozwiązanie oryginalnego problemu naukowego oraz zagadnienia praktycznego, w taki sposób, aby

powstałe rozwiązanie można było wdrożyć”. W związku z powyższym oprócz rozwiązań konkretnych problemów naukowych, w niniejszej rozprawie przedstawiono również istotny aspekt praktyczny i biznesowy. Konkretne osiągnięcie naukowe zostało wdrożone w sferze gospodarczej – opracowany wspólnie z drugim doktorantem – Jarosławem Nowiszem kompleksowy system wspomagania (wielokamerowy układ pomiarowy, strumieniowanie danych o dużej rozdzielczości czasowej, metody analizy i interpretacji wideo online, sugerowane decyzje wspierające pracę sędziów) został zweryfikowany w praktyce podczas realnych zawodów sportowych, w szczególności był wykorzystany w Mistrzostwach Świata seniorów w Katowicach. Wyniki z systemu były prezentowane nie tylko sędziom, ale też wyświetlane na dużym ekranie w hali oraz podczas transmisji telewizyjnej. Zastosowane rozwiązanie całkowicie wyeliminowało wątpliwości zawodników dotyczące miejsca upadku lotki - w polu gry czy poza nim. Widać do doskonałości na zapisie transmisji wideo z tych zawodów, który jest dostępny na youtube.com. Linki do kluczowych momentów transmisji prezentujących efekt działania systemu są podane w referencji **[Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.]** oraz **[Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.]**.

W ramach prac badawczych autor podjął samodzielnie następujące zagadnienia naukowe:

- detekcja, segmentacja i śledzenie zachowań lotki (tj. niewielkich, szybko opadających obiektów o specyficznych cechach statycznych i dynamicznych) względem podłoża pokrytego liniami referencyjnymi na podstawie rejestrowanych online strumieni wideo o geometrii dopasowanej do specyfiki boiska i całej hali sportowej.
- wyznaczenie ramki kluczowej, najbliższej chwili upadku (odbicia lotki od kortu) celem precyzyjnej lokalizacji miejsca odbicia
- wyznaczenie położenia korka lotki badmintonowej względem referencyjnych linii kortu i określenie czy w momencie odbicia lotka znajdowała się w polu gry czy poza nim
- opracowanie dla sędziów wygodnego w użyciu oprogramowania kontrolnego pozwalającego na weryfikację automatycznej decyzji systemu

Słowa kluczowe: wizja komputerowa, sport, szybko poruszające się obiekty, detekcja obrazu, segmentacja obiektów na obrazie

Abstract

Badminton is the fastest sport in the world. A badminton shuttlecock can travel at initial speeds in excess of 400 km/h. The current Guinness world record (registered on April 14th 2023) is 565 km/h **[Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.]**. After the impact it slows down sharply, but when it hits the ground the speed is so high that the line judges often cannot tell if the shuttlecock was in or out. This leads to refereeing errors - about 20-24% of refereeing decisions are wrong **[Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.]**

The research presented in this thesis was aimed at verifying whether it is possible to build a commercial system that in real conditions can help referees of badminton competitions in assessing the place of the shuttlecock fall – in or outside the court.

This thesis was prepared as part of the third edition of the implementation doctorate. The purpose of the implementation doctorate, as defined by the Ministry of Science and Higher Education, is “to solve an original scientific problem and a practical problem in such a way that the resulting solution can be implemented”. Therefore, in addition to presenting scientific problems and their solutions, this thesis also addresses the practical and business aspects.

A specific scientific achievement was implemented in the economic sphere - the comprehensive support system developed together with the second doctoral student - Jarosław Nowisz (multi-camera measurement system, high-resolution time data streaming, online video analysis and interpretation methods, suggested decisions supporting the work of referees) was verified in practice during real sports competitions, in particular it was used in the Senior World Championships in Katowice.

As part of the research work, the following issues were undertaken:

- Detection and tracking fast-moving objects
- Badminton shuttlecock segmentation
- Finding the frame in the video stream where the ground hit occurred
- Determining the position of the badminton shuttlecock cork in relation to the reference lines of the court and determining whether the shuttlecock was in or outside the playing field at the moment of the bounce
- Developing easy-to-use control software for referees that allows for verification of the system's automatic decision

Keywords: computer vision, sport analysis, fast-moving objects, image detection, object segmentation