

Robert Dargiewicz

WYKORZYSTANIE FOTOKINEMATRII DO OCENY PRZYSPIESZEŃ PIŁKARZY NOŻNYCH

Przyspieszenie definiuje się jako pochodną prędkości i czasu (jest to miara zmienności prędkości). Przyspieszenie jest wielkością wektorową, gdzie wartość tego wektora jest równa wartości pochodnej prędkości względem czasu w danej chwili.

Jeżeli mamy dany wektor \vec{r} określający położenie punktu materialnego i wektor \vec{v} określający prędkość tego punktu, to przyspieszenie \vec{a} tego punktu obliczamy w następujący sposób:

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2} \quad [\vec{a}] = \frac{m}{s^2}$$

Jednostką przyspieszenia w układzie SI to metr na sekundę do kwadratu.

W terminologii piłkarskiej przyspieszenie jest często określane jako szybkość zrywowa, czyli zdolność organizmu zawodnika do osiągnięcia maksymalnej prędkości biegu w jak najkrótszym czasie.

Przyspieszenie ma ogromne znaczenie podczas prowadzenia gry, niemalże w każdej chwili gry jest bardzo potrzebne, zarówno w zadaniach ofensywnych jak i defensywnych. Odgrywa ono decydującą rolę zarówno w bezpośrednich pojedynkach jak i podczas gry zespołowej. W takich sytuacjach jak: wyprzedzenie przeciwnika, szybka zmiana kierunku biegu, ucieczka na wolne pole, szybki zwód, szybka zmiana miejsca w zadaniach zespołowych, sprint z piłką, sprint bez piłki i w wielu innych obliczach gry dominujące znaczenie ma właśnie przyspieszenie. Wysoka przyspieszalność i hamowalność ruchu jest obok wytrzymałości jedną z najważniejszych zdolności motorycznych współczesnego piłkarza.

Autorzy wcześniejszych opracowań (PALAFI 1967, KORČEK 1972, RAILLY I THOMAS 1976) przedstawiają bieg zrywami (przyspieszenie) jako prędkość submaksymalną. Jest to średnia arytmetyczna z prędkości maksymalnej i całkowitej średniej prędkości. Według badań prowadzonych w latach 1967-1976 wyliczono, że zawodnicy wykorzystując bieg zrywami przebiegali od 1028 m do 3130 m – tabela 1.

Tabela 1. Dystanse biegu zrywami zawodników grających na rozmaitych pozycjach zanotowane w latach 1967-1976 przez Palafai'a, Korček'a i Reilly'ego.

Dystans [m] (Palafai 1967)				Dystans [m] (Korček 1972)		Dystans [m] (Reilly 1976)	
Del Sol	1688	Sivori	1426	Obrońcy i wysunięci napastnicy (przed MŚ'70)	2070	Pomocnicy	2159
Charles	1653	Iwanow	1250	Pomocnicy i cofnięci napastnicy (przed MŚ'70)	2970	Boczni obrońcy	1588
Di Stefano	1466	Garrincha	1028	Obrońcy i wysunięci napastnicy (na MŚ'70)	2810	Środkowi obrońcy	1596
Zagallo	1508	Meschi	1304	Pomocnicy i cofnięci napastnicy (na MŚ'70)	3130	Napastnicy	1752

Inne wartości odczytujemy w wynikach prezentowanych przez Przybylskiego (1997), które dotyczą pokonanego dystansu biegu zrywami wybranych napastników podczas rozgrywek Mistrzostw Świata w 1982 roku – tabela 2.

Tabela 2. Dystans [m] pokonany przyspieszonym biegiem przez wybranych napastników podczas Mistrzostw Świata 1982 w Hiszpanii (Przybylski 1997).

Rodzaj biegu	Boniek w meczu Polska - Brazylia	Maradona w meczu Włochy - Argentyna	Sokrates w meczu Brazylia - Argentyna	Rossi w meczu Włochy - Polska	Demianienko w meczu ZSRR - Polska
Przyspieszony bieg [m]	950	860	825	1140	1100

W badaniach nad poruszaniem się polskich piłkarzy nożnych IV i III ligi Żyhoniuk (1994) stwierdza, że największą aktywnością wyróżniali się środkowi pomocnicy. Owa aktywność i krótki czas przestojów tych zawodników, spowodowały znaczne zmęczenie, co potwierdził fakt pokonania przez nich najkrótszego dystansu z maksymalną i submaksymalną intensywnością, średnio 375 m. W tym względzie, okazuje się, że napastnicy wykonali średnio najwięcej przyspieszeń i startów pokonując dystans wynoszący 638 m. Całkowita średnia odległość przyspieszeń i startów pokonana na poziomie trzeciej i międzyokręgowej ligi dla wszystkich pozycji osiągnęła wartość 524 m. (ŻYHONIUK 1994).

Badania przedstawione powyżej wydają się mało dokładne ponieważ występują duże rozbieżności w wynikach. Rozwój współczesnej techniki umożliwia przeprowadzenie badań pomiarowych w sposób bardziej precyzyjny, dokładny, uwzględniający większą ilość

czynników. Jako przykład można wskazać badania przeprowadzone przez dr Roberta Dargiewicza (2005) oraz badania przeprowadzone podczas Finału Ligi Mistrzów sezonu 2001/2002. W obu przypadkach posłużono się nowoczesną metodą analizy obrazu uzyskanego z nagrania wideo (DIWIDEOW 4.0 i EMRA SYSTEM). Badania przeprowadzone przez Reilly i Thomas (1976) i Żyhoniuk (1994) były oparte na obserwacji zawodników przez wyznaczonych obserwatorów, którzy za pomocą kodu nagrywali na taśmie audio komentarz dotyczący intensywności ruchu zawodnika. Natomiast nowoczesne metody pomiaru ruchu umożliwiają za pomocą programów komputerowych określenie wartości współrzędnych zawodników, przez co można obliczyć prędkość, przyspieszenie z jakim się poruszają i wielkość pokonanego dystansu co czyni pomiar bardziej dokładnym. W tabeli 3 zaprezentowano średni dystans [m] pokonany z wykorzystaniem wyraźnych przyspieszeń meczu finałowego Ligi Mistrzów sezonu 2001-2002 (Bayern Leverkusen – Real Madryt oraz dla zespołów K.N.- Kadry Narodowej, K.O.-Kadry Olimpijskiej i K.M.- Kadry Młodzieżowej podczas meczów na najwyższym poziomie mistrzowskim.

Tabela 3. Średni dystans [m] pokonany z wykorzystaniem wyraźnych przyspieszeń (dla zespołów K.N., K.O. i K.M. powyżej 2m/s^2) podczas meczów na najwyższym poziomie mistrzowskim.

(FIFA 2002) -Finał Ligi Mistrzów sezonu 2001/2002 – (Dystans [m])				Wyniki uzyskane przez dr Roberta Dargiewicza (Dystans [m])						
Bayern Leverkusen Zawodnik/dystans		RealMadryt Zawodnik/dystans		Dużyna/ Zawodnik	PL K.N.	Z K.N.	PL K.O.	Z K.O.	PL K.M.	Z K.M.
Lucio	582	Salgado	564	STOPER	858	628	670	689	536	512
Bastruk	634	Carlos	722	L.O.	767	685	689	677	501	457
Ballack	621	Zidane	739	P.O.P.	671	912	687	741	533	658
Schneider	974	Gonzalez	982	P.D.P.	707	857	622	774	574	603
Sebescen	640	Morientes	821	P.N.	809	802	724	730	587	614
Neuville	739	Solari	896	L.N.	708	778	701	759	541	591
90 minut									80 minut	

Z powyższej tabeli wynika, że największy dystans pokonany z prędkością powyżej 2m/s^2 pokonali defensywni pomocnicy i napastnicy. Najmniejszy dystans natomiast pokonali zawodnicy obrony. Stosunkowo niewielkie odległości pokonali ofensywni pomocnicy. W przypadku napastników charakter gry wymaga stosowania szybkich, częstych przyspieszeń w celu zmylenia przeciwnika aby wyjść na pozycję strzelecką. Dlatego też zawodnicy ataku przebiegli największy dystans. Można zauważyć, że obrońcy grali bardzo dobrze zespołowo, gdyż każdy z nich pokonał stosunkowo niewielką odległość przyspieszeniami. Rozwój taktyki umożliwi pokonywanie mniejszych odległości przez zawodników obrony, a co za tym idzie skuteczniejszą grę bloku defensywnego. Znaczne różnice w pokonanym dystansie pomiędzy ofensywą pierwszego zespołu, a defensywą drugiego, świadczą o zdobywaniu przewagi

motorycznej na drodze szybszego męczenia się tych słabszych, co w ostatecznym rozrachunku może być powodem wypracowania większej ilości sytuacji strzeleckich tych lepszych i ewentualnemu zdobyciu bramki.

Zmiany wartości przyspieszeń w połowach meczu wśród badanych formacji taktycznych na różnym poziomie mistrzowskim prezentuje tabela 4.

Tabela 4. Zmiany wartości przyspieszeń w połowach meczu wśród badanych formacji taktycznych na różnym poziomie mistrzowskim.

MECZ poziom mistrzostwa	Polska – Anglia Polska – Włochy K.N.						Polska – Norwegia K.O.						Polska – Niemcy K.M.					
	0-45		45-90		0-90		0-45		45-90		0-90		0-40		4-80		0-80	
Dystans przyspieszeń [m]																		
OBRONA	391	332	396	335	787	667	306	331	354	342	660	673	274	245	237	222	511	466
POMOC	357	428	375	433	733	862	323	365	355	372	678	737	295	321	264	306	559	626
ATAK	375	374	381	396	757	770	368	381	345	364	713	745	273	333	292	270	564	603
Czas przyspieszeń [s]	- brak zmiany wartości w stosunku do I-połowy meczu																	
OBRONA	79	67	80	68	159	135	60	65	73	69	133	134	51	46	46	42	97	88
POMOC	72	87	76	87	148	173	62	70	70	75	132	145	57	61	52	59	109	120
ATAK	75	75	77	81	151	156	72	75	73	74	145	148	52	62	55	53	107	114
Średnia prędkość [m/s]	- zwiększenie się wartości w stosunku do I-połowy meczu																	
OBRONA	4,97	4,96	4,93	4,94	4,95	4,95	5,10	5,13	4,85	4,96	4,96	5,04	5,34	5,31	5,15	5,34	5,25	5,33
POMOC	4,97	4,94	4,95	5,00	4,96	4,97	5,21	5,21	5,05	5,00	5,13	5,10	5,18	5,23	5,08	5,20	5,13	5,22
ATAK	5,04	4,98	4,97	4,92	5,00	4,95	5,15	5,11	4,72	4,95	4,93	5,03	5,29	5,41	5,30	5,13	5,30	5,29
Średnia prędkość [m/s]	- obniżenie się wartości w stosunku do I-połowy meczu																	
Cały zespół	4,99	4,96	4,95	4,95	4,97	4,96	5,16	5,15	4,87	4,97	5,00	5,06	5,26	5,32	5,18	5,22	5,22	5,27

Powyższa tabela przedstawia zmiany dystansu, czasu przyspieszeń oraz średniej prędkości zawodników podczas pierwszej i drugiej połowy meczu.

Jeżeli chodzi o dystans przyspieszeń to widoczne jest zwiększenie pokonanych odległości w drugiej połowie meczu. Sytuacja ta jest wynikiem niższej średniej prędkości przyspieszeń w czasie drugiej połowy meczu. Zawodnik pod wpływem zmęczenia jest wolniejszy, przez co musi pokonać większy dystans żeby osiągnąć swój cel (np. dogonienie zawodnika, wybiecie piłki, wyjście na pozycję strzelecką).

Jeżeli zawodnik pokonuje większy dystans, zwiększa się również czas jaki potrzebuje na wykonanie przyspieszenia.

Powyższa analiza wskazuje na to, że wysiłki interwałowe (z niewystarczającą przerwą na regenerację) najbardziej wpływają na wartość zmęczenia piłkarzy w trakcie meczu.

Z przytoczonych powyżej informacji wynika, że w nowoczesnej piłce nożnej specjalnego znaczenia nabiera umiejętność pozyskania informacji o szybkości startu, jakości i ilości zmian kierunku oraz tempa ruchu i częstość występowania biegów szybkich i z submaksymalną szybkością na 10 - 20 m.

Przykład wykorzystania fotokinematry w ocenie przyspieszeń piłkarzy nożnych

W dzisiejszym świecie powszechne jest posiadanie kamery wideo. Zakładając, że pewne metody biomechaniczne, a mianowicie fotokinematry dają możliwość uzyskania pewnych wielkości fizycznych z nagrania filmowego, to czy jest możliwe dokonanie pomiaru przyspieszeń zawodnika piłki nożnej w kontroli treningowej? (ryc.1).



Ryc.1. Widok kadru pliku filmowego w programie BANAL – badań przyspieszeń piłkarzy nożnych.

Cel i problem badawczy

Przyjęto, że przykładowym celem pracy jest określenie przyspieszeń badanych piłkarzy w oparciu o pomiary fotokinemetryczne. Określone - zmierzone przyspieszenia zostaną w dalszej części pracy zinterpretowane w kontekście indywidualnych możliwości motorycznych danego piłkarza.

Aby osiągnąć przytoczony cel pracy zadano sobie pytania i określono proste hipotezy badawcze.

Pytania badawcze:

1. Czy określona wartość maksymalnego przyspieszenia piłkarza nożnego umożliwia indywidualizację treningu w procesie szkoleniowym w piłce nożnej?
2. Czy istnieją badani piłkarze nożni wyróżniający się na tle innych ze względu na uzyskiwaną maksymalną wartość przyspieszenia ?

Hipotezy badawcze:

1. Badani piłkarze nożni charakteryzują się maksymalnym przyspieszeniem powyżej 3,0 metra na sekundę do kwadratu.
2. 30% badanych piłkarzy nożnych charakteryzuje się maksymalnym przyspieszeniem powyżej 3,5 metrów na sekundę do kwadratu.

Osoby badane i metoda badań

Osoby Badane

Obiektem zainteresowania badań była grupa trampkarzy „OSP Lechia Gdańsk”. Była to drużyna złożona z 12 – letnich chłopców, znajdująca się na etapie nauczania podstawowego, gdzie podstawowym celem treningu tych młodych piłkarzy jest kształtowanie cech woli, nauczanie wszechstronnej techniki oraz przede wszystkim stymulacja potencjału motorycznego.

Ważnym elementem w procesie szkoleniowym tych chłopców jest wyodrębnienie predyspozycji poszczególnych zawodników, w celu późniejszej specjalizacji na poszczególnych pozycjach, czemu ma również służyć poniższe badanie uzyskiwanego maksymalnego przyspieszenia.

Badaniu zostało poddanych 39 zawodników.

Badania przeprowadzono w sierpniu 2006 roku na stadionie LA Akademii Wychowania Fizycznego i Sportu w Gdańsku. Warunki pogodowe były bardzo dobre – słoneczny, bezwietrzny dzień. Grupa przed badaniem była poddana 15’ rozgrzewce i testom biegowym, w trakcie, których rejestrowano ich cyfrową kamerą wideo.

Metoda badań

Postępowanie badawcze w obrębie rejestracji obejmowało:

- 1) Rejestrację ruchu piłkarzy przy pomocy kamery wideo metodą Erdmanna z 1987 roku oraz przetworzenie zebranych danych na postać ilościową w programie BANAL Kuzory z 1996 roku
- 2) Określenie błędu pomiarowego.
- 3) Minimalizację błędów pomiarowych.
- 4) Eksportowanie danych.
- 5) Analizę danych w arkuszu kalkulacyjnym MS Excel 2000.

System zapisu i analizy gier sportowych opracowany przez Włodzimierza S. Erdmanna z Akademii Wychowania Fizycznego i Sportu w Gdańsku polega na rejestracji walki sportowej nieruchomą kamerą wideo obejmującą w kadrze całe boisko oraz na analizie kinematyki gry pojedynczych zawodników, formacji i całej drużyny.

Problem wykorzystania omawianej metody EMRA (Erdmann 1995) zaczyna się od chwili wyboru sprzętu do realizacji badań, poprzez proces rejestracji i obróbki materiału wideo, kończąc na konfiguracji sprzętu komputerowego i optymalizacji ustawień parametrów w programie BANAL (Kuzora 1998). Zestaw zagadnień metody przedstawia się następująco:

1. Rejestracja

- sprzęt: kamera, obiektyw, nośnik obrazu, statyw, inne,
- warunki środowiskowe: umiejscowienie kamery, warunki atmosferyczne (temperatura, wilgotność, opady, wiatr, oświetlenie dzienne i sztuczne), zakłócenia,
- proces zapisu: ustawienie kadru, ustawienie ostrości, ustawienie ekspozycji.

2. Proces translacji obrazu:

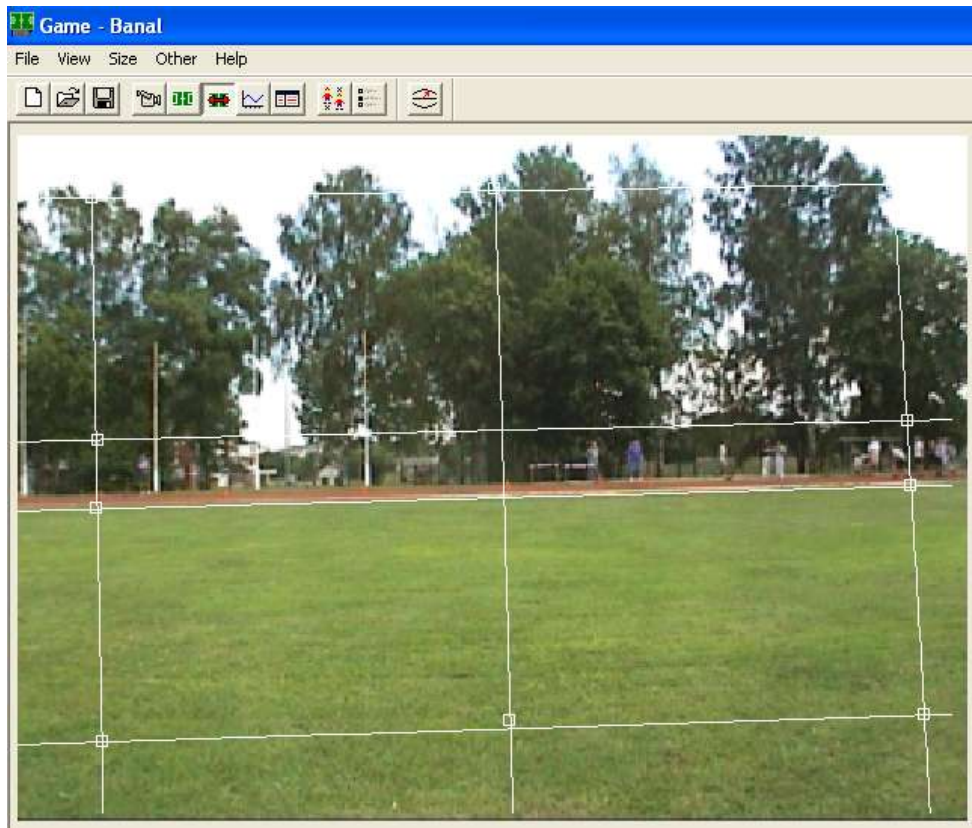
- system komputerowy: jednostka centralna i osprzęt, karta wideo, okablowanie i połączenie kamery z komputerem, digitizer, narzędzia do archiwizacji, oprogramowanie podstawowe,
- przetwarzanie obrazu: ustawienie kontrastu i jasności, wybór rozdzielczości, wybór częstotliwości klatek, wybór kodera sekwencji wideo, zapis i weryfikacja,

3. Analiza obrazu w programie BANAL: maksymalizacja rozdzielczości, próbkowanie, interpolacja,

4. Czynności kalibracyjne w programie BANAL: układ współrzędnych, kalibracja, rejestracja ruchu.

5. Możliwości prezentacyjne w programie BANAL.

Precyzyjność we wprowadzaniu danych uzyskuje się na podstawie poprawnej rejestracji materiału telewizyjnego, według zaleceń metody Erdmanna i maksymalizacji rozdzielczości zgrywanej i analizowanej sekwencji wideo. Niezbędna jest poprawna kalibracja naniesionego układu odniesienia i kolejna weryfikacja wartości wprowadzanych współrzędnych (ryc.2.). Wartości współrzędnych położenia zawodnika na boisku wprowadza się przy użyciu digitizera (ryc.3). Czynność ta wymaga manualnego posługiwania się wskaźnikiem kursora. W celu zwiększenia dokładności wskazań należy stosować program Loupe v2.2 (Aplikacja powiększa wskazywany obszar ekranu 2, 4 lub 8-krotnie.

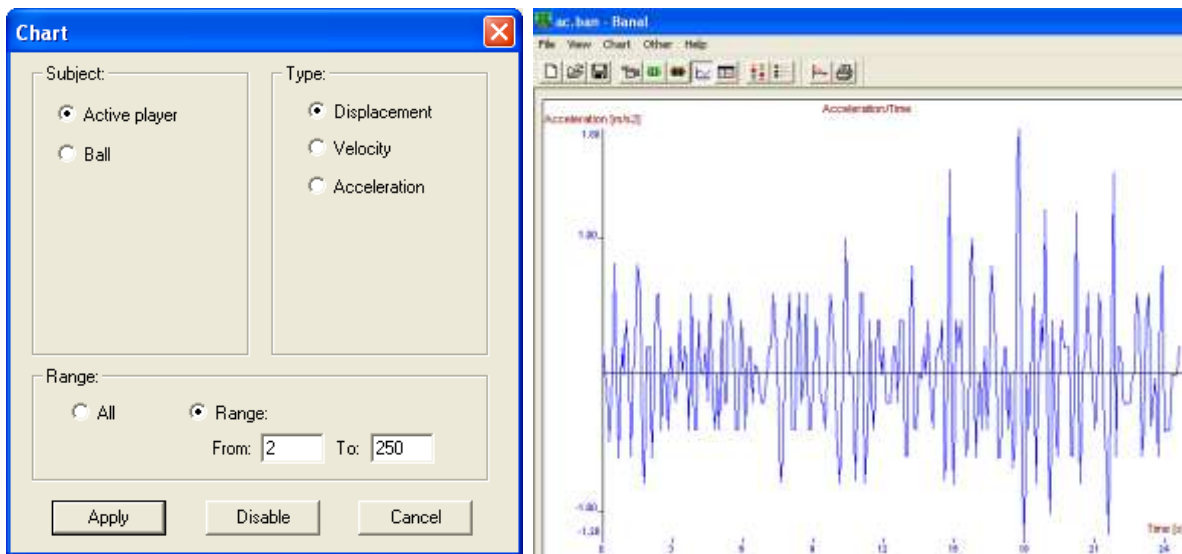


Ryc. 2. Widok siatki układu odniesienia w programie BANAL dla prowadzonego procesu pomiarowego.

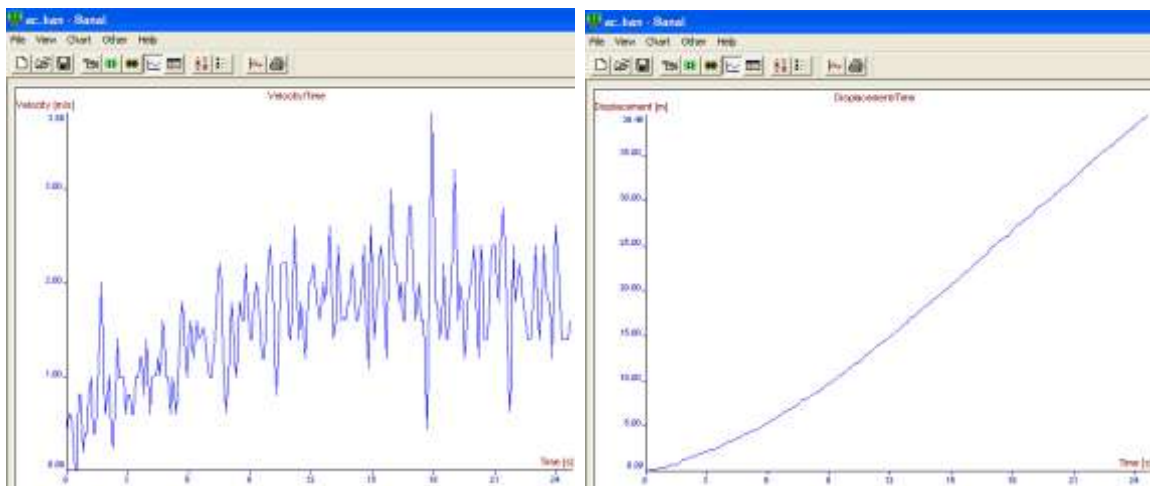


Ryc. 3. Wprowadzanie danych lokomcyjnych badanego zawodnika w programie BANAL.

Program BANAL posiada możliwość wstępnego podglądu prowadzonego pomiaru (ryc. 4, 5, 6 i 7).

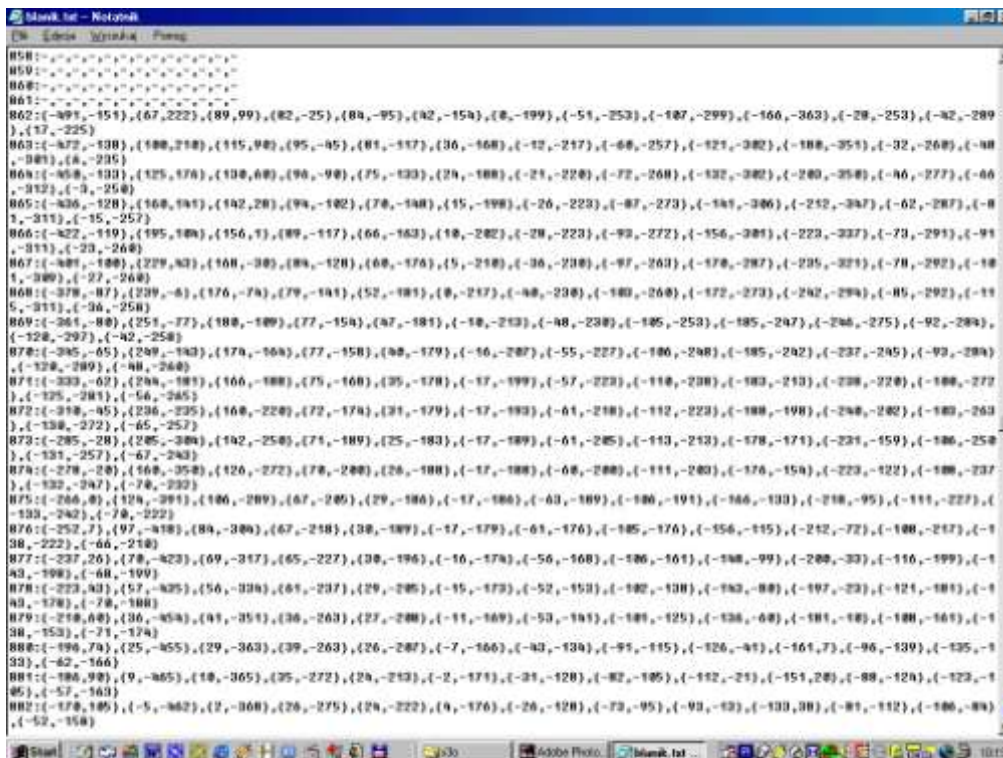


Ryc. 4 i 5. Okienko wyboru wykreślenia danej wielkości fizycznej (przyspieszenie) w danym zakresie obserwacji. Obok wykres przyspieszenia.



Ryc. 6 i 7. Po lewej wykres prędkości wygenerowany w programie BANAL i po prawej wykres pokonanej drogi.

Program BANAL posiada możliwość wyprowadzenia danych do pliku obliczeniowego. Postać pliku wynikowego zaprezentowano na rycinie 8. Wyświetlony tekst zawiera numer klatki obrazu i dalej kolejne współrzędne względne dla układu odniesienia (1000 na 1000 pikseli dla wymiarów rzeczywistych)



Ryc. 8. Screenshot pliku wynikowego ukazujący zmierzone współrzędne analizowanego pliku wideo.

Po zakończeniu wprowadzania współrzędnych wszystkich zawodników wyniki należy przenieść do arkusza kalkulacyjnego, np. Microsoft Excel 2000.

Arkusz kalkulacyjny umożliwia dalszą obróbkę statystyczną i korekcję przypadkowych błędów przy zastosowaniu metod interpolacji.

Analiza w arkuszu obejmowała:

1. Przeniesienie danych przyspieszeń (wartości czasu i współrzędnych położenia graczy) do arkusza kalkulacyjnego MS.EXCEL.
2. Wyodrębnienie pojedynczych piłkarzy (wartości czasu i współrzędne położenia graczy) w osobnych arkuszach.
3. Wyliczenie z danych współrzędnych położenia gracza i rzeczywistych wymiarów układu odniesienia (30 m odcinek) - wartości długości wektorów wypadkowych w każdym wierszu danych (odcinki drogi pokonanej przez gracza - w metrach).
4. Wyliczenie wartości drogi pokonanej przez piłkarza w każdym wierszu danych (w metrach).

5. Z uzyskanych (w pkt. 4) odcinków drogi pokonanej przez piłkarza obliczenie sumy, a dalej dla danej wartości czasu (w każdym wierszu) otrzymanie prędkości (w m/s).
6. Wyliczenie różnic pomiędzy kolejnymi wartościami prędkości uzyskanej przez gracza w stosunku do 0,02 sekundy w każdym wierszu danych (wyliczenie przyspieszenia – w m/s^2).
7. Odszukanie i przypisanie wartości przyspieszeń maksymalnych uzyskanych przez zawodnika.
8. Przeliczenie danych wszystkich zawodników.
9. Wykonanie sumacyjnych zestawień tabelarycznych.
10. Obliczenia statystyczne dla zestawień tabelarycznych – suma, minimum, średnia arytmetyczna, maksimum, odchylenie standardowe.
11. Wykonanie grafik prezentacyjnych.

Analiza wyników

W niniejszym badaniu, jak wcześniej wspomniano, wzięło udział 39 młodych - 11 i 12 – letnich zawodników klubu „OSP Lechia Gdańsk” W procesie badawczym oceniano maksymalną wartość przyspieszeń – tabela 5.

Tabela 5. Wyniki badań uzyskiwania maksymalnego przyspieszenia.

LP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Badany	KaS	KoP	DrP	SzA	SoP	BrP	BoS	SkA	BrR	CzS
Przysp OK	2,6	3,0	3,3	2,8	3,2	2,6	3,2	3,0	2,8	2,7
% śr.	82%	95%	102%	87%	101%	82%	99%	95%	88%	85%
LP	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Badany	WeJ	WoK	NeD	ZeJ	SIS	MaB	PiM	MiS	BIJ	MaD
Przysp OK	2,6	2,4	2,8	2,7	2,7	3,0	2,7	3,5	4,3	3,1
% śr.	83%	76%	88%	84%	84%	92%	85%	111%	135%	98%
LP	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Badany	WeA	WyW	BoP	SrW	KoK	DoC	SoM	FoP	TrS	HoD
Przysp OK	4,2	4,4	2,9	2,7	3,2	3,0	2,9	2,7	3,7	3,8
% śr.	130%	139%	90%	84%	101%	94%	92%	83%	115%	120%
LP	31	32	33	34	35	36	37	38	39	
Badany	KrA	JaA	SoM	KoJ	MiK	StK	SzJ	ChT	StJ	
Przysp OK	2,9	4,7	4,0	3,1	4,4	3,8	2,4	2,6	3,9	
	91%	147%	126%	96%	137%	121%	76%	81%	123%	

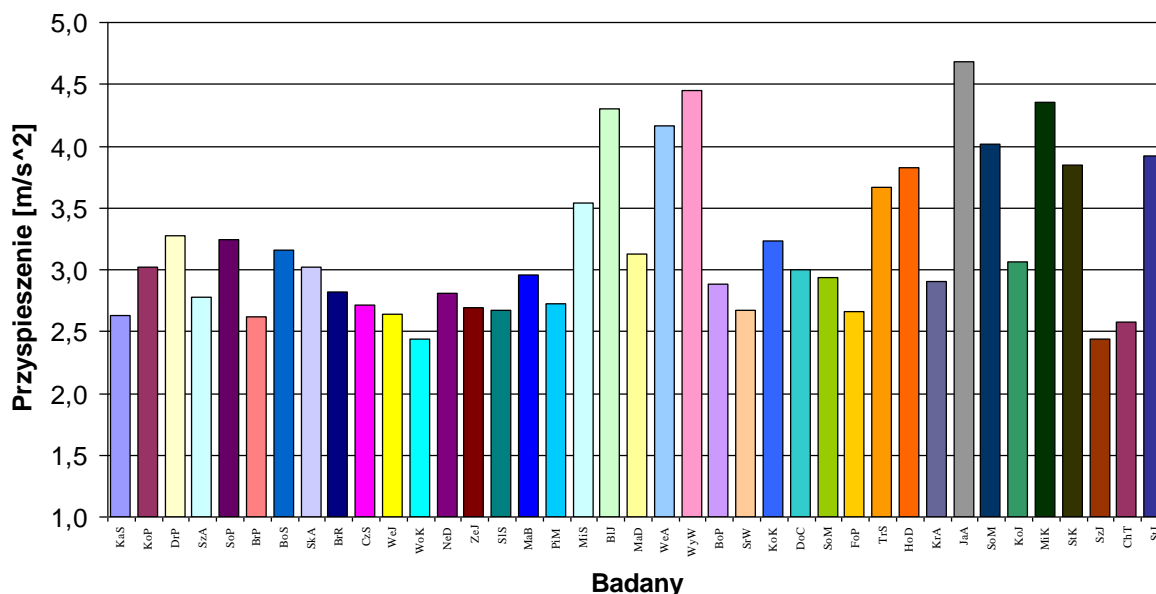
Statystyki podstawowe prezentuje tabela 6.

Tabela 6. Statystyki opisowej badań uzyskiwania maksymalnego przyspieszenia przez badanych piłkarzy.

Średnia	3,192495
Błąd standardowy	0,09913
Mediana	3,00087
Odchylenie standardowe	0,619069
Wariancja próbki	0,383246
Kurtoza	-0,24422
Skośność	0,946928
Zakres	2,243251
Minimum	2,434088
Maksimum	4,67734
Suma	124,5073
Licznik	39
Poziom ufności(95,0%)	0,200679

Okazuje się, że średnio badani uzyskują wartość swojego maksymalnego przyspieszenia na poziomie $3,2 \text{ m/s}^2$. Wartość mediany 3 m/s^2 mówi o tym, że badani mają skłonność do uzyskiwania niższej wartości maksymalnego przyspieszenia, aniżeli wartość średniej arytmetycznej.

W ocenie indywidualnej najsłabszy wynik uzyskał SzJ i WoK – $2,4 \text{ m/s}^2$, a najlepszy JaA – $4,7 \text{ m/s}^2$ - rycina 9.



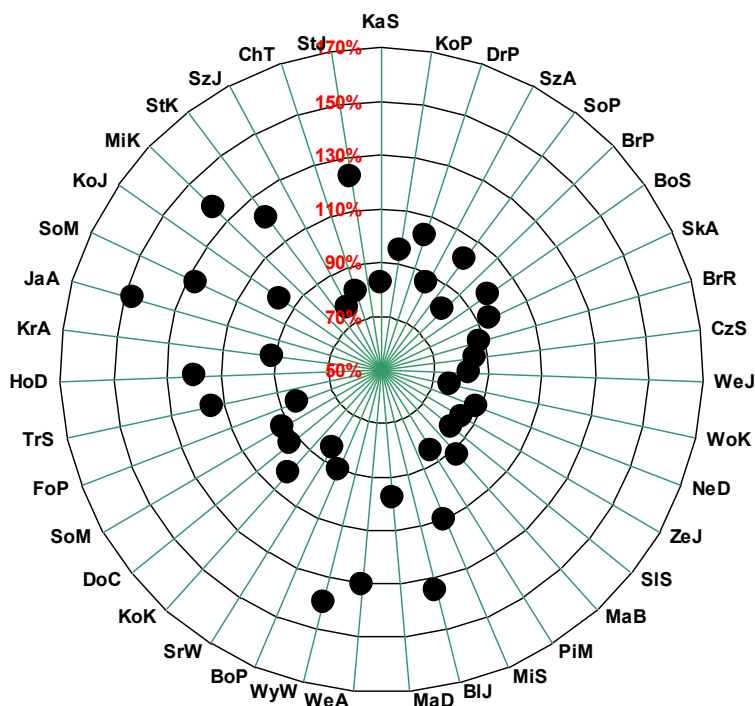
Ryc. 9. Charakterystyka badanych w uzyskiwaniu maksymalnej wartości przyspieszenia.

Wszyscy badani osiągnęli wynik wyższy niż 2 m/s^2 i jedynie 5 osób przekroczyło wynik powyżej 4 m/s^2 – są to WeA, BIJ, MiK, WyW, JaA.

Okazuje się, że MiS, TrS, HoD, StK, StJ, SoM, WeA, BIJ, MiK, WyW, JaA, osiągnęło wynik wyższy od $3,5 \text{ m/s}^2$ i jest to 11 zawodników z 39 badanych. Ogólnie daje to jedynie 28 % grupy, która przekracza wartość przyspieszenia założonego w hipotezie nr 2.

Natomiast ze względu na postawioną hipotezę 1, okazało się, że średnia wartość przyspieszenia $3,2 \text{ m/s}^2$ w badanej grupie spełniła założenia hipotezy 1, która zakładała wartość średniej na poziomie 3.0 m/s^2 .

Określając średnią arytmetyczną jako wartość bazową do obliczenia wg niej wartości względnych wszystkich badanych przyjęto, że osoba która osiągnęła wynik równy średniej arytmetycznej uzyskuje ocenę na poziomie 100%. – Rycina 10 prezentuje procentowy profil rozkładu wyników badanej grupy względem średniej arytmetycznej.



Ryc. 10. Procentowy profil rozkładu wyników badanej grupy względem średniej arytmetycznej

14 zawodników uzyskuje wyniki powyżej średniej arytmetycznej $3,2 \text{ m/s}^2$ - są to:
KoK, SoP, DrP, MiS, TrS, HoD, StK, StJ, SoM, WeA, BlJ, MiK, WyW, JaA.

12 zawodników aż w ponad 15 % odstaje od średniej arytmetycznej w grupie, osiągając wynik do $2,7 \text{ m/s}^2$ – są to: WoK, SzJ, ChT, BrP, KaS, WeJ, FoP, SIS, SrW, ZeJ, CzS, PiM.

Podsumowanie i wnioski

W przypadku najlepszych zawodników (KoK, SoP, DrP, MiS, TrS, HoD, StK, StJ, SoM, WeA, BlJ, MiK, WyW, JaA) trener może oczekiwać, iż są oni w stanie rozwijać szybciej wyższą prędkość od pozostałych swoich podopiecznych. Umożliwi to pewną indywidualizację i przydzielenie im funkcji taktycznych dla tej zdolności – np. krótkiego krycia, lub szybkiego wyjścia na pozycję, wyprzedzenie przeciwnika, etc. Posiadając dodatkowy obraz o inne motoryczne techniczne możliwości tych zawodników, trener mógłby precyzyjnie przydzielić indywidualne funkcje – rozwijać je w treningu i wykorzystywać w meczu.

Co do pozostałych (WoK, SzJ, ChT, BrP, KaS, WeJ, FoP, SIS, SrW, ZeJ, CzS, PiM) – potencjalnie słabszych szybkościowo, potencjalnie z racji tego, że są to jeszcze zawodnicy młodzi i rozwijający jeszcze swoją sprawność specjalną, trener mógłby zastosować techniki kompensacyjne w treningu, a w meczu wspierać ich działania tymi lepszymi graczami.

Na podstawie przeprowadzonych badań osiągnięto cel pracy udzielając m.in. odpowiedzi na pytania i proste hipotezy badawcze.

Dzięki fotokinemetrii określono uzyskiwane maksymalne przyspieszenia badanych piłkarzy. Zarejestrowane wyniki mogą posłużyć w przyszłości do określenia tendencji rozwoju możliwości szybkościowych tych piłkarzy w kolejnych latach procesu szkoleniowego.

Okazało się, że pomiar maksymalnego przyspieszenia piłkarza nożnego umożliwia indywidualizację treningu w procesie szkoleniowym w piłce nożnej, wstępnie dając pewne matematyczne podstawy do dalszego teoretyzowania. Również badania pokazały, że istnieją piłkarze nożni wyróżniający się na tle innych ze względu na uzyskiwaną maksymalną wartość przyspieszenia i są to: WeA, BlJ, MiK, WyW i JaA.

Przeprowadzony proces prostej statystyki opisowej dał też możliwość odniesienia się do postawionych hipotez, gdzie:

- udowodniono prawdziwość hipotezy 1 i wykazano, że badani piłkarze nożni charakteryzują się maksymalnym przyspieszeniem powyżej 3,0 metra na sekundę do kwadratu w wartości średniej arytmetycznej, jak i w wartości mediany,
- nie dowiedziono prawdziwości zakładanej hipotezy 2, w której 30% badanych piłkarzy nożnych miało charakteryzować się maksymalnym przyspieszeniem powyżej 3,5 metrów na sekundę do kwadratu – badani w tym kryterium osiągnęli wartość 28%.

Badania sprawności motorycznej – nie tylko w zakresie przyspieszenia, piłkarzy powinny być czynione systematycznie przez trenera. Obraz pomiarów w kolejnych latach stanowić może doskonałą informację o tendencji rozwojowej piłkarza.

Piśmiennictwo

1. Bangsbo J. (1999) Sprawność fizyczna piłkarza. Naukowe podstawy treningu. COS Warszawa, s. 48-55.
2. Bober T.(1985): Biomechanika chodu i biegu. Akademia Wychowania Fizycznego, Wrocław.
3. Chmura J. (2001): Szybkość w piłce nożnej, AWF Katowice, s. 87.
4. Dargiewicz R., Jastrzębski Z. (1998): Analiza kinematyczna gry reprezentacji Polski w piłce nożnej. [w:] Lokomocja '98. Materiały Ogólnopolskiej Konferencji, Gdańsk, 5-6 Czerwca 1998. Red. W. S. Erdmann, Centrum Badań Lokomocji AWF-AM Gdańsk, 72-79.
5. Dziąsko J., Naglak Z. (1986): Teoria sportowych gier zespołowych. PWN, Warszawa.
6. Erdmann W.S. (1987): Założenia badań ruchu zawodników w grach sportowych metodą optyczną. Raport Zakładu Biomechaniki 1987-06. Akademia Wychowania Fizycznego im. J. Śniadeckiego. Gdańsk.
7. Erdmann W.S. (1995): EMRA Systems. Erdmann movements' recordings, analyses systems. May Gdańsk.

8. Erdmann W.S. (2000): Rejestracja i analiza ruchu zawodników w zespołowych grach sportowych. *Sport Wyczynowy*. 9-10:65-88.
9. Fidelus K. (1977): *Zarys biomechaniki ćwiczeń fizycznych*, AWF Warszawa.
10. Grzegorzczak S., Lechowski J., Szymkowiak M.(1981): *Piłka nożna 1919-1979*. MAW, Warszawa.
11. Jastrzębski Z. (2002): Zmiany wybranych wskaźników wydolności fizycznej i sprawności motorycznej u piłkarzy nożnych młodzików w okresie rocznego szkolenia. *Roczniki Naukowe Tom 11, AWFIS Gdańsk*, s.207-226.
12. Jastrzębski Z.(2004): Zakres obciążeń treningowych i ich wpływ na dynamikę rozwoju sportowca uprawiającego piłkę nożną i piłkę ręczną. *AWFiS Gdańsk – praca w druku*.
13. Kapera R., Śledziwski D. (1997): *Piłka nożna. Szkolenie dzieci i młodzieży*. Warszawa PZPN.
14. Kim T., Seo S., Hong K.S. (1998): Physics-based 3D position analysis of a soccer ball from monocular image sequences. [in:] *IEEE International Conference on Computer Vision, Bombay*, p.721-726
15. Kuzora P. (1996): *Computer aided game evaluation (CAGE)*. Gdańsk.
16. Kuzora P., Erdmann W.S. (1998): Program komputerowy badania gier zespołowych. *Materiały ogólnopolskiej konferencji Lokomocja'98, CBL AWF Gdańsk - AMG*.
17. Ljach W., Waśkiewicz Z. (1998): Diagnoza zdolności koordynacyjnych piłkarzy. [w:] Ryguła I. (red.): *Diagnostyka przygotowania zawodników do gry w piłce nożnej*. AWF Katowice s.149-166.
18. Naglak Z. (2002): Indywidualizacja procesu treningowego uzdolnionego gracza warunkiem koniecznym jego mistrzostwa. *Roczniki Naukowe Tom 11, AWFIS Gdańsk*, s.11-20.
19. Nosal J. (1994): Obserwacja jako podstawa wyznaczania zadań treningowych (na przykładzie gry w piłkę nożną). *Trening nr 1*, s. 170-184.
20. Nosal J. (2001): Możliwości oceny działań graczy w czasie gry w piłkę nożną. [w:] Sozański H. (red.): *Trening sportowy na przełomie wieków*. AWF Warszawa, s.53-60.
21. Przybylski W. (1997): Kontrola treningu i obciążeń treningowych w piłce nożnej. *AWF Gdańsk*.
22. Przybylski W. (1997): Problemy unowocześniania naboru i selekcji młodzieży w piłce nożnej. *Trening*, 3(31),47.
23. Przybylski W. (1998): Kompleksowa kontrola specjalnego przygotowania piłkarzy. *UKFiT – COS. Trening nr 2-3(38-39)*, Warszawa, s. 221-228.

24. Ryguła I.- red. (1998): Diagnostyka przygotowania zawodników do gry w piłce nożnej, AWF Katowice, s. 61, 149.
25. Skorża M. (1997): Komputerowa analiza gry w piłkę nożną, Trening nr 3, s. 161-166
26. Sozański H. (2002): Kontrola jako czynnik kierowania i indywidualizacji treningu. Roczniki Naukowe Tom 11, AWFIS Gdańsk, s.21-44.
27. Szwarz A. (2003): Metody oceny techniczno – taktycznych działań piłkarzy nożnych. AWFIS Gdańsk., s. 79
28. Śledziwski D. (1986) Wybrane zagadnienia treningu szybkości w piłce nożnej. Sport Wyczynowy nr 6.
29. Talaga J. (1997): Taktyka piłki nożnej. COS, Resortowe Centrum Metodyczno-Szkoleniowe Kultury Fizycznej i Sportu, Warszawa.
30. Talaga J. (1999): Piłka nożna. Program szkolenia dzieci i młodzieży. COS Warszawa.
31. Ulatowski T. (2002): Wybrane metody obserwacji i oceny walki sportowej i współzawodnictwa sportowego. [w:] Ulatowski T. (red.): Zastosowanie metod naukowych na potrzeby sportu. Estrella, Warszawa, s.228-244.
32. Ważny Z. (1996): Kierunki doskonalenia metod kontroli treningu. UKFiT. Sport Wyczynowy nr 3-4, Warszawa, s. 14-26.
33. Ważny Z. (1996): Laboratorium na stadionie, Wiedza i Życie, Prószyński i S-ka S.A, nr 7.
34. Ważny Z., Skorża m., Kwapien K. (1997) Propozycja komputerowej metody analizy gry w piłkę nożną. Sport Wyczynowy nr 5-6, s.27-36.
35. Wit A. - red. (1992): Biomechaniczna ocean układu ruchu sportowca. Instytut Sportu, Warszawa.
36. Wroczyński R.(1985): Powszechne dzieje wychowania fizycznego i sportu, Wrocław.
37. Żyhoniuk P. (1994): Aktywność ruchowa piłkarzy i pozycja w grze. Trening nr 4, s.141-153.
38. Żyhoniuk P. (1994): Próba oceny aktywności ruchowej zawodników piłki nożnej na poziomie trzeciej i międzyokręgowej ligi z uwzględnieniem pozycji w drużynie (cz. I). Trener, 4:22-26.