

Informatyka i elektronika w strzelectwie sportowym

Grzegorz GŁADYSZEWSKI

*Wyższa Szkoła Humanistyczno-Ekonomiczna w Łodzi
ul. Rewolucji 1905 r. nr 64, 90-222 Łódź
wsheinfo@poczta.fm*

Dariusz CHOCYK, Tomasz UCIŃSKI

*Politechnika Lubelska
ul. Nadbystrzycka 38, 20-618 Lublin*

Bożena GŁADYSZEWSKA

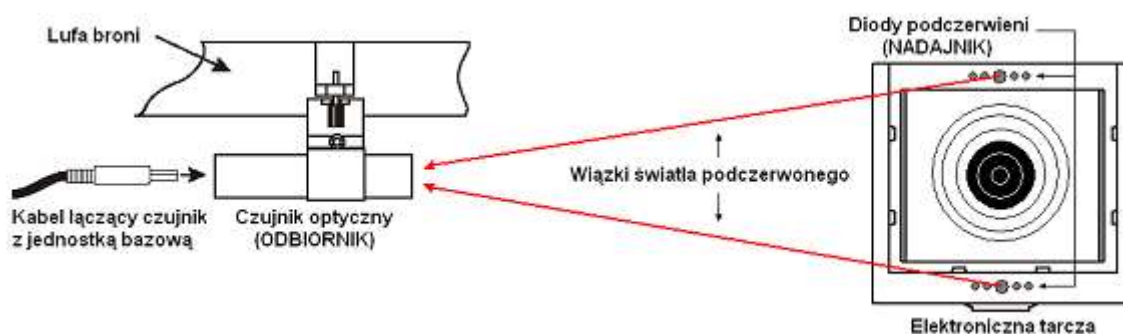
*Laboratorium Fizyki i Techniki Sportu
ul. Araszkiewicza 4, 20-834 Lublin
REGON 432481410, www.lfits.pl, lfits@lfits.pl*

Zastosowania informatyki i elektroniki w różnych dyscyplinach sportu są dobrze widoczne. W sprincie (100m) elektroniczny pomiar czasu reakcji decyduje o poprawności startu, fotokomórka zaś o kolejności na mecie - nawet wtedy, gdy czasy zawodników są identyczne z dokładnością do 0,01 sekundy. W żeglarskiej, jachty regat dookoła świata mkną przez oceany niosąc ze sobą bogate wyposażenie komputerowe i elektroniczne, umożliwiające optymalizację kursu w danych warunkach pogodowych. Bolidy Formuły 1 podczas wyścigu są na bieżąco kontrolowane przez ekipę informatyków i mechaników – dane numeryczne są bowiem przekazywane z nich drogą radiową. Alpejczycy korzystają z symulatorów zjazdu lub slalomu na danych trasach, wpisanych do pamięci komputera. Przykłady oczywiście można by mnożyć w nieskończoność - praktycznie w każdej dyscyplinie sportu. Bardzo przydatnymi programami komputerowymi (a wręcz całymi systemami informatyczno-elektronicznymi) są m.in. systemy Dartfish [1] oraz SIMI-Motion [2]. Pozwalają one na przeprowadzenie profesjonalnej analizy ruchu w 2D lub 3D. Szeroki zakres zastosowań i wysoka dokładność w połączeniu z łatwym w obsłudze interfejsem stanowią mocne strony tych systemów. Rejestrowanie ruchu nie ma ograniczeń czasowych i po dokonaniu obróbki cyfrowej wszystkie dane mogą być przetwarzane i wizualizowane na wiele sposobów. Współrzędne 3D mogą być synchronizowane z danymi pochodzącymi od innych urządzeń i zapisywane w różnych formatach. Systemy te mogą być przystosowane do indywidualnych i ściśle sprecyzowanych potrzeb użytkownika. Wszystkie typy ruchów mogą być utrwalone i szczegółowo analizowane. Systemy oferują możliwości dokonywania różnych pomiarów, jak pomiar rozkładu sił, obliczanie położenia środka ciężkości itp. Mogą być użyte nie tylko w laboratoriach, ale także na otwartej przestrzeni, a nawet pod wodą.

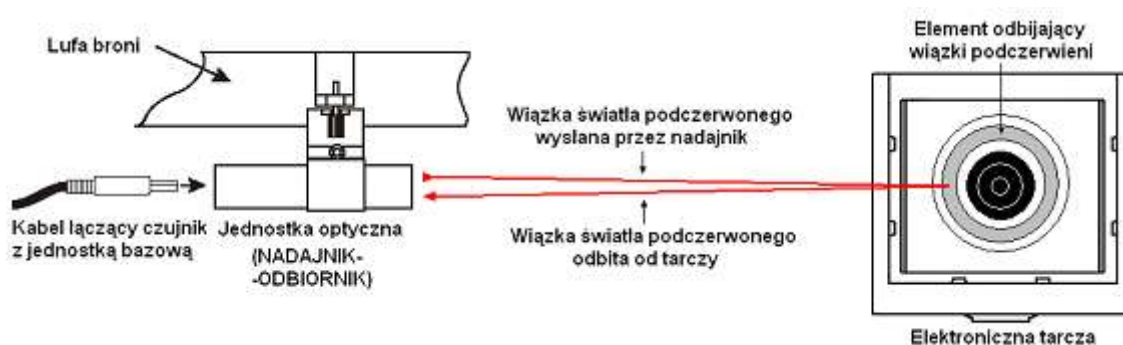


Rys. 1. Przykłady zastosowań technologii StrobeMotion (element systemu SIMI Motion) w różnych dyscyplinach sportu. [2]

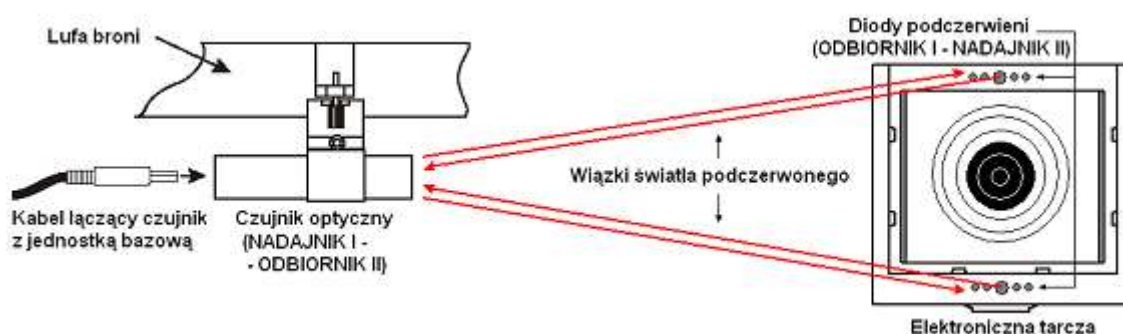
Programy takie jak SIMI Motion, czy Dartfish, pomimo ogromnej liczby zalet, z trudem mogą być stosowane w strzelectwie sportowym. Strzelectwo jest bardzo specyficzną dyscypliną sportu. Podczas, gdy w większości dyscyplin najważniejszym elementem w treningu jest ruch zawodnika i analiza tego ruchu, a także dążenie do osiągnięcia perfekcyjnej synchronizacji i koordynacji ruchowej, tak w strzelectwie sportowym najważniejszy jest brak ruchu i uzyskanie przez zawodnika maksymalnej stabilności. Tak więc programy wyżej opisane, których działanie opiera się głównie na analizie ruchu, mają ograniczone zastosowanie w tej dziedzinie sportu. Zaistniała więc konieczność skonstruowania urządzeń, które znalazłyby zastosowanie w strzelectwie i wspomagałyby trening zawodników w tej dyscyplinie. Do podstawowych należą trenażery SCATT Professional [3], RIKA Home Trainer [4], Noptel [5], CURT [6], SAM Trainer [7], BeamHit [8]. Ich zasada działania jest podobna. Stosowane warianty prezentuje Rys.2a-c.



Rys.2a Schemat przedstawiający system działający w oparciu o zasadę nadajnik – odbiornik. Takie rozwiązanie zastosowano w układach SCATT Professional i RIKa Home Trainer.



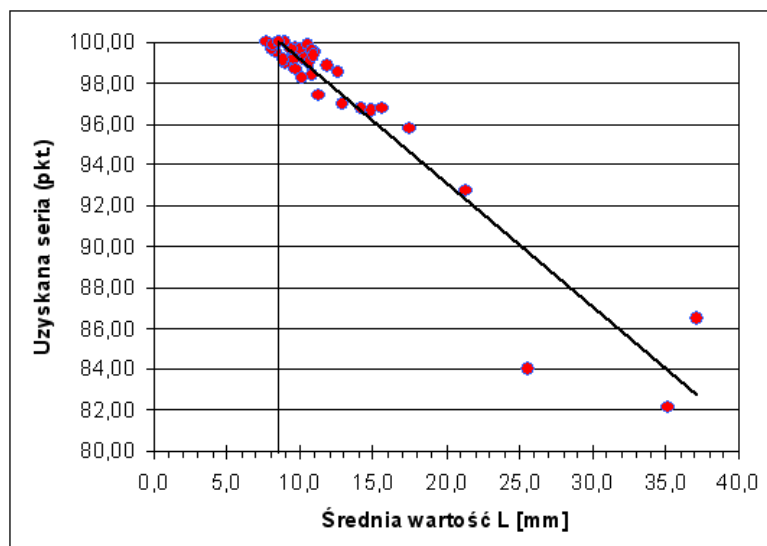
Rys.2b Schemat systemu działającego w oparciu o zasadę nadajnik – odbicie – odbiornik (przy wykorzystaniu tarczy wyposażonej w specjalny element odbijający wiązkę światła podczerwonego). Metoda zastosowana w systemie Noptel.



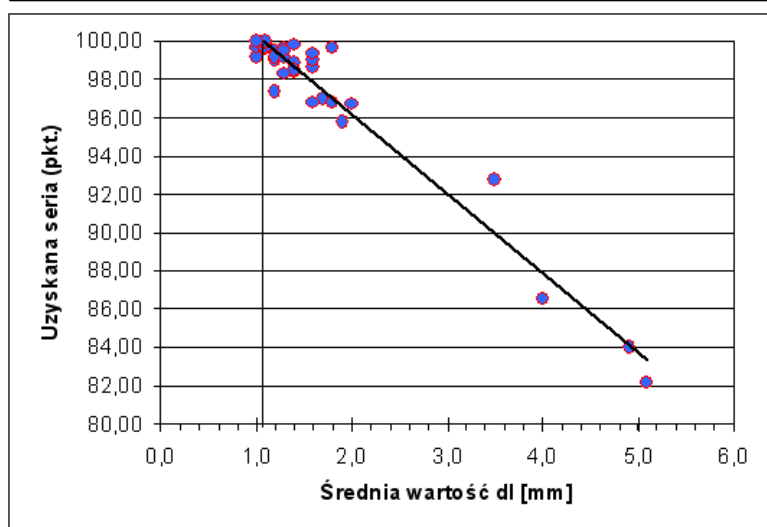
Rys.2c Schemat systemu wykorzystującego zasadę nadajnik I – odbiornik I, nadajnik II – odbiornik II (wykorzystywane m.in. przez systemy CURT i SAM Trainer).

Nie jest naszym zamiarem przedstawianie szczegółowego opisu działania poszczególnych trenażerów i oferowanych przez nie możliwości. Informacje te są bowiem łatwo dostępne w instrukcjach obsługi oraz na stronach internetowych producentów.

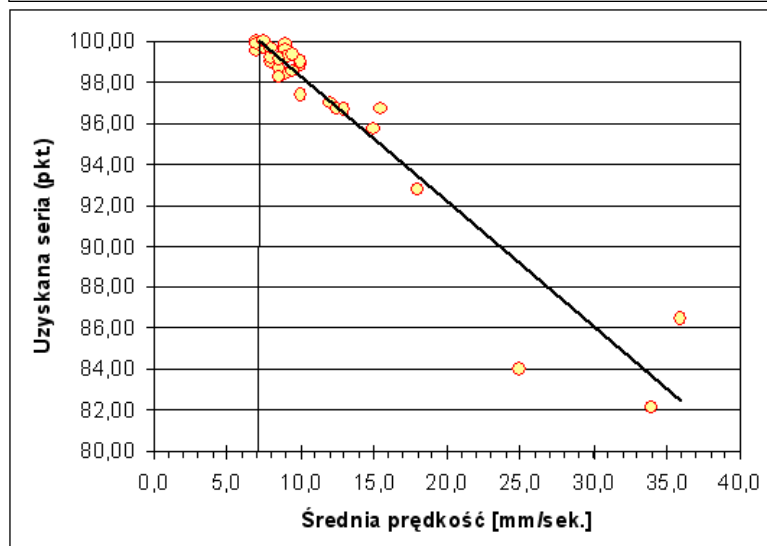
Poniżej prezentujemy proste wykorzystanie bazy danych [9] oraz systemu SCATT do oszacowania zależności pomiędzy podstawowymi wielkościami fizycznymi (prędkość ruchu śladu celowania na tarczy, długość określonej drogi w czasie ostatniej sekundy tego ruchu oraz odległość przestrzeliny od geometrycznego środka celowania w ostatniej sekundzie) a prognozowanym wynikiem serii dziesięcioprzelowej. Analizę przeprowadzono dla konkurencji karabin pneumatyczny (Kpn) oraz pistolet pneumatyczny (Ppn).



a)

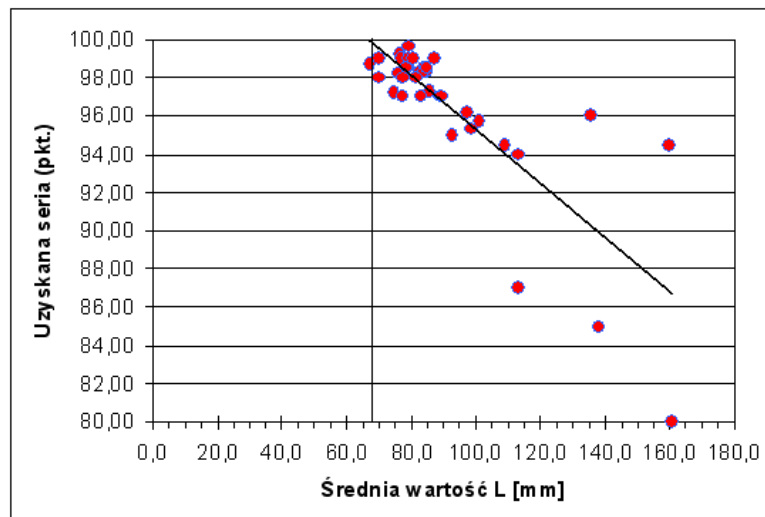


b)

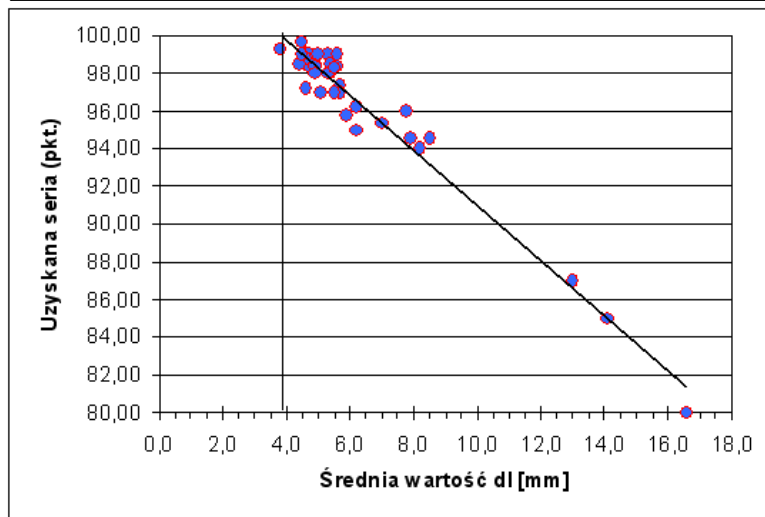


c)

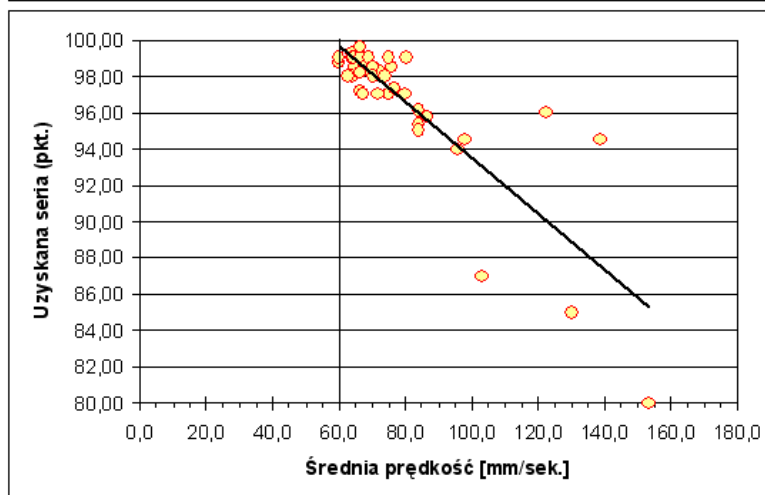
Rys.3 Wykresy zależności uzyskanych serii w konkurencji **Kpn** od średniej wartości parametru **L** (długość śladu celowania w ostatniej sekundzie przed strzałem) (a), od średniej wartości parametru **dl** (odległość między środkiem przestrzeliny a średnim punktem celowania w czasie ostatniej sekundy przed strzałem) (b) oraz od średniej prędkości punktu celowania na tarczy (c) [10].



a)



b)

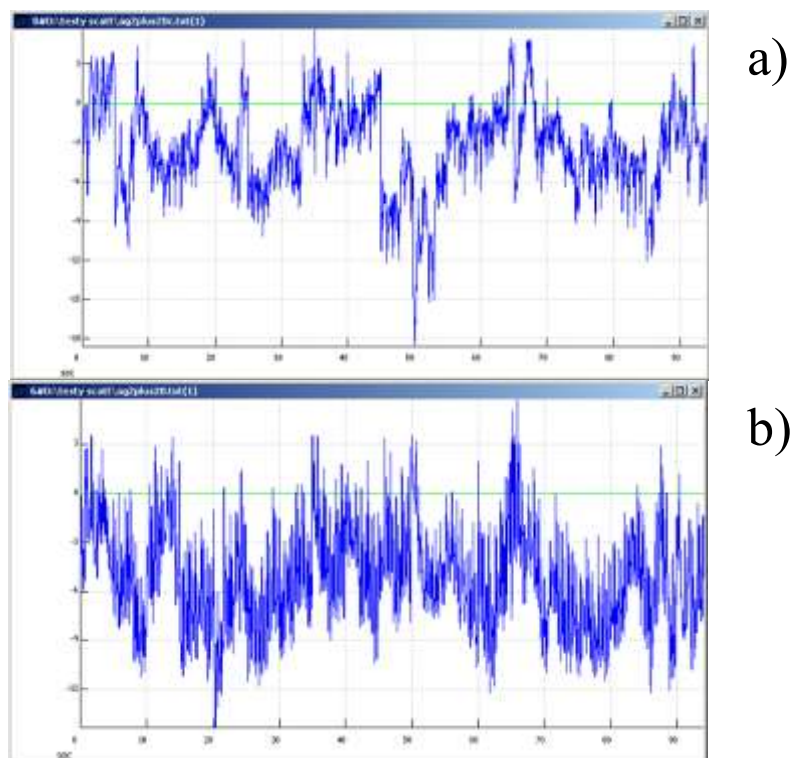


c)

Rys.4 Wykresy zależności uzyskanych serii w konkurencji **Ppn** od średniej wartości parametru **L** (długość śladu celowania w ostatniej sekundzie przed strzałem) (a), od średniej wartości parametru **dl** (odległość między środkiem przestrzeliny a średnim punktem celowania w czasie ostatniej sekundy przed strzałem) (b) oraz od średniej prędkości punktu celowania na tarczy (c) [11].

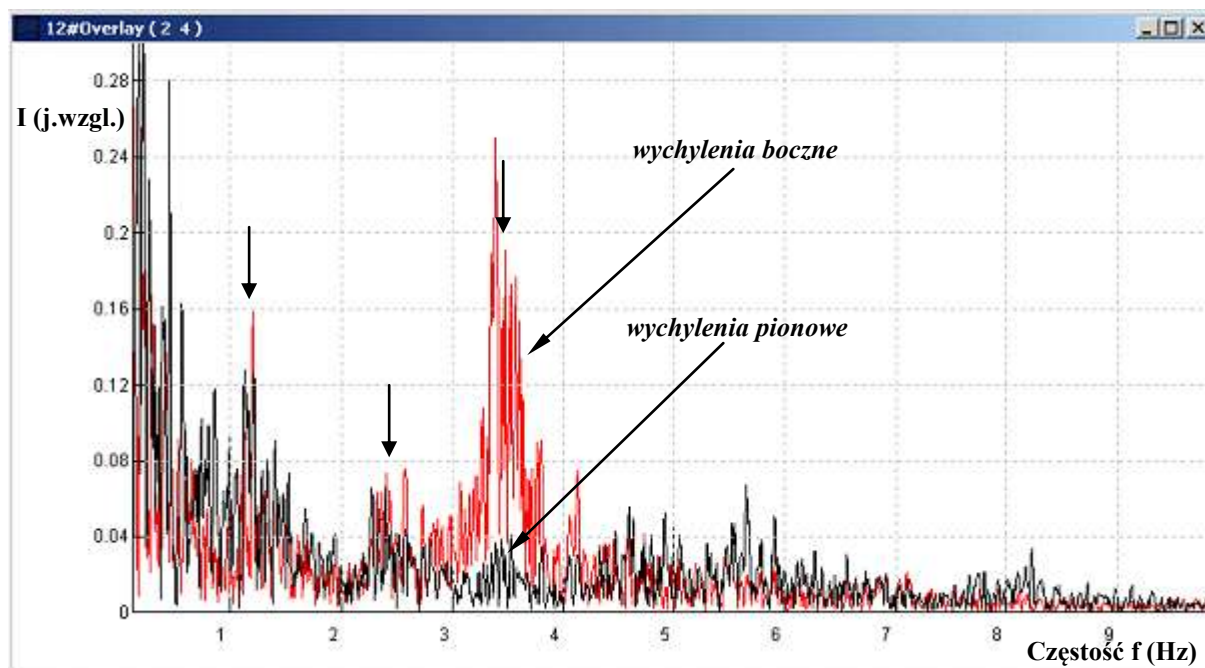
Z tych prostych analiz wynika, że w konkurencji Kpn wartości wymienionych wielkości fizycznych do jakich powinien prowadzić trening, wynoszą odpowiednio $L = 8,5$ mm, $dl = 1,05$ mm, $v = 7,2$ mm/s. W konkurencji Ppn wartości te są wyższe, ale również dobrze określone: $L = 68$ mm, $dl = 3,8$ mm, $v = 60$ mm/s. Osiągnięcie tych wartości oznacza, że prognozowane wyniki zawodnika powinny składać się z tzw. „czystych serii” (100 pkt.). Oczywiście należy pamiętać, że osiągnięcie w treningu podanych wartości wcale nie gwarantuje „czystych serii”. Wskazuje jednak, że takie wyniki mogą być osiągane przez konkretnego zawodnika. Zastosowanie przedstawionych wykresów dla zawodników o niższym poziomie wyszkolenia (początkujący, rozwijający się zawodnicy) pomaga uzmysłowić im, jaki realnie wynik mogą uzyskiwać na danym etapie wyszkolenia. I tak, zawodnik Kpn „legitymujący” się parametrami $L = 22$ mm, $dl = 3$ mm oraz $v = 20$ mm/s powinien uzyskiwać serie ok. 92 pkt (368/400 pkt., 552/600 pkt.). W konkurencji Ppn parametry $L = 110$ mm, $dl = 8$ mm oraz $v = 100$ mm/s pozwalają oczekiwać serii na poziomie 94 pkt. (376/400 pkt., 564/600 pkt.).

Trenażer SCATT może być także wykorzystany do bardzo precyzyjnej analizy ruchów broni, daleko wykraczającej poza jego podstawowe funkcje, a także poza możliwości bezpośredniej obserwacji trenerskiej. Dane zawarte w plikach wyjściowych systemu SCATT zawierają współrzędne ruchu broni (właściwie punktu celowania, będącego wynikiem ruchu broni). Dane te można poddać analizie fourierowskiej [12], przez zastosowanie tzw. szybkiej transformaty Fouriera (FFT - od słów angielskich Fast Fourier Transform). Pozwala ona na wyłowienie z przebiegu czasowego (a takim jest zmiana położenia punktu celowania względem środka tarczy) charakterystycznych składowych harmoniczných. Nie wnikając w szczegóły samej procedury matematycznej (zainteresowanych odsyłamy do pracy [12]) można w pewnym uproszczeniu stwierdzić, że analiza ta pozwala na wykrycie charakterystycznych, powtarzających się ruchów broni. Przyczyny takiego periodycznego ruchu mogą być różne – np. tremor mięśniowy, bicie serca. Rys.5 przedstawia zmiany składowej pionowej (a) i poziomej (b) ruchu punktu celowania na tarczy w złożeniu z karabinu dowolnego, w postawie leżącej.



Rys.5 Zmiany składowej pionowej (a) i poziomej (b) ruchu punktu celowania na tarczy w złożeniu z karabinu dowolnego, w postawie leżącej.

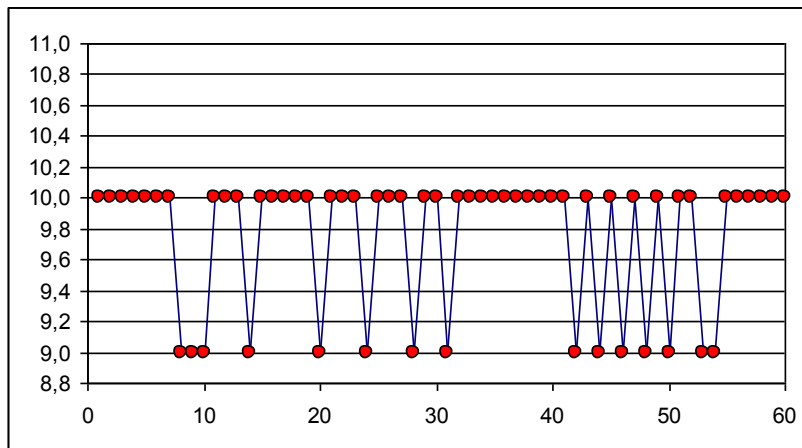
Z takiej postaci przebiegów (nie mówiąc już o obserwacji zmian położenia punktu celowania na bieżąco na ekranie monitora) trudno jest określić, czy takie charakterystyczne składowe harmoniczne się w tym ruchu pojawiają. Dopiero po zastosowaniu transformaty Fouriera otrzymujemy klarowny obraz składowych harmonicznych.



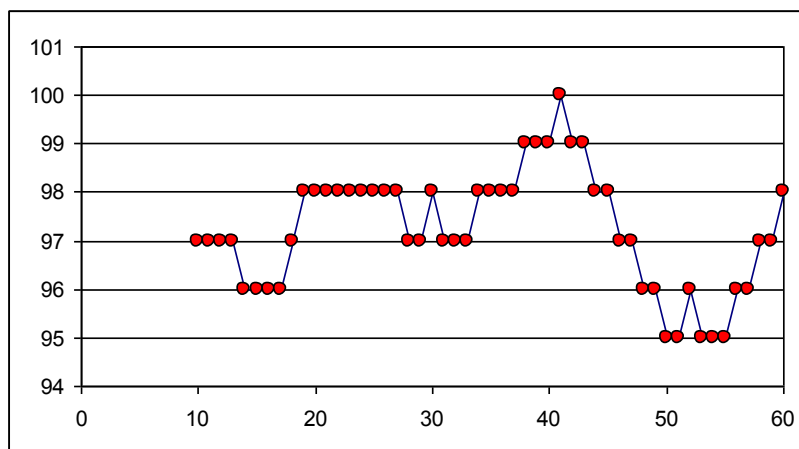
Rys.6 Widmo częstotliwościowe otrzymane dla danych zmian współrzędnych poziomych i pionowych, przedstawionych na Rys.5a i b. Wykres uzyskany przy pomocy programu SIGVIEW.

Dla wychyleń bocznych wyraźnie widoczna jest silna składowa harmoniczna o częstotliwości ok. 3,5 Hz. Uważna obserwacja widma pozwala zauważyć, że jest to trzecia składowa harmoniczna (kolejne – pierwsza i druga wskazane są na wykresie strzałkami). Oznacza to, że podstawowa składowa odpowiada częstotliwości $f_0 = 1,17$ Hz. Ta częstota odpowiada natomiast drganiom o okresie $T = 0,86$ sek., lub inaczej $N = 70$ cykli w ciągu jednej minuty. Ta wartość dobrze zgadza się z częstotliwością bicia serca zawodnika. Pojawienie się tak wyraźnej składowej harmonicznej oznacza, że rytm bicia serca silnie przenosi się (najprawdopodobniej przez pas) na ruch broni. Odpowiednie ułożenie pasa na ramieniu potwierdziło te przypuszczenia. Pozwoliło bowiem uzyskać „wygaszenie” trzeciej harmonicznej do poziomu charakterystycznego dla wychyleń pionowych, a więc sześciokrotnie niższego. Wpłynęło to natychmiast na poprawę parametrów uzyskiwanych w złożeniach. Należy podkreślić, że ocena poprawności ułożenia pasa była zupełnie niemożliwa metodą tradycyjną (obserwacji), zaś zawodnik nie odczuwał żadnych problemów związanych z ułożeniem pasa. Różnice były bowiem zbyt małe, by dostrzec je bez zastosowania opisanej analizy. Ciekawym faktem (i z całą pewnością wymagającym dalszych analiz w celu wyjaśnienia go) jest to, że najwyższy udział w widmie miała nie pierwsza, czy druga, ale trzecia składowa harmoniczna.

Podczas zawodów trenerzy często obserwują przez lunetę przestrzeliny w tarczy. Jeśli nie jest to finał często notują wartości pełne (tzn. 9, 10, 8, itd.). Zastosowanie wartości dziesiętnych oraz prostego arkusza w aplikacji Excel pozwala uzyskać bardzo ciekawe informacje *on-line*. Komercyjnie dostępne programy oferują nam możliwość prezentacji wartości przestrzelin w czasie. W przypadku zawodnika uzyskującego np. w konkurencji Kdw60 leżąc wynik na poziomie 585 lub więcej taka prezentacja właściwie niewiele mówi – jest mało przydatna. Widać to wyraźnie na Rys.7a.



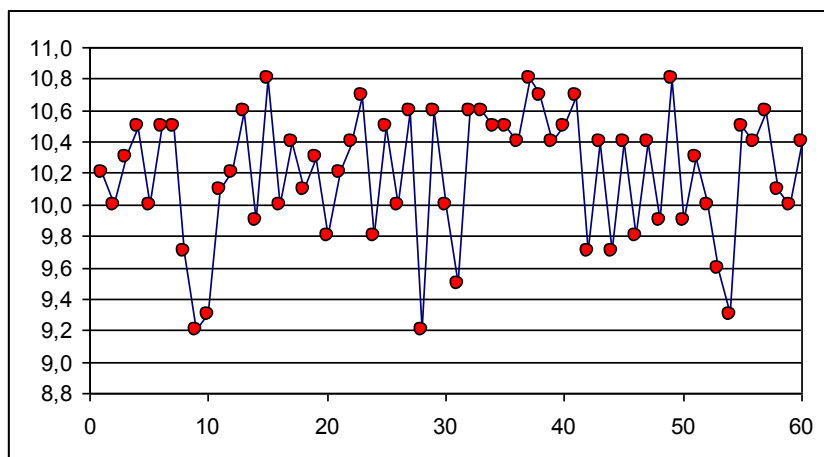
a)



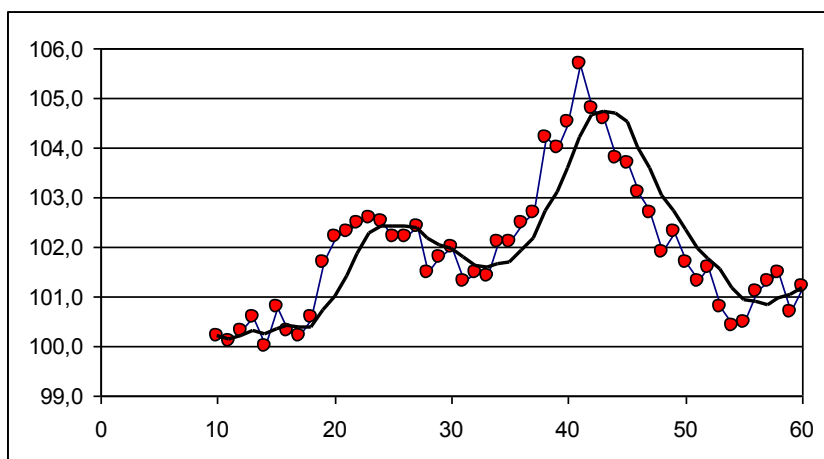
b)

Rys.7 Pełne wartości przestrzelin uzyskane w konkurencji Kdw60 leżąc (wynik 585 pkt.) (a) oraz proponowany przez autorów wykres „dynamicznej serii” (b).

Wyraźną poprawę czytelności i możliwości analizy wyniku *on-line* daje proponowany przez nas wykres tzw. „dynamicznej serii”. Pomysł wprowadzenia „dynamicznej serii” pojawił się, gdy stwierdziliśmy, że ocena wyniku na podstawie kolejnych serii może prowadzić do absurdalnych wniosków. Zawodnik, który oddał 20 strzałów: 10 10 10 10 10 9 9 9 9 9 9 9 9 9 10 10 10 10 10, będzie miał zaliczone serie 95 i 95 i jeśli taki jest jego poziom wynikowy to doczeka się pochwały trenera, bo ... „równo strzelał”. Tymczasem oddał aż 10 strzałów pod rząd o wartości 9 pkt. i gdyby inaczej dzielono serie mogłby mieć wyniki 90 i 100, a więc zdecydowanie nierówne. Pierwszym rozwiązaniem tego problemu jest wprowadzenie „dynamicznej serii” dla wartości całkowitych. Jest to suma ostatnich dziesięciu strzałów, tzn. że każdy oddany właśnie strzał jest traktowany, jako 10-ty w serii i wartość tej serii jest wyliczana. Wykres takiej zależności przedstawia Rys.7b. Pozwala to na dokładniejszą analizę uzyskiwanych wyników. Pozostaje jednak problem zaokrąglania wartości przestrzelin do liczb całkowitych. Zawodnik, który uzyskał I serię 96 pkt. strzałami (10,7 10,6 9,9 10,5 9,8 9,7 10,8 9,8 10,6 10,7), zaś II serię 98 pkt. strzałami (10,0 10,2 9,0 10,2 10,1 10,2 9,1 10,1 10,3 10,0) powinien być raczej zganiony za II serię (pomimo wyniku 98), niż za I serię. Uzyskał bowiem licząc w dziesiętnych w I serii wynik 103,1 pkt., zaś w II zaledwie 99,2 pkt. czyli prawie 4 pkt. mniej! ... Analizując wartości przestrzelin w dziesiętnych czytelność wykresu nie poprawia się zbyt wiele (patrz Rys. 8a). Ale gdy sporządzimy wykres „dynamicznej serii”, sytuacja zmienia się diametralnie. Wykres jest zadziwiająco „gładki” i świetnie odzwierciedla pracę zawodnika podczas konkurencji (Rys. 8b).



a)



b)

Rys.8 Dziesięć wartości przestrzelin uzyskane w konkurencji Kdw60 leżąc (wynik 585 pkt., 611,8 pkt.) (a) oraz proponowany przez autorów wykres „dynamicznej serii” (b). Linia ciągła na rysunku (b) jest wprowadzonym trendem (średnia ruchoma o okresie 5).

Stosując procedurę wzorowaną na *analizie technicznej* cen akcji giełdowych, możemy na bieżąco obserwować zachowanie się wykresu „dynamicznej serii” względem krzywej zadanego trendu (na Rys.8b jest to średnia ruchoma o okresie 5). Przecięcie linii trendu od góry dwoma kolejnymi, zmniejszającymi się wartościami należałoby potraktować, jako sygnał ostrzegawczy dla zawodnika (przywołanie zawodnika przez trenera). W przykładzie prezentowanym na Rys.8b taki sygnał pojawia się tylko raz, po 44-tym strzale. Z całą pewnością był to właśnie moment, w którym trener powinien zareagować...

Na zakończenie pragniemy podkreślić, że ograniczona dostępność do komercyjnego oprogramowania (wysokie ceny) nie powinna być usprawiedliwieniem dla zaniechania numerycznej analizy wyników. W opisanych przykładach posłużyliśmy się naszymi własnymi aplikacjami, arkuszami EXCELa oraz *shareware*owym programem *SIGVIEW*, umożliwiającym przeprowadzenie szybkiej transformaty Fouriera. Program SCATT Pro dostępny jest w sieci Internet w pełnej wersji, nieodpłatnie.

Prace nad opisanymi zagadnieniami będą prowadzone także w nadchodzącym 2006 roku. Szczególną uwagę zamierzamy zwrócić na zastosowanie szybkiej transformaty Fouriera w budowaniu optymalnej postawy zawodnika.

BIBLIOGRAFIA.

1. <http://www.dartfish.com/> Oficjalna strona internetowa firmy Dartfish.
2. <http://www.simi.com/> Oficjalna strona internetowa firmy SIMI Reality Motion Systems.
3. <http://www.scatt.com/> Oficjalna strona internetowa firmy SCATT – producenta systemu treningowego SCATT Professional.
4. <http://www.rika1.com/> Oficjalna strona internetowa firmy RIKA Edelman High Q Targets – producenta systemu treningowego RIKA Home Trainer.
5. <http://www.noptel.fi/> Oficjalna strona internetowa firmy Noptel – producenta systemów treningowych z serii ST – 2000.
6. <http://www.sfab.fsrskytte.se/curt/> Oficjalna strona internetowa szwedzkiej organizacji SFAB zajmującej się dystrybucją systemu treningowego CURT.
7. <http://www.knestel.de/> Oficjalna strona internetowa firmy KE Knestel Elektronik GmbH – producenta systemu treningowego SAM Trainer.
8. <http://www.beamhit.com/> Oficjalna strona producenta trenażera BeamHit.
9. <http://ematch.scatt.com/> Baza danych zawierająca wyniki uzyskane przez użytkowników systemu SCATT.
10. Gładyszewski G.: *Fizyka w sporcie – elektroniczne wspomaganie treningu w strzelectwie sportowym, Strzelectwo Sportowe – Nowoczesne Rozwiązania Szkoleniowe* – praca zbiorowa pod redakcją K. Kurzawskiego, Wrocław 2004
11. Uciński T.: *Elektroniczne wspomaganie procesu treningowego w strzelectwie sportowym* – praca magisterska, Politechnika Lubelska 2005.
12. A.V. Oppenheim, R.W. Schaffer: *Digital Signal Processing* (Prentice Hall, Englewood Cliffs, New York 1975).