**Wprowadzenie**

W czasach, kiedy dominującym w społeczeństwie sposobem pracy jest praca siedząca, zaobserwować można rosnącą popularność form aktywności fizycznych, których przeznaczeniem jest ruch dla samego ruchu i zdrowia. Dość powszechnie korzysta się z usług trenerów, nie tylko w ramach indywidualnych zajęć na żywo, ale także za pośrednictwem internetu. Początkowo były to treningi w formie wideo, jednak coraz częściej pojawiają się dedykowane aplikacje mobilne o szerszej zawartości, takiej jak gotowe plany treningowe, z których użytkownik może skorzystać.

Odbiorcy takich aplikacji to często osoby świadome, posiadające na tyle szeroką wiedzę w zakresie danej formy aktywności fizycznej i doświadczenie, by takie treści samodzielnie dostosowywać do indywidualnych potrzeb i preferencji.

Niniejsza praca, tworzona z myślą o takich użytkownikach, ma na celu zbadanie możliwości automatyzacji pewnych czynności wykonywanych w trakcie treningu oraz na etapie jego planowania. Głównymi zadaniami jest stworzenie algorytmu, wykrywającego, na podstawie danych z czujnika umieszczonego na ciele, określonych typów ruchu oraz zamodelowanie wytrzymałości człowieka – zbudowanie modelu określającego poziom jego zmęczenia, z wykorzystaniem tych samych odczytów. W oparciu o stworzone modele, możliwe byłoby automatyczne zliczanie powtórzeń oraz regulacja liczby powtórzeń w zależności od możliwości fizycznych użytkownika.

**Zbieranie danych**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Lp. | Płeć | Wiek | Wzrost [cm] | Waga [kg] | Sprawność fizyczna |
| 1 | Kobieta | 22 | 170 | 57 | Średnia |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

Założenia:

1. Pierwszy wykonywany jest pomiar tzw. modelowy. Zadaniem użytkownika jest wykonanie 5 powtórzeń danego ćwiczenia z kilkusekundowymi odstępami. Otrzymane przebiegi prędkości w czasie uznaje się za przebiegi poprawne i wzorcowe.
2. Drugi pomiar dokonywany jest podczas faktycznego wykonywania ćwiczenia. Użytkownik proszony jest o powtarzanie ruchu tak długo, na ile pozwala jego obecna kondycja fizyczna.

Wybrane wyniki pomiarów przedstawiono na rys.

**Tworzenie modelu powtórzenia**

Zarówno zliczanie wykonanych powtórzeń jak i określanie poziomu zmęczenia opiera się na porównaniu danych do pewnego wzorca. W tym celu na podstawie pomiarów tzw. modelowych dla każdego użytkownika tworzony jest model powtórzenia wzorcowego.

1. **wstępna obróbka danych**

Sygnał z czujnika obarczony jest pewnym szumem, dlatego, aby go wyeliminować, zastosowano filtr dolnoprzepustowy.

*dopisać o fmin, dobrać ładną wartość, dać wykresy przed i po*

1. **wycinanie z pomiaru modelowego odcinków z odczytami ruchu**

Kilkusekundowe odstępy czasu między powtórzeniami podczas pomiarów modelowych służą właśnie temu, aby na tym etapie możliwe było odróżnienie w prosty sposób odcinków, gdzie użytkownik pozostaje w bezruchu od tych, gdzie wykonuje ćwiczenie.

W celu wyodrębnienia tych odcinków, zastosowano symetryczne mechanizmy wykrywania chwil czasu, w których rozpoczynano i kończono ruch:

gdzie:

$k\_{start}$ - chwila rozpoczęcia ruchu

$k\_{end}$ - chwila zakończenia ruchu

$f(k)$ - wartość prędkości kątowej w danej chwili

$\epsilon$ - parametr, maksymalna wartość prędkości uznawanej za szum

$r$ - parametr, zasięg

Powyższe warunki muszą być spełnione jednocześnie dla każdej z osi obrotu.

Przyjęto założenie, że modelowe przebiegi ćwiczenia, powinny być jak najbardziej zbliżone do siebie, jako, że nie zakłada się podczas ich wykonywania żadnych zmian związanych ze zmęczeniem. Parametry $\epsilon$ i $r$ dobierane są w taki sposób, aby zminimalizować wariancję długości powtórzeń, przy wartościach parametrów ograniczonych odpowiednio:

*tu dać wykresy dla różnych epsilonow i r, sprawdzić możliwość zaznaczenia jakiegoś przedziału kolorkiem w matlabie – jeśli się da to zaznaczyć epsilon i range na jednym, na drugim zakolorkowac wycięte obszary z całego przebiegu i potem dać wykres z powtórzeniami nałożonymi na siebie*

1. **wybór osi**

Wyodrębnienie przedziałów czasowych, w których odbywał się ruch byłoby możliwe także z wykorzystaniem jednej, dowolnej osi obrotu. Natomiast, obserwacja przebiegów prędkości dla pomiarów testowych pozwala zauważyć, że nie zawsze prędkość zmienia się w sposób regularny na każdej z osi. Zdaje się to być zgodne rzeczywistym sposobem, w jaki przemieszcza się czujnik – ruch obrotowy względem jednego stawu najczęściej jest ograniczony do jednej płaszczyzny. Wobec tego w idealnym przypadku, pomiary dla części osi, w określonych przypadkach miałyby zawsze wartości zerowe. W rzeczywistym środowisku nie jest oczywiście możliwe takie wyizolowanie ruchu.

Można więc uznać, że pomiary dla różnych osi niosą różną ilość informacji. Z tego powodu oraz dla uproszczenia następnych działań, rozsądnym wydaje się wybór jednej osi, dla której odczytane wartości będą wykorzystywane na późniejszych etapach pracy.

Podjęto próbę zautomatyzowania tej czynności, jako kryterium przyjmując maksymalną wariancję wartości pomiarów dla danej osi. Wybór ten uwarunkowany był wysuniętym na podstawie obserwacji wnioskiem, że prędkość kątowa osiągała znacznie niższe wartości dla osi mniej istotnych. Nie ma jednak gwarancji, że będzie to prawdziwe dla każdego typu ruchu, wobec czego takie rozwiązanie ma niemałe szanse okazać się w przyszłości dość zawodne.

Powyższe rozważania mają znaczący wpływ na możliwość stworzenia sensownego wzorca powtórzenia oraz na jego podstawie odnajdywania odcinków sygnału odpowiadającym powtórzeniom. Trudnym zadaniem jest natomiast określenie, która oś obrotu jest najbardziej istotna przy określaniu zmęczenia użytkownika. W szczególności, jeżeli ruch polega na obrocie względem kilku osi jednocześnie, na podstawie danych modelowych wręcz niemożliwy jest taki wybór.

Dla każdego ćwiczenia została więc w sposób empiryczny, na podstawie faktycznej obserwacji ruchu, określona pewna oś główna, z wykorzystaniem której tworzone są później modele.

*jakieś obrazki z osiami, spis wybranych osi dla rozważanych ćwiczeń?*

1. **wybór powtórzenia wzorcowego**

Wzorzec powtórzenia powinien być pewnego rodzaju średnią z powtórzeń modelowych. Te zwykle mają różną długość oraz pewne charakterystyczne fragmenty, w szczególności ekstrema, są zwykle nieco przesunięte względem siebie. Zastosowanie więc prostej średniej arytmetycznej z wartości w danej próbce, może prowadzić do utworzenia wzorca, który odzwierciedla rzeczywistość znacznie gorzej niż odczyty dla dowolnego z powtórzeń wzorcowych.

Z tego powodu zamiast uśredniać bezpośrednio wartości, jako podstawa do stworzenia modelu wybierane jest to powtórzenie, które średnio najlepiej przybliża pozostałe. Ocena jakości przybliżenia dokonywana jest z wykorzystaniem wzajemnej korelacji sygnałów, reprezentujących powtórzenia.

Algorytm wyboru najlepszego powtórzenia:

1: Dla każdego $p \in P$

2: Dla każdego $q \in P$

3: wyznacz wektor wartości korelacji wzajemnej $p$ i $q$

4: zapisz maksymalną wartość wektora korelacji jako $max\_{pq}$

5: policz sumę

6: wybierz jako modelowe $p$ maksymalizujące $s\_{p}}$

gdzie:

$P$ - zbiór powtórzeń

*dać obrazek z powtórzeniami wszystkimi na górze i może korelacji?*

1. **budowa modelu w postaci wielomianu**

Wektor wartości