

Monika BECK, Koło Naukowe Biomechaniki przy Katedrze Mechaniki Stosowanej,
Politechnika Śląska, Gliwice

MODELOWANIE RUCHU PSA WCHODZĄCEGO PO SCHODACH

Streszczenie. Celem pracy było opracowanie modelu matematycznego ruchu psa wchodzącego po schodach. W obliczeniach numerycznych wykorzystano przebiegi kinematyczne ruchu psa uzyskane w systemie APAS. Na potrzebę pracy opracowano program komputerowy w środowisku MATLAB.

1. WSTĘP

Praca miała na celu zamodelowanie ruchu psa wchodzącego po schodach. Za obiekt badań wybrano psa rasy jamnik. Jest to pies niski, o krótkich nogach, wydłużonej lecz zwartej sylwetce. Głowę zawsze nosi wysoko, co odzwierciedla jego charakter. Jest to pies myśliwski wytrwały biegacz, szperacz, jak również indywidualista. Jego budowa jest dostosowana do polowań.

Tułów w przedniej części dostosowany do wyczerpującej pracy pod ziemią, muskularny, zwarty, długi i szeroki. Grzbiet w okolicy kręgów piersiowych poziomy a w partii lędźwiowej lekko wysklepiony. Zad długi, okrągły i silnie umięśniony.

Kończyna przednia składa się z łopatki, kości ramiennej, promieniowej i łokciowej oraz kości nadgarstka, śródręcza i palców ręki. Łopaska jest skośnie ustawiona i mocno przylega do klatki piersiowej. Ramię tej samej długości ustawione pod kątem prostym do łopatki. Przedramię krótkie, lekko wygięte do wewnątrz. Łapy twarde, dobrze wysklepione, z mocnymi opuszkami. Pięć palców ściśle zwartych zakończonych mocnymi pazurami, z czego tylko cztery dotykają ziemi.

Kończyna tylna składa się z miednicy, kości udowej, piszczelowej i strzałkowej oraz kości stępu, śródstopia i palców stopy, jak również z trzyczki mięśnia brzuchatego łydki i rzepki. Miednica jest dobrze rozwinięta, osadzona skośnie. Uda silne i długie, z miednicą tworzą kąt prosty. Podudzie, także jest ustawione pod kątem prostym względem uda. Śródstopie długie i nieco wygięte ku przodowi. Łapa wsparta całą podszwą, zakończona czterema palcami z krótkimi pazurami [2].

Jest to niski pies o wydłużonej sylwetce, co powoduje, że wchodzenie po schodach nie jest proste dla tej rasy, a wręcz niezalecane. Ze względu na specyficzną budowę anatomiczną często dochodzi do wystąpienia paraliżu kończyn, a w skrajnych przypadkach do wypadnięcia dysku międzykręgowego – dyskopatii. Spowodowane jest to w wielu przypadkach częstym wskakiwaniem bądź zeskakiwaniem z różnych poziomów.

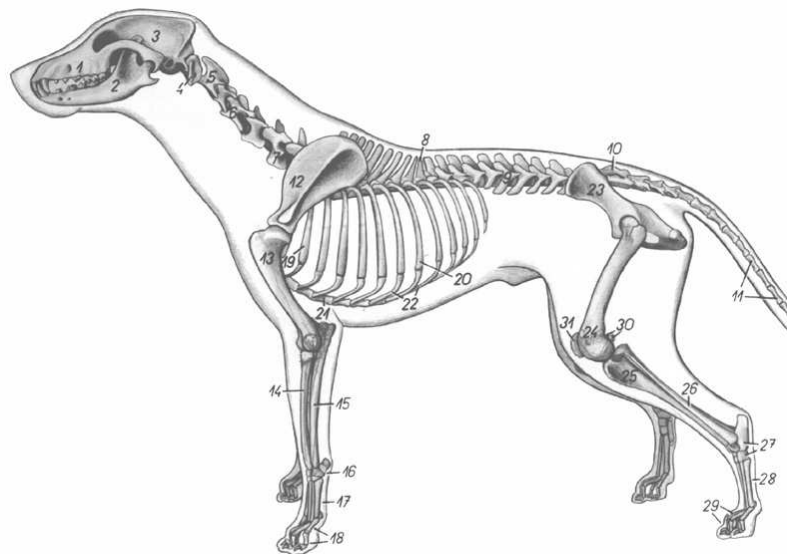
2. ANALIZA RUCHU

Analizę ruchu rozpoczęto od wyboru miejsca do nagrania filmu (wybrano schody prowadzące do Planetarium w Wojewódzkim Parku Kultury i Wypoczynku w Chorzowie).

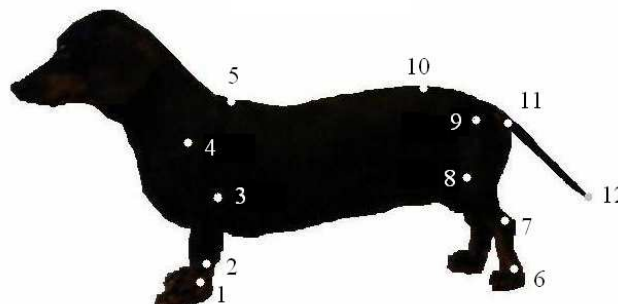
Kolejnym etapem było odpowiednie rozmieszczenie markerów na badanym obiekcie. Po nagraniu filmu został on przetworzony za pomocą programu Apas. Ze względu na dużą prędkość badanego obiektu oraz niską częstotliwość filmu (25 Hz) markery umieszczone na modelu były niewyraźne przez co zaznaczanie markerów na wszystkich klatkach filmu odbywało się ręcznie. Następnie otrzymane wyniki zostały wprowadzone do programu Matlab, w celu wygenerowania wykresów.

2.1. Rozmieszczenie markerów

Rozmieszczenie markerów zostało tak dobrane, aby jak najlepiej odzwierciedlało ruch psa. Są to głównie stawy kończyn, ale również miejsca przyczepów łopatki oraz miednicy do kręgosłupa (rys1,2). W badaniu uwzględniono również ruch ogona, w związku z tym umieszczono na nim dwa markery.



Rys.1. Szkielet psa: 1) szczęka, 2) żuchwa, 3) kość ciemieniowa, 4) kręg szczytowy, 5) kręg obrotowy, 6) kręg szyjny IV, 7) kręg szyjny VI, 8) kręg piersiowy X, 9) kręg lędźwiowy III, 10) kość krzyżowa, 11) kręgi ogonowe, 12) łopatka, 13) kość ramienna, 14) kość promieniowa, 15) kość łokciowa, 16) kości nadgarstka, 17) kości śródreżca, 18) paliczki, 19) żebro II, 20) żebro VIII, 21) mostek, 22) chrząstki żebrowe, 23) miednica, 24) kość udowa, 25) kość piszczelowa, 26) kość strzałkowa, 27) kości stępu, 28) kości śródstopia, 29) paliczki stopy, 30) trzeszczki mięśnia brzuchatego łydki, 31) rzepka [3]



Rys.2. Rozmieszczenie markerów: 1) początek paliczków, 2) nadgarstek, 3) staw łokciowy, 4) staw barkowy, 5) miejsce połączenia łopatki z kręgosłupem, 6) początek paliczków stopy, 7) staw skokowy, 8) staw kolanowy, 9) staw biodrowy, 10) miejsce połączenia miednicy z kręgosłupem, 11) początek kręgów ogonowych, 12) koniec kręgów ogonowych

2.2. Założenia

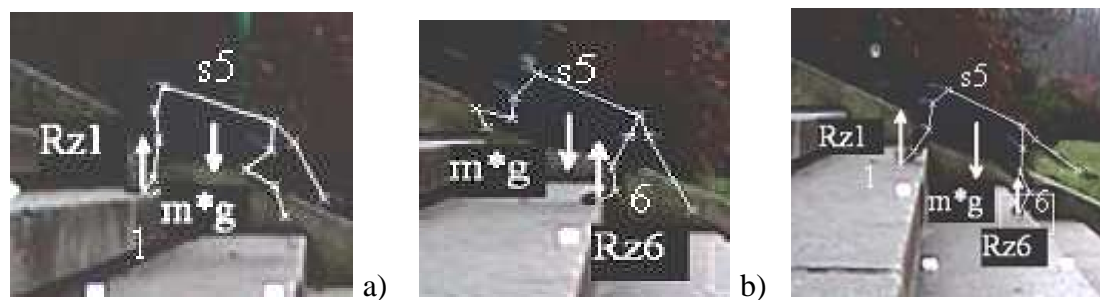
Ruch psa został traktowany jako ruch płaski odbywający się w płaszczyźnie prostopadłej do powierzchni schodów.

Ciało psa podzielono na 11 elementów: od paliczków do stawu nadgarstkowego, od stawu nadgarstkowego do stawu łokciowego, od stawu łokciowego do stawu barkowego, od stawu barkowego do kręgosłupa, od paliczków stopy do stawu skokowego, od stawu skokowego do stawu kolanowego, od stawu kolanowego do stawu biodrowego, od stawu biodrowego do kręgosłupa, odcinek kręgosłupa pomiędzy łopatką a miednicą, odcinek pomiędzy miednicą a kręgi ogonowymi, kręgi ogonowe (rys.2).

Elementy modelu traktowane są jako jednorodne walce, a środki mas znajdują się w połowie długości poszczególnych elementów. Przyjęto również, że masy poszczególnych elementów są niewielkie w porównaniu do masy tułowia.

2.3. Wyznaczanie reakcji podporowych oraz momentów

Korzystając z równań równowagi dla układu płaskiego [1] możemy wyliczyć reakcje podporowe, a dalej reakcje i momenty w kolejnych punktach. Analizując ruch psa wchodzącego po schodach możemy zauważyć, że musimy rozpatrzyć cztery przypadki, gdy pies opiera się na przednich i tylnych łapach, tylko na przednich łapach, tylko na tylnych łapach, bądź nie opiera się na żadnej z łap.



Rys.3. Rozkład sił i reakcji: a) podparcie na przedniej łapie, b) podparcie na tylnej łapie, c) podparcie na obu łapach

Reakcje podporowe:

- dla podparcia tylko na przedniej łapie reakcje wynoszą:

$$Rz1 = mg, \quad (1)$$

$$Rz6 = 0, \quad (2)$$

- dla podparcia tylko na tylnej łapie reakcje wynoszą:

$$Rz6 = mg, \quad (3)$$

$$Rz1 = 0, \quad (4)$$

- dla podparcia na obu łapach reakcje wynoszą:

$$Rz6 = (mg (x_1 - x_{s5})) / (x_1 - x_6), \quad (5)$$

$$Rz1 = mg - Rz6, \quad (6)$$

- dla przypadku, gdy pies nie opiera się na żadnej z łap wartości reakcji Rz1 i Rz6 wynoszą zero.

gdzie:

m – masa psa (8 kg),

g – przyspieszenie ziemskie,

x – współrzędna x rejestrowanych punktów,

x_s – współrzędna x środka masy,

R_z – reakcje.

Wyznaczanie momentów:

- dla pierwszego odcinka łapy przedniej

$$R_{z2} = -m_a g + R_{z1}, \quad (7)$$

$$M_2 = m_a g (x_{s1} - x_1) + R_{z2} (x_2 - x_1), \quad (8)$$

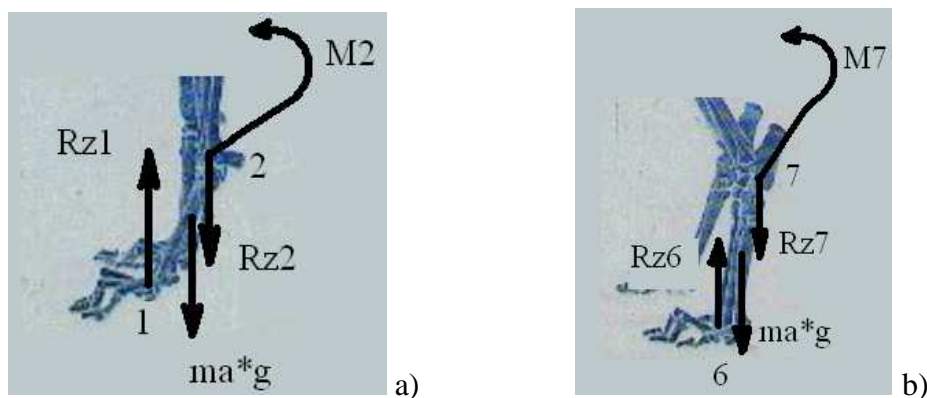
- dla pierwszego odcinka łapy tylnej

$$R_{z7} = -m_a g + R_{z6}, \quad (9)$$

$$M_7 = m_a g (x_{s6} - x_6) + R_{z7} (x_7 - x_6), \quad (10)$$

gdzie:

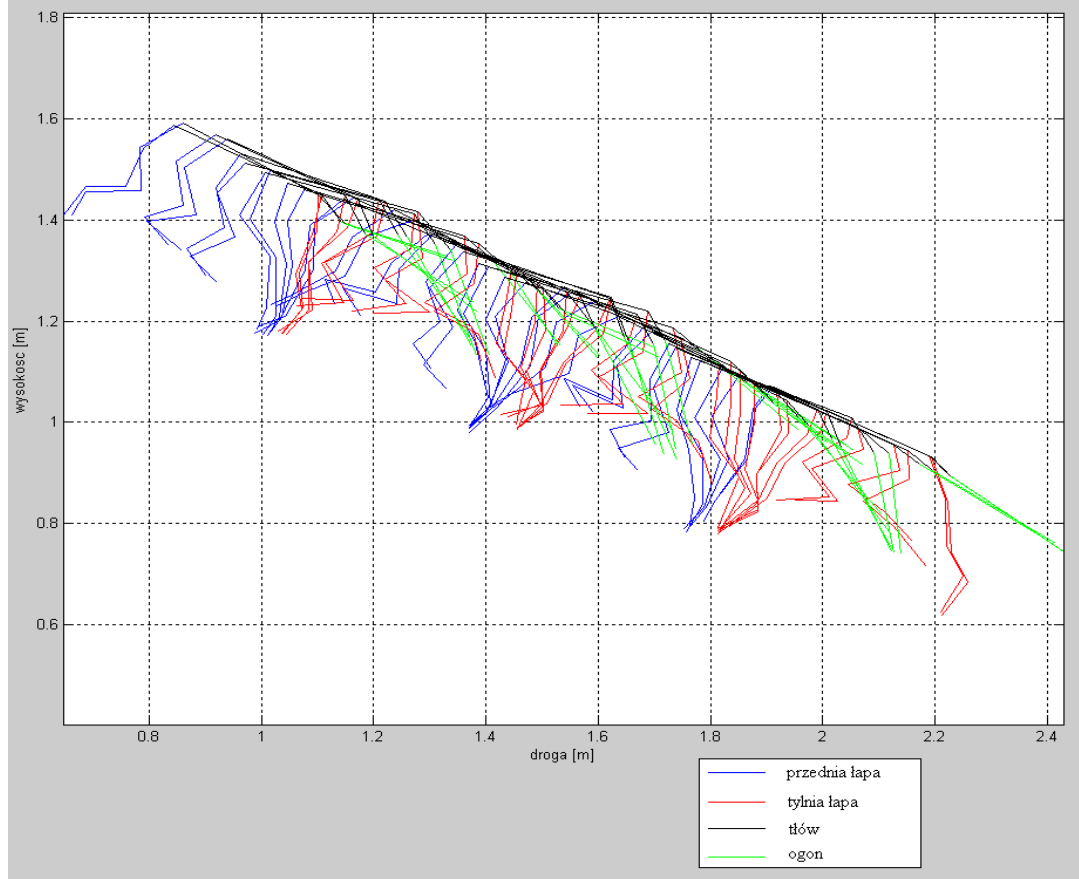
m_a – masa poszczególnych odcinków (założono 0,1 kg).



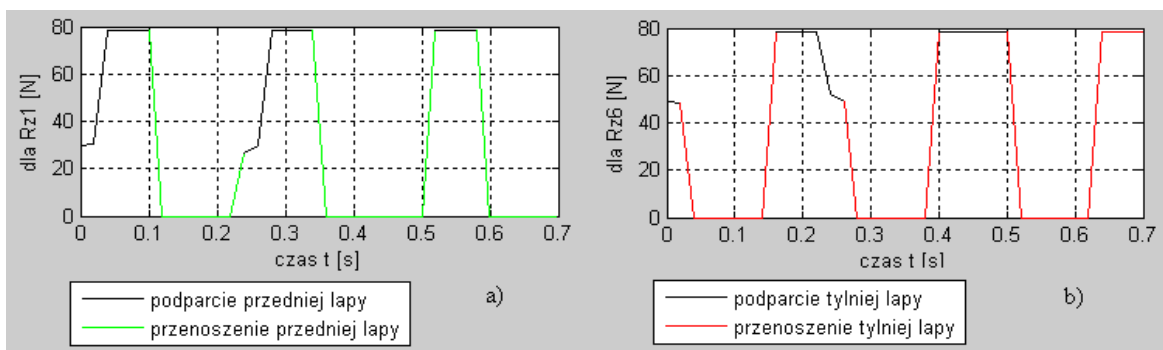
Rys.4. Rozkład reakcji i momentów dla pierwszego odcinka: a) łapy przedniej b) łapy tylnej

3. WYNIKI OBLICZEŃ

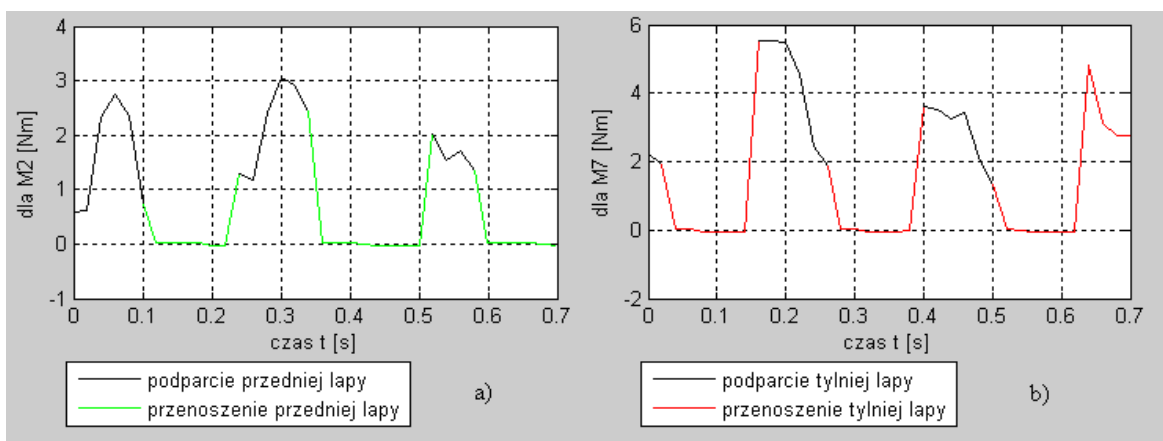
Na podstawie badań oraz obliczeń uzyskujemy wykresy kinematyki ruchu psa (rys.5), reakcji podporowych (rys.6), a także momentów (rys.7). Wykresy zamieszczono poniżej.



Rys. 5. Kinematyka ruchu psa wchodzącego po schodach



Rys.6. Wykresy reakcji podporowych a) dla łapy przedniej b) dla łapy tylnej



Rys.7. Wykres momentów a) dla łapy przedniej b) dla łapy tylnej

3. ANALIZA OTRZYMANYCH WYNIKÓW

Wykresy przemieszczenia pokazują schemat w jaki sposób pies wchodzi po schodach:

- przednia łapa po uniesieniu zostaje zgięta w łokciu i nadgarstku przeniesiona maksymalnie do przodu, a w momencie opuszczania dochodzi do prostowania łokcia i nadgarstka,
- tylnia łapa zachowuje się podobnie jak kończyna dolna człowieka w momencie odrywania od podłoża dochodzi do prostowania stopy następnie przeniesienie do przodu i jednoczesne ugięcie stopy, różnica występuje jedynie przy postawieniu stopy na podłożu gdyż pies chodzi na palcach a nie na całej stopie,
- ogon pomaga przy wchodzeniu na schody zmieniając swoje położenie w momencie przemieszczania tylnej łapy do przodu ogon wędruje w dół a następnie wraca do pozycji wyjściowej.

Wyniki mogą być niedokładne ze względu na ręczne zaznaczanie markerów na filmie.

Reakcje „początkowe” osiągają naprzemienne wartości od 0 do niespełna 80 N. Pozostałe reakcje pomijając pierwszy odcinek przedniej i tylnej łapy przebiegają podobnie osiągając najwyższą, a następnie najniższą wartość.

Wartości momentów przedniej i tylnej łapy różnią się, na tylnej łapie są wyższe. Wszystkie wartości momentów rosną w kierunku kręgosłupa. Różnica pomiędzy momentami nie jest spowodowana wartościami reakcji lecz budowa anatomiczną psa (tylnia łapa jest dłuższa co daje dłuższe ramie na którym działa siła).

LITERATURA

- [1] Leyko J.: Mechanika ogólna, Warszawa: PWN, 2002.
- [2] Smyczyński L.: Psy rasy i wychowanie, Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, 1983
- [3] <http://www.naszeuroczysko.pl/anatomia.html>

MODELLING OF DOG'S MOTION GOING UP THE STAIRS

Summary. The aim of this work was to process a mathematical model of motion the dog with entering on stairs. In the numerical calculations used kinematics curve of motion the dog obtained in the APASA. On the need to work developed on a computer program in MATLAB environment.