

Opracowanie modelu robota krocącego poruszającego się po powierzchniach pionowych

Design of walking robot model moving on vertical areas

JAROSŁAW PANASIUK
MAŁGORZATA SOROCZYŃSKA*

DOI: <https://doi.org/10.17814/mechanik.2017.7.97>

Celem artykułu jest przedstawienie projektu krocącego robota mobilnego, dostosowanego do poruszania się po powierzchniach o kącie nachylenia do 90° . Będzie to robot wzorowany na gekonach. Główna funkcjonalność robota, czyli poruszanie się po powierzchniach pochylonych, zostanie zrealizowana za pomocą specjalnie zaprojektowanych łap z materiałem adhezyjnym od spodu. Dwa tryby sterowania chodem będą umożliwiać operatorowi dowolne poruszanie kończynami robota lub narzucenie mu swobodnego kroczenia w zadanym kierunku.
SŁOWA KLUCZOWE: robotyka, roboty kroczące, roboty mobilne, druk 3D, materiał adhezyjny

The aim of this article is to present a mobile robot project designed to move on surfaces with an angle of inclination to 90° degrees. It will be a robot modeled on gecko. The main functionality of the robot, which is to move over inclined surfaces, will be realized using specially designed paws with adhesive material on the underside. Two walking modes will allow the operator to move robots limbs freely or walk to the desired direction.

KEYWORDS: robotics, walking robots, mobile robots, rapid prototyping, adhesive material

Odwzorowywanie natury to bardzo częste źródło inspiracji przy tworzeniu wynalazków czy rozwiązań znajdujących zastosowanie zarówno w przemyśle, jak i codzienności. Począwszy od koła (najbardziej przełomowego wynalazku w dziejach ludzkości), którego kształt odpowiada słońcu, księżycowi bądź ludzkiej żrenicy, aż do samolotu, który powstał dzięki próbom zbudowania maszyny dorównującej zdolnościom ptaków do latania. Współcześnie naukowcy na całym świecie próbują wykorzystać przeróżne zdolności zwierząt (takie jak tkanie pajęczyny czy przemieszczanie się z dużą prędkością i zwinnością w trudnym terenie) np. do celów militarnych lub przemysłowych. Maszynami odwzorowującymi kinematykę zwierząt są m.in. roboty mobilne. Można wyróżnić roboty kroczące, pełzające, pływające czy latające. Najbardziej złożoną konstrukcję (ze względu na potrzebę mechanizacji kończyn) mają roboty kroczące, zdolne do poruszania się w różnicowanym środowisku. Przykładem mogą być rozwiązania firmy Boston Dynamics, testowane zarówno w warunkach laboratoryjnych (na płaskich powierzchniach), jak i naturalnych (w lesie, na skałach) – z uwzględnieniem przeszkód. Konstrukcja kończyn musi zapewniać statyczną i dynamiczną stabilność robota, zwłaszcza że ma się on poruszać z prędkością nie mniejszą niż prę-

kość piechura (ze względu na specyfikę realizowanych projektów, np. wojskowych).

Przegląd konstrukcji robotów kroczących

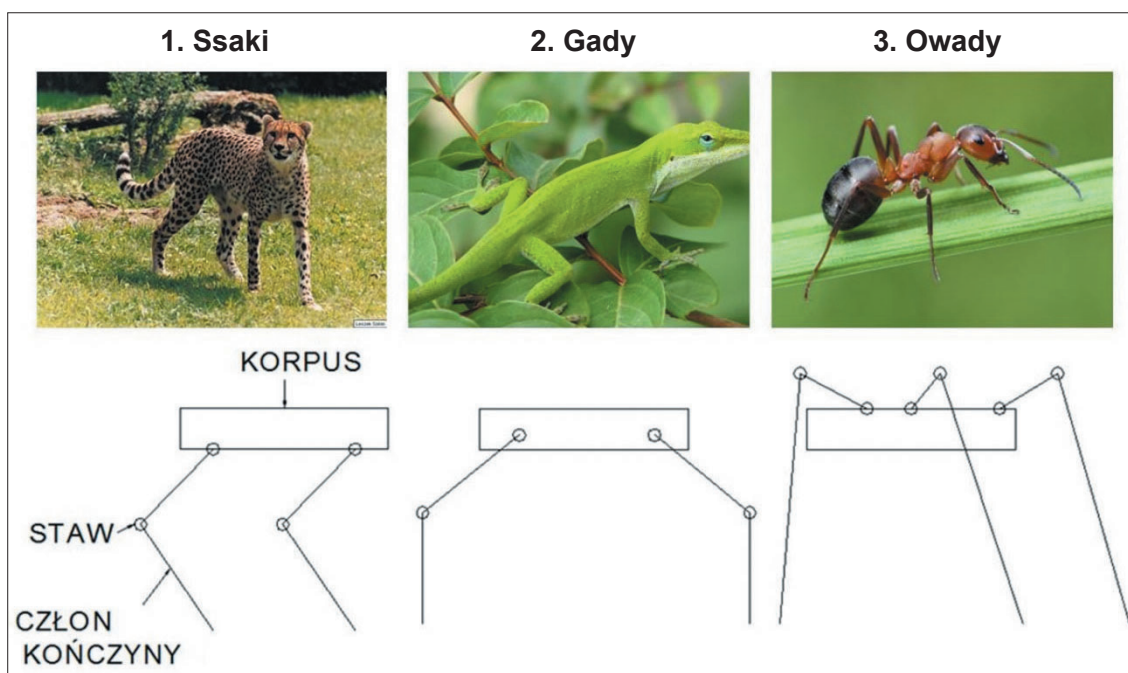
W przypadku robotów kroczących konstruktorzy koncentrują się głównie na budowie tych maszyn, a więc na liczbie i konfiguracji nóg oraz na sposobie poruszania się. Ze względu na ograniczenia technologiczne odwzorowanie sposobu poruszania się powinno zapewniać zachowanie funkcjonalności konstrukcji, a jednocześnie jej prostotę.

Istnieją trzy podstawowe modele konfiguracji nóg robotów kroczących (rys. 1). W pierwszym, typowym dla ssaków, kończyny są umiejscowione pod korpusem, a dwa główne stawy odpowiadające za ruch w większości przypadków znajdują się w jednej płaszczyźnie prostopadłej względem korpusu. W drugiej konfiguracji nóg, występującej u gadów, staw kolanowy leży poza przestrzenią pod korpusem (gady nie potrafią kroczyć ze stawami kolanowymi pod korpusem), a staw biodrowy znajduje się na powierzchni bocznej korpusu. W trzecim modelu konfiguracji nóg, charakterystycznym dla owadów, staw biodrowy umiejscowiony jest na powierzchni bocznej lub górnej korpusu, a pierwszy staw kończyny znajduje się powyżej korpusu. Z ekonomicznego punktu widzenia model wzorowany na ssakach jest opłacalny energetycznie (najmniejsze straty energii na przeciwdziałanie sile ciężkości), a model wzorowany na owadach jest najprostszymi do zrealizowania (ze względu na dobrą stabilność – dzięki liczbie nóg większej od czterech oraz szerokiemu rozłożeniu punktów podparcia). Duży wielokąt podparcia, powstający przez połączenie punktów styczności nóg z podłożem, oraz stosunkowo mała masa korpusu pozwalają na poruszanie się gadów i owadów po powierzchniach o dużym nachyleniu (można nawet pominąć fakt, że zarówno gady, jak i owady mają specjalnie zakończone kończyny, pozwalające na silny chwyt podłoża – gałęzi, liści, skał itp.).

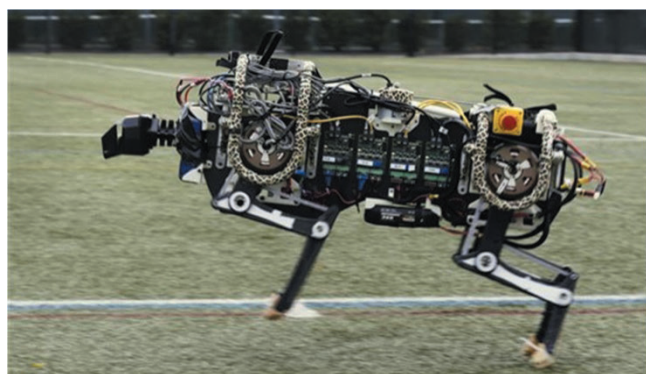
Obecnie opracowuje się wiele wariantów konstrukcji robotów kroczących, wykorzystujących naturalne wzorce i różne konfiguracje nóg. Model gadzi jest rzadko wykorzystywany z uwagi na największą złożoność ruchów (w poruszaniu się gadów zazwyczaj ważna jest współpraca korpusu z ogonem). Pozostałe dwa modele konfiguracji nóg zastosowano natomiast do stworzenia wielu prototypów robotów-ssaków (np. robota-geparda – rys. 2) i robotów-owadów (np. robota-mrówki – rys. 3).

Roboty-gady nie są liczne – prawdopodobnie ze względu na nieodkrytą funkcjonalność w życiu codziennym ludzi. Przykładem takiego robota – biorąc pod uwagę kryterium konfiguracji nóg – jest Pleurobot (rys. 4).

* Dr inż. Jarosław Panasiuk (jaroslaw.panasiuk@wat.edu.pl), Małgorzata Soroczyńska – Wydział Mechatroniki i Lotnictwa Wojskowej Akademii Technicznej



Rys. 1. Modele konfiguracji nóg robotów kroczących



Rys. 2. Robot-cheetah firmy Boston Dynamics [1]



Rys. 3. BionicANTs FESTO [2]



Rys. 4. Pleurobot firmy Biorobotics Laboratory (BioRob) [3]

Założenia do projektu robota

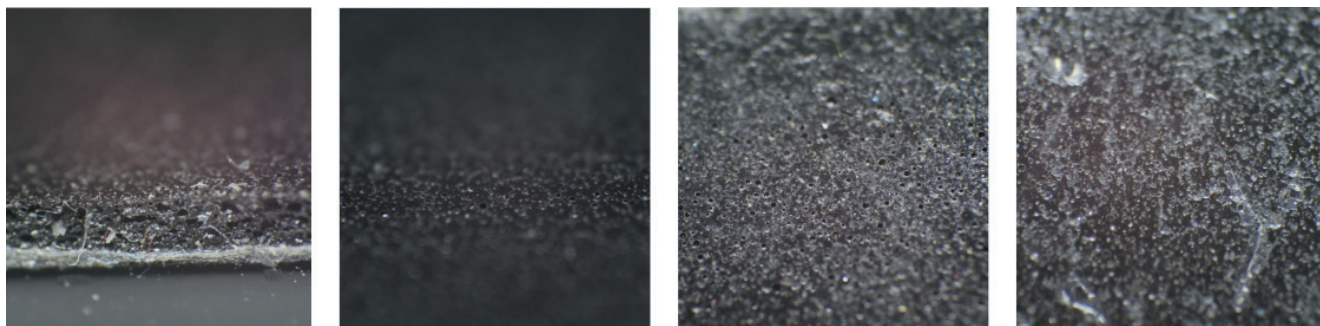
Głównym założeniem projektu jest opracowanie, a następnie wykonanie modelu mobilnego robota kroczącego charakteryzującego się zdolnością do poruszania się po gładkich powierzchniach (np. ze szkła lub lakierowanego drewna) o nachyleniu od 0° do 90° . Aby zapewnić odpowiednią przyczepność robota do powierzchni o dużym nachyleniu, na każdej z jego kończyn oraz na ogonie zostanie umieszczony specjalny materiał adhezyjny – AirStick Microsuction Tape (rys. 5 i 6).

Zastosowany materiał ma strukturę gąbki, więc przyczepność jest uzyskiwana częściowo przez podciśnienie wywarzone przy dociskaniu materiału, a częściowo – przez adhezję wytworzoną na gładkich powierzchniach między wgłębieniami. Taka struktura sprawia, że materiał przyczepia się pod wpływem małego docisku i jest odporny na odłączenie siłą poprzecznie skierowaną.

Wstępne badania wykazały, że próbka o powierzchni 1044 mm^2 jest w stanie utrzymać masę $1,75 \text{ kg}$ (przy obciążeniu ścinającym), co daje przyczepność $1,67 \text{ g/mm}^2$. Badania przyczepności będą kontynuowane pod kątem wytrzymałości na ścinanie i na rozciąganie.



Rys. 5. Próbka materiału AirStick Microsuction Tape



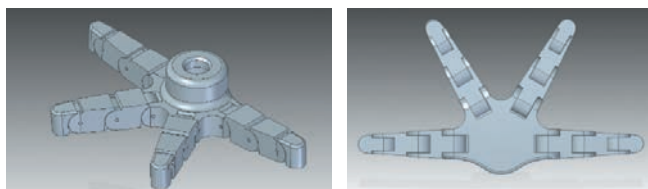
Rys. 6. Zdjęcia struktury materiału AirStick Microsuction Tape (od lewej: przekrój poprzeczny, rzut pod kątem, rzut pionowy od strony adhezyjnej oraz rzut pionowy od strony zamocowania)

Zgodnie z budową biologicznego wzorca (gekona) robot będzie się poruszał dzięki czterem łapom i ogonowi, co zagwarantuje wysoką stabilność – zarówno statyczną, jak i dynamiczną. Model w przeważającej części będzie wykonany w technologii szybkiego prototypowania.

Konstrukcja robota

Elementem decydującym o możliwościach mobilnych robota jest kończyna. Na rys. 7 przedstawiono wstępny model ideowy tzw. łapy adhezyjnej. Na jej spodzie będzie przyklejony materiał adhezyjny, zapewniający chwytanie powierzchni płaskiej. Kończyna będzie się składać z dwóch głównych członów odpowiedzialnych za ruch postępowy, połączonych przegubami, oraz z jednego członu pobocznego, kierującego ruchem pionowym. Założono, że kończyna będzie wykonana z elementów wytworzonych metodą szybkiego prototypowania, co pozwoli odwzorować złożoną geometrię i zoptymalizować masę.

Konieczne jest sterowanie każdą nogą robota z osobna, aby można było dopasować chód do bieżących potrzeb oraz zapewnić odpowiednią siłę adhezji.



Rys. 7. Chwytnik powierzchni

Koncepcja systemu sterowania

System sterowania robota mobilnego zostanie zbudowany z wykorzystaniem platformy Arduino. Sterowanie poszczególnymi kończynami robota, wyposażonymi w serwomotory, będzie realizowane z użyciem metody PWM. Aby zapewnić stabilność robota na powierzchniach pochyłych, konieczne będzie opracowanie algorytmu sterującego poszczególnymi kończynami, uwzględniającego przyłączenie łap mających kontakt z podłożem. To oznacza, że sterowanie będzie się musiało odbywać w sposób synchroniczny dla każdej z kończyn robota. Na potrzeby badań planuje się opracowanie dwóch zasadniczych trybów pracy (poruszania się) robota. W trybie automatycznym operator będzie wydawał polecenia przód/tył oraz prawo/lewo, lecz nie będzie się zajmował poruszaniem każdej kończyny z osobna, ponieważ wcześniej zostaną zaprogramowane algorytmy chodzenia. W trybie manualnym operator będzie mógł sterować osobno każdą kończyną oraz ogonem, co pozwoli na przetestowanie zachowania się robota w nietypowych warunkach.

Realizacja zadań związanych z budową prototypu robota wymaga rozwiązania takich problemów natury technicznej, jak:

- dobór i wykonanie układu napędowego w postaci czterech nóg oraz ogona (pełniącego funkcję stabilizacji), umożliwiających robotowi poruszanie się po powierzchniach o kącie pochylenia do 90° ,
- dobór i wykonanie układu sterowania z zastosowaniem modułu Bluetooth/Wi-Fi, który zapewni stabilne połączenie pomiędzy robotem i operatorem,
- wykonanie układu sensorycznego, pozwalającego na zbieranie informacji o przestrzeni roboczej robota,
- zabezpieczenie prototypu przed uszkodzeniem przy upadku z wysokości.

Na gotowym modelu zostaną przeprowadzone badania mające na celu: wyznaczenie parametrów funkcjonalnych robota oraz parametrów przyczepności jego kończyn i ogona do podłoża, sprawdzenie adaptacyjności układu kroczącego do zmiennych warunków środowiskowych oraz skuteczności algorytmu sterowania.

Podsumowanie

Obecnie w Europie roboty kroczące nie są jeszcze wykorzystywane w życiu codziennym. Dotychczas nie odkryto zwłaszcza funkcjonalności robotów wzorowanych na gadach. Projekt robota kroczącego po powierzchniach pochyłych może się przyczynić do popularyzacji takich maszyn w Polsce. Biorąc pod uwagę wykorzystanie innowacyjnego materiału, jakim jest AirStick Microsuction Tape, a także technologii szybkiego prototypowania i sterowania opartego na platformie Arduino, jest to pierwszy tego typu projekt w Polsce.

Artykuł zawiera opis projektu dofinansowanego przez Wojskową Akademię Techniczną im. Jarosława Dąbrowskiego w Warszawie.

LITERATURA

1. www.bostondynamics.com/robot_cheetah.html (dostęp: 2017 r.).
2. www.festo.com/group/en/cms/10157.htm (dostęp: 2017 r.).
3. www.biorob.epfl.ch/cms/site/biorob/lang/en/pleurobot (dostęp: 2017 r.).