

Marcin BARAN\*, Marcin BUTLEWSKI\*\*, Wiktoria CZERNECKA\*\*\*

## ZASTOSOWANIE ANALIZY MORFOLOGICZNEJ ZWICKY'EGO W PROJEKTOWANIU ERGONOMICZNYM URZĄDZEŃ WSPOMAGAJĄCYCH AKTYWNOŚĆ SPORTOWĄ OSÓB Z NIEPEŁNOSPRAWNOŚCIAMI

DOI: 10.21008/j.0239-9415.2018.078.01

W artykule przedstawiono możliwość zastosowania analizy morfologicznej Zwicky'ego w projektowaniu ergonomicznym urządzeń wspomagających aktywność sportową osób z niepełnosprawnościami. Dla przykładu przeanalizowano wózki biegowe do maratonów, które w większości cechuje bardzo podobna forma. Dla wybranych alternatyw w ramach atrybutów przeanalizowano ich zalety i wady, co w kontekście projektowania ergonomicznego umożliwia odrzucenie nieakceptowanych rozwiązań. W analizowanym przykładzie, jako atrybuty istotne uznano następujące kategorie: Liczbę kół (Ai), Pozycję na siedzisku (Bj), Kierunek ustawienia pasażera wózka (Ck), Uchwyt na część ciała (Dl), Skrętność kół (Ei), Przenoszenie siły poprzez określoną część ciała (Fm). Ostatecznie wykazano, że nawet przy niewielkim wysiłku dla szeregu rozwiązań funkcjonujących niezmiennie można znaleźć ciekawe alternatywy.

**Słowa kluczowe:** projektowanie ergonomiczne, heurystyka ergonomiczna, gerontechnika

### 1. WPROWADZENIE

Aktywność fizyczna ma nieoceniony wpływ na organizm ludzki. Wiąże się to z utrzymaniem odpowiedniej pracy układów: krążenia, mięśniowego, kostno-stawowego, oddechowego, nerwowego, zwiększa odporność organizmu i oddziałuje na

---

\* Student kierunku inżynieria bezpieczeństwa, Wydział Inżynierii Zarządzania, Politechnika Poznańska.

\*\* Wydział Inżynierii Zarządzania, Politechnika Poznańska.

\*\*\* Doktorant Wydziału Inżynierii Zarządzania, Politechnika Poznańska.

reakcje hormonalne zachodzące w organizmie, a także pozytywnie wpływa na zdrowie psychiczne człowieka (Wojtasik et al., 2015). W jeszcze większym stopniu dotyczy to osób z niepełnosprawnościami, dla których sport jest sposobem na poprawę samopoczucia. Osoby te znacznie częściej pozostają nieaktywne, chociaż sport w ich przypadku ma wielowymiarowe pozytywne oddziaływanie. Według badań brytyjskich mniej niż 30 minut tygodniowo na sport przeznaczają 17,9% osób sprawnych, natomiast w przypadku jednej tylko niepełnosprawności odsetek ten wynosi 28,5%. Przy 3 niepełnosprawnościach ponad połowa respondentów nie przyznaje się do jakiegokolwiek aktywności (www.sportengland.org), mimo iż sport jest uważany za jedną z najlepszych form usprawniania funkcjonalnego osób ze schorzeniami narządu ruchu (Wojtasik, i in. 2015).

Aktywność fizyczna to nie tylko aspekty prozdrowotne, można również rozpatrywać sport pod względem ekonomicznym. Sprzęt niezbędny do uprawiania sportu bywa kosztowny, w szczególności, gdy ma być dopasowany do określonej osoby, co jest konieczne w przypadku większości niepełnosprawności. Pojawia się, więc potrzeba projektowania zindywidualizowanego i jednocześnie ergonomicznego. Problemem w tym zakresie jest przede wszystkim przeniesienie wymagań określonej osoby na rozwiązanie techniczne, które będzie je spełniać. Sam opis potrzeby nie jest bowiem tożsamy z rozwiązaniem ją zaspokajającym, aczkolwiek w wielu przypadkach nasuwa on rozwiązanie, które niekoniecznie musi być jedynym i najlepszym dla danej sytuacji.

## **2. PROBLEMY PROJEKTOWANIA ERGONOMICZNEGO W ZAKRESIE ZINDYWIDUALIZOWANYCH URZĄDZEŃ WSPOMAGAJĄCYCH AKTYWNOŚĆ FIZYCZNĄ**

Projektowanie ergonomiczne obejmuje swoim działaniem system człowiek-obiekt techniczny i wdraża szereg metod postępowania, tak by uzyskać zakładany poziom jakości ergonomicznej. Istotą ergonomii jest więc rozpoznanie i przeniesienie wymagań na strefy takie jak środki techniczne, organizacyjny sposób ich wykorzystania i otoczenie. Mając pełną wiedzę o potrzebach (założenie), nie mamy pewności, jakie środki zapewnią ich zaspokojenie. O ile jest to typowy problem dla projektowania w sensie ogólnym, to w przypadku projektowania nietypowych rozwiązań dla osób z niepełnosprawnościami tym bardziej należy starać się korzystać ze znanych i wypróbowanych rozwiązań. Pozostaje jednak pytanie czy ta droga jest najlepszą do poszukiwania rozwiązań i daje przez to najlepsze rezultaty. Główne problemy w tym zakresie to:

- powielanie tych samych wzorców rozwiązań bez analizy ich skuteczności w określonym otoczeniu,
- dyskretyzacja sposobu zaspokojenia potrzeb do określonych tylko rozwiązań,
- ograniczenia patentowe i strach przed naruszeniem ich przez projektantów,

- brak zastosowania metod heurystycznych pozwalających na usprawnienie poszukiwania rozwiązań – np. przez metodyki TRIZ (Butlewski, 2013), co skutkuje powstawaniem rozwiązań w niewielkim stopniu innowacyjnych.

Z pewnością ograniczeniami projektowymi dla zindywidualizowanych pomocy sportowych są wymogi poszczególnych dyscyplin, jednak w przypadku sportu nieprofesjonalnego czynnik ten nie będzie odgrywał tak istotnej roli.

Wyzwaniem w przypadku projektowania rozwiązań dla osób z niepełnosprawnościami z pewnością ograniczającym ich możliwy zakres jest przewidzenie wszystkich interakcji, jakie mogą nastąpić w projektowanym systemie. Zazwyczaj bowiem informacja o rodzaju niepełnosprawności nie będzie niosła ze sobą pełnego pakietu informacyjnego odnośnie deficytów ergonomicznych występujących w określonych warunkach. Dodatkowo możliwe do wykorzystania ogólne modelowanie biomechaniczne oraz uproszczone metody oceny obciążeń również nie będą adekwatne w przypadku specyficznego użytkownika. Rozwiązaniem w tym zakresie jest wykorzystanie bardziej dokładnych rozwiązań takich jak AnyBody, ale są one czasochłonne i kosztowne (Suszyński, Butlewski, Stempowska, 2017). Jednak nawet w przypadku zaawansowanych metod ewaluacji rozwiązania, by ocena mogła zostać przeprowadzona, konieczne jest przetestowanie określonych konstrukcyjnie urządzeń. Stąd powstaje potrzeba wspomagania projektanta w zakresie znalezienia takich kombinacji konstrukcyjnych, które będzie można przetestować pod kątem określonych grup wymagań.

### **3. JAK FUNKCJA DETERMINUJE FORMĘ NA PRZYKŁADZIE WÓZKA DO BIEGANIA PASYWNEGO**

By podjętym rozważaniom nadać praktycznego charakteru analizą objęto pasywne wózki do biegania, w których osoba z niepełnosprawnościami uczestniczy w sporcie pasywnie, natomiast wózek jest napędzany przez sprawnego biegacza. Jest to skrajny przypadek współuczestniczenia w aktywności fizycznej, gdzie osoba ze znacznym poziomem niepełnosprawności jest włączana w aktywność, której sama nie może zaznać. W tabeli 1 przedstawiono dostępne rozwiązania stosowane w wózkach pasywnych oraz omówiono różne rodzaje konstrukcji, zwracając uwagę na takie rzeczy jak: rama, liczba kół, możliwość skrętu przedniego koła, pozycję biegacza pasywnego oraz opcje dodatkowe, tj. możliwość złożenia wózka.

Ilustracje w tabeli 1 zostały uproszczone w celu prezentacji głównej idei konstrukcyjnej wózka i nie oddają wszystkich cech marketingowych i użytecznościowych rozwiązań producentów.

W tabeli 2 przedstawiono dostępne rozwiązania stosowane w wózkach biegowych, wraz z charakterystyką ich wad i zalet. Poszczególne kategorie cech i przyjmowane w ramach nich wartości stanowią podstawę analizy rozwiązań w macierzy morfologicznej.

Tabela 1. Porównanie typowych konstrukcji stosowanych w wózkach pasywnych




Ilustracja	Opis
	Oracing Running to wózek trójkołowy z pozycją siedzącą osoby pasywnej. Podstawą konstrukcji jest rama wózka aktywnego. Rama przypomina literę T w rzucie z góry. Ta konstrukcja od innych wózków różni się tym, że koło przednie umożliwia skręt. Ma również obręcz, zatem pasażer wózka może go napędzać. Cena: 2995 Euro ( <a href="http://www.oracing.es">www.oracing.es</a> )
	The Blade to wózek trójkołowy z pozycją półleżącą pasażera. Również w tym modelu koło przednie jest bezskierunkowe. Pozycja półleżąca pasażera została uzyskana przez wyprofilowaną leżankę. Zabezpieczono tym samym nogi pasażera przed przypadkowym osunięciem i zablokowaniem o podłoże. Cena: 4200 USD, 3583 Euro ( <a href="http://www.hoytrunningchairs.com">www.hoytrunningchairs.com</a> )
	Adaptive Star Axiom Racer to kolejny trójkołowy wózek, który również posiada przednie koło bez możliwości skrętu. Rama również przypomina literę T w rzucie z góry. Ten wózek od innych odróżnia pozycja siedząca, w której osoba pasywna ma delikatnie podkurczone nogi. Różnicą są również wysokie podłokietniki. Cena 3950 USD, 3383 Euro ( <a href="http://sportengland.org">sportengland.org</a> )

Tabela 2. Porównanie typowych konstrukcji stosowanych w wózkach pasywnych

Kategoria konstrukcyjna	Wartość	Zalety	Wady
1	2	3	4
Liczba kół	2	Mniejsza liczba kół powoduje mniejsze tarcie, więc opór podczas biegu jest niższy	Wózek jest wywrotny, potrzebuje stałego podtrzymywania. Wymagany jest duży wysiłek i koncentracja, by stabilizować wózek i potrafić go utrzymać.
	3	Wózek nie potrzebuje podtrzymywania, jest w stanie stać samodzielnie razem z osobą pasywną. Taka konstrukcja jest stabilna podczas pokonywania zakrętów.	Trójkołowa konstrukcja wymaga odpowiednich wymiarów, by wózek był stabilny, może to stwarzać trudności w związku z mobilnością.

Tabela 2 cd.

1	2	3	4
	4	Zapewniona jest duża stabilność. Możliwe jest pokonywanie bardzo ostrych zakrętów. Wózek może mieć małe wymiary, może być bardziej mobilny i przenośny.	Wózek może generować duże opory toczenia. Podczas biegu występują trudności z utrzymaniem toru jazdy. Ta konstrukcja może sprawiać trudności, jeśli chodzi o stabilizację na zakrętach. W związku z możliwymi małymi gabarytami, może być wywrotny na zakrętach.
Pozycja w siedzisku	siedząca	Pozycja umożliwiająca ograniczenie gabarytów wózka.	Potrzeba dodatkowych stabilizacji osoby pasywnej. Ryzyko wypadnięcia biegacza pasywnego.
	półleżąca	Pozycja bardzo wygodna. W zależności od stopnia niepełnosprawności osoby pasywnej może nie wymagać dodatkowych stabilizacji.	Występuje potrzeba stabilizacji osoby pasywnej. Niezbędne są większe gabaryty wózka.
	leżąca	Pozycja leżąca zapewnia dużą wygodę i komfort. Możliwość usytuowania osoby z wysokim stopniem niepełnosprawności.	Wózek musi być wyposażony w dodatkowe zabezpieczenia. Dodatkowe gabaryty wózka, duża masa.
Rodzaj uchwytu	uchwyt ręczny	Łatwa kontrola wózka, możliwość stabilizacji toru jazdy. Kontrola osoby pasywnej znajdującej się w wózku. Możliwość wykorzystania wózka jako uchwytu np. na napój.	Niezbędne nieustanne trzymanie uchwytu. Potrzeba utrzymywania rąk w powietrzu. Wysiłek statyczny.
	uchwyt biodrowy	Uwolnienie rąk od dodatkowych zadań.	Brak możliwości nieustannej kontroli wózka. Trudności w manewrowaniu wózkiem. Niedoskonałość mocowania wózka (problemy w dopasowaniu, możliwość otarć).
Rodzaj przedniego koła	z możliwością skrętu	Łatwość w manewrowaniu. Możliwość pokonywania bardzo ostrych zakrętów.	Możliwość zablokowania koła, która sprawia niebezpieczeństwo i naraża wózek na wywrócenie. Konieczność stabilizacji toru jazdy.
	bez możliwości skrętu	Większe bezpieczeństwo przy pokonywaniu nierównego podłoża. Nie wymaga korekty toru jazdy przy szybszym biegu.	Należy wykonywać dodatkową czynność (unoszenie przedniego koła), by umożliwić skręt.

Tabela 2 cd.

1	2	3	4
Rodzaj hamulca	hamulec postojowy	Łatwość przy wsiadaniu osoby pasywnej.	Istnieje możliwość uruchomienia hamulca przez osobą pasywną.
	hamulec ręczny szczękowy	Możliwość użycia hamulca podczas zjazdu z pochyłów.	Mniejsza wydajność hamulca od hamulca tarczowego. Dodatkowa masa wózka.
	hamulec ręczny tarczowy	Większa wydajność hamulca w porównaniu do hamulca szczękowego.	Dodatkowa masa wózka. Szybka reakcja może sprawić, że wózek będzie trudny do opanowania. Trudność z demontażem koła.

Zbliżona forma większości rozwiązań w zakresie wózków biegowych może świadczyć o jej doskonałości w realizacji funkcji, jak również jej determinacji wynikłej z wcześniej przyjętych rozwiązań. Jest to więc dobry obszar do zastosowania analizy morfologicznej w celu przetestowania różnych złożów projektowanego rozwiązania.

#### 4. ANALIZA MORFOLOGICZNA ZWICKY'EGO W ZASTOSOWANIU DO PROJEKTOWANIA ERGONOMICZNEGO

Analiza morfologiczna opracowana została przez Fritza Zwicky'ego, podczas poszukiwania rozwiązań w projektowaniu rakiet (Proctor, 2003) i obecnie znajduje zastosowanie w heurystycznym rozwiązywaniu problemów z obszarów technicznych oraz organizatorsko-zarządczych (Ujwary-Gil, 2003). Metoda ta początkowo opisana przez Zwicky'ego (Zwicky, 1969) znalazła szerokie zastosowanie i uznawana jest za jedną z podstawowych analiz w zakresie poszukiwania alternatyw (Proctor, 2003). Należy ona do grupy metod rozważających morfologię, a więc elementy składowe problemu, dla których rozpatruje się wszystkie kombinacje atrybutów rozwiązania. Podobnie jak większość metod projektowych, składa się z faz: analiza, identyfikacja oraz synteza. Po identyfikacji problemu, którym może być przezwyciężenie naturalnej skłonności do zbytniego zawężania problemów do ram narzuconych przez rutynę, przyzwyczajenia, tradycje, dokonywana jest jego analiza, polegająca na wyróżnieniu głównych atrybutów problemu. Odbywa się to zazwyczaj w trzech krokach (Butlewski, 2013b):

1. Wyodrębnienie wszystkich istotnych parametrów (cech) charakteryzujących rozważany problem (klasyfikacja na podproblemy, czynniki, funkcje, elementy, aspekty, punkty widzenia itp.),

2. Określenie wariantów (wszystkich możliwych stanów) poszczególnych atrybutów fizycznych lub działania (tzn. pomysłów rozwiązań dla każdej kategorii, znanych wcześniej lub nowych),
3. Stworzenie, a następnie systematycznie przeanalizowanie wszystkich możliwych kombinacji.

Ostatni krok jest najbardziej problematyczny, ponieważ wymaga dookreślenia rozwiązań w liczbie równej iloczynowi wszystkich rozwiązań dla wyznaczonych atrybutów (np.  $3 \times 4 \times 5$ ). Przy większej liczbie atrybutów należy rozważyć postępowanie krokowe, gdzie analizuje się kolejne macierze uwzględniające jedynie pary parametrów, tj. najpierw tworzyć tzw. wstępną macierz dla dowolnej pary parametrów, zestawić kombinacje ich stanów, dokonać redukcji wariantów, uwzględnić kolejny parametr itd. (sekwencyjnie za pomocą metody macierzy odkrywczej Molesa) (Trocki, Wyrozębski, 2014).

W analizowanym przypadku jako główne atrybuty wybrano: Liczbę kół, Pozycję na siedzisku, Uchwyt na część ciała, Skrętność kół, Przenoszenie siły. Zestawienie atrybutów i alternatyw w ich zakresie przedstawiono w postaci Morfologicznej skrzynki w tabeli 3. Uznaje się, że skrzynka posiada istotną wartość także z uwagi na wizualizację alternatyw i ich możliwych kombinacji (Butlewski 2013b).

Tabela 3. Morfologiczna skrzynka dla wózka do biegania

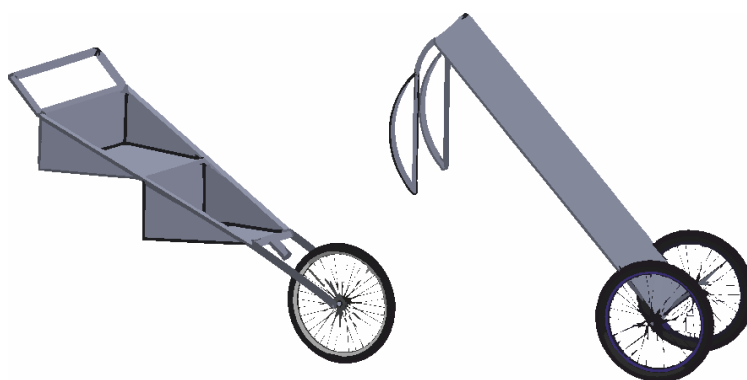
Parametry	Rozwiązanie			
Liczba kół (A <sub>i</sub> )	1	2	3	4
Pozycja na siedzisku (B <sub>j</sub> )	stojąca	siedząca	półleżąca	kłęcząca pochyłona
Kierunek ustawienia pasażera wózka (C <sub>k</sub> )	do przodu		bokiem	tyłem
Uchwyt na część ciała (D <sub>l</sub> )	pas – biodra	ręce – łokcie	piersi – plecy	barki
Skrętność kół (E <sub>i</sub> )	nieskrętne		skrętne ciągnięte	skrętne manualnie – kierowane
Przenoszenie siły poprzez (F <sub>m</sub> )	pchanie		ciągnięcie	

W przedstawionym przykładzie dla zaledwie 6 atrybutów (wybrano jedynie najważniejsze) można osiągnąć kombinację 1152 rozwiązań. Zastosowana redukcja sekwencyjna według Molesa dała możliwość na określenie następujących interesujących kombinacji rozwiązań:

1. A2B4C1D2E1F1 – 2 koła, pozycja kłęcząca pochyłona, kierunek do przodu, uchwyt ręczny, koła nieskrętne, przenoszenie siły przez pchanie.

2. A2B1C3D4E1F2 – 2 koła, pozycja stojąca (pochylona), kierunek jazdy tyłem, uchwyt na barki, nieskrętne koła, przenoszenie siły przez ciągnięcie.
3. A1B2C1D2E1F1 – 1 koło, pozycja siedząca, kierunek pasażera zwrócony do przodu, uchwyt ręczny, koło nieskrętne, przenoszenie siły przez pchanie.
4. A4B3C1D1E2F2 – 4 koła, pozycja pólężąca, kierunek pasażera w stronę przodu, uchwyt – pas na biodrach, koła skrętne, przenoszenie siły przez ciągnięcie.

Z uwagi na niewielką liczbę wybranych atrybutów część z rozwiązań wymaga doprecyzowania. Wybrane alternatywy rozwiązań przedstawiono na rysunku 1, bez wartościowania ich przydatności.



Rys. 1. Wizualizacja wybranych kombinacji atrybutów rozwiązań

Tylko niektóre z kombinacji alternatyw mają wartość praktyczną i można je uznać za warte przetestowania, dla przykładu przedstawiono rozwiązanie z wizualizacją osób je wykorzystujących – rysunek 2.



Rys. 2. Propozycja rozwiązania w zakresie wózka biegowego



Zastosowane alternatywy atrybutowe rodzą pewne problemy takie jak np. przeniesienia napędu z biegacza na urządzenie bez negatywnych konsekwencji dynamiki biegu. Niemniej pozwalają na ponowne odnalezienie rozwiązań, które z różnych względów zostały zarzucone w przeszłości.

Uzyskane rozwiązania powinny zostać poddane ocenie z uwagi na przyjęte kryteria projektowe, wśród których znaczna część w analizowanym przypadku posiada ergonomiczne konotacje. Taka kolejność jest uzasadniona zasadą braku ograniczeń na etapie formułowania alternatyw, może bowiem się okazać, że dopiero określona kombinacja czynników pozwoli na uzyskanie zadawalających ergonomicznie rozwiązań.

## **5. WNIOSKI Z ANALIZY MORFOLOGICZNEJ DLA PROJEKTOWANIA ERGONOMICZNEGO**

Zastosowanie analizy morfologicznej pozwala na uzyskanie rozwiązań niestandardowych i wcześniej odrzuconych lub pominiętych. W drodze postępowania w analizie morfologicznej, rozwiązania odrzucane są ze względu np. na ich popularność bądź dyskwalifikację przez przyjęte kryteria. Jednak takie odrzucenie musi nastąpić na końcu, kiedy odrzucamy określoną kombinację, nie natomiast całą gałąź opartą o zbyt wcześnie wyeliminowane rozwiązanie. Zastosowanie metody analizy morfologicznej wszystkich dostępnych rozwiązań doprowadza do rozwiązań niestandardowych, jednak wymaga ona czasu i przełamania schematów postępowania.

W przedstawionym problemie projektowanie ograniczało się jedynie do pewnych wybranych cech urządzenia, natomiast nie objęło swoim zakresem pełnej domeny projektowania ergonomicznego. Niemniej przedstawiono główne założenie postępowania, natomiast ostatecznie rozwiązania powinny być poddawane ergonomicznej ocenie zgodnie z zasadami inherentnymi określonemu obszarowi działania człowieka. Kryteriami takiej oceny mogłyby być więc wskaźnikowe metody oceny obciążeń, subiektywne oceny lub eksperckie oceny wraz z symulacją efektywności analizowanego rozwiązania. Ocena kryteriami ergonomicznymi daje więc możliwość wyboru rozwiązania.

## **6. PODSUMOWANIE**

Metody heurystyczno-wynalazcze mogą stanowić bardzo cenne źródło inspiracji i pozwalają na uzasadnienie wyborów projektowych, których racjonalność jest dyskusyjna. W wielu bowiem przypadkach opiera się tylko na zastosowaniu popu-

larnych rozwiązań w danym zakresie, bez analizy wielu alternatywnych. Szczególnie w przypadku projektowania rozwiązań zindywidualizowanych, dostosowanych do określonego użytkownika istotne jest poszerzenie obszaru poszukiwania rozwiązań. Taka sytuacja ma miejsce w przypadku rozwiązań dla osób z niepełnosprawnościami, dla których niewielka nawet zmiana może powodować niemożność skorzystania z danego urządzenia, cenne jest więc poszukiwanie rozwiązań nawet niewiele lepszych w danym zakresie od tych powszechnie używanych.

## LITERATURA

- Butlewski, M., Baran, M., Wobszal, W. (2017). Wózek biegowy dla osób starszych – studium przypadku wraz z rozważaniem nad zakresem metodycznym projektowania ergonomicznego. In: *Ergonomia niepełnosprawnym. Interakcyjne projektowanie ergonomiczne stanowisk pracy, przestrzeni użytkowych, przepływu informacji i produktu*. Łódź: Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, 135-145.
- Butlewski, M. (2013). Heuristic methods aiding ergonomic design. *International Conference on Universal Access in Human-Computer Interaction*. Springer, Berlin, Heidelberg, 13-20.
- Butlewski, M. (2013). *Projektowanie i ocena wyrobów*. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej.
- Guilford, J.P. (1978). *Natura inteligencji człowieka*. Warszawa: PWN.
- Hoyt Running Chairs – Yes You Can!, <https://www.hoytrunningchairs.com> (05.03.2017).
- Indemedical.com, *Axiom RACER*, [https://www.indemedical.com/Adaptive-Star-Axiom-RACER--The-PURPLE-PEANUT\\_p\\_2991.html](https://www.indemedical.com/Adaptive-Star-Axiom-RACER--The-PURPLE-PEANUT_p_2991.html) (12.06.2018).
- Martyniak, Z. (1997). *Wstęp do inwentyki*. Kraków: Wyd. AE.
- Oracing – running wheelchair for jogging and racing, <http://www.oracing.es/en/oracing-running-wheelchair> (12.06.2018).
- Proctor, T. (2003). *Twórcze rozwiązywanie problemów*. Gdańsk: Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne.
- Sport and Physical Activity Levels amongst adults aged 16+*, [https://www.sportengland.org/media/11495/tables-1-5\\_levels-of-activity.xls](https://www.sportengland.org/media/11495/tables-1-5_levels-of-activity.xls) (30.06.2018).
- Suszyński, M., Butlewski, M., Stempowska, R. (2017). Ergonomic solutions to support forced static positions at work. *MATEC Web of Conferences*, 137. EDP Sciences 01015.
- Trocki, M., Wyrozębski, P. (2014). Zastosowanie analizy morfologicznej w naukach o zarządzaniu. *Organizacja i Kierowanie*, 2(162).
- Ujwary-Gil, A., Wykorzystanie analizy morfologicznej w poszukiwaniu nowej formy reklamowania produktu. *Marketing i Rynek* 2003, 6, 2-6.
- Wojtasik, W., Szulc, A., Kołodziejczyk, M., Szulc, A. (2015). Wybrane zagadnienia dotyczące wpływu wysiłku fizycznego na organizm człowieka, Selected issues concerning the impact of physical exercise on the human organism. *Journal of Education, Health and Sport*, 5(10).
- Zwicky, F. (1969). *Discovery, Invention, Research through the Morphological Analysis*. New York: MacMillan.

---

**APPLICATION OF ZWICKY MORPHOLOGICAL ANALYSIS IN ERGONOMIC DESIGN OF DEVICES ASSISTING THE SPORT ACTIVITY OF PEOPLE WITH DISABILITIES****Summary**

The article presents the possibility of using Zwicky's morphological analysis in the ergonomic design of devices supporting sports activity of people with disabilities. As an example, running trolleys for marathons were analyzed, which in most cases have a very similar form. The advantages and disadvantages of the selected attributes have been analyzed for the selected alternatives, which in the context of ergonomic design makes it possible to reject unacceptable solutions. In the analyzed example, the following categories were considered to be relevant attributes: Number of wheels (Ai), Position on the seat (Bj), Direction of the passenger's wheelchair position (Ck), Handle body part (Dl), Wheel steering (Ei), Power transmission through a specific part of the body (Fm). Finally, it was shown that even with a small effort for a number of solutions functioning invariably, interesting alternatives can be found.

**Keywords:** ergonomic design, gerontechnology, ergonomics for people with disabilities

