Mateusz Koźma[1]
Piotr Skitek[1]
Maciej Sydor[2]
[1] Politechnika Poznańska
[2] Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

ERGONOMICZNE KRYTERIA DOBORU DOSTOSOWAŃ POJAZDÓW OSOBOWYCH DLA OSÓB Z DYSFUNKCJAMI NARZĄDÓW RUCHU CZĘŚĆ 2: PROPOZYCJA ALGORYTMU ADAPTACJI

Wymagania stawiane samochodom dostosowanym do kierowania przez osobę określoną jako niepełnosprawna różnią się od wymagań stawianych samochodom osobowym dla pełnosprawnych kierowców. Zakres oraz forma dostosowań jest każdorazowo przygotowywana indywidualnie. Celem artykułu jest przedstawienie propozycji algorytmizacji postępowania w trakcie doboru pojazdu oraz doboru zakresu i rodzaju dostosowań w indywidualnym samochodzie osobowym dla niepełnosprawnego kierowcy. W pracy przedstawiono propozycję trzyczęściowego algorytmu doboru pojazdu oraz doboru zastosowanych w nich urządzeń dostosowujących wnętrze do potrzeb osób niepełnosprawnych. Zaproponowano również sposób walidacji przyjętych rozwiązań konstrukcyjnych za pomocą listy kontrolnej. W konkluzji podkreślono dużą dywersyfikację potrzeb wynikających z różnych rodzajów niepełnosprawności oraz wielości dostępnych rozwiązań konstrukcyjnych.

ERGONOMIC SELECTION CRITERIA FOR THE ADAPTATION OF PASSENGER VEHICLES FOR PEOPLE WITH MOBILITY DYSFUNCTIONS. PART 2: PROPOSAL OF THE ADAPTATION ALGORITHM

Requirements cars adapted for driving by a person referred to disability are different from requirements for passenger cars for disabled drivers. The scope and form of adaptation is always prepared individually. The aim of this article is to present a proposal algorithmization proceedings during the vehicle selection and the selection of the scope and type of adjustments to the individual passenger car for a disabled driver. The study proposes a three-part algorithm selection and the selection of the vehicle used in these devices adapting the interior to the needs of people with disabilities. It proposes a way of validating the adopted design solutions using the checklist. In conclusion highlights the high diversification of the needs of the various types of disability and the multitude of available design solutions.

1 Uwagi wstępne

Kierowca niepełnosprawny potrzebuje do przemieszczania się właściwie dostosowanego do jego dysfunkcji pojazdu. Wyróżnić można dwie główne grupy samochodów przeznaczonych dla osób niepełnosprawnych [1]:

- samochody dostosowane do kierowania przez określoną osobę niepełnosprawną – przygotowywane indywidualnie i znacznie zróżnicowane konstrukcyjnie z uwagi na zróżnicowanie dysfunkcji;
- samochody do przewozu osób niepełnosprawnych, zwłaszcza na wózkach inwalidzkich – zwykle o dość uniwersalnych rozwiązaniach konstrukcyjnych, umożliwiających przewóz dowolnej osoby niepełnosprawnej.

Celem artykułu jest przedstawienie propozycji algorytmizacji postępowania w trakcie doboru pojazdu oraz doboru zakresu i rodzaju dostosowań w indywidualnym samochodzie przeznaczonym dla niepełnosprawnego kierowcy. Autorzy bazują na powszechnie znanych na rynku rozwiązaniach technicznych w celu minimalizacji kosztów przedsięwzięcia.

Jak wspomniano w pierwszej części[1], dostosowanie pojazdu do potrzeb niepełnosprawnego kierowcy jest procesem złożonym, w którym mogą pojawić się różnego rodzaju błędy. Biorąc to pod uwagę zaproponowano heurystykę wspomagającą proces adaptacji samochodu składającą się z trzech algorytmów oraz listy kontrolnej.

2 Źródło danych wejściowych

W celu pozyskania wiedzy na temat preferencji niepełnosprawnych kierowców posłużono się danymi literaturowymi pochodzącymi z trzech publikacji: dwóch zawierających wyniki ankiet przeprowadzonych w grupach kohortowych: w 2008 roku na grupie 19 mężczyzn użytkowników wózków inwalidzkich [2] oraz w roku 2014 na grupie 11 osób o różnych niepełnosprawnościach [3]. Dodatkowym, uzupełniającym źródłem wiedzy były informacje zawarte w pracy zbiorowej „Poradnik niepełnosprawnego kierowcy i pasażera" [4] oraz doświadczenie dwóch współautorów w użytkowaniu indywidualnie przystosowanych pojazdów.

W publikacji z 2008 roku przeprowadzono badania ankietowe na grupie 19 użytkowników wózków inwalidzkich. Wszyscy ankietowani byli mężczyznami, paraplegikami o poziomie uszkodzenia kręgosłupa od Th2 do L1. Wsiadali do samochodu samodzielnie i samodzielnie umieszczali w nim aktywny wózek inwalidzki (wózek o możliwości rozłożenia na kilka jednostek transportowych oraz możliwości składania do transportu). Wiek badanych mieścił się w zakresie 20-55 lat (średnio 35,8 roku), natomiast doświadczenie w użytkowaniu pojazdów mechanicznych 0,5-22 lat (średnio 15,1 roku), w tym doświadczenie w prowadzeniu pojazdów przystosowanych – 0,5-20 lat (średnio 11,2 roku) [2]. Ponieważ ankietowano osoby o znacznym stopniu niepełnosprawności, użytkowników wózków inwalidzkich, problem podzielono na dwa etapy: problemy związane z niedostosowaniem samochodu występujące podczas wsiadania i załadunku wózka (tabela 1) oraz problemy związane z niedostosowaniem samochodu występujące podczas wysiadania i wyładunku wózka (tabela 2).

[1] „Ergonomiczne kryteria doboru dostosowań pojazdów osobowych dla osób z dysfunkcjami narządów ruchu. Część 1: Diagnoza potrzeb".

Tabela 1

Problemy związane z niedostosowaniem samochodu występujące podczas wsiadania i załadunku wózka

Table 1

Problems related to the maladjustment the vehicle that occur when getting in and loading the wheelchair.

Czynność	**Zgłoszone problemy**	**Liczba respondentów zgłaszających problem (odsetek)**	**Odpowiedzialny podzespół**
Otwieranie drzwi i pozycjonowanie wózka przed samochodem	Niewygodna klamka, (przeznaczona do otwierania z pozycji stojącej)	3 (15,8%)	Klamka drzwi kierowcy
	Za mały kąt otwarcia drzwi	11 (57,9%)	Drzwi kierowcy
	Uszkodzenia wózkiem progu samochodu	7 (36,8%)	Próg nieodporny na uderzenia
Przesiadanie się do samochodu	Uszkodzenia wózkiem progu samochodu	16 (84,2%)	Próg nieodporny na uderzenia
	Brak uchwytów	5 (26,3%)	Wyposażenie wnętrza kabiny
	Za wysoko znajduje się siedzisko fotela	4 (21,1%)	Fotel kierowcy
	Za nisko znajduje się siedzisko fotela	1 (5,3%)	Fotel kierowcy
	Za mało miejsca na nogi (przy przesiadaniu się)	8 (42,1%)	Fotel kierowcy (zakres regulacji fotela)
Załadunek ramy	Za niski otwór drzwiowy	3 (15,8%)	Kabina samochodu
	Za wąski otwór drzwiowy	4 (21,1%)	Kabina samochodu
	Za wysoki próg	4 (21,1%)	Kabina samochodu
	Przestrzeń wnętrza samochodu ograniczają urządzenia dostosowujące	2 (10,5%)	Oprzyrządowanie samochodu
	Przeszkadza kierownica	16 (84,2%)	Elementy sterownicze
	Przeszkadza lusterko wewnętrzne	11 (57,9%)	Elementy kontrolne
	Przeszkadza zagłówek siedzenia pasażera	14 (73,4%)	Fotel pasażera/kabina samochodu
Załadunek kół wózka oraz poduszki	Przeszkadza kierownica	6 (31,6%)	Elementy sterownicze
	Przeszkadza lusterko wewnętrzne	3 (15,8%)	Elementy kontrolne
	Przeszkadza zagłówek siedzenia pasażera	8 (42,1%)	Fotel pasażera/kabina samochodu
Inne	Niestabilność podzespołów wózka w trakcie jazdy	1 (5,3%)	Wyposażenie wnętrza kabiny
	Zanieczyszczenie wnętrza pojazdu kołami wózka	14 (73,4%)	Wyposażenie wnętrza kabiny

(źródło: [2])

Na podstawie analizy tabeli 1 można stwierdzić, że bardzo istotnym problemem występującym podczas wsiadania do samochodu jest uszkadzanie progu samochodu w trakcie wsiadania – 84,2% respondentów, (które następuje również podczas pozycjonowania wózka – 36,8% respondentów). Najtrudniejszym etapem samodzielnego załadunku wózka do samochodu jest załadunek ramy. Rama jest najcięższym elementem wózka, waży zwykle 4-6 kg; jest też podzespołem o największych gabarytach w związku z tym najtrudniej nią manipulować. Podstawowe problemy podczas załadunku ramy polegają na tym, że: przeszkadza kierownica (84,2% respondentów), przeszkadza lusterko wewnętrzne (57,9% respondentów), przeszkadza zagłówek siedzenia pasażera (73,4% respondentów). Wyniki dotyczące procesu wysiadania i wyładunku wózka z samochodu zestawiono w tabeli 2.

Tabela 2

Problemy związane z niedostosowaniem samochodu występujące podczas wysiadania i wyładunku wózka

Table 2

Problems related to the maladjustment the vehicle that occurr when getting out and unloading the wheelchair

Czynność	**Zgłoszone problemy**	**Liczba respondentów zgłaszających problem**	**Odpowiedzialny podzespół**
Otwieranie drzwi i wyładunek wózka	Trudność w pełnym otwarciu drzwi	5 (26,3%)	Klamka drzwi kierowcy
	Za mały możliwy kąt otwarcia drzwi	11 (57,9%)	Drzwi kierowcy
	Za niski otwór drzwiowy	3 (15,8%)	Kabina samochodu
	Za wąski otwór drzwiowy	2 (10,5%)	Kabina samochodu
	Za wysoki próg	4 (21,1%)	Kabina samochodu
	Przestrzeń wnętrza samochodu ograniczają urządzenia dostosowujące	2 (10,5%)	Oprzyrządowanie samochodu
	Przeszkadza kierownica	17 (89,5%)	Elementy sterownicze
	Przeszkadza lusterko wewnętrzne	8 (42,1%)	Elementy kontrolne
	Przeszkadza zagłówek siedzenia pasażera	12 (63,2%)	Fotel pasażera/kabina samochodu
Wysiadanie z samochodu	Brak uchwytów	5 (26,3%)	Wyposażenie wnętrza kabiny
	Przeszkadza kierownica	6 (31,6%)	Elementy sterownicze
	Za wysoko znajduje się siedzisko fotela	4 (21,1%)	Fotel kierowcy
	Za nisko znajduje się siedzisko fotela	1 (5,3%)	Fotel kierowcy
	Za mało miejsca na nogi (przy wysiadaniu)	8 (42,1%)	Fotel kierowcy (zakres regulacji fotela)

(źródło: [2])

W trakcie wysiadania i wyładunku wózka z samochodu największe problemy występują w trakcie wyładunku ramy wózka (analogicznie jak w przypadku załadunku). 89,5% respondentów stwierdziło, że w wyładunku przeszkadza im kierownica, natomiast 63,2%, że zagłówek siedzenia pasażera.

W publikacji z 2014 roku przeprowadzono badania uzupełniające na grupie składającej się z jedenastu osób. Grupa ta była bardziej zróżnicowana pod względem niepełnosprawności. Wyniki ankiety przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 3

Wyniki ankiety: Pojazdy osób niepełnosprawnych ruchowo oraz ich dostosowania

Table 3

Questionnaire Results: Vehicles physically disabled and their adjusts

Lp.	**Pytanie**	**Odpowiedź (liczba respondentów i odsetek)**
1.	**Płeć**	
	Mężczyzna	9 (82%)
	Kobieta	2 (18%)
2.	**Wiek**	
	18-30	4 (36,5%)
	31-50	4 (36,5%)
	50+	3 (27%)

Lp.	Pytanie	Odpowiedź (liczba respondentów i odsetek)
3.	**Stopień niepełnosprawności?**	
	dysfunkcja lub brak jednej nogi	2 (18%)
	dysfunkcja lub brak obu nóg (paraplegia, amputacje itp.);	4 (36,5%)
	dysfunkcja kończyn górnych (amputacje, niedowłady itp.);	0%
	hemiplegia (niedowład jednej połowy ciała – lewej lub prawej);	0%
	dysfunkcja czterokończynowa (np. tetrapelgia, dystrofia itp.).	5 (46%)
4.	**Jaki typ samochodu planuje Pan/Pani kupić/ lub posiada?**	
	Kombi	5 (46%)
	Sedan	1 (9%)
	SUV	0 (0%)
	Hatchback	27%
	Van	2 (18%)
	Inny	0%
5.	**Na jakie cechy pojazdu zwracał Pan/Pani uwagę ? (proszę wybrać max. 3)**	
	Prześwit pojazdu	13%
	Typ pojazdu	13%
	Przestronność kabiny	13%
	Szerokość drzwi kierowcy	13%
	Wielkość bagażnika	27%
	Łatwość dostosowania do swoich potrzeb	7%
	Cena	10%
	Gabaryty pojazdu	4%
	Inne	0 (0%)
6.	**Gdzie Pan/Pani pakuje wózek? (jeśli dotyczy)**	
	Bagażnik	56%
	Siedzenia samochodu	44%
	Specjalny system załadunku	0 (0%)
	Inne	0 (0%)
7.	**Jakie dostosowania posiada Pan/Pani?**	
8.	**Skąd czerpie Pan/Pani informacje o dostosowaniach?**	
	Książki	0 (0%)
	Internet	36 %
	Środowisko osób niepełnosprawnych	64 %
	Lekarz	0 (0%)
	Inne	0 (0%)
9.	**Przedział cenowy dostosowania**	
	Do 2000 zł	36%
	Od 2000 – 4000 zł	46%
	Od 4000 – 6000 zł	9%
	Powyżej 6000 zł	9%
10	**Czy zainstalowane dostosowanie spełnia Pana/Pani oczekiwania pod względem**	
	Wygody	100%
	Swobody ruchu	100%
	Funkcjonalności	90,9% Tak; 9,09% Nie
	Awaryjności	100%
	Jakości wykonania	100%
	Inne	100%
11.	**Co by Pan/Pani zmienił/a? (jeśli dotyczy)**	0 (0%)

(źródło: opracowano na podstawie [3])

Dane zamieszczone w tabeli 3 obrazują, jakie pojazdy i jakie ich cechy są ważne dla ludzi z specyficznymi dysfunkcjami. Osoby z amputacjami preferują samochody wyższe, ponieważ jest im łatwiej się do nich przesiąść, natomiast osoby z niedowładami kończyn dolnych jeżdżące na wózku wolą przesiadać się do pojazdów, których siedzisko znajduje się na tym samym poziomie, co siedzisko wózka, oraz zwracają szczególną uwagę na pakowność i miejsce na wózek.

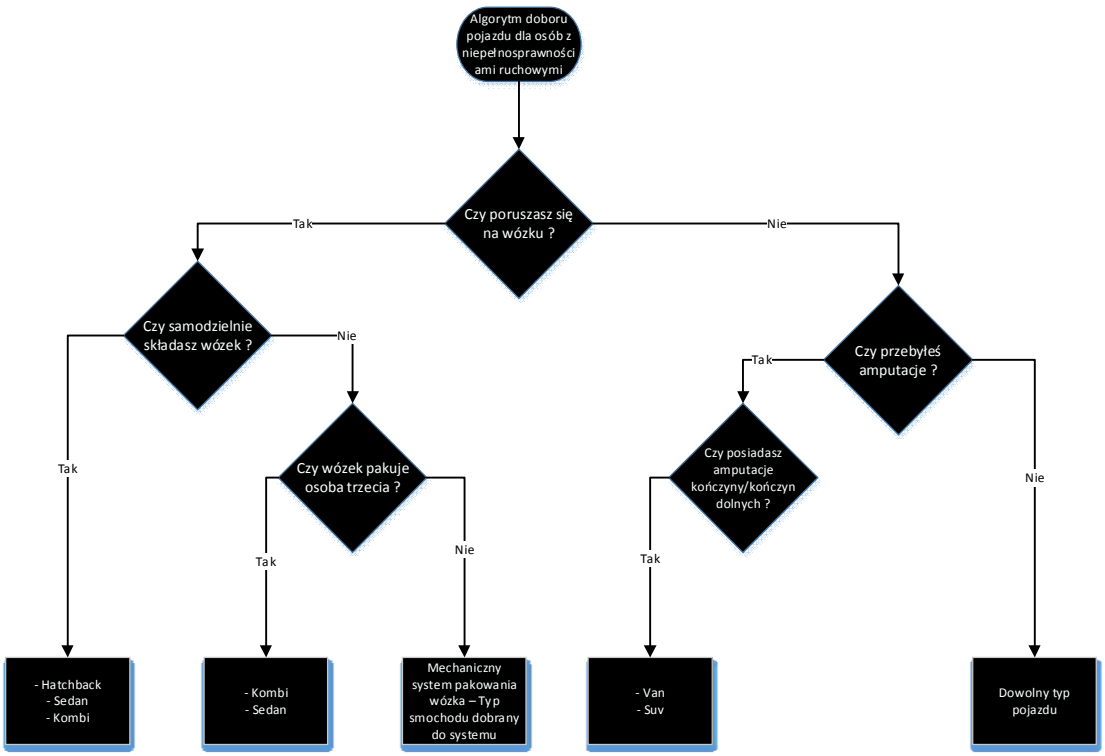
3 Propozycja heurystyk wspomagających procedurę adaptacji pojazdu

3.1 Algorytm doboru pojazdu oraz algorytm doboru jego dostosowania

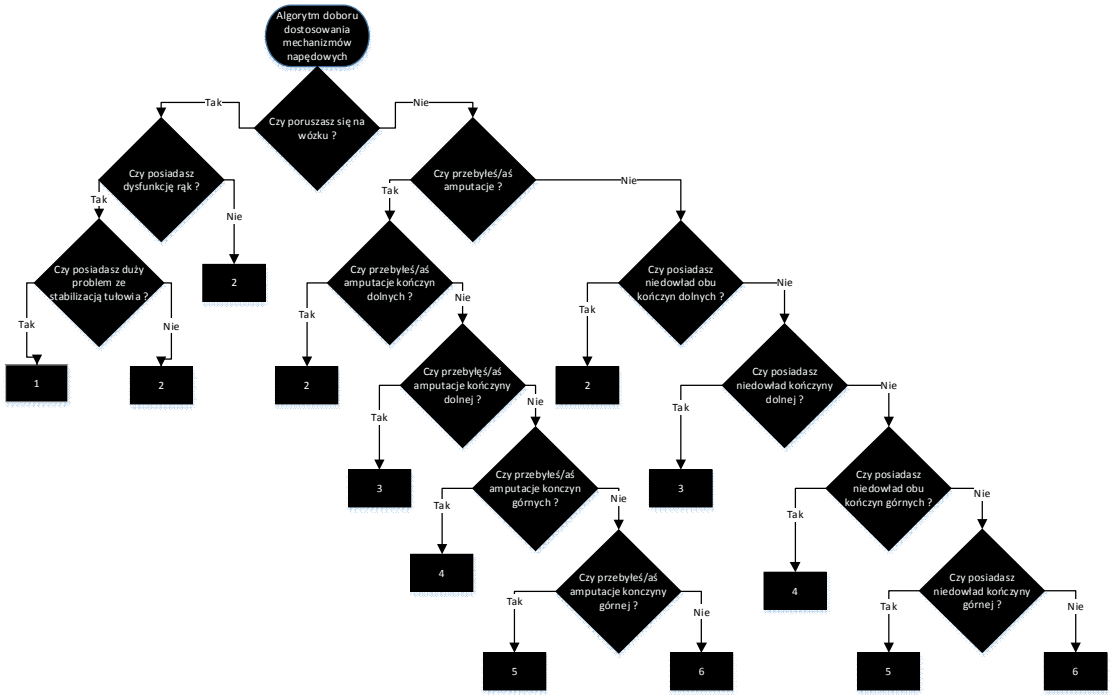
Jak wspomniano w pierwszej części dostosowanie pojazdów dla potrzeb osób niepełnosprawnych jest już rzeczą bardzo indywidualną. Istnieje wiele dostosowań, które są zaprojektowane ergonomicznie, lecz każda osoba niepełnosprawna ruchowo ma swoje własne preferencje i każde dostosowanie jest tworzone indywidualnie. Dobór dostosowań dla swoich potrzeb jest dość trudny, dlatego też opracowano trzy algorytmy wspomagające ten proces:

1. Algorytm doboru pojazdu,
2. Algorytm doboru urządzeń adaptujących samochodowe urządzenia sterownicze,
3. Algorytm doboru wyposażenia dodatkowego.

Na rys. 1 przedstawiono algorytm doboru pojazdu. Wynikiem tego algorytmu jest sugerowany typ nadwozia samochodu najlepiej odpowiadający dysfunkcjom motorycznym przyszłego kierowcy. Kolejną proponowaną procedurą jest algorytm doboru urządzeń adaptujących przedstawiony na rys. 2.



Rys. 1. Algorytm doboru pojazdu,
Rys. 1. The algorithm of the vehicle selection (źródło: [3])



Rys. 2. Algorytm doboru urządzeń adaptujących samochodowe urządzenia sterownicze
Fig. 2. Algorithm selection of adapters automotive control devices (źródło: [3])

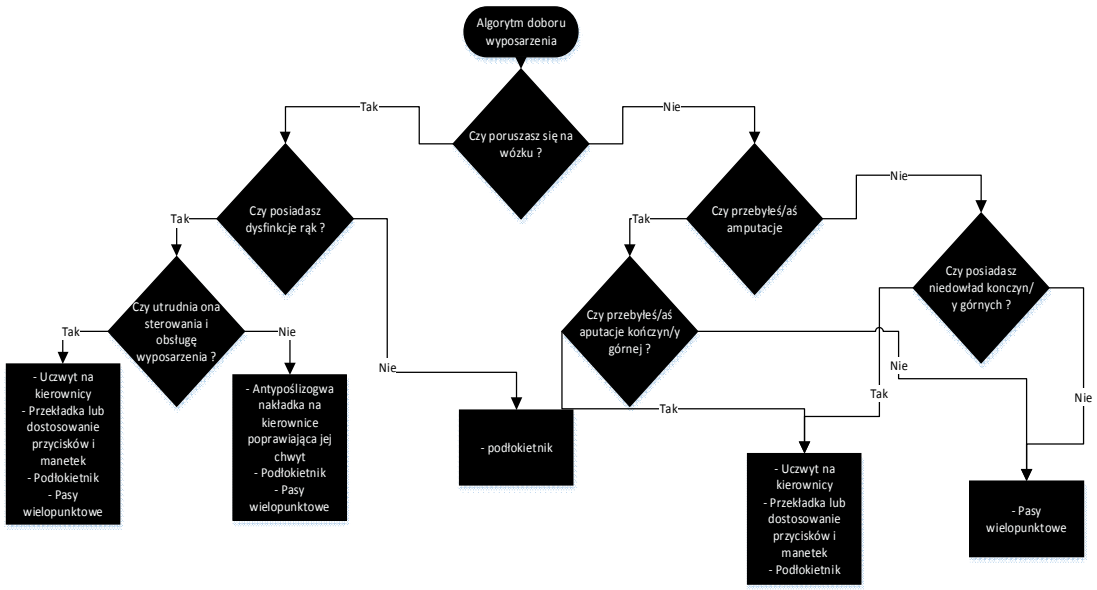
Tabela 4

Objaśnienia do algorytmów doboru pojazdu oraz doboru urządzeń adaptujących

Table 4

Explanations for algorithm selection of adapters automotive control devices

1	2	3	4	5	6
- automatyczna skrzynia biegów - ręczny gaz hamulec z obracaną gałką lub ręczny gaz hamulec montowany pod kolumną kierownicy	- automatyczna skrzynia biegów - ręczny gaz hamulec	- amputacja prawej kończyny: - automatyczna skrzynia biegów - przekładka pedału gazu - amputacja lewej kończyny - automatyczna skrzynia biegów	- nakładki na kierownicę - nakładki na gałkę skrzynię biegów - dostosowanie przełączników	- amputacja prawej kończyny: - ostosowanie gałki skrzyni biegów - dostosowanie kierownicy - amputacja lewej kończyny: - dostosowanie kierownicy - dostosowanie przełączników	- amputacja palców prawej kończyny: - dostosowanie gałki skrzyni biegów - dostosowanie kierownicy - amputacja palców lewej kończyny: - dostosowanie kierownicy - dostosowanie przełączników



Rys. 3. Algorytm doboru wyposażenia dodatkowego
Fig. 3. Algorithm of additional equipment (źródło: [3])

Przedstawione na rysunkach 1-3 algorytmy, choć wyglądają dość prosto, są bardzo pomocne w szybkim doborze zarówno pojazdu jak i dostosowania i wyposażenia dla osoby niepełnosprawnej ruchowo.

3.2. Lista Kontrolna

By móc skutecznie przeanalizować pod względem ergonomiczności rozwiązania dla osób z niepełnosprawnością ruchową, opracowano listę kontrolną, w której znajdują się pytania dotyczące najważniejszych cech, na które powinno się zwrócić uwagę podczas wyboru pojazdu przeznaczonego dla osób z niepełnosprawnościami ruchowymi. Zostały one pogrupowane w pięciu kategoriach:

- wsiadanie do pojazdu,
- zajęcie pozycji do jazdy,
- układ sterowniczy,
- układ napędowy,
- podzespoły.

Lista ta ma na celu pomóc osobie planującej zakup pojazdu w wyborze najlepszego dla niej środka transportu, który równocześnie będzie najłatwiejszy w przystosowaniu dla jej potrzeb.

Tabela 5

Lista kontrolna

Table 5

Checklist

Lp.	Kontrolowane zagadnienie	TAK	NIE	NIE DOTYCZY	UWAGI WŁASNE
1.	**WSIADANIE**				
1.1	Czy szerokość otworu drzwiowego mieści się w przedziale 798 -1155 mm?				
1.2	Czy drzwi w maksymalnym wychyleniu pozwalają na skuteczny transfer z wózka na miejsce kierowcy?				

Lp.	Kontrolowane zagadnienie	TAK	NIE	NIE DOTYCZY	UWAGI WŁASNE
1.3	Czy szerokość progu mieści się w przedziale 0 ÷ 130 mm?				
1.4	Czy wysokość otworu drzwiowego mieści się w przedziale 711 ÷ 1125 mm?				
1.5	Czy odległość przedniej krawędzi od progu mieści się w przedziale 90 ÷ 279 mm?				
1.6	Czy wysokość siedziska od jezdni mieści się w przedziale 438 ÷ 817 mm?				
1.7	Czy minimalna wysokość otworu drzwiowego od górnej krawędzi siedziska mieści się w przedziale 598 ÷ 849 mm?				
2.	**Zajęcie pozycji do jazdy**				
2.1	Czy maksymalna odległość między kierownicą a oparciem fotela mieści się w przedziale 415 ÷ 625 mm?				
2.2	Czy maksymalna wysokość wnętrza kabiny mieści się w przedziale 881 ÷ 1106 mm?				
2.5	Czy konstrukcja fotela kierowcy zapewnia trzymanie boczne?				
2.6	Czy konstrukcja fotela kierowcy zapewnia możliwość regulacji w wielu płaszczyznach?				
2.7	Czy możliwa jest regulacja kolumny kierowniczej?				
2.9	Czy pojazd posiada udogodnienia do przesiadania się?				
3.	**Układ sterowniczy**				
3.1	Czy pojazd posiada system wspomagania kierownicy?				
3.2	Czy konstrukcja kierownicy zapewnia pewny jej uchwyt?				
3.3	Czy kierownica wykonana jest z materiału antypoślizgowego?				
3.4	Czy jakikolwiek element ogranicza swobodę ruchu?				
4.	**Układ napędowy**				
4.1	Czy odległość do pedałów zapewnia wykorzystanie ich pełnego zakresu?				
4.2	Czy wybrane dostosowanie gazu i hamulca zapewnia wykorzystanie ich pełnego zakresu ?				
4.3	Czy dostosowanie jest zgodne z działaniem sił bezwładności?				
4.4	Czy dostosowanie pozwala na samodzielną zmianę biegów?				
4.5	Czy wybrane dostosowanie pozwala na prowadzenie pojazdu przez osobę pełnosprawną?				
5.	**Podzespoły (światła, kierunkowskazy itp.)**				
5.1	Czy podczas prowadzenia pojazdu możliwa jest obsługa kierunkowskazów?				
5.2	Czy z pozycji kierowcy możliwa jest regulacja lusterek wstecznych i bocznych?				
5.3	Czy możliwa jest obsługa wyposażenia dodatkowego samochodu np. klimatyzacja radio ?				
5.4	Czy pojazd posiada czujniki pakowania?				
5.5	Czy pojazd posiada podłokietnik?				

(źródło: (2))

4 Podsumowanie

Zaproponowano zalgorytmizowany proces adaptacji pojazdów dla osób niepełnosprawnych ruchowo, a także sposób ich doboru przez osoby z konkretnymi

niepełnosprawnościami. Podjęta próba analizy ergonomicznej poszczególnych rozwiązań była bardzo trudna, ponieważ każda z osób poprzez zróżnicowaną w czasie i intensywności rehabilitację wypracowuje inne sprawności warunkujące potrzeby w temacie dostosowań pojazdów. Dobrym przykładem jest choćby proces przesiadania, który w zależności od rodzaju i stopnia niepełnosprawności osoby z dysfunkcjami ruchowymi wykonują w różny sposób. Sam proces ergonomicznej analizy można podzielić na 3 etapy:

- analiza pojazdu,
- analiza dostosowania napędu,
- analiza niezbędnego wyposażenia.

W pracy zidentyfikowano wiele zagadnień z tych trzech kategorii, na które należy zwrócić szczególna uwagę. Należą do nich np.:

- rodzaj samochodu,
- szerokość progu,
- wysokość fotela kierowcy,
- automatyczna skrzynia biegów.

Analiza ergonomiczności poszczególnych rozwiązań dla osób z dysfunkcjami ruchowymi powinna się odbywać dla konkretnych osób i konkretnego rozwiązania, ponieważ tylko takie podejście daje możliwość dotarcia do realnych i miarodajnych wniosków.

LITERATURA:

[1] M. Zysińska i W. Przybylski, „Pojazdy dla osób niepełnosprawnych ruchowo w świetle przepisów homologacyjnych”, *Logistyka*, nr 4, 2014.

[2] M. Sydor i M. Zabłocki, „Praktyczne problemy w trakcie eksploatacji oprzyrządowanego samochodu osobowego przez kierowcę z dysfunkcją kończyn dolnych”, w *Ergonomia niepełnosprawnym w organizacji pracy i zarządzaniu — projektowanie*, J. Lecewicz-Bartoszewska i A. Polak-Sopińska, Red. Łódź: Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, 2008, ss. 170–177.

[3] M. Koźma i P. Skitek, „Ergonomiczna analiza rozwiązań dla osób z niepełnosprawnością ruchową w zakresie pojazdów osobowych”, Politechnika Poznańska, Poznań, 2015.

[4] K. Marciniak, Red., *Poradnik niepełnosprawnego kierowcy i pasażera*. Warszawa: Wydawnictwo Instytutu Transportu Samochodowego, 2013.