

Analiza psychometryczna pomiarów

Wprowadzenie

Zgodnie z zaleceniami zawartymi w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 8.07.2014 w sprawie badań psychologicznych osób ubiegających się o uprawnienia do kierowania pojazdami, kierowców oraz osób wykonujących pracę na stanowisku kierowcy ukazał się praktyczny podręcznik, będący opisem podstawowych zagadnień, związanych z pomiarem zmiennych psychofizjologicznych w psychologii transportu oraz zawodach pokrewnych. Jest on adresowany głównie do użytkowników produkowanej przez naszą firmę aparatury pomiarowej z serii *Psychological Diagnostic System*,

Podręcznik zawiera m.in.:

- opis funkcjonalny stosowanych narzędzi pomiarowych
- opis warunków zewnętrznych prowadzenia pomiaru
- parametry techniczne określające trafność i rzetelność pomiarową
- instrukcje obsługi dla użytkowników
- instrukcje słowne dla osób badanych
- prezentację wyników dla wybranych ustawień badawczych w formie skali stenowej
- opis zastosowanej procedury statystycznej

Ponieważ prezentowane urządzenia służą do bezpośredniego pomiaru zmiennych, każde z nich zostało wyposażone w system autoweryfikacji poprawności pomiaru. Należy wyjaśnić iż pomiar bezpośredni służy do prezentacji wartości fizycznych określonych m.in.:

- w jednostkach czasu (pomiar czasu reakcji)
- w jednostkach odległości (pomiar widzenia przestrzennego)
- w jednostkach natężenia światła (pomiar widzenia w mroku) itd.

W tym przypadku badacz nie wnioskuje o istnieniu danej cechy (wartości pomiarowej) w oparciu o analizę wartości pośrednich jak w przypadku sprawności intelektualnej, cech osobowości czy też właściwości temperamentalnych. Zatem przy pomiarach bezpośrednich, określających poziom ilościowy, wartość przyrządów pomiarowych określona jest ich parametrami technicznymi, a w szczególnych przypadkach wiąże się to z obligatoryjnym procesem kalibracji. W odniesieniu do aparatury stosowanej w badaniach psychologicznych jest wymagana szczególnie w przypadkach zmiany warunków zewnętrznych pomiaru

(np. zmiana odległości os. badanej od przyrządu pomiarowego czy też zmiana natężenia światła w pomieszczeniu badawczym).

Jak więc określić trafność oraz rzetelność pomiaru czasu reakcji dokonanego miernikiem MPR – 03 firmy GPE Psychotronics? By odpowiedzieć na tak zadane pytanie należy zdefiniować oba pojęcia. Za Elżbietą Hornowską; Testy psychologiczne - teoria i praktyka. Warszawa: Scholar, 2007:

- **Trafność** to cecha testu psychologicznego która oznacza, że test mierzy to, co powinien mierzyć zgodnie z założeniami jego twórców. Odzwierciedla trafność operacjonalizacji założeń badawczych.
- **Rzetelność** to cecha oznaczająca powtarzalność pomiaru. Zarówno rzetelność jak i trafność jest jednym z podstawowych kryteriów jakości badań. W pomiarach psychometrycznych przez rzetelność rozumie się cechę testu psychologicznego oznaczającą dokładność pomiaru.

W przypadku wspomnianego miernika dokładność pomiaru jest uzależniona od zastosowanych podzespołów w panelu sterującym. W podręczniku dokładnie podano charakterystykę tych podzespołów jak i typ procesora generującego bodźce oraz określającego czasy reakcji. Podano również **rzetelność** związaną z precyzją pomiarową, która wynosi 1 milisekundę (dla niewtajemniczonych to tysięczna część sekundy).

Logicznym jest, że przy pomocy specjalistycznego układu procesorowego przeznaczonego do pomiaru czasu nie da się dokonać pomiaru temperatury tak jak termometrem nie można zmierzyć czasu reakcji. Tak więc nie można wprost przenieść procedur walidacyjnych stosowanych dla testów psychologicznych na urządzenia służące do pomiaru wartości fizycznych.

Pomiar dokonany za pomocą prezentowanej aparatury w warunkach określonych w procedurze badania (**standaryzacja**) jest materiałem do interpretacji psychologicznej. Analizując wartości uzyskane dzięki pomiarom zakładamy, że odzwierciedlają one wewnętrzne procesy, charakterystyczne dla danego zachowania i mające wpływ na jego sprawność (**trafność teoretyczna**), a następnie dokonujemy interpretacji (**klasyfikacji**) w oparciu o tabele norm (**normalizacja**). Tak jak w przypadku badania radiologicznego - od lekarza, jego wiedzy i doświadczenia zależy jak zinterpretuje zaciemnienia w płacie płucnym na kliszy rentgenowskiej. Jakość aparatury RTG i samego zdjęcia może utrudnić lub ułatwić interpretację. Od niego również zależy to w jakich warunkach badawczych tego pomiaru dokona.

Określenie rzetelności metodą dwukrotnego badania nie jest w naszym przypadku ani możliwe, ani zasadne, ponieważ mierzone właściwości (np. czas reakcji, koordynacja wzrokowo-ruchowa) z natury są zróżnicowane w czasie z powodu oddziaływania licznych zmiennych pośredniczących i zakłócających.

W tym przypadku zastosowanie metody retestu „cehuje w zasadzie więcej wad aniżeli zalet. Dlatego nie jest on nazbyt często stosowaną miarą rzetelności” (Brzeziński 2002, s. 468).

Kolejny problem związany jest z celowością stosowania poszczególnych urządzeń. To od badacza zależy jaki parametr zamierza opisać, jakiej metody użyje i jaką zastosuje procedurę badawczą. Autor czy producent danej metody lub urządzenia może jedynie określić zakres jej użycia.

Nasze urządzenia nie powinny być stosowane w badaniach grupowych. Równoczesne wykonywanie zadań testowych w jednym pomieszczeniu przez kilka osób naraża badanych na rozpraszające uwagi, a często też przykre komentarze. Spróbujmy sobie wyobrazić grupowe badanie okulistyczne, czy też neurologiczne. W takich sytuacjach nie jest możliwa obiektywizacja pomiaru.

W podręczniku wyszczególniono podstawowe podzespoły elektroniczne, zastosowane w opisanych urządzeniach. To ich właściwości mają decydujące znaczenie dla poprawności wskazań uzyskanych w badaniu.

Minimalna częstotliwość taktowania w modułach ekspozycyjnych, mierzących reakcję czasową to 16MHz, co daje 62,5 ns długości jednego taktu procesora. Zakładając pesymistyczny przypadek, że aż połowa rozkazów wymaga dwóch taktów (pozostałe jednego), a liczba wymaganych do „obsługi” wciśnięcia przycisku przez osobę badaną rozkazów to 100, to zgodnie z działaniem: $1,5 * 100 * 0,0625 = 9,375$ ms, czyli niecałe 10 tysięcznych części sekundy. Dla przypadku optymistycznego, ten czas wynosi: $1,5 * 60 * 0,0626 = 5,625$ Tak więc możemy założyć, że maksymalny błąd pomiaru to 3,75 ms. Gdyby dodać ewentualne skutki wad kwarcu (elementu odpowiedzialnego za „czas”), który mieści się w granicach 5% błędu, maksymalny błąd pomiarowy naszej aparatury to około 3,94 ms .

Mamy nadzieję, że prezentowana przez nas dwuczęściowa analiza wyników badawczych będzie dobrym uzupełnieniem wspomnianego podręcznika.

Wojciech Korchut, Ryszard Cibor.

Część I

Sprawność psychomotoryczna

1. Narzędzia analizy statystycznej

W badaniach ocenom poddano cechy o charakterze ilościowym i jakościowym. Analiza każdej z nich posiada swoją specyfikę, polegającą na zastosowaniu do porównań adekwatnych narzędzi statystycznych. W celu scharakteryzowania struktury badanych zmiennych obliczono podstawowe statystyki opisowe w postaci miar położenia i zmienności, asymetrii i koncentracji oraz zweryfikowano normalność rozkładów badanych zmiennych przy pomocy testu Shapiro-Wilka. W celu stwierdzenia siły powiązania pomiędzy zmiennymi obliczono wektory współczynników korelacji Rang Spearmana. W celu weryfikacji istotnych różnic zastosowano również nieparametryczną analizę wariancji Kurskalla-Wallisa.

W celu dokonania analizy badanych zmiennych obliczono podstawowe miary statystyczne, takie jak:

- średnia arytmetyczna (\bar{X})

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

- odchylenie standardowe (S)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n}}$$

- współczynnik zmienności (V)

$$V = \frac{S}{\bar{X}} \cdot 100\%$$

- wskaźnik asymetrii (A_s)

$$A_s = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{\left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right]^{\frac{3}{2}}}$$

- wskaźnik kurtozy (K_u)

$$K_u = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{\left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right]^2} - 3$$

Do określenia zależności pomiędzy wszystkimi badanymi cechami obliczono macierz korelacji, natomiast w celu określenia istotności statystycznej poszczególnych zmiennych objaśniających (x) względem zmiennej objaśnianej (Y), wyznaczono wektory korelacji.

- współczynnik korelacji rang Spearmana

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

gdzie: $d_i = R_{x_i} - R_{y_i}$ to różnica między rangami zmiennych X i Y dla obserwacji i .

Nieparametryczna analiza wariancji Kruskala-Wallisa

Do analizy istotności różnic dla zmiennych zależnych w oparciu o zmienne grupujące zastosowano nieparametryczną analizę wariancji Kruskala-Wallisa. Zastosowanie tego testu spowodowane było brakiem normalności rozkładów w poszczególnych podgrupach oraz w szczególności faktem że zmienne zależne zostały utworzone poprzez uśrednienie wyników zmiennych mierzonych w skali rangowej.

Podstawowe założenia testu Kruskala-Wallisa

Danych jest k populacji, w których badana cecha ma rozkłady typu ciągłego i dane można rozpatrywać w skali porządkowej. Przez $F_1(x)$, $F_2(x)$, ..., $F_k(x)$ oznaczamy dystrybuanty rozpatrywanych populacji. Weryfikacja hipotezy

$$H_0: F_1(x) = F_2(x) = \dots = F_k(x)$$

Wobec alternatywnej

$$H_1: F_1(x) \neq F_i(x) \text{ dla pewnych par } (i \neq j)$$

Weryfikacja hipotez: test oparty jest na wzorze:

$$H = \frac{12}{n(n+1)} \sum_{i=1}^k \frac{T_i^2}{n_i} - 3(n+1)$$

gdzie $n = n_1 + n_2 + \dots + n_k$ a T_i ($i=1, 2, \dots, k$) oznacza sumę rang w każdej próbie oddzielnie.

Ze względu na rangi związane wprowadzono poprawkę. Polega ona na podzieleniu otrzymanej statystyki H przez wartość poprawki P określonej wzorem:

$$P = 1 - \frac{\sum(k^3 - k)}{n^3 - n}$$

gdzie k jest liczbą pomiarów mających tę samą rangę związaną, sumowanie przebiega przez wszystkie rangi związanych.

Po stwierdzeniu w nieparametrycznej analizie wariancji istotnych różnic należy zidentyfikować pomiędzy którymi grupami one wystąpiły. W tym celu stosujemy testy wielokrotnych porównań średnich rang dla wszystkich prób.

2. Miernik Parametrów Reakcji typ MPR – 03

Wyniki analiz

Analizie poddano wyniki badań przeprowadzone na grupie 345 kierowców, zróżnicowanej pod względem wieku oraz wykształcenia. W badaniach zastosowano procedurę reakcji złożonej. Tzn. do każdej z czterech kończyn był przypisany inny bodziec:

- ręka lewa / światło czerwone
- ręka prawa / światło zielone
- noga lewa / światło żółte
- noga prawa / dźwięk o częstotliwości 750 Hz

Program ekspozycyjny składał się z identycznej dla wszystkich badanych sekwencji 30 bodźców. Ekspozycja bodźca trwała 500 ms. a czas latencji od 1 do 3 sekund.

Po przedstawieniu instrukcji słownej ilustrowanej prezentacją proszono by osoba badana odtworzyła prezentację. Jeżeli nie wystąpiły błędne reakcje rozpoczynano badanie.

Rodzaje wyników poddanych analizie:

- liczba reakcji poprawnych
- liczba reakcji spóźnionych
- liczba reakcji błędnych
- średni czas reakcji
- czas minimalny
- czas maksymalny

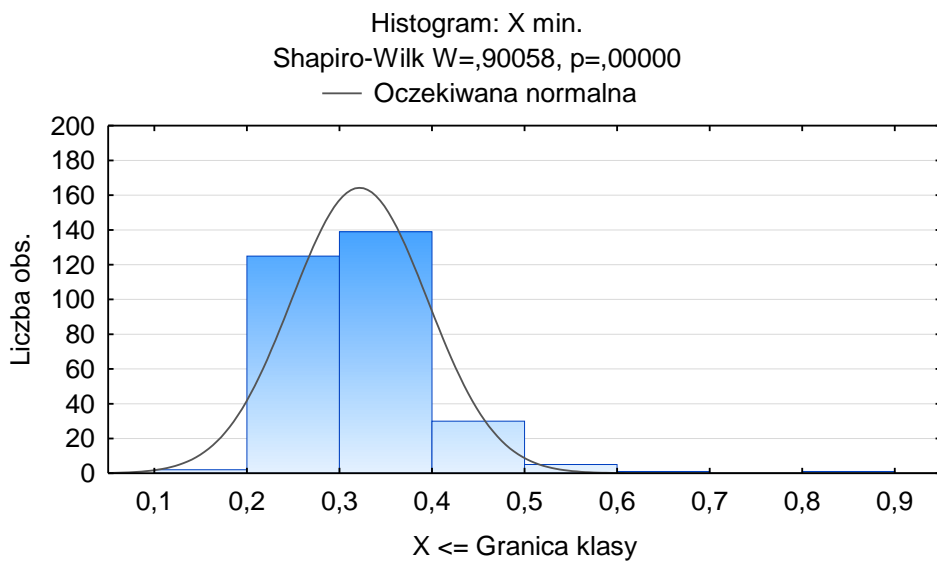
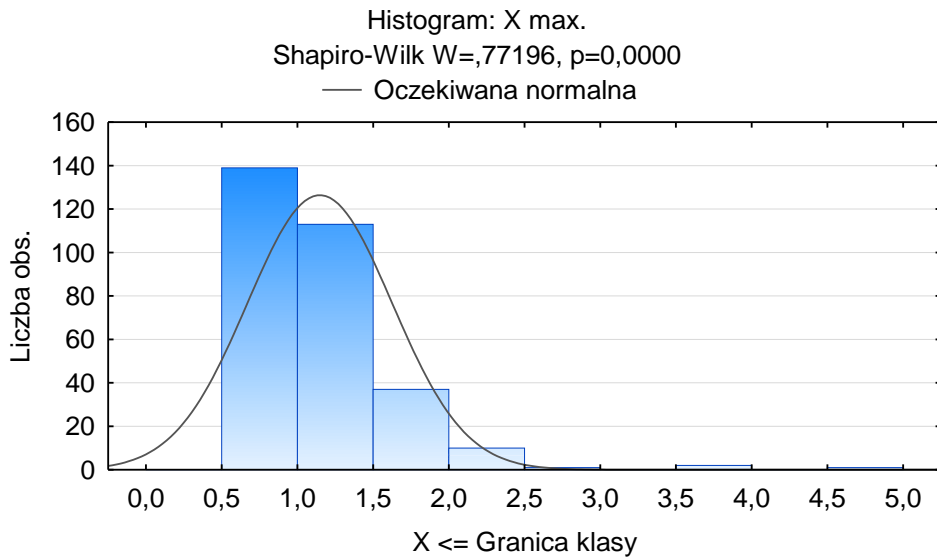
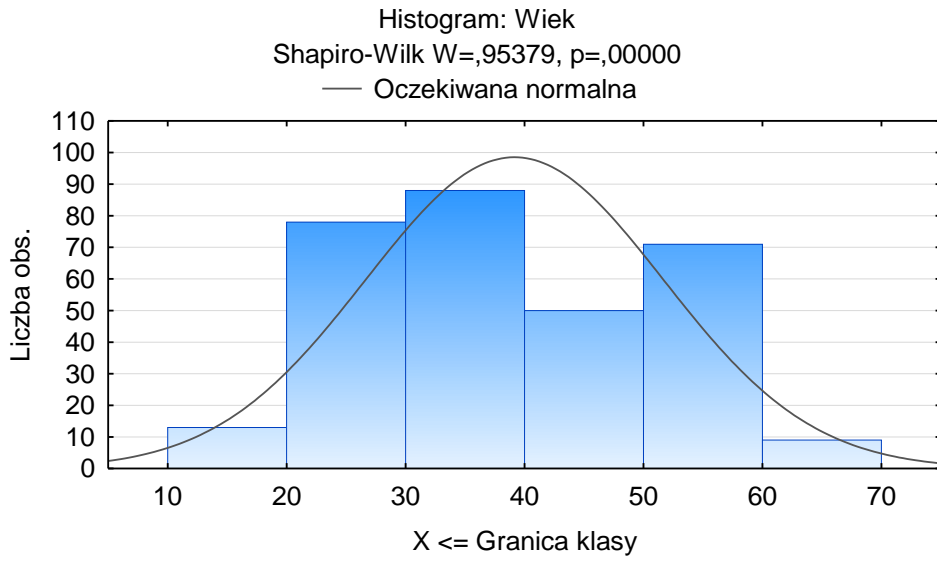
Czasy reakcji są podane w milisekundach.

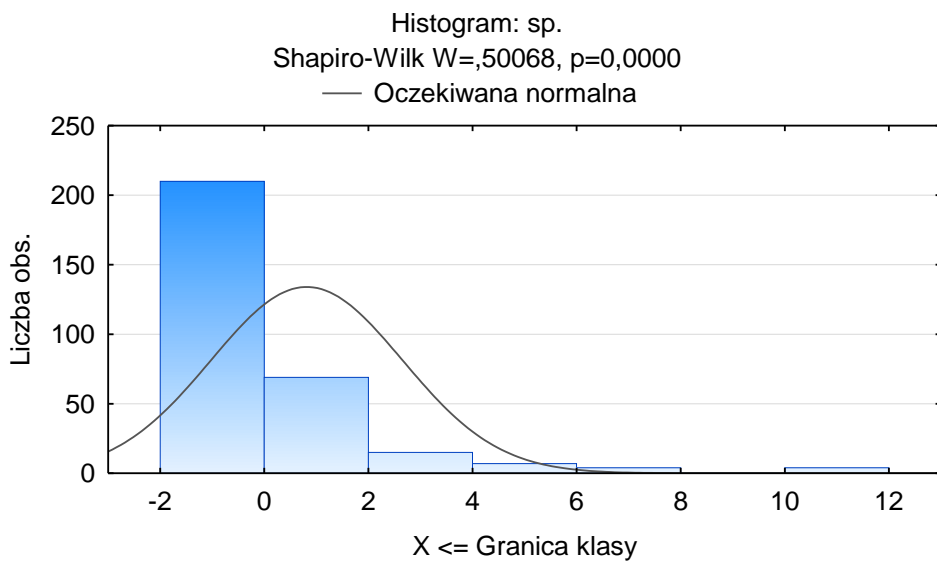
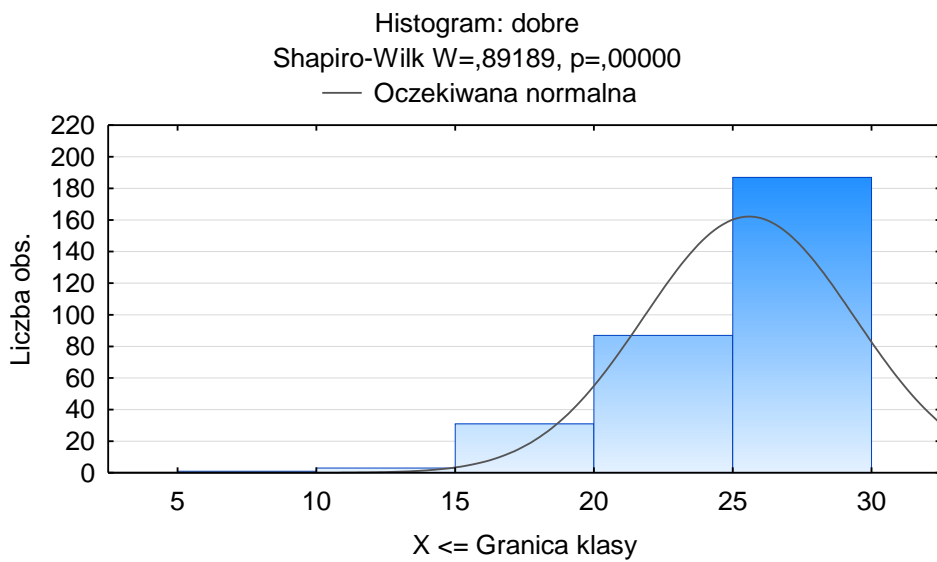
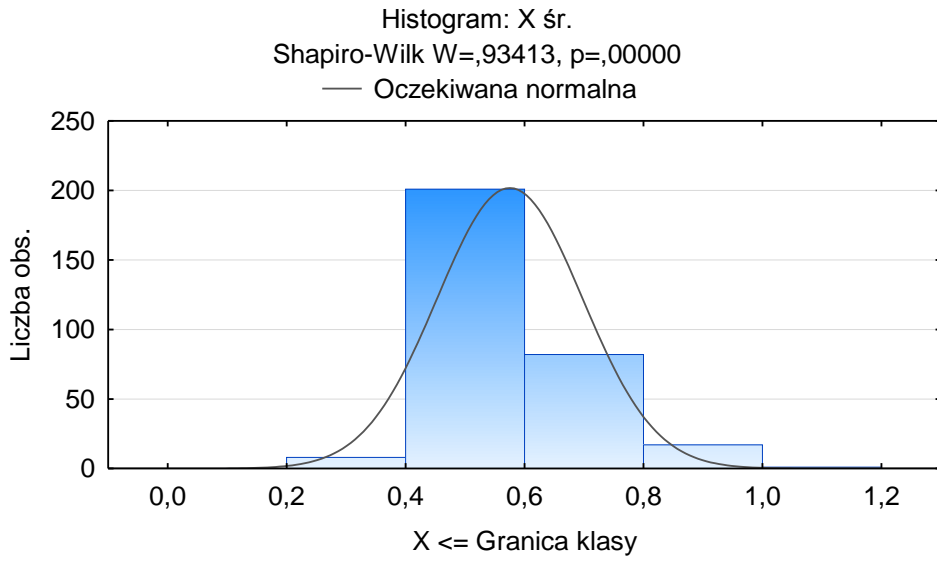
Większość analiz rozpoczyna się od charakterystyki poszczególnych zmiennych ze względu na podstawowe statystyki opisowe. W analizach wzięto pod uwagę podstawowe miary położenia, zmienności, asymetrii i koncentracji (Tab.1).

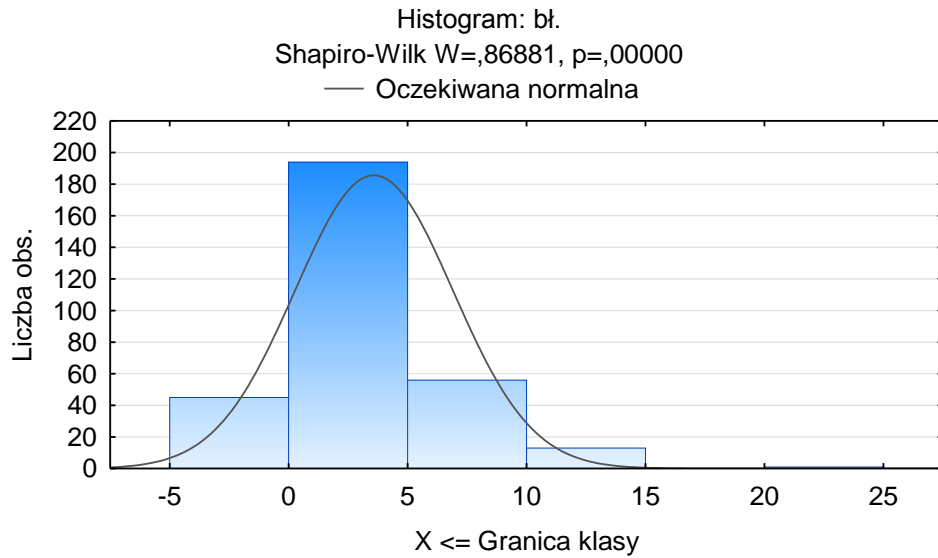
Tab. 1. Podstawowe statystyki opisowe

	Średnia	Mediana	Moda	Liczność Mody	Min	Maks	Odch. std	Wsp. zmn.	Skośność	Kurtoza
wiek	39,16	36,00	34,00	18	18,00	68,00	12,51	31,95	0,23	-1,10
X max.	1,148	1,018	0,80	5	0,544	4,541	0,48	41,66	2,90	14,18
X min.	0,322	0,310	Wielokr.	5	0,189	0,806	0,07	22,87	1,72	6,88
X śr.	0,575	0,553	0,55	6	0,203	1,121	0,12	21,24	1,06	2,05
dobre	25,59	27,00	Wielokr.	45	9,00	30,00	3,80	14,86	-1,19	1,33
sp.	0,82	0,00	0,00	210	0,00	12,00	1,84	225,59	3,61	15,50
bł.	3,59	3,00	1,00	51	0,00	21,00	3,32	92,50	1,43	2,69

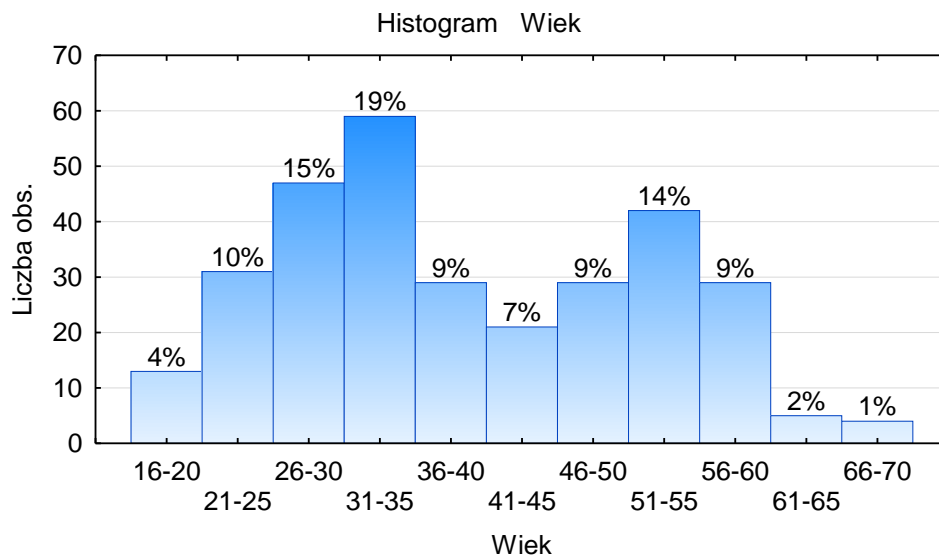
Analiza wyników zawartych w tabeli 1 pozwala na stwierdzenie, że w przypadku prawie wszystkich zmiennych oprócz wieku rozkłady były skrajnie asymetryczne. Skośność poza przedziałem $\langle -1, 1 \rangle$. W przypadku wieku uzyskano umiarkowanie asymetrię prawostronną. W asymetrii prawostronnej większość wyników ma wartości niskie, a parę wyższych wyników zawyża średnią i powoduje asymetrię prawostronną. Analizując medianę, która jest miarą położenia pozycyjną (wartość środkowa) można stwierdzić, że w zmiennych dotyczących czasów reakcji była ona niższa od średnich arytmetycznych co potwierdza wyniki współczynnika asymetrii (skośności), że występują tam asymetrie prawostronne. W przypadku koncentracji poszczególnych przypadków wokół średniej, w większości przypadków występowała skrajna koncentracja wyników wokół średniej $K_u > 2$. W przypadku zmiennych wiek i dobre kurtoza mieściła się w przedziale $\langle -2, 2 \rangle$ wartości co oznacza przeciętną koncentrację poszczególnych wartości wokół średniej. W dalszej kolejności wykonano weryfikację normalności rozkładów i przedstawiono na wykresach w postaci histogramów naniesionymi wynikami testu Shapiro-Wilka.

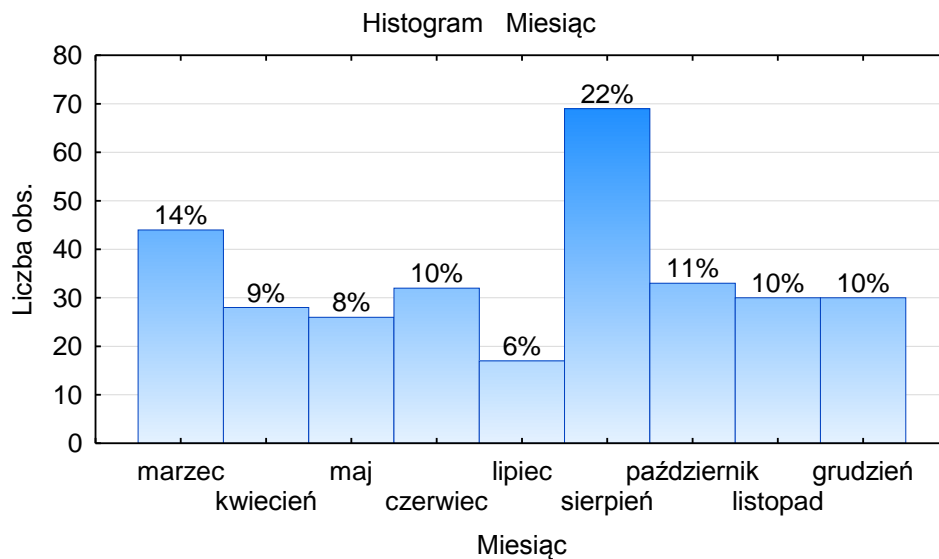
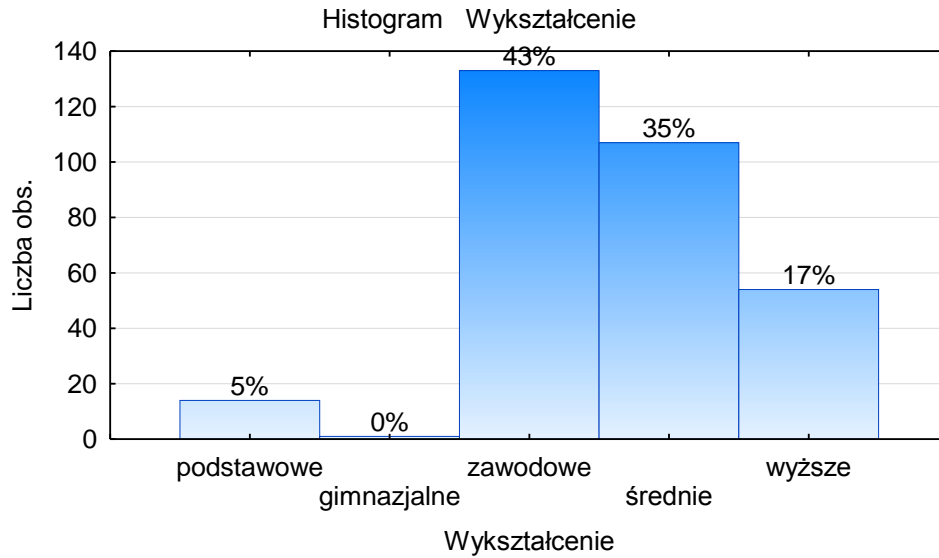






W przypadku wszystkich analizowanych zmiennych były podstawy do odrzucenia hipotezy zerowej o normalności rozkładu i przyjęcia alternatywnej stwierdzającej, że zmienne posiadają rozkłady skrajnie asymetryczne. Z tego względu w dalszych analizach zastosowano narzędzia nieparametryczne. Kolejne ryciny dotyczyły charakterystyki badanej próby ze względu na zmienne jakościowe. W tym celu wykonano histogramy z naniesionymi na nie wynikami wskaźników struktury (wartości procentów).



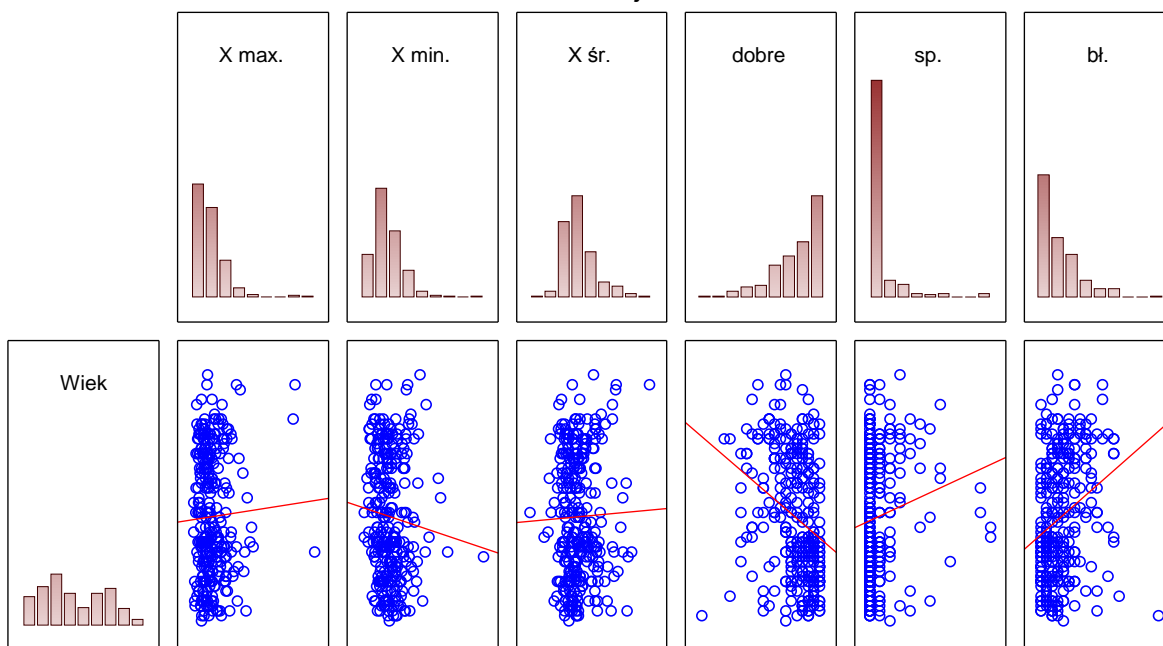


Kolejne analizy dotyczyły już powiązań pomiędzy mierzonymi zmiennymi. W tym celu zastosowano nieparametryczny współczynnik korelacji rang Spearmana. Uzyskane wyniki nie dają podstaw do stwierdzenia istotnych statystycznie powiązań pomiędzy wiekiem badanych a max czasem reakcji oraz średnim czasem reakcji $p > 0,05$. Istotnie statystycznie skorelowane z wiekiem były natomiast wyniki dotyczące reakcji na bodziec. W przypadku reakcji dobrych stwierdzono przeciętną korelację ujemną co oznacza, że **wraz z wiekiem zmniejsza się ilość reakcji poprawnych $r = -0,34$, natomiast rośnie ilość reakcji spóźnionych oraz błędnych** (istotne statystycznie korelacje dodatnie). Opisanie prawidłowości ilustrują poniższe ryciny.

Tab. 2 Korelacja porządku rang Spearmana. BD usuwane parami Oznaczone wsp. korelacji są istotne z $p <,05000$

	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
Wiek & X max.	303	-0,008752	-0,15185	0,879410
Wiek & X min.	303	-0,125245	-2,19017	0,029279
Wiek & X śr.	309	0,000512	0,00897	0,992849
Wiek & dobre	309	-0,343366	-6,40572	0,000000
Wiek & sp.	309	0,186056	3,31790	0,001016
Wiek & bł.	309	0,310311	5,71943	0,000000

Korelacje

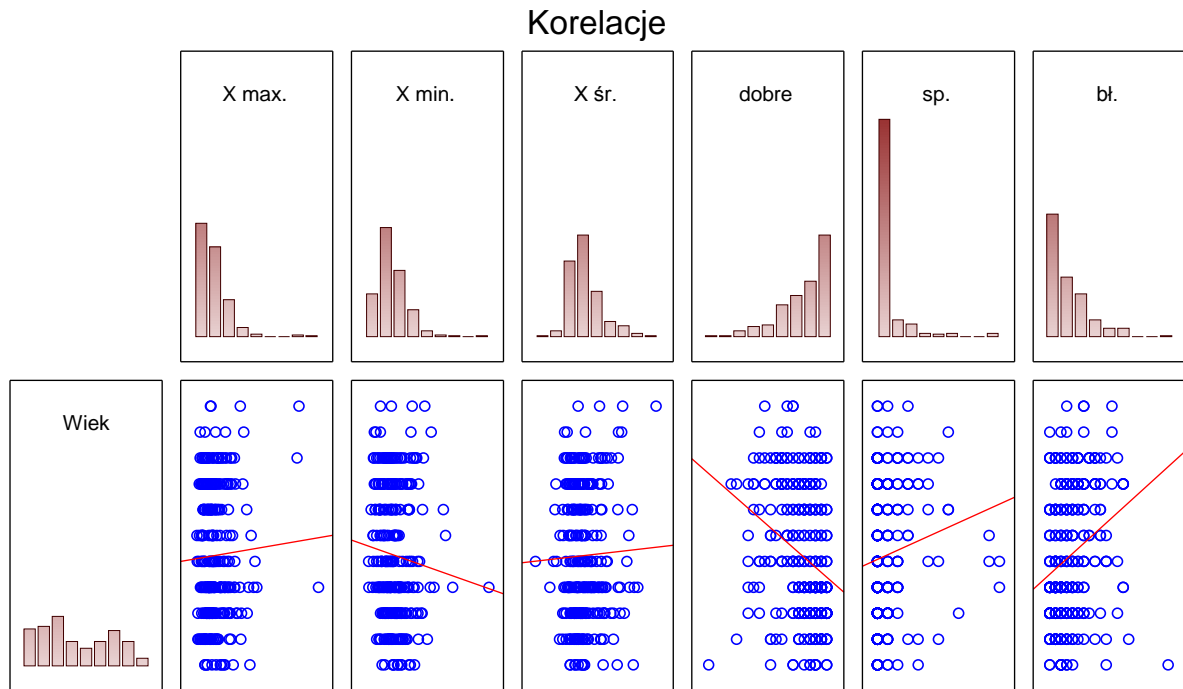


Zmienną wiek przekształcono ze skali ilorazowej do skali przedziałowej w postaci szeregu rozdzielczego przedziałowego. Poszczególne przedziały porangowano i również dla tak przekształconej zmiennej wykonano analizę współzależności.

Tab. 3 Korelacja porządku rang Spearmana. BD usuwane parami Oznaczone wsp. korelacji są istotne z $p < ,05000$

	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
Wiek & X max.	303	-0,004510	-0,07824	0,937686
Wiek & X min.	303	-0,130379	-2,28147	0,023219
Wiek & X śr.	309	0,000492	0,00861	0,993134
Wiek & dobre	309	-0,338559	-6,30434	0,000000
Wiek & sp.	309	0,182401	3,25045	0,001280
Wiek & bł.	309	0,307666	5,66556	0,000000

Wyniki są zbieżne z wynikami uzyskanymi dla zmiennej wiek w skali ilorazowej. Uzyskane wyniki nie dają podstaw do stwierdzenia istotnych statystycznie powiązań pomiędzy wiekiem badanych a max czasem reakcji oraz średnim czasem reakcji $p > 0,05$. Stwierdzono natomiast słabą istotną ujemną korelację między minimalnym czasem reakcji a wiekiem $r = -0,13$; $p = 0,029$ co jest wynikiem trochę zaskakującym bo wynika z niego, że wraz ze wzrostem wieku obniża się czas reakcji min. Ale należy pamiętać, że korelacja ta jest słaba i przy większym zbiorze danych może zmienić swój kierunek. Istotnie statystycznie skorelowane z wiekiem były natomiast wyniki dotyczące reakcji na bodziec. W przypadku reakcji dobrych stwierdzono przeciętną korelację ujemną co oznacza, że wraz ze wzrostem wieku spada ilość reakcji dobrych $r = -0,33$. Analiza reakcji spóźnionych oraz błędnych dała podstawy do stwierdzenia, że wraz ze wzrostem wieku ilość reakcji spóźnionych oraz błędnych rośnie. Czyli występują istotne statystycznie korelacje dodatnie. Opisane wyniki ilustruje poniższa rycina.

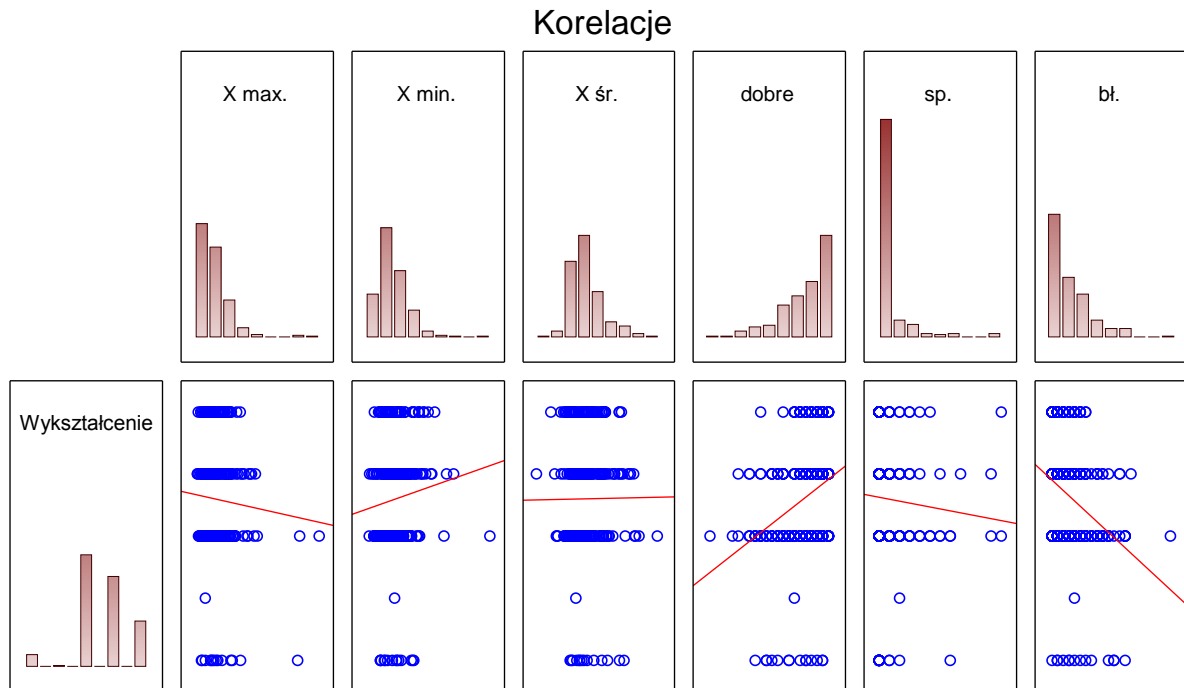


Tab. 4. Korelacja porządku rang Spearmana. BD usuwane parami. Oznaczone wsp. korelacji są istotne z $p < ,05000$

	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
Wykształcenie & X max.	303	0,057825	1,00492	0,315745
Wykształcenie & X min.	303	0,102382	1,78564	0,075164
Wykształcenie & X śr.	309	0,057841	1,01515	0,310832
Wykształcenie & dobre	309	0,315678	5,82920	0,000000
Wykształcenie & sp.	309	-0,107478	-1,89414	0,059146
Wykształcenie & bł.	309	-0,301535	-5,54123	0,000000

Analizy w postaci współczynników korelacji rang Spearmana przeprowadzono także pomiędzy zmienną wykształcenie a pozostałymi zmiennymi. Uzyskane wyniki tylko w dwóch przypadkach pozwoliły na stwierdzenie istotnych statystycznie powiązań. Przeciętną korelację dodatnią stwierdzono pomiędzy poziomem wykształcenia a poprawnymi reakcjami na bodziec $r = 0,31$. Można zatem stwierdzić, że wraz ze wzrostem wykształcenia zwiększa się liczba reakcji poprawnych. Analogicznie wraz ze wzrostem poziomu wykształcenia

zmniejsza się liczba błędnych reakcji błędnych. Przeciętna korelacja ujemna $r = -0,30$. Wyniki te ilustruje poniższa rycina.



Dla wszystkich zmiennych wykonano testy istotności różnic ze względu na jakościowe zmienne grupujące. Tylko w dwóch przypadkach stwierdzono istotne statystycznie różnice. W przypadku analizy poprawnych reakcji na bodziec stwierdzono istotne różnice pomiędzy wynikami osób z wykształceniem podstawowym a wyższym $p = 0,01$ oraz pomiędzy osobami z wykształceniem zawodowym a średnim $p = 0,003$ oraz wyższym $p = 0,000025$. **Osoby posiadające średnie i wyższe wykształcenie miały istotnie statystycznie więcej prawidłowych reakcji na bodziec niż osoby z wykształceniem podstawowym, czy zawodowym.** Wyniki te potwierdza wynik testu Kruskala-Wallisa, tabela z testami wielokrotnych porównań oraz poniższa interpretacja graficzna.

Tab. 5 Wartość p dla porównań wielokrotnych (dwustronnych); dobre Zmienna niezależna (grupująca):
Wykształcenie Test Kruskala-Wallisa: $H(4, N=309) = 30,80996$ $p = ,0000$

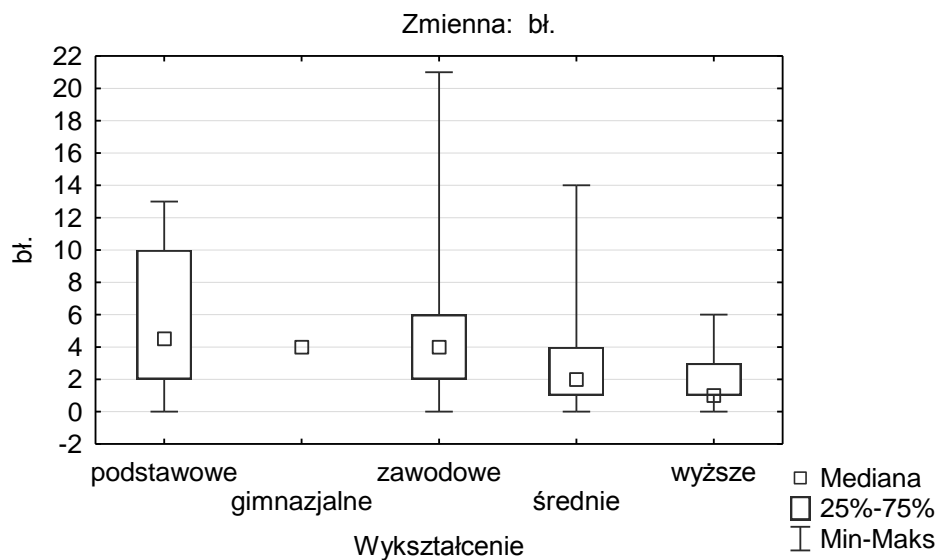
	podstawowe R:110,11	gimnazjalne R:84,000	zawodowe R:129,95	średnie R:171,07	wyższe R:197,80
podstawowe		1,000000	1,000000	0,163583	0,010659
gimnazjalne	1,000000		1,000000	1,000000	1,000000
zawodowe	1,000000	1,000000		0,003947	0,000025
średnie	0,163583	1,000000	0,003947		0,731293
wyższe	0,010659	1,000000	0,000025	0,731293	



Tab. 6 Wartość p dla porównań wielokrotnych (dwustronnych); bl. Zmienna niezależna (grupująca):
Wykształcenie Test Kruskala-Wallisa: $H(4, N=309) = 28,33829$ $p = ,0000$

	podstawowe R:196,54	gimnazjalne R:200,50	zawodowe R:178,14	średnie R:143,20	wyższe R:109,80
podstawowe		1,000000	1,000000	0,356765	0,012076
gimnazjalne	1,000000		1,000000	1,000000	1,000000
zawodowe	1,000000	1,000000		0,026013	0,000021
średnie	0,356765	1,000000	0,026013		0,251230
wyższe	0,012076	1,000000	0,000021	0,251230	

W przypadku analizy błędnych reakcji na bodziec stwierdzono istotne różnice pomiędzy wynikami osób z wykształceniem podstawowym a wyższym $p=0,012$ oraz pomiędzy osobami z wykształceniem zawodowym a średnim $p=0,026$ oraz wyższym $p=0,000021$. Osoby posiadające wyższy stopień wykształcenia miały istotnie statystycznie mniej błędnych reakcji na bodziec niż osoby z wykształceniem podstawowym czy zawodowym. Wyniki te potwierdza wynik testu Kruskala-Wallisa oraz tabela z testami wielokrotnych porównań oraz poniższa interpretacja graficzna.



Kolejne analizy dotyczyły w zasadniczej części estymacji punktowej oraz przedziałowej analizowanych zmiennych dotyczących czasów reakcji oraz reakcji na bodziec.

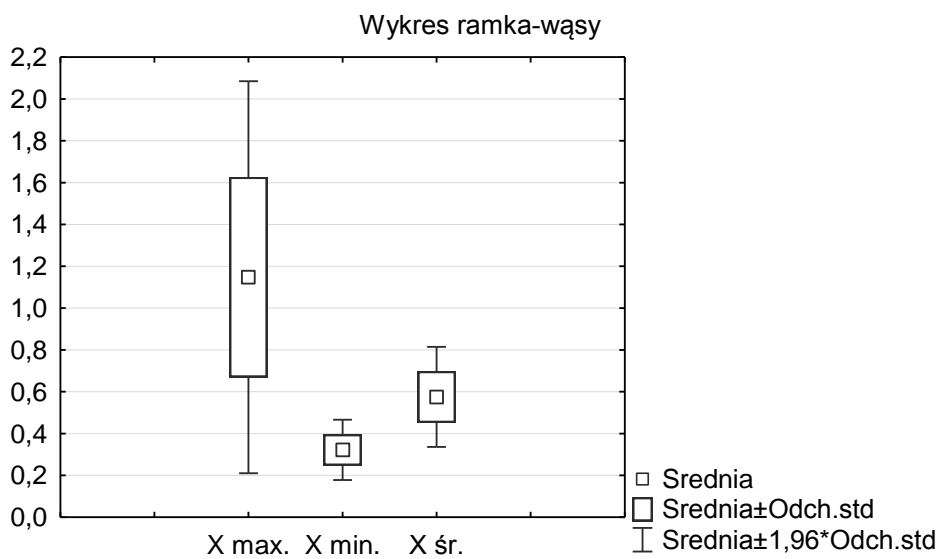
Tab. 7 Statystyki opisowe

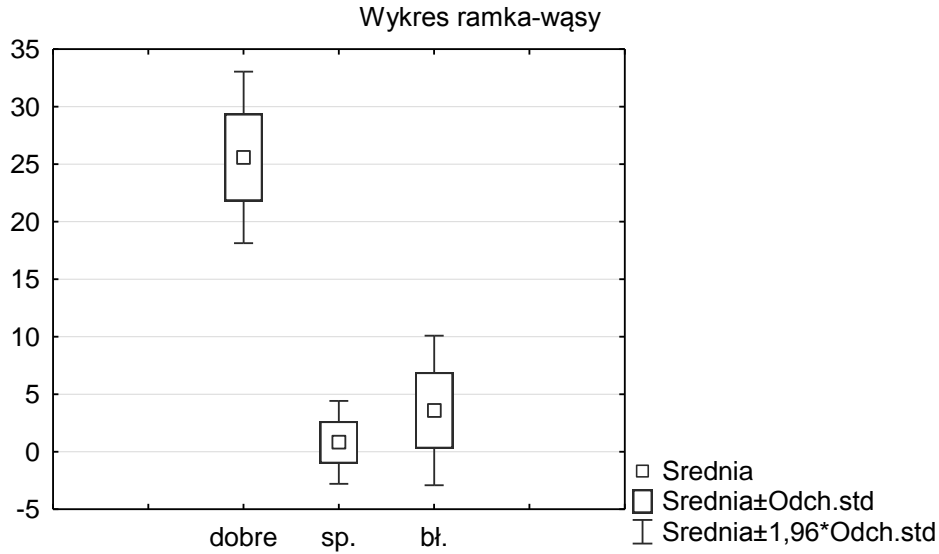
	Średnia	Ufność -95,000%	Ufność 95,000%	Odch.std	P. ufności odch. std. -95,000%	P. ufności odch. std. +95,000%	Wsp. Zmienn.
X max.	1,148	1,094	1,202	0,478	0,443	0,520	41,66
X min.	0,322	0,313	0,330	0,074	0,068	0,080	22,87
X śr.	0,575	0,562	0,589	0,122	0,113	0,133	21,24
dobre	25,589	25,163	26,015	3,801	3,523	4,127	14,86

sp.	0,816	0,610	1,021	1,840	1,705	1,997	225,59
bt.	3,589	3,217	3,961	3,320	3,077	3,605	92,50

Wnioski

Analiza przedziałów ufności dla wartości średniej wskazuje, że jeśli chodzi o średni czas reakcji to z prawdopodobieństwem 95% mieści się on w przedziale od 0,562 do 0,589, natomiast przedział ufności dla odchylen standardowych dla średniego czasu reakcji pozwala na stwierdzenie że z 95% prawdopodobieństwem odchylenia standardowe od wartości średniej mieszczą się w przedziale 0,113 do 0,133. Z tych wyników można wnioskować, że jeśli chodzi o czasy reakcji to najmniejsze zróżnicowanie występuje w odniesieniu do średniego czasu reakcji ($V=21,24\%$), następnie w odniesieniu do czasu reakcji min. ($V=22,87$) a największe zróżnicowanie występuje w przypadku czasu reakcji max ($V=41,66\%$). Wyniki analizy ze względu na liczbę prawidłowych reakcji na bodziec pozwalają na stwierdzenie z prawdopodobieństwem 95%, że liczba prawidłowych reakcji na bodziec mieści się w przedziale 25,163 do 26,915 z przedziałem ufności dla odchylenia standardowego od 3,52 do 4,127.





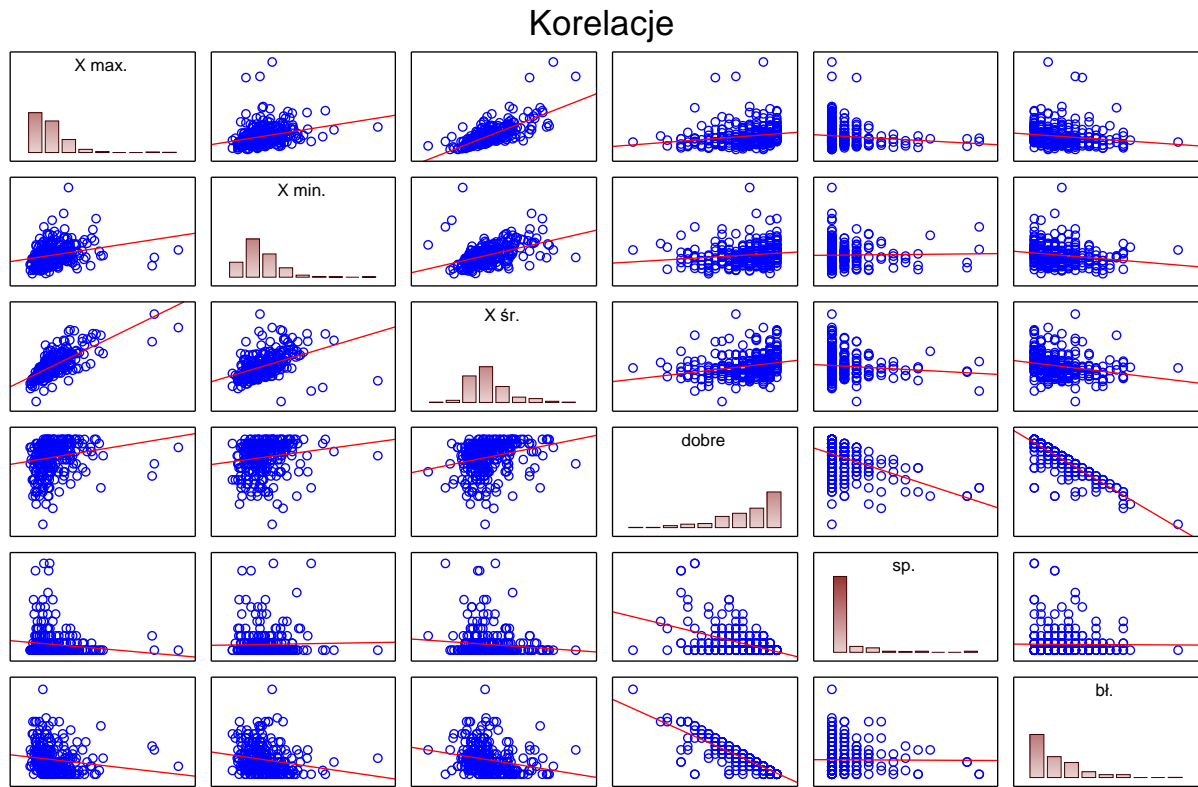
Przeanalizowano również korelacje pomiędzy wyróżnionymi zmiennymi, których wyniki przedstawiono w formie poniższej macierzy korelacji rang Spearmana.

Tab. 8 Korelacja porządku rang Spearmana. BD usuwane parami Oznaczone wsp. korelacji są istotne z $p < ,05000$ (podświetlone na czerwono).

	X max.	X min.	X śr.	Dobre	sp.	bł.
X max.	1,000	0,345	0,752	0,332	-0,110	-0,312
X min.	0,345	1,000	0,542	0,227	-0,002	-0,251
X śr.	0,752	0,542	1,000	0,339	-0,052	-0,342
Dobre	0,332	0,227	0,339	1,000	-0,450	-0,879
sp.	-0,110	-0,002	-0,052	-0,450	1,000	0,090
bł.	-0,312	-0,251	-0,342	-0,879	0,090	1,000

Analiza uzyskanych wyników pozwala na stwierdzenie istotnych dodatnich korelacji (wyniki podświetlone na czerwono) pomiędzy czasami reakcji max, min i średnim. Korelacja dodatnia cechuje się tym, że kierunki zmian obu zmiennych są takie same. Czyli jeśli rośnie czas reakcji max to rośnie również średni czas reakcji. Czasy reakcji są istotnie powiązane z liczbą prawidłowych reakcji na bodziec (korelacja dodatnia) oraz z błędnymi reakcjami na bodziec (korelacja ujemna). Liczba dobrych reakcji na bodziec jest ujemnie powiązana

z liczbą reakcji spóźnionych oraz z liczbą reakcji błędnych. Powyższe wyniki ilustruje poniższa rycina na której przedstawiono macierz punktowych wykresów rozrzutu powiązań analizowanych zmiennych.



3. Aparat typy krzyżowy typ K-03

Wyniki analiz

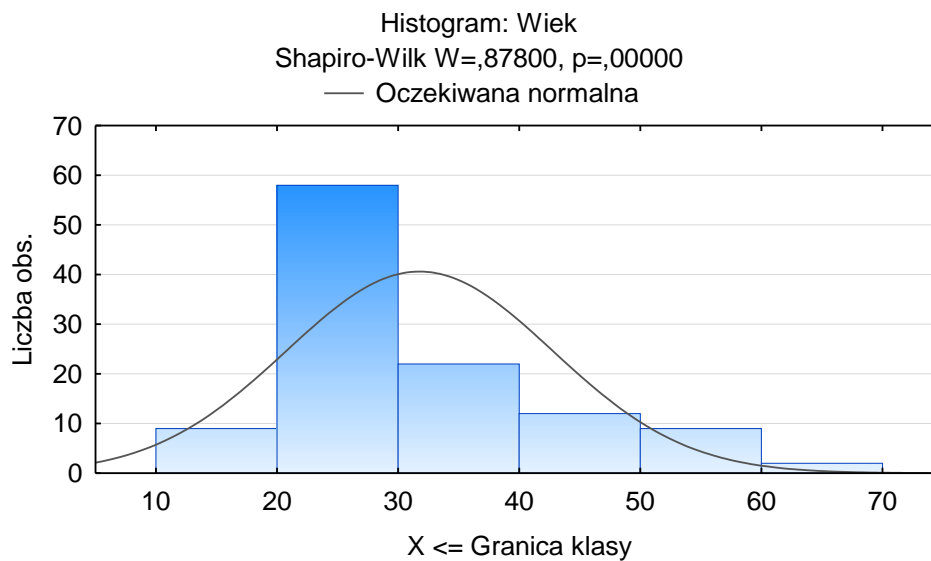
Większość analiz rozpoczyna się od charakterystyki poszczególnych zmiennych ze względu na podstawowe statystyki opisowe. W analizach wzięto pod uwagę podstawowe miary położenia, zmienności, asymetrii i koncentracji (Tab. 1)

Tab. 1. Podstawowe statystyki opisowe

	Średnia	Ufność -95,000 %	Ufność 95,000 %	Odch. std	P. ufności odch. std. -95,000%	P. ufności odch. std. +95,000%	Wsp. zmn.	Skośność	Kurtoza
Wiek	31,77	29,71	33,83	11,00	9,73	12,67	34,64	1,12	0,45
tryb wymuszony dla 60 s. - ilość reakcji	50,57	48,52	52,61	10,87	9,61	12,53	21,50	-0,10	0,38
tryb wymuszony dla 60 s. - czas min.	0,82	0,78	0,86	0,21	0,19	0,25	25,80	2,41	7,77
tryb wymuszony dla 60 s. - czas śr.	1,23	1,18	1,29	0,31	0,27	0,36	24,98	1,67	4,13
tryb wymuszony dla 60 s. - czas max.	2,27	2,07	2,47	1,01	0,89	1,17	44,59	2,55	9,75
tryb narzucony dla 60 b/min. - praw.	33,86	31,17	36,54	14,29	12,63	16,47	42,22	-0,34	-0,81
tryb narzucony dla 60 b/min. - błędne	13,68	12,21	15,16	7,85	6,94	9,04	57,36	1,18	2,55
tryb narzucony dla 60 b/min. - pomin.	12,83	10,83	14,83	10,62	9,38	12,23	82,75	1,31	1,85

tryb narzucony dla 60 b/min. - czas min.	0,49	0,47	0,50	0,09	0,08	0,10	18,20	-0,03	3,11
tryb narzucony dla 60 b/min. - czas śr.	0,67	0,66	0,68	0,07	0,06	0,08	10,40	-0,10	-0,76
tryb narzucony dla 60 b/min. - czas max.	0,93	0,91	0,94	0,07	0,06	0,08	7,68	-1,32	0,94

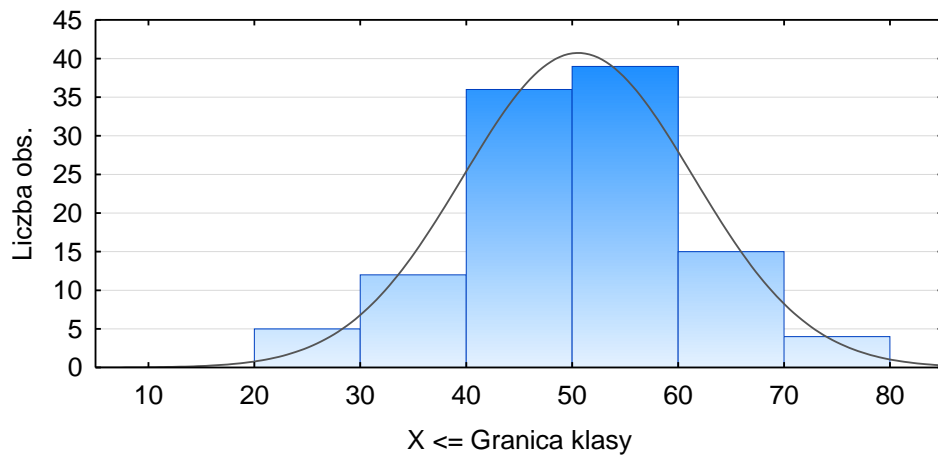
Analiza wyników zawartych w tabeli 1 pozwala na stwierdzenie, że w przypadku prawie wszystkich zmiennych rozkłady były skrajnie asymetryczne. Skośność poza przedziałem $\langle -1, 1 \rangle$. W przypadku koncentracji poszczególnych przypadków wokół średniej, w przypadku 4 zmiennych występowała skrajna koncentracja wyników wokół średniej $K_u > 2$. W dalszej kolejności wykonano weryfikację normalności rozkładów i przedstawiono na wykresach w postaci histogramów z naniesionymi wynikami testu Shapiro-Wilka.



Histogram: tryb wymuszony dla 60 s. - ilość reakcji

Shapiro-Wilk $W=,98857$, $p=,47401$

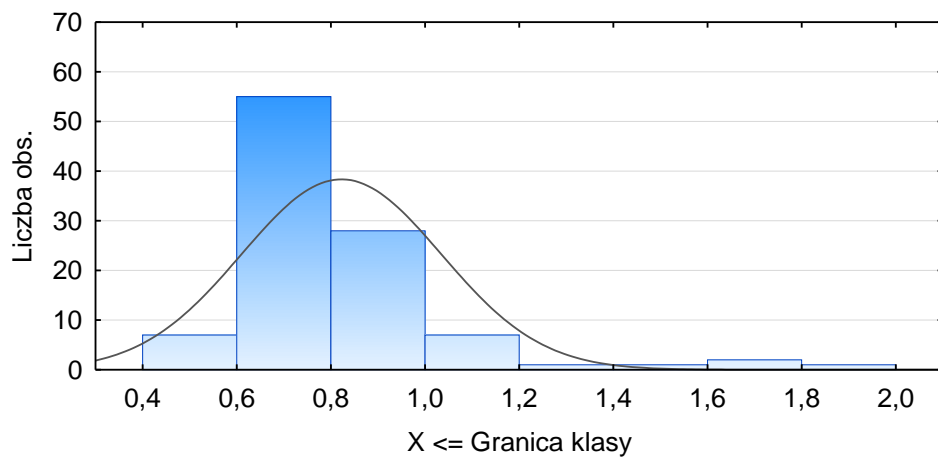
— Oczekiwana normalna



Histogram: tryb wymuszony dla 60 s. - czas min.

Shapiro-Wilk $W=,77785$, $p=,00000$

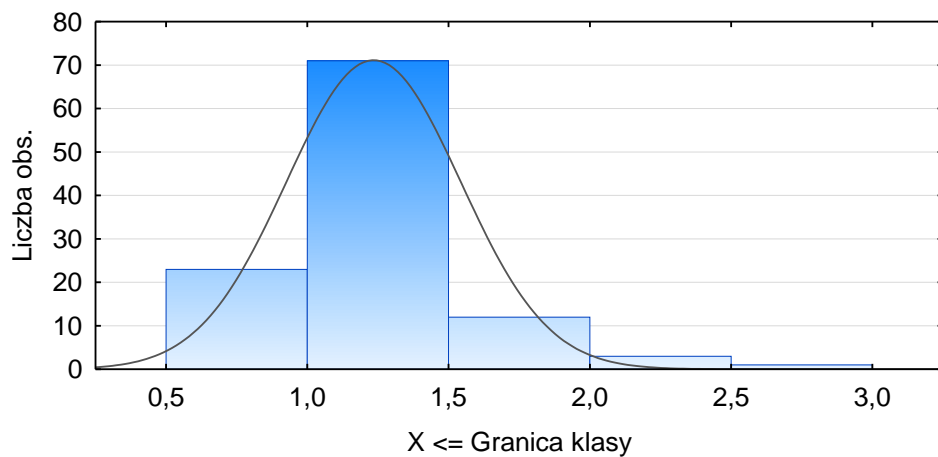
— Oczekiwana normalna



Histogram: tryb wymuszony dla 60 s. - czas śr.

Shapiro-Wilk $W=,87668$, $p=,00000$

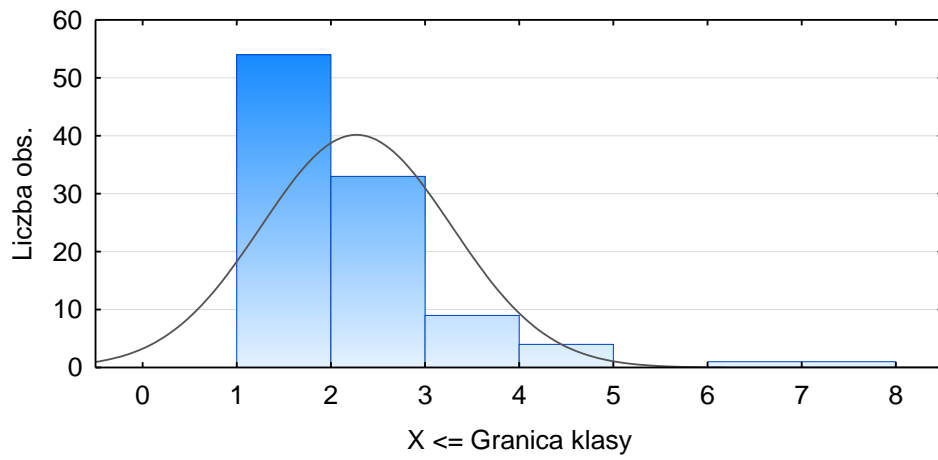
— Oczekiwana normalna



Histogram: tryb wymuszony dla 60 s. - czas max.

Shapiro-Wilk $W=,77862$, $p=,00000$

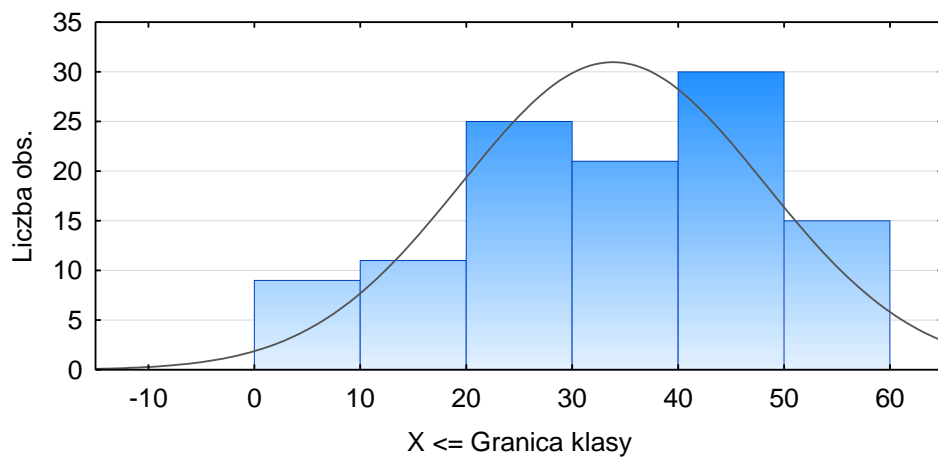
— Oczekiwana normalna



Histogram: tryb narzucony dla 60 b/min. - praw.

Shapiro-Wilk $W=,96549$, $p=,00569$

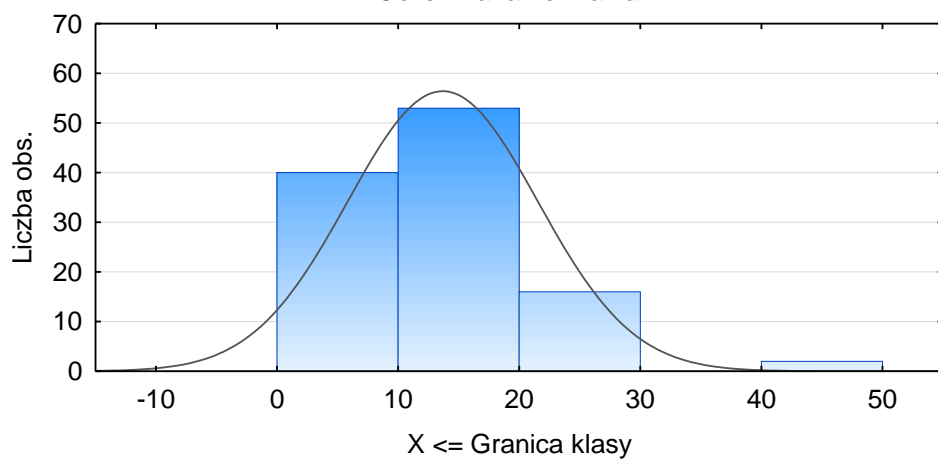
— Oczekiwana normalna



Histogram: tryb narzucony dla 60 b/min. - błędne

Shapiro-Wilk $W=,92597$, $p=,00001$

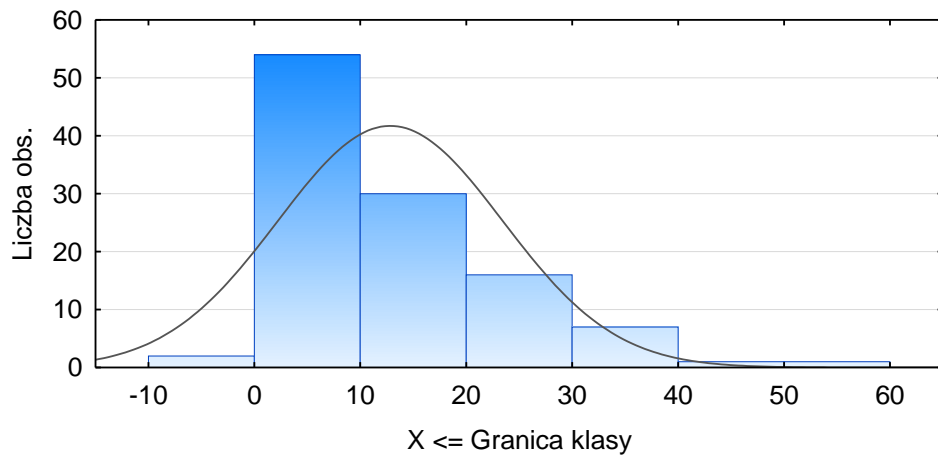
— Oczekiwana normalna



Histogram: tryb narzucony dla 60 b/min. - pomin.

Shapiro-Wilk $W=,88601$, $p=,00000$

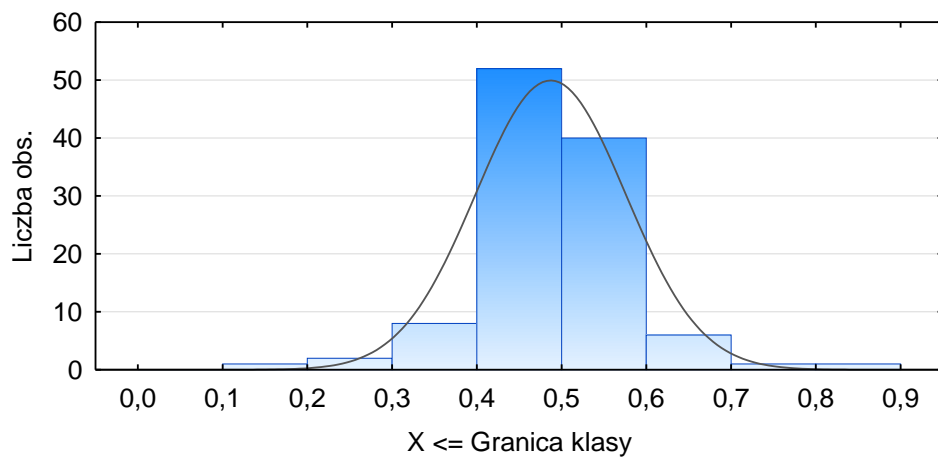
— Oczekiwana normalna



Histogram: tryb narzucony dla 60 b/min. - czas min.

Shapiro-Wilk $W=,95208$, $p=,00055$

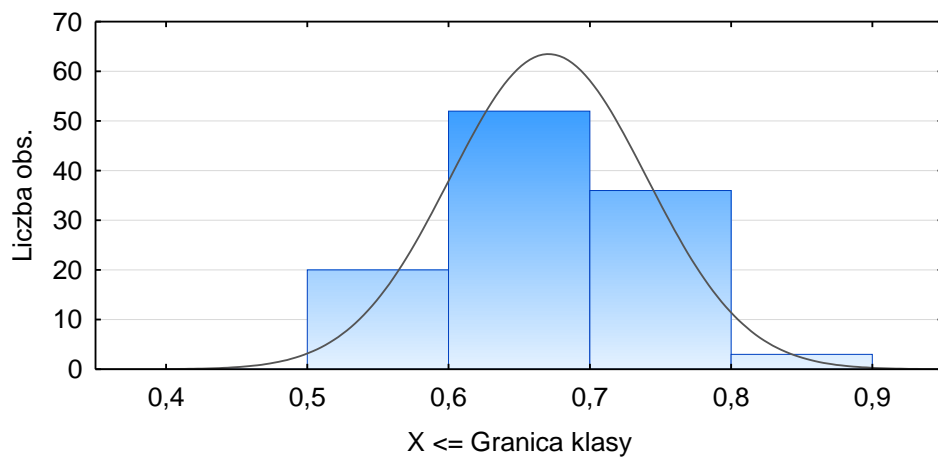
— Oczekiwana normalna

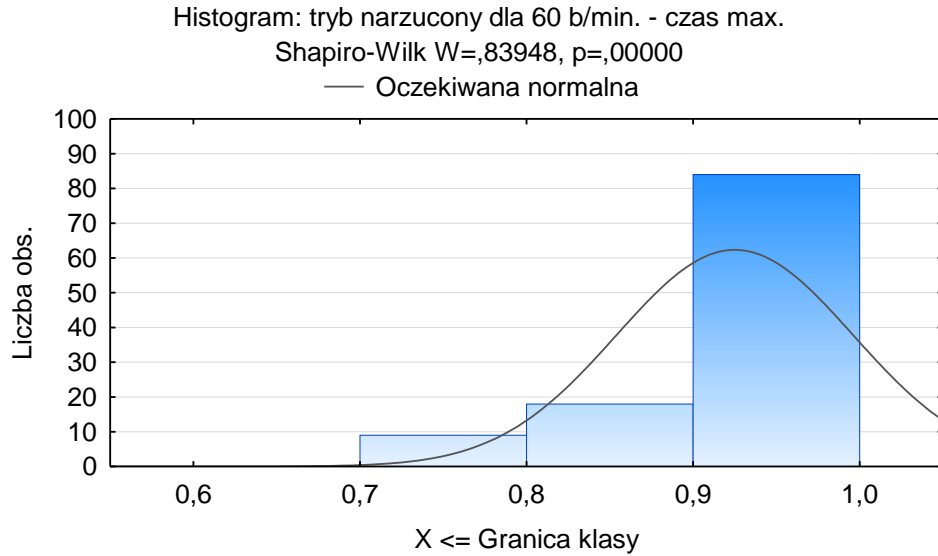


Histogram: tryb narzucony dla 60 b/min. - czas śr.

Shapiro-Wilk $W=,98373$, $p=,19674$

— Oczekiwana normalna



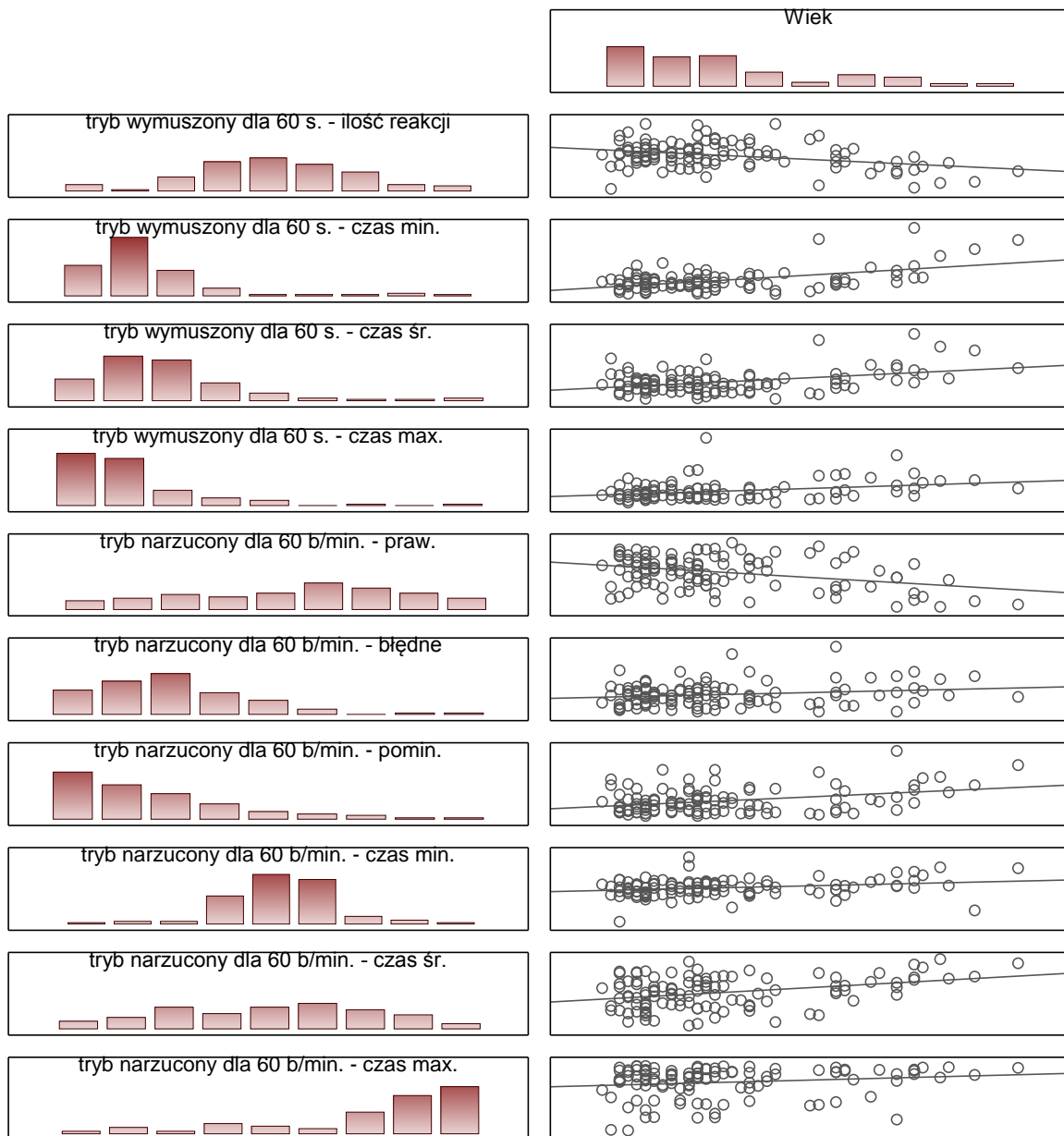


W przypadku większości analizowanych zmiennych były podstawy do odrzucenia hipotezy zerowej o normalności rozkładu i przyjęcia alternatywnej stwierdzającej, że zmienne posiadają rozkłady skrajnie asymetrycznej. Z tego względu w dalszych analizach zastosowano narzędzia nieparametryczne. Kolejne analizy dotyczyły powiązań pomiędzy zmiennymi. W tym celu zastosowano nieparametryczny współczynnik korelacji rang Spearmana.

Tab. 2 Korelacja porządku rang Spearmana (Wektor 1) BD usuwane parami Oznaczone wsp. korelacji są istotne z $p < ,05000$

	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
tryb wymuszony dla 60 s. - ilość reakcji & Wiek	111	-0,22	-2,32	0,02
tryb wymuszony dla 60 s. - czas min. & Wiek	102	0,27	2,80	0,01
tryb wymuszony dla 60 s. - czas śr. & Wiek	110	0,19	2,03	0,04
tryb wymuszony dla 60 s. - czas max. & Wiek	102	0,23	2,37	0,02
tryb narzucony dla 60 b/min. - praw. & Wiek	111	-0,24	-2,56	0,01
tryb narzucony dla 60 b/min. - błędne & Wiek	111	0,11	1,12	0,27
tryb narzucony dla 60 b/min. - pomin. & Wiek	111	0,21	2,23	0,03
tryb narzucony dla 60 b/min. - czas min. & Wiek	111	0,23	2,48	0,01
tryb narzucony dla 60 b/min. - czas śr. & Wiek	111	0,25	2,64	0,01
tryb narzucony dla 60 b/min. - czas max. & Wiek	111	0,16	1,68	0,10

Uzyskane wyniki dały podstawy do stwierdzenia istotnych statystycznie powiązań pomiędzy wiekiem badanych a zmiennymi zależnymi. Istotną statystycznie słabą korelację $r = -0,22$ stwierdzono pomiędzy wiekiem a ilością reakcji; **wraz z wiekiem spada ilość reakcji**. Istotne statystycznie słabe dodatnie korelacje stwierdzono pomiędzy wiekiem a wszystkim czasami reakcji w trybie wymuszonym (czas min, czas śr, czas max) oraz pomiędzy czasami reakcji minimalnym oraz średnim w trybie narzuconym. **Czyli wraz z wiekiem wzrasta również czas reakcji**. Istotną dodatnią korelację stwierdzono również pomiędzy wiekiem a liczbą reakcji pominiętych. **Im wyższy wiek, tym więcej reakcji pominiętych**. Wyniki ilustruje poniższa interpretacja graficzna w postaci macierzowego wykresu rozrzutu.



Tab. 3 Korelacja porządku rang Spearmana (Wektor 1) BD usuwane parami Oznaczone wsp. korelacji są istotne z $p < ,05000$

	tryb wymuszony dla 60 s. - ilość reakcji	tryb wymuszony dla 60 s. - czas min.	tryb wymuszony dla 60 s. - czas śr.	tryb wymuszony dla 60 s. - czas max.
tryb wymuszony dla 60 s. - ilość reakcji	1,00	-0,84	-0,98	-0,86
tryb wymuszony dla 60 s. - czas min.	-0,84	1,00	0,84	0,66
tryb wymuszony dla 60 s. - czas śr.	-0,98	0,84	1,00	0,83
tryb wymuszony dla 60 s. - czas max.	-0,86	0,66	0,83	1,00

Przeanalizowano również powiązania w obrębie poszczególnych rodzajów testów. Można stwierdzić, że w przypadku testu z trybem wymuszonym czasy reakcji są ze sobą istotnie powiązane dodatnio. Ilość reakcji jest powiązana z czasem reakcji ujemnie.

Tab. 4 Korelacja porządku rang Spearmana (Wektor 1) BD usuwane parami Oznaczone wsp. korelacji są istotne z $p < ,05000$

	tryb narzucony dla 60 b/min. - praw.	tryb narzucony dla 60 b/min. - błędne	tryb narzucony dla 60 b/min. - pomin.	tryb narzucony dla 60 b/min. - czas min.	tryb narzucony dla 60 b/min. - czas śr.	tryb narzucony dla 60 b/min. - czas max.
tryb narzucony dla 60 b/min. - praw.	1,00	-0,68	-0,83	-0,29	-0,43	0,02
tryb narzucony dla 60 b/min. - błędne	-0,68	1,00	0,36	-0,01	0,27	0,01
tryb narzucony dla 60 b/min. - pomin.	-0,83	0,36	1,00	0,36	0,45	0,09
tryb narzucony dla 60 b/min. - czas min.	-0,29	-0,01	0,36	1,00	0,61	0,26

Analiza psychometryczna pomiarów

tryb narzucony dla 60 b/min. - czas śr.	-0,43	0,27	0,45	0,61	1,00	0,55
tryb narzucony dla 60 b/min. - czas max.	0,02	0,01	0,09	0,26	0,55	1,00

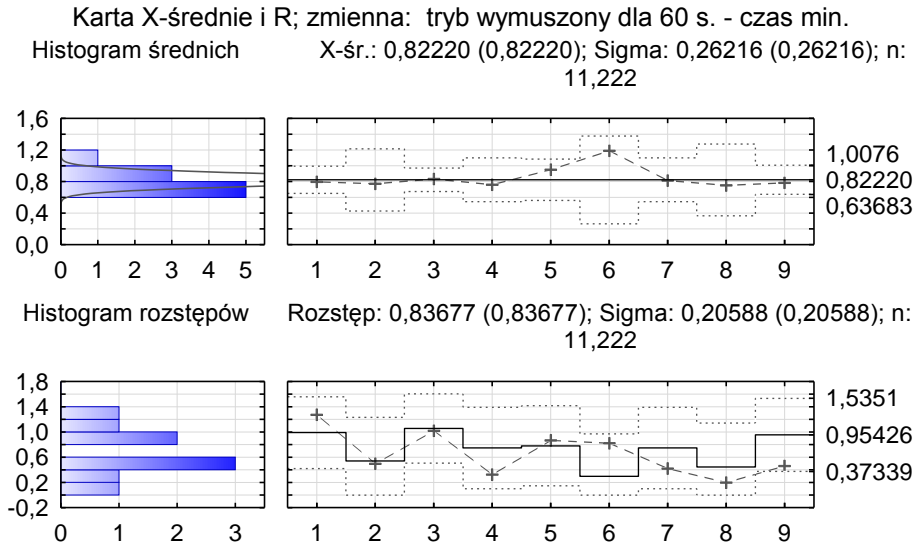
Tak samo wygląda sytuacja dla testu z trybem narzuconym. Można stwierdzić, że w przypadku testu z trybem wymuszonym czasy reakcji są ze sobą istotnie powiązane dodatnio. Ilość reakcji jest powiązana z czasem reakcji ujemnie. Reakcje prawidłowe są istotnie ujemnie skorelowane z reakcjami błędnymi oraz pominiętymi. Reakcję błędne są istotnie skorelowane z reakcjami pominiętymi.

Tab. 5 Korelacja porządku rang Spearmana (Wektor 1) BD usuwane parami Oznaczone wsp. korelacji są istotne z $p < ,05000$

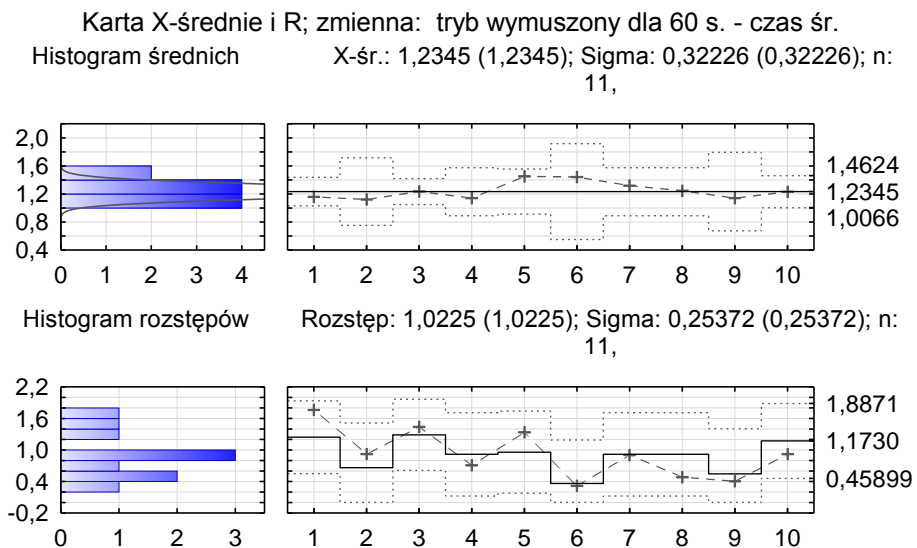
	tryb wymuszony dla 60 s. - ilość reakcji	tryb wymuszony dla 60 s. - czas min.	tryb wymuszony dla 60 s. - czas śr.	tryb wymuszony dla 60 s. - czas max.
tryb narzucony dla 60 b/min. - praw.	0,71	-0,51	-0,69	-0,67
tryb narzucony dla 60 b/min. - błędne	-0,44	0,29	0,44	0,44
tryb narzucony dla 60 b/min. - pomin.	-0,65	0,51	0,63	0,60
tryb narzucony dla 60 b/min. - czas min.	-0,44	0,48	0,44	0,32
tryb narzucony dla 60 b/min. - czas śr.	-0,59	0,62	0,58	0,52
tryb narzucony dla 60 b/min. - czas max.	-0,13	0,13	0,13	0,10

Analiza powiązań pomiędzy testami wymuszonym i narzuconym wskazuje, że brak istotnych powiązań występuje tylko w przypadku zmiennej czas max w trybie narzuconym.

Kolejne analizy określają stabilność metody pomiarowej w oparciu o statystyki przemysłowe (karty kontrolne), przy pomocy których możemy określić poprawność oraz precyzję metody pomiarowej.

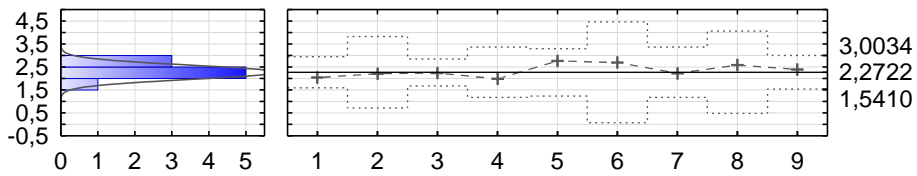


Analiza czasu min w trybie wymuszonym daje podstawy do stwierdzenia, że metoda pomiarowa jest poprawna (1 tor) oraz precyzyjna (2 tor). Wyniki pomiarów nie wychodzą poza przedziały wartości granicznych.

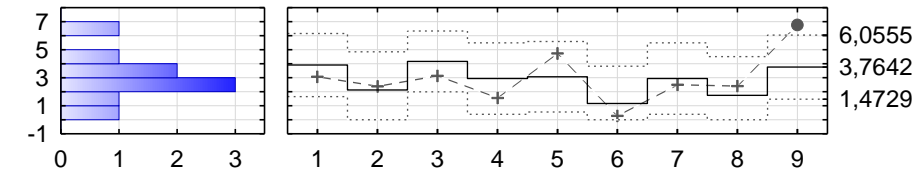


Analiza czasu śr w trybie wymuszonym daje podstawy do stwierdzenia, że metoda pomiarowa jest poprawna (1 tor) oraz precyzyjna (2 tor). Wyniki pomiarów nie wychodzą poza przedziały wartości granicznych.

Karta X-średnie i R; zmienna: tryb wymuszony dla 60 s. - czas max.
 Histogram średnich X-śr.: 2,2722 (2,2722); Sigma: 1,0341 (1,0341); n: 11,222



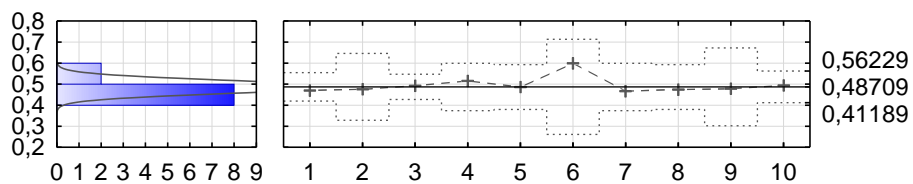
Histogram rozstępów Rozstęp: 3,3007 (3,3007); Sigma: 0,81213 (0,81213); n: 11,222



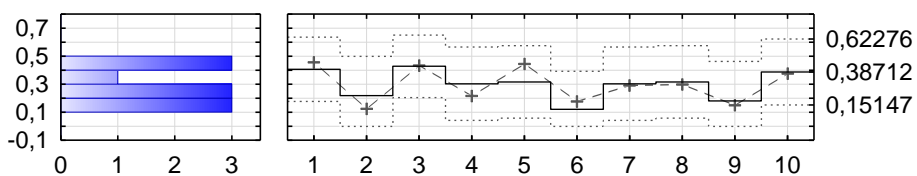
Analiza czasu max w trybie wymuszonym daje podstawy do stwierdzenia, że metoda pomiarowa jest poprawna (1 tor). Wyniki pomiarów nie wychodzą poza przedziały wartości granicznych.

W przypadku określenia precyzji metody pomiarowej (2 tor), tylko ostatnie wyniki przekroczyły poziom ostrzegawczy, co mając na uwadze, że wyniki są to czasy reakcji poszczególnych osób nie jest jakimś dużym zagrożeniem jeśli chodzi o precyzję metody pomiarowej. Wyniki pomiarów nie wychodzą poza przedziały wartości granicznych.

Karta X-średnie i R; zmienna: tryb narzucony dla 60 b/min. - czas min.
 Histogram średnich X-śr.: 0,48709 (0,48709); Sigma: 0,10635 (0,10635); n: 11,1

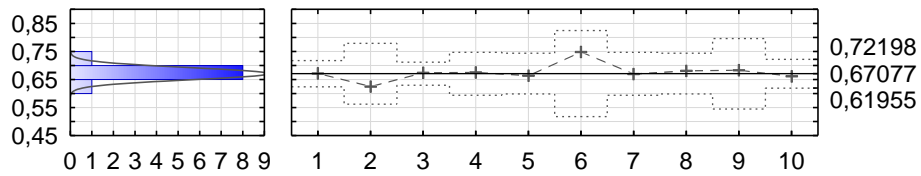


Histogram rozstępów Rozstęp: 0,33834 (0,33834); Sigma: 0,08364 (0,08364); n: 11,1

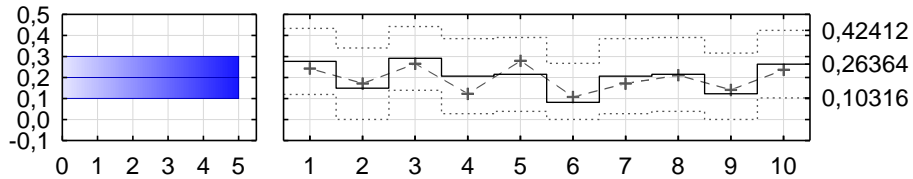


Analiza czasu min w trybie narzuconym daje podstawy do stwierdzenia, że metoda pomiarowa jest poprawna (1 tor) oraz precyzyjna (2 tor). Wyniki pomiarów nie wychodzą poza przedziały wartości granicznych.

Karta X-średnie i R; zmienna: tryb narzucony dla 60 b/min. - czas śr.
 Histogram średnich X-śr.: 0,67077 (0,67077); Sigma: 0,07243 (0,07243); n:
 11,1

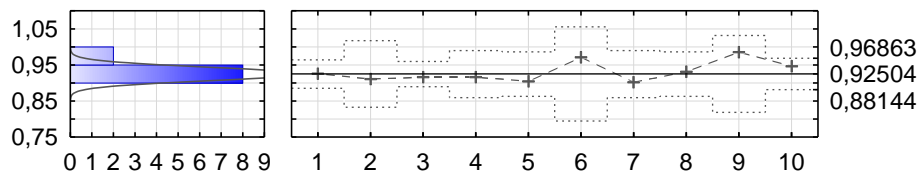


Histogram rozstępów Rozstęp: 0,23042 (0,23042); Sigma: 0,05696 (0,05696); n:
 11,1

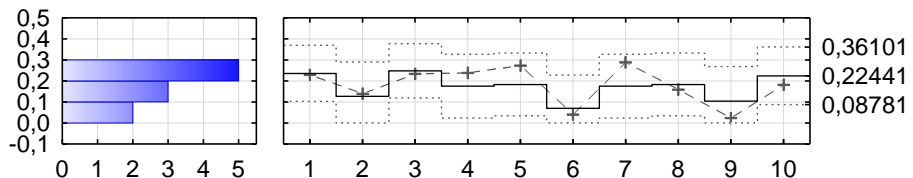


Analiza czasu śr. w trybie narzuconym daje podstawy do stwierdzenia, że metoda pomiarowa jest poprawna (1 tor) oraz precyzyjna (2 tor). Wyniki pomiarów nie wychodzą poza przedziały wartości granicznych.

Karta X-średnie i R; zmienna: tryb narzucony dla 60 b/min. - czas max.
 Histogram średnich X-śr.: 0,92504 (0,92504); Sigma: 0,06165 (0,06165); n:
 11,1



Histogram rozstępów Rozstęp: 0,19613 (0,19613); Sigma: 0,04848 (0,04848); n:
 11,1



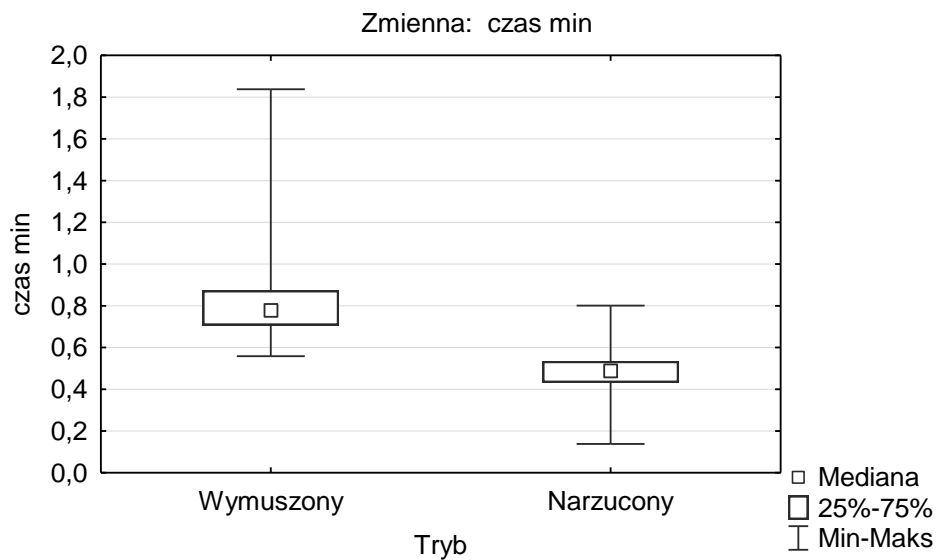
Analiza czasu max w trybie narzuconym daje podstawy do stwierdzenia, że metoda pomiarowa jest poprawna (1 tor) oraz precyzyjna (2 tor). Wyniki pomiarów nie wychodzą poza przedziały wartości granicznych.

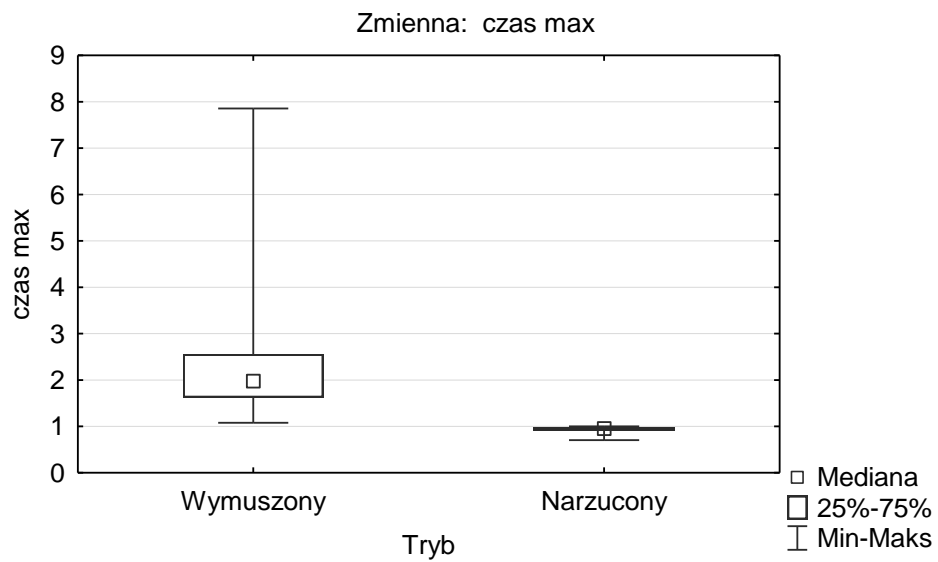
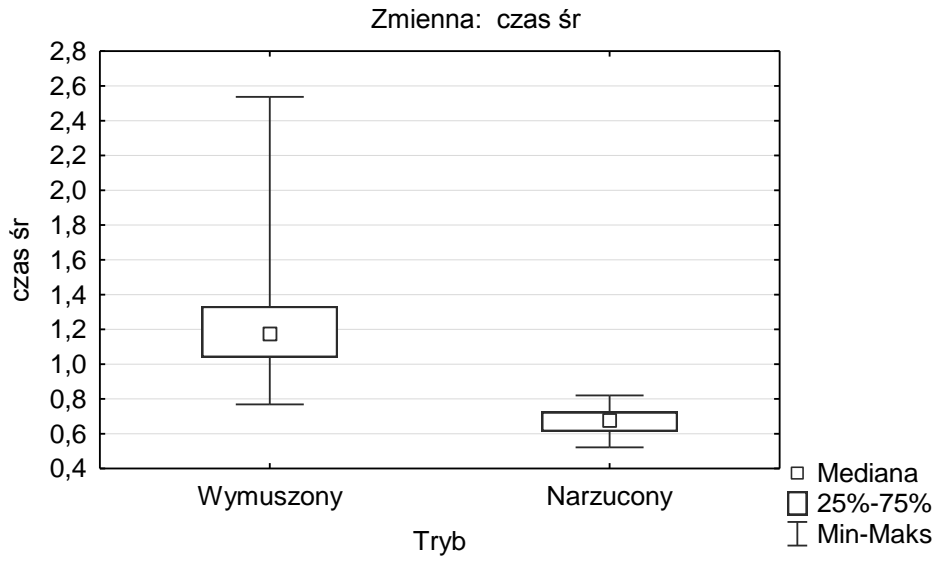
Kolejne analizy dotyczyły istotności różnic pomiędzy czasami reakcji w metodzie wymuszonej i narzuconej.

Tab. 6 Test U Manna-Whitneya (z poprawką na ciągłość) (Wektor 2) Względem zmiennej: Tryb
Zaznaczone wyniki są istotne z $p < ,05000$

	Sum.rang Wymuszony	Sum.rang Narzucony	U	Z	p
czas min	16368,00	6423,000	207,0000	12,13661	0,00
czas śr	18297,50	6233,500	17,5000	12,80736	0,00
czas max	16575,00	6216,000	0,0000	12,59729	0,00

Analiza powyższej tabeli daje podstawy do stwierdzenia istotnych różnic pomiędzy trybem wymuszonym a narzuconym ze względu na analizowane czasy reakcji. W przypadku wszystkich czasów reakcji istotnie dłuższe czasy reakcji stwierdzono w przypadku trybu wymuszonego. Wyniki te potwierdzają również poniższe interpretacje graficzne.





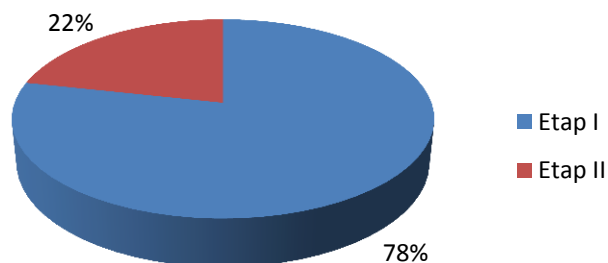
4. Aparat typu Piórkowski typ P – 03

Wyniki analiz

W badaniu wzięły udział 264 osoby poddane pomiarom reakcji ruchowych aparatem Piórkowskiego. Badane osoby były w wieku od 18 do 65 lat, średni wiek badanych osób wyniósł $M = 36$ lat (z odchyleniem standardowym $SD = 11$ lat). W tabeli poniżej przedstawiono rozkład podziału badanych osób ze względu na czas dokonania pomiaru reakcji motorycznych urządzeniem typu Piórkowski.

Tabela 1. Rozkład podziału badanych osób ze względu na czas dokonania pomiaru reakcji ruchowych urządzeniem Piórkowski

Etap	Liczebność	Procent z ogółu
Etap I	207	78,41
Etap II	57	21,59

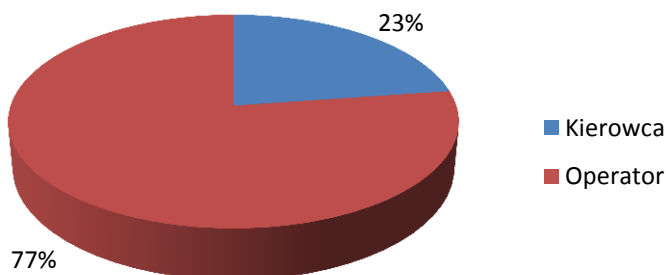


Wykres 1. Rozkład podziału badanych osób ze względu na czas dokonania pomiaru reakcji ruchowych urządzeniem Piórkowski

W tabeli poniżej przedstawiono rozkład podziału badanych osób ze względu na pełnioną funkcję.

Tab. 2. Rozkład podziału badanych osób ze względu na pełnioną funkcję

Funkcja	Liczebność	Procent z ogółu
Kierowca	60	22,73
Operator	204	77,27



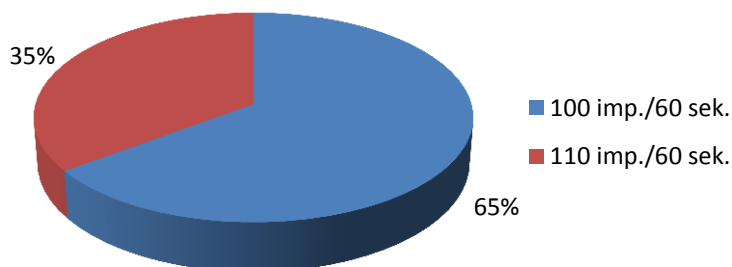
Wykres 2. Rozkład podziału badanych osób ze względu na pełnioną funkcję

Zdecydowaną większość badanych osób stanowili operatorzy – 77%. Funkcję kierowcy pełniło 23% badanych osób.

W tabeli poniżej przedstawiono rozkład podziału badanych osób ze względu na przyjęty rodzaj pomiaru reakcji ruchowych urządzeniem Piórkowski.

Tab. 3. Rozkład podziału badanych osób ze względu na przyjęty rodzaj pomiaru reakcji ruchowych urządzeniem Piórkowski

Rodzaj pomiaru reakcji ruchowych	Liczebność	Procent z ogółu
100 imp./60 sek.	171	64,77
110 imp./60 sek.	93	35,23



Wykres 3. Rozkład podziału badanych osób ze względu na przyjęty rodzaj pomiaru reakcji ruchowych urządzeniem Piórkowski

U większości badanych osób zastosowano pomiar z częstotliwością prezentacji bodźców 100 impulsów na minutę – 65%, z kolei u 35% badanych osób przyjęto częstotliwość 110 impulsów na minutę.

W tabeli poniżej przedstawiono statystyki opisowe dla wyników poszczególnych rodzajów pomiaru reakcji ruchowych urządzeniem Piórkowski uzyskanych przez badane osoby.

Tab. 4. Statystyki opisowe dla wyników poszczególnych rodzajów pomiaru reakcji ruchowych urządzeniem Piórkowski uzyskanych przez badane osoby

Rodzaj pomiaru reakcji ruchowych		M	SD	min	max
100 imp./60 sek.	x śr	477,41	35,32	399	594
	Dobre	75,95	15,26	20	99
	Błędne	15,11	10,59	1	65
	%	74,06	18,63	7	99
110 imp./60 sek.	x śr	441,82	41,74	141	526
	Dobre	76,43	18,86	16	106
	Błędne	21,41	13,46	2	71
	%	67,77	18,42	14,4	95,4

Legenda:

- x śr średni czas reakcji
- dobre reakcje adekwatne do bodźca
- błędne reakcje nieadekwatne do bodźca
- % stosunek reakcji poprawnych do liczby emitowanych bodźców
- M średnia
- SD odchylenie standardowe
- min wynik najniższy
- max wynik najwyższy

Podczas pomiaru urządzeniem Piórkowski z częstotliwością prezentacji bodźców 100 impulsów na minutę, średni czas reakcji badanych osób wyniósł $M = 477$ (z odchyleniem standardowym $SD = 35$), średnia liczba reakcji adekwatnych do bodźca wyniosła $M = 76$ ($SD = 15$), średnia liczba reakcji nieadekwatnych do bodźca wyniosła $M = 15$ ($SD = 11$) oraz średni stosunek reakcji poprawnych do liczby emitowanych bodźców uzyskany przez badane osoby wyniósł $M = 74\%$ ($SD = 19\%$).

Podczas pomiaru urządzeniem Piórkowski z częstotliwością prezentacji bodźców 110 impulsów na minutę, średni czas reakcji badanych osób wyniósł $M = 442$ (z odchyleniem standardowym $SD = 42$), średnia liczba reakcji adekwatnych do bodźca wyniosła $M = 76$

(SD = 19), średnia liczba reakcji nieadekwatnych do bodźca wyniosła $M = 21$ (SD = 13) oraz średni stosunek reakcji poprawnych do liczby emitowanych bodźców uzyskany przez badane osoby wyniósł $M = 68\%$ (SD = 18%).

Następnie przeprowadzono analizy korelacji rho-Spearmana pomiędzy poszczególnymi czynnikami pomiaru urządzeniem Piórkowski z częstotliwością prezentacji bodźców 100 impulsów na minutę. W tabeli poniżej przedstawiono współczynniki korelacji z przeprowadzonych analiz.

Tab. 5. Współczynniki korelacji pomiędzy poszczególnymi czynnikami pomiaru urządzeniem Piórkowski z częstotliwością prezentacji bodźców 100 impulsów na minutę

	wiek		wykształc.		x śr		dobre		błędne		%	
	r_s	p	r_s	p	r_s	P	r_s	p	r_s	p	r_s	p
wiek		.	-0,22	0,004	0,30	<0,001	-0,30	<0,001	0,32	<0,001	-0,32	<0,001
wykształcenie	-0,22	0,004		.	-0,16	0,040	0,24	0,001	-0,24	0,001	0,23	0,002
x śr	0,30	<0,001	-0,16	0,040		.	-0,62	<0,001	0,58	<0,001	-0,62	<0,001
dobre	-0,30	<0,001	0,24	0,001	-0,62	<0,001		.	-0,89	<0,001	0,96	<0,001
błędne	0,32	<0,001	-0,24	0,001	0,58	<0,001	-0,89	<0,001		.	-0,90	<0,001
%	-0,32	<0,001	0,23	0,002	-0,62	<0,001	0,96	<0,001	-0,90	<0,001		.

Legenda:

- x śr. średni czas reakcji
- dobre reakcje adekwatne do bodźca
- błędne reakcje nieadekwatne do bodźca
- % stosunek reakcji poprawnych do liczby emitowanych bodźców
- p poziom istotności
- r_s korelacja rangowa Spearmana (rho)

Analizy korelacji wykazały, że wyniki badań za pomocą urządzenia „Piórkowski” (z częstotliwością 100 impulsów/min) wykazują istotne statystycznie zależności między wiekiem badanych a:

- czasem reakcji (im osoby badane starsze, tym czas reakcji dłuższy);
- liczbą reakcji adekwatnych do bodźca (wraz z wiekiem zmniejsza się ilość reakcji adekwatnych);
- liczbą reakcji nieadekwatnych do bodźca (wraz z wiekiem zwiększa się ilość reakcji nieadekwatnych);
- stosunkiem reakcji poprawnych do liczby emitowanych bodźców (im badani starsi, tym niższa wartość tego wskaźnika).

Podczas pomiaru urządzeniem Piórkowski z częstotliwością prezentacji bodźców 100 impulsów na minutę stwierdzono, że:

1. Im badane osoby posiadały wyższy poziom wykształcenia, tym ich średni czas reakcji był krótszy, uzyskiwały większą liczbę reakcji adekwatnych do bodźca oraz mniejszą liczbę reakcji nieadekwatnych do bodźca jak również uzyskany przez nie stosunek reakcji poprawnych do liczby emitowanych bodźców był wyższy.
2. Im dłuższy był średni czas reakcji badanych osób, tym wykazywały się one mniejszą liczbą reakcji adekwatnych do bodźca oraz częściej reagowały nieadekwatnie do bodźca, a uzyskany przez nie stosunek reakcji poprawnych do liczby emitowanych bodźców był niższy.
3. Im większą liczbę reakcji adekwatnych do bodźca wykazywały badane osoby, tym mniejsza była uzyskana przez nie liczba reakcji nieadekwatnych do bodźca oraz tym większy był uzyskany przez nie stosunek reakcji poprawnych do liczby emitowanych bodźców.
4. Im badane osoby uzyskiwały większą liczbę reakcji nieadekwatnych do bodźca, tym mniejszy był uzyskany przez nie stosunek reakcji poprawnych do liczby emitowanych bodźców.

Przeprowadzono także analizy korelacji rho-Spearmana pomiędzy poszczególnymi czynnikami pomiaru urządzeniem Piórkowski z częstotliwością prezentacji bodźców 110 impulsów na minutę. W tabeli poniżej przedstawiono współczynniki korelacji z przeprowadzonych analiz.

Tab. 6. Współczynniki korelacji pomiędzy poszczególnymi czynnikami pomiaru urządzeniem Piórkowski z częstotliwością prezentacji bodźców 110 impulsów na minutę

	Wiek		Wykształc.		x śr		Dobre		Błędne		%	
	r_s	p	r_s	p	r_s	P	r_s	p	r_s	p	r_s	p
Wiek		.	-0,31	0,003	0,28	0,007	-0,27	0,009	0,25	0,014	-0,27	0,008
Wykształcenie	-0,31	0,003		.	-0,28	0,008	0,21	0,040	-0,19	0,062	0,20	0,049
x śr	0,28	0,007	-0,28	0,008		.	-0,65	<0,001	0,60	<0,001	-0,64	<0,001
Dobre	-0,27	0,009	0,21	0,040	-0,65	<0,001		.	-0,94	<0,001	0,99	<0,001
Błędne	0,25	0,014	-0,19	0,062	0,60	<0,001	-0,94	<0,001		.	-0,92	<0,001
%	-0,27	0,008	0,20	0,049	-0,64	<0,001	0,99	<0,001	-0,92	<0,001		.

Legenda:

x \bar{x}	średni czas reakcji
dobrze	reakcje adekwatne do bodźca
błędne	reakcje nieadekwatne do bodźca
%	stosunek reakcji poprawnych do liczby emitowanych bodźców
p	poziom istotności
r_s	korelacja rangowa Spearmana (ρ)

Analizy korelacji wykazały, że wyniki uzyskane podczas pomiaru urządzeniem Piórkowski z częstotliwością prezentacji bodźców 110 impulsów na minutę wykazują następujące zależności:

1. Im badane osoby były starsze, tym ich średni czas reakcji był dłuższy, uzyskiwały mniejszą liczbę reakcji adekwatnych do bodźca oraz większą liczbę reakcji nieadekwatnych do bodźca, jak również, niższy był uzyskany przez nie stosunek reakcji poprawnych do liczby emitowanych bodźców.
2. Im badane osoby posiadały wyższy poziom wykształcenia, tym ich średni czas reakcji był krótszy, tym uzyskiwały większą liczbę reakcji adekwatnych do bodźca oraz tym uzyskany przez nie stosunek reakcji poprawnych do liczby emitowanych bodźców był wyższy.
3. Im średni czas reakcji badanych osób był dłuższy, tym uzyskiwały one mniejszą liczbę reakcji adekwatnych do bodźca oraz większą liczbę reakcji nieadekwatnych do bodźca oraz tym uzyskany przez nie stosunek reakcji poprawnych do liczby emitowanych bodźców był niższy.
4. Im badane osoby uzyskiwały większą liczbę reakcji adekwatnych do bodźca, tym mniejsza była uzyskana przez nie liczba reakcji nieadekwatnych do bodźca oraz tym większy był uzyskany przez nie stosunek reakcji poprawnych do liczby emitowanych bodźców.
5. Im badane osoby uzyskiwały większą liczbę reakcji nieadekwatnych do bodźca, tym mniejszy był uzyskany przez nie stosunek reakcji poprawnych do liczby emitowanych bodźców.

5. Miernik Sprawności Sensomotorycznej typ MSS-03

Analiza wyników

W badaniu wzięło udział 60 osób. W tabeli poniżej przedstawiono statystyki opisowe dla ilości poprawnych i błędnych reakcji oraz dla średniego czasu reakcji badanych osób.

Tab. 1. Statystyki opisowe dla ilości poprawnych, błędnych reakcji oraz dla średniego czasu reakcji badanych osób

zmienna	M	SD	Min	Max	Q1	Q2	Q3
poprawne	80,28	10,00	45	94	75,25	81	87,75
Błędne	19,70	9,97	6	55	12,25	19	24,75
śr czas reakcji	436,90	27,43	363	493	419	437,5	459

Legenda

M	Średnia
SD	Odchylenie standardowe
Min	Minimum
Max	Maksimum
Q1	Percentyl 25
Q2	Percentyl 50 (Mediana)
Q3	Percentyl 75

Minimalna ilość poprawnych reakcji u badanych osób wyniosła 45 a maksymalna 94, średnia ilość poprawnych reakcji u badanych osób wyniosła $M = 80$ (z odchyleniem standardowym $SD = 10$). Wśród badanych osób 25% posiadało wynik niższy niż 75,25, połowa badanych osób posiadała wynik niższy bądź równy 81 (mediana), natomiast 75% badanych osób posiadało wynik niższy niż 87,75.

Minimalna ilość błędnych reakcji u badanych osób wyniosła 6 a maksymalna 55, średnia ilość błędnych reakcji u badanych osób wyniosła $M = 20$ (z odchyleniem standardowym $SD = 10$).

Minimalny średni czas reakcji badanych osób wyniósł 363 a maksymalny 493, średni czas reakcji badanych osób wyniosła $M = 437$ (z odchyleniem standardowym $SD = 27$).

Następnie przeprowadzono analizy korelacji r-Pearsona pomiędzy ilością błędnych, poprawnych wskazań oraz średnim czasem reakcji. W tabeli poniżej przedstawiono współczynniki korelacji z przeprowadzonych analiz.

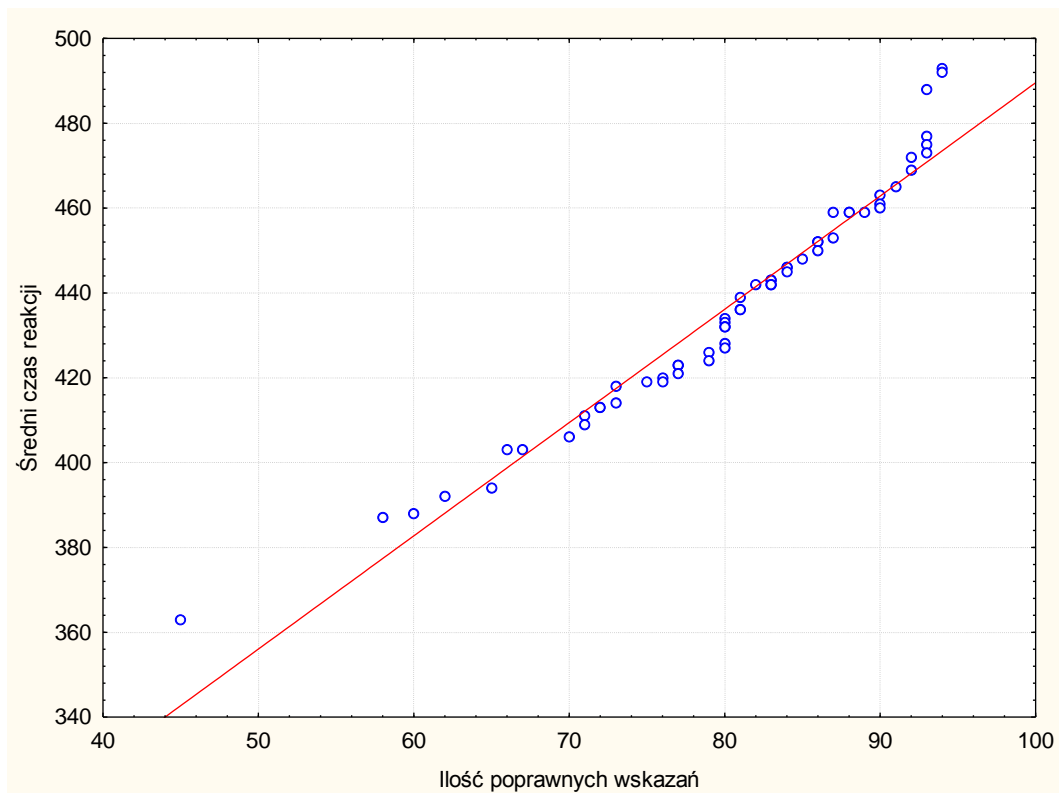
Tab. 2. Współczynniki korelacji pomiędzy ilością błędnych, poprawnych wskazań oraz średnim czasem reakcji

Zmienne	Poprawne		Błędne		Średni czas reakcji	
	r	p	r	p	r	p
Poprawne			-0,9998	<0,0001	0,9736	<0,0001
Błędne	-0,9998	<0,0001			-0,9732	<0,0001
Średni czas reakcji	0,9736	<0,0001	-0,9732	<0,0001		

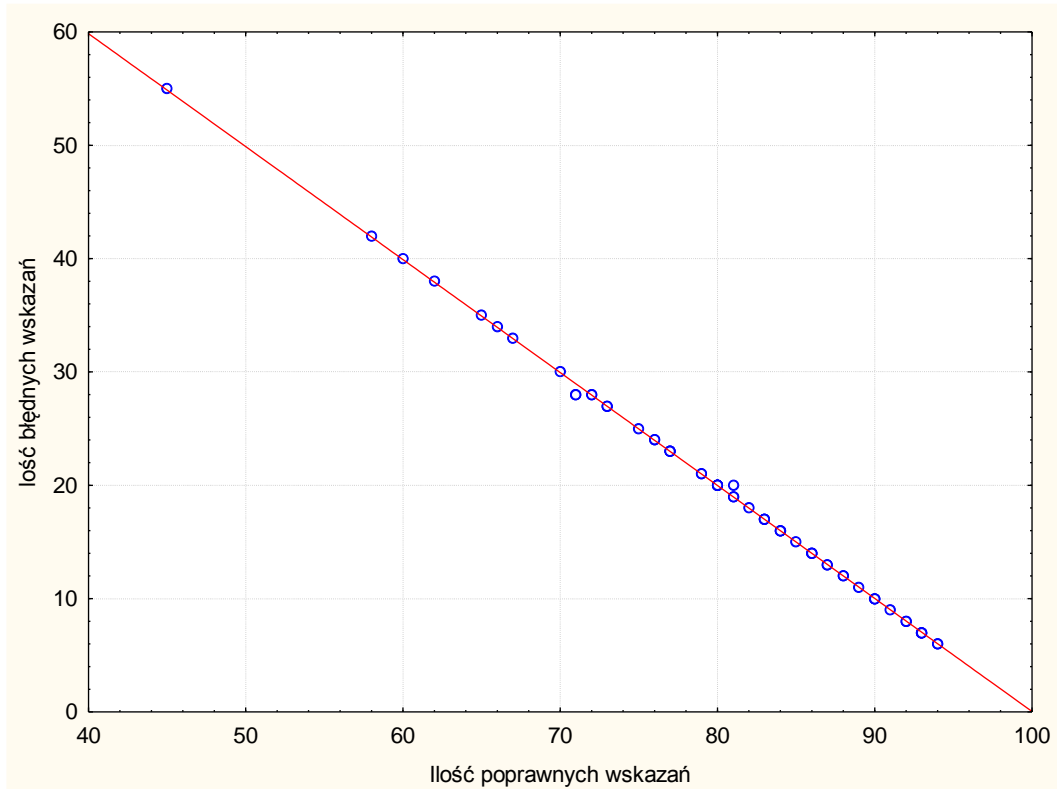
Legenda

r wynik testu r-Pearsona
p poziom istotności

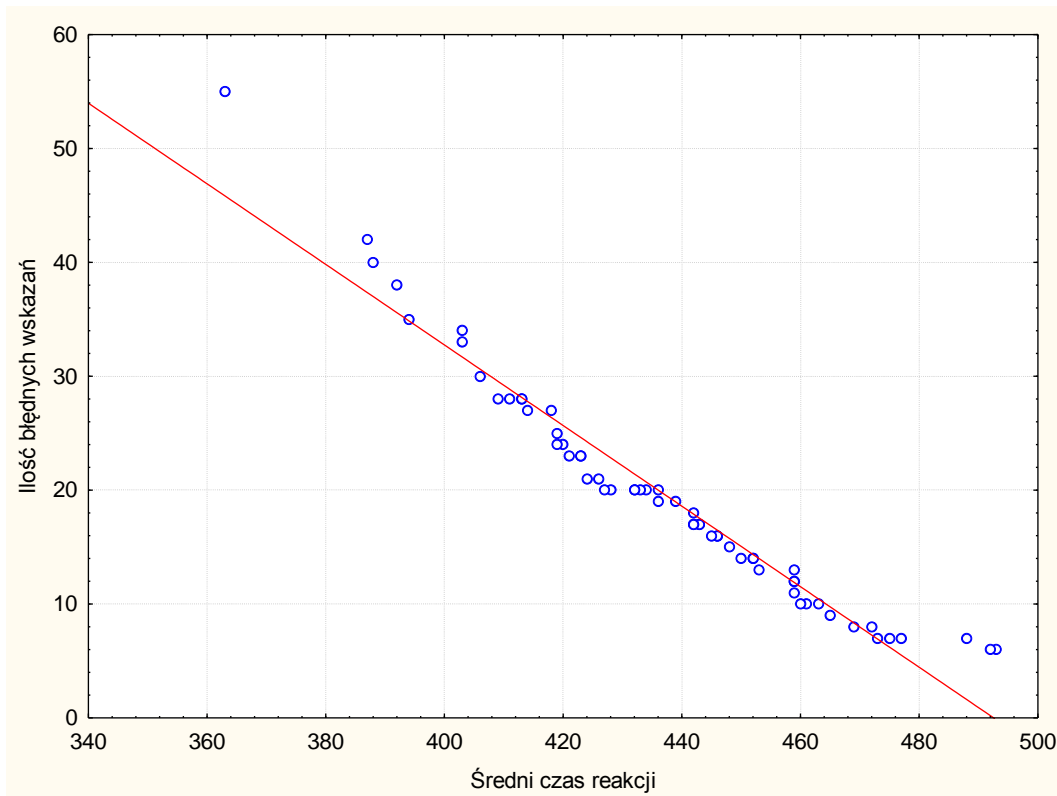
Analizy korelacji wykazały, że im badane osoby posiadały więcej poprawnych wskazań tym miały mniej błędnych wskazań. Im badane osoby posiadały więcej poprawnych wskazań tym miały dłuższy średni czas reakcji. Im badane osoby posiadały więcej błędnych wskazań tym miały krótszy średni czas reakcji.



Histogram 1. Średni czas reakcji a ilość poprawnych wskazań badanych osób



Histogram 2. Ilość błędnych wskazań a ilość poprawnych wskazań badanych osób



Histogram 3. Średni czas reakcji a ilość błędnych wskazań badanych osób

Przeprowadzono model regresji liniowej, z zastosowaniem metody wprowadzenia (ENTER), gdzie predyktorem był średni czas reakcji badanych osób a zmienną zależną była ilość poprawnych wskazań.

Model okazał się być istotny statystycznie: $F(1,58) = 1053,92$; $p < 0,001$. Wyjaśnił on 94,7% zaobserwowanej wariancji zmiennej zależnej (skorygowane R-kwadrat = 0,947). Do modelu został wprowadzony jeden predyktor.

Tab. 3. Wyniki dla predyktora – średni czas reakcji

Predyktor	Współ. B	Współ. Beta	Wynik t-Studenta	Poziom istotności
Stała	-74,8023		-15,63	<0,0001
Średni czas reakcji	0,3550	0,9736	32,46	<0,0001

Analiza regresji wykazała, że średni czas reakcji jest istotnym predyktorem zmiennej zależnej: ilość poprawnych wskazań. Analiza wartości współczynników Beta informuje, że na podstawie wyższej wartości średniego czasu reakcji można przewidywać wyższą ilość poprawnych wskazań.

Na podstawie wartości współczynników B w modelu wyprowadzono równanie regresji:

$$\text{Ilość poprawnych wskazań} = -74,8023 + 0,3550 * (\text{Średni czas reakcji})$$

Jak wynika z powyższych ustaleń pomiar czasu reakcji jest wartościową zmienną do określania możliwości człowieka w sytuacjach związanych z mobilnością i koniecznością podejmowania określonych działań w skończonej jednostce czasu.

Podsumowując zaprezentowane wyniki można stwierdzić, że poświadczają one przydatność zastosowanych narzędzi pomiarowych i pośrednio wskazują na ich trafność. Otrzymane zależności, szczególnie w odniesieniu do wieku kierowców, są zgodne z danymi uzyskiwanymi w innych badaniach i obserwacji klinicznej. Stwierdzone związki między sprawnością psychomotoryczną a wykształceniem pozwalają na sformułowanie interesujących hipotez odnośnie roli aktywności intelektualnej na sprawność układu psychomotorycznego.