

WYBÓR METODY BADANIA CZASOCHŁONNOŚCI MONTAŻU ZA POMOCĄ WIELOKRYTERIALNEGO WSPOMAGANIA DECYZJI

Selection of the method of testing the life of assembly by means of multi-criteria support for decisions

Robert CIEŚLAK, Marcin SUSZYŃSKI, Jan ŻUREK, Katarzyna PETA, Marcin WIŚNIEWSKI

Streszczenie: Praca zawiera przegląd metod badania czasu pracy najczęściej stosowanych do procesów technologicznych montażu. Na przykładzie wybranych wielokryterialnych metod wspomaganie decyzji dokonano przykładowego wyboru metody badania czasu pracy w procesie montażu. W podsumowaniu zawarto wyniki analizy kryteriów.

Słowa kluczowe: montaż, metody badania czasu pracy

Abstract: The work contains an overview of the most frequently used work-time testing methods for assembly processes. On the example of selected multicriteria decision support methods, a choice of the way of testing the working time in the assembly process was made. The summary contains the results of the criteria analysis.

Key words: assembly, methods of working time analysis

Badanie czasochłonności montażu

W przemyśle maszynowym norma czasu pracy to technicznie uzasadniona jego ilość niezbędna dla wykonania określonego zakresu pracy w danych warunkach techniczno-organizacyjnych zakładu, przez określoną liczbę wykonawców o określonych kwalifikacjach. Można ją wyrazić zależnością [2]:

$$t = t_{pz} + n \cdot t_j$$

gdzie:

t – norma czasu,

t_{pz} – czas przygotowawczo-zakończeniowy,

n – liczba sztuk przedmiotów w serii,

t_j – czas jednostkowy.

Badanie czasu pracy stanowi jeden z podstawowych elementów ekonomicznego i technicznego zarządzania przedsiębiorstwem. Do planowania, kierowania i kontroli przebiegu montażu, potrzebnych do realizacji danego programu produkcyjnego, niezbędne jest dokładne poznanie czasochłonności jego poszczególnych elementów. Ustalenie to jest potrzebne, gdy kształtowane mają one być świadomie i przy tym ekonomicznie. Powinno się zadbać także o to, aby ludzie, którzy wykonują pracę byli w stanie zrobić to bez nadmiernego wysiłku [15].

Metody badania czasochłonności procesu montażu

W praktyce przemysłowej w zależności od celu i przedmiotu badań stosuje się różne metody normowania czasochłonności. Do najczęściej stosowanych technik normowania pracy można zaliczyć: chronometraż,

fotografię dnia roboczego, obserwacje migawkowe i analizę ruchów elementarnych – MTM [4].

Wyniki badania czasochłonności pracy stanowią materiał do:

- opracowania normatywów czasochłonności na typowe czynności lub ruchy robocze, które będą stanowiły późniejsze źródło danych liczbowych do ustalania norm pracy,
- badania metod pracy w celu ich racjonalizowania, tj. wyszukiwania lepszych pod względem wydajności sposobów wykonywania poszczególnych zabiegów i czynności oraz właściwej ich kolejności,
- badania warunków pracy wielomaszynowej jako jednego ze sposobów lepszego wykorzystania czasu pracy pracowników,
- obserwowania pracy linii potokowych dla uzyskania lepszej ich synchronizacji,
- opracowywania technicznych norm czasochłonności na wykonanie poszczególnych operacji w przypadku braku odpowiednich normatywów (analityczno-pomiarowa metoda określania norm),
- zestawiania osiągniętej sprawności przez poszczególnych pracowników albo wykrywania przyczyn niemożności uzyskiwania przez nich 100% wyrobienia normy [17].

Techniki pomiaru pracy można pogrupować również na:

- bezpośrednie, tam gdzie podejmuje się bezpośrednie obserwacje pracujących, porównując badanie czasochłonności oraz metod pracy,
- pośrednie, polegające na ustalaniu czasochłonności pracy na podstawie syntezy danych, systemach PMTS (Predetermined Motion Time Systems) oraz szacunkach analitycznych [11].

Chronometraż jest najbardziej znaną i najszerzej używaną metodą badania czasochłonności pracy. Jest to metoda pomiaru powtarzalnych operacji lub ich elementów (zabieg, czynność, ruch roboczy) w celu ustalenia, na podstawie określonej liczby pomiarów, właściwego czasu ich trwania i racjonalnego wykonania w normalnym tempie pracy. Obserwacje chronometryczne można prowadzić w sposób ciągły lub wyrwykowy [10].

Do wykonywania pomiarów chronometrycznych konieczne jest wyposażenie, specjalnie przygotowanych (przeszkolonych) pracowników, w odpowiednie oprzyrządowanie. Do najczęściej stosowanego oprzyrządowania należą: zegary i sekundomierze, samopiszące przyrządy pomiarowe, foto- i kinoaparatura, automatyczne aparaty do badania czasu pracy oraz automatyczne aparaty kontrolne [4].

Fotografia dnia pracy polega na ciągłej obserwacji i wykonywaniu pomiarów czasochłonności na stanowisku, uwzględniając przy tym pracę i przerwy. Czasochłonność jednej fotografii pokrywa się zwykle z okresem jednej zmiany roboczej lub jej części. Celem fotografii jest określenie stopnia wykorzystania czasu pracy oraz wielkości rzeczywistego jego zużycia do opracowania normatywu [9].

Obiektem obserwacji najczęściej jest pracownik, maszyna, pracownik i maszyna równocześnie, a także zespół pracowników lub zespół pracowników i maszyn równocześnie. W zależności od zadań i rodzaju obiektów obserwacji, wyróżnić można następujące odmiany fotografii czasu pracy: indywidualną, grupową, zespołową, fotografię obsługi większej liczby maszyn przez jednego pracownika oraz samofotografię [4].

Obserwacje migawkowe polegają na określeniu częstotliwości, ustalanych z góry, rodzajów przebiegu jednego albo kilku systemów pracy za pomocą przeprowadzonych wyrwykowo krótkotrwałych obserwacji. Można dokonywać obserwacji ludzi i środków pracy.

W przypadku stosowania metody obserwacji migawkowych nie używa się w ogóle chronometru ani też nie wymaga się ciągłej obserwacji obserwatora przy stanowisku pracy. Metoda ta polega bowiem na zastosowaniu rachunku prawdopodobieństwa do dokonywanych (rejestrowanych), co pewien określony czas, spostrzeżeń.

Aby wyniki badań przeprowadzonych na próbie mogły być z dostateczną wiarygodnością przeniesione na całą zbiorowość, muszą być spełnione następujące warunki:

- próba musi być reprezentatywna, tzn. musi odtwarzać związki i proporcje, jakie zachodzą w całej badanej zbiorowości,
- dowolne zdarzenie występujące w badanej zbiorowości musi mieć równe prawdopodobieństwo znalezienia się w próbie [4].

Analiza ruchów elementarnych – nazywana inaczej metodą MTM (Methods Time Measurement), jest jedną z najbardziej znanych metod badania czasu operacji. MTM powstała głównie z połączenia podstaw metodycznych badania ruchów i ich czasochłonności. Służy

jednocześnie do usprawnienia przebiegu pracy, wyznaczenia jej czasochłonności oraz kwalifikowania (określenia stopnia trudności). MTM zakłada, że każde działanie człowieka można rozłożyć na proste ruchy elementarne wykonywane przez jego korpus i kończyny oraz, że jest on sumą czasów ruchów składających się na to działanie. W metodzie tej występują trzy główne grupy ruchów: 9 ruchów rąk, 2 ruchy oczu oraz 15 ruchów ciała i nóg.

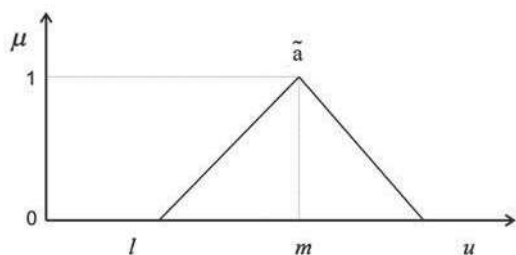
Metoda ta nie ogranicza się tylko do 26 ruchów głównych. W pierwszej grupie ruchy dzielą się na kategorie, a te w niektórych przypadkach w zależności od ich charakteru i warunków wykonania, na klasy. Kategorie i klasy ruchów w tabelach metody MTM mają przypisane wartości czasowe. Podstawową jednostką czasu w metodzie MTM jest 1 TMU (Time Measurement Unit) = 0,0006 min. [4].

Wielokryterialne wspomaganie decyzji

Wielokryterialne wspomaganie podejmowania decyzji, może być używane do analizy podejmowania decyzji w różnych dziedzinach aktywności przemysłowej. Metody analizy wielokryterialnej mogą służyć wspomaganie procesu decyzyjnego w sytuacjach, gdy dokonywany wybór następuje między wieloma możliwymi wariantami. Zasadniczą częścią tych systemów jest właściwy wybór kryteriów oceny oraz przypisanie im wag. Oznacza to, iż w zależności od rozważanego problemu decyzyjnego kryteria te powinny dobrze go odzwierciedlać. Celem stosowania analizy jest więc wybór najlepszego wariantu z punktu widzenia przyjętych kryteriów. W niniejszej pracy, w celu dokonania oceny czasochłonności montażu, uwzględniono metody: 1) rozmytą analitycznej hierarchizacji FAHP (Fuzzy Analytic Hierarchy Process) oraz 2) addytywną SAW (Simple Additive Weighting Method).

FAHP (Fuzzy Analytic Hierarchy Process) jest rozmytym analitycznym procesem hierarchicznym, stosowanym w budowie modeli decyzyjnych w celu określenia wartości współczynników wagowych określających ważność poszczególnych kryteriów. Przy wyborze narzędzia wspomagającego normowanie czasochłonności w montażu, dzięki zastosowaniu FAHP, można dokonać oceny ważności tych kryteriów [1].

W rozpatrywanym przypadku dokonywany jest wybór najważniejszych kryteriów jakimi należy się kierować podczas wyboru metody badania czasochłonności w montażu. Określenie ważności zdefiniowanych kryteriów wyboru rozwiązania umożliwi dokonanie obiektywnej oceny elementów. Przy określaniu relacji relatywnej dominacji należy zdefiniować skalę preferencji. Zmiennej lingwistycznej opisującej relację, zgodnie ze stanowiskiem Nydick i Hill [12], może być przypisana liczba rozmyta $\tilde{a} = (l, m, u)$ o trójkątnej funkcji przynależności. Trójkątna liczba rozmyta $\tilde{a} = (l, m, u)$ jest zdefiniowana w przedziale $[l, u]$, a jej funkcja przynależności przyjmuje wartość równą 1 w punkcie m (rys. 1). Skalę preferencji zaprezentowano w tab. 1.



Rys. 1. Triangular fuzzy number $\tilde{a} = (l, m, u)$ [12]
Fig. 1. Triangular fuzzy number $\tilde{a} = (l, m, u)$ [12]

Tabela 1. Skala preferencji w metodzie rozmytej FAHP [12]
Table 1. Preference scale in the FAHP fuzzy method [12]

Relatywna dominacja	FAHP -Triangular fuzzy scale)	FAHP -Triangular fuzzy scale)
Jednakowa istotność	(1, 1, 1)	(1,1,1)
Umiarkowana przewaga	(1, 3, 5)	(1/5,1/3,1/1)
Silna przewaga	(3, 5, 7)	(1/7,1/5, 1/3)
Bardzo silna przewaga	(5, 7, 9)	(1/9, 1/7, 1/5)
Absolutna przewaga	(7, 9, 9)	(1/9, 1/9, 1/7)

Do wyboru metody badania czasochłonności w procesach montażu, jednymi z najistotniejszych kryteriów ich oceny są: najmniejszy (NK) koszt, najkrótszy czas (NC),

ciągłość obserwacji (CO), największa dokładność (ND), złożoność pomiarów (ZP). Określenie ważności zdefiniowanych kryteriów wyboru rozwiązania umożliwia dokonanie ich hierarchizacji i wybór najkorzystniejszej w danych warunkach metody badania procesu montażu. Na ich podstawie oraz rozmytej skali preferencji metody FAHP (tab. 1) przyjęto wartości elementów macierzy porównań zawarte w tab. 2.:

Tabela 2. Elementy macierzy porównań kryteriów wyboru narzędzia analizy czasochłonności w montażu (opracowanie własne)
Table 2. Elements of the matrix of comparisons of the criteria for selecting the time-consuming analysis tool in assembly (own elaboration)

Kryteria	NK	NC	CO	ND	ZP
NK	(1,1,1)	(1,3,5)	(1, 3, 5)	(1/7, 1/5, 1/3)	(5,7,9)
NC	(1/5, 1/3/1)	(1,1,1)	(1, 3, 5)	(1/7, 1/5, 1/3)	(1, 3, 5)
CO	(1/5, 1/3/1)	(1/5, 1/3/1)	(1,1,1)	(1/7, 1/5, 1/3)	(1, 3, 5)
ND	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(1,1,1)	(7, 9, 9)
ZP	(1/9, 1/7, 1/5)	(1/5, 1/3, 1)	(1/5, 1/3, 1)	(1/9, 1/9, 1/7)	(1,1,1)

NK – najmniejszy koszt, NC – najkrótszy czas, CO – ciągłość obserwacji, ND – największa dokładność, ZP – złożoność pomiarów

Średnia geometryczna ocen dla kryterium NK, zgodnie z zależnościami w FAHP, przyjmuje następującą wartość:

$$N\tilde{K} = r\tilde{1} = (\tilde{a}_{11} \times \tilde{a}_{12} \times \tilde{a}_{13} \times \tilde{a}_{14} \times \tilde{a}_{15})^{\frac{1}{5}}$$

$$N\tilde{K} = r\tilde{1} = \left(\left(1 \times 1 \times 1 \times \frac{1}{7} \times 5\right)^{\frac{1}{5}}, \left(1 \times 3 \times 3 \times \frac{1}{5} \times 7\right)^{\frac{1}{5}}, \left(1 \times 5 \times 5 \times \frac{1}{3} \times 9\right)^{\frac{1}{5}} \right)$$

$$N\tilde{K} = r\tilde{1} = (0,93492; 1,65987; 2,37144)$$

W sposób analogiczny otrzymano wartości kolejnych kryteriów:

$$N\tilde{C} = r\tilde{2} = \left(\left(\frac{1}{5} \times 1 \times 1 \times \frac{1}{7} \times 1\right)^{\frac{1}{5}}, \left(\frac{1}{3} \times 1 \times 3 \times \frac{1}{5} \times 3\right)^{\frac{1}{5}}, \left(1 \times 1 \times 5 \times \frac{1}{3} \times 5\right)^{\frac{1}{5}} \right)$$

$$N\tilde{C} = r\tilde{2} = (0,49111; 0,90288; 1,52814)$$

$$C\tilde{O} = r\tilde{3} = \left(\left(\frac{1}{5} \times \frac{1}{5} \times 1 \times \frac{1}{7} \times 1\right)^{\frac{1}{5}}, \left(\frac{1}{3} \times \frac{1}{3} \times 1 \times \frac{1}{5} \times 3\right)^{\frac{1}{5}}, \left(1 \times 1 \times 1 \times \frac{1}{3} \times 5\right)^{\frac{1}{5}} \right)$$

$$C\tilde{O} = r\tilde{3} = (0,35595; 0,58181; 1,10756)$$

$$N\tilde{D} = r\tilde{4} = \left((3 \times 3 \times 3 \times 1 \times 7)^{\frac{1}{5}}, (5 \times 5 \times 5 \times 1 \times 9)^{\frac{1}{5}}, (7 \times 7 \times 7 \times 1 \times 9)^{\frac{1}{5}} \right)$$

$$N\tilde{D} = r\tilde{4} = (2,85293; 4,07596; 4,98778)$$

$$\underline{L}\tilde{P} = r\tilde{5} = \left(\left(\frac{1}{9} \times \frac{1}{5} \times \frac{1}{5} \times \frac{1}{9} \times 1 \right)^{\frac{1}{5}}, \left(\frac{1}{7} \times \frac{1}{3} \times \frac{1}{3} \times \frac{1}{9} \times 1 \right)^{\frac{1}{5}}, \left(\frac{1}{5} \times 1 \times 1 \times \frac{1}{7} \times 1 \right)^{\frac{1}{5}} \right)$$

$$\underline{L}\tilde{P} = r\tilde{5} = (0,21812; 0,28137; 0,49111)$$

Stąd otrzymano:

$$\tilde{r}1 + \tilde{r}2 + \tilde{r}3 + \tilde{r}4 + \tilde{r}5 = (4,85303; 6,92008; 10,48603)$$

Wagę kryterium NK obliczono w sposób następujący:

$$\tilde{w}1 = \tilde{r}1 \times (\tilde{r}1 + \tilde{r}2 + \tilde{r}3 + \tilde{r}4 + \tilde{r}5)^{-1} = (0,08915; 0,23986; 0,48865)$$

A następnie w analogiczny sposób dla pozostałych kryteriów:

$$\tilde{w}2 = \tilde{r}2 \times (\tilde{r}1 + \tilde{r}2 + \tilde{r}3 + \tilde{r}4 + \tilde{r}5)^{-1} = (0,04683; 0,13047; 0,31488)$$

$$\tilde{w}3 = \tilde{r}3 \times (\tilde{r}1 + \tilde{r}2 + \tilde{r}3 + \tilde{r}4 + \tilde{r}5)^{-1} = (0,03394; 0,08407; 0,228222)$$

$$\tilde{w}4 = \tilde{r}4 \times (\tilde{r}1 + \tilde{r}2 + \tilde{r}3 + \tilde{r}4 + \tilde{r}5)^{-1} = (0,27206; 0,58900; 1,02776)$$

$$\tilde{w}5 = \tilde{r}5 \times (\tilde{r}1 + \tilde{r}2 + \tilde{r}3 + \tilde{r}4 + \tilde{r}5)^{-1} = (0,02080; 0,04065; 0,10119)$$

Wartości wyostrzone wag wynoszą:

$$\tilde{w}1 = \frac{1}{3}(0,08915; 0,23986; 0,48865) = 0,27255$$

$$\tilde{w}2 = \frac{1}{3}(0,04683; 0,13047; 0,31488) = 0,16406$$

$$\tilde{w}3 = \frac{1}{3}(0,03394; 0,08407; 0,228222) = 0,11541$$

$$\tilde{w}4 = \frac{1}{3}(0,27206; 0,58900; 1,02776) = 0,62960$$

$$\tilde{w}5 = \frac{1}{3}(0,02080; 0,04065; 0,10119) = 0,05421$$

Po standaryzacji wagi przyjmują następujące wartości:

$$w1 = 0,22054; w2 = 0,13275; w3 = 0,09338; w4 = 0,50945; w5 = 0,04386$$

Przy wyborze metody badania czasu pracy za pomocą metody FAHP uzyskano następujące ważności kryteriów:

- ważność kryterium: ND – największa dokładność – wartość: 0,50945,
- ważność kryterium: NK – najniższy koszt – wartość: 0,22054,
- ważność kryterium: NC – najkrótszy czas – wartość: 0,13275,
- ważność kryterium: CO – ciągłość obserwacji – wartość: 0,09338,
- ważność kryterium: ZB – złożoność pomiarów – wartość: 0,04386.

Tabela 3 przedstawia końcowy zhierarchizowany ranking metod normowania czasu pracy w procesach montażu, obliczony zgodnie z metodyką FAHP. Z rankingu

wynika, że najkorzystniejszą metodą jest chronometraż, który wykazuje zarazem największą dokładność. Przy dokonywaniu wyboru metody badania czasu pracy za pomocą FAHP należy wziąć pod uwagę wszystkie zmienne dotyczące konkretnego procesu technologicznego montażu w celu poprawnego zdefiniowania szeregu preferencji ważności kryteriów.

Zastosowanie FAHP i uzyskanych za jej pomocą wag kryteriów oceny, pozwala na dokonanie obiektywnego wyboru narzędzia wspomagającego wybór metody badania czasochłonności w procesach montażu. Wyrażenie preferencji w postaci liczb rozmytych odwzorowuje niepewność formułowania ocen w podejmowaniu decyzji.

SAW (Simple Additive Weighting Method) jest jedną z najbardziej rozpowszechnionych i stosowanych dyskretnych metod wielokryterialnych. Charakteryzuje

Tabela 3. Wybór najkorzystniejszej z metod (opracowanie własne)
Table 3. Selection of the most advantageous method (own elaboration)

Metody		Suma	Ranking
Chronometraż	WA	0,87	1
Fotografia dnia roboczego	WB	0,72	4
MTM	WC	0,84	2
MOST	WD	0,23	8
WORK-FACTOR	WE	0,45	7
Obserwacje migawkowe	WF	0,47	6
Porównanie i szacowanie	WG	0,75	3
Ankiety	WH	0,65	5

się stosunkowo dużą prostotą, czy intuicyjnością w porównaniu do innych metod tego typu. Wynika to z faktu, że w modelowaniu preferencji decydenta posługuje się addytywną funkcją liniową. Polega na przygotowaniu macierzy znormalizowanych ocen, a następnie wyborze wariantu decyzyjnego, dla którego ich suma ważona jest największa.

Zgodnie z przedstawionym w poprzednim podrozdziale sposobem postępowania, najpierw zostaje opracowana macierz składająca się z porównywanych metod badania czasu oraz kryteriów oceny (tabela 4), czyli macierz decyzyjna D. Kryteria oceny służące porównaniu metod przyjęto zgodnie z ustaleniami wynikającymi z metody FAHP.

Tabela 4. Macierz decyzyjna
Table 4. Decision matrix

	NK	NC	CO	ND	ZP
Chronometraż	0,04	0,36	0,05	0,30	0,38
Fotografia dnia roboczego	0,03	0,03	0,06	0,18	0,04
MTM	0,03	0,18	0,07	0,16	0,20
MOST	0,30	0,07	0,26	0,04	0,06
WORK-FACTOR	0,25	0,05	0,19	0,05	0,05
Obserwacje migawkowe	0,20	0,05	0,25	0,04	0,05
Porównanie i szacowanie	0,03	0,12	0,04	0,07	0,10
Ankiety	0,13	0,15	0,10	0,17	0,13

Tabela 5 zawiera wektor wag kryteriów W, który tworzony jest według subiektywnej oceny istotności kryteriów, na podstawie ich zbioru zawartego w macierzy decyzyjnej (tabela 4). Mając na uwadze jednakowe dane wejściowe w przeprowadzanych wyborach wielokryterialnych, wagi kryteriów dla metody SAW przyjęto na podstawie wyznaczonych wag dla metody FAHP.

Przyjęte w metodzie SAW kryteria należy podzielić na kosztowe i jakościowe. Należy określić dla każdego kryterium minimalizację (kryterium kosztowe) oraz maksymalizację wartości (kryterium jakościowe),

Tabela 5. Znormalizowany wektor wag
Table 5. Normalized weight vector

	NK	NC	CO	ND	ZP	SUMA
Waga kryterium	0,21	0,13	0,09	0,51	0,05	1,00

a także przeskalować macierz decyzyjną D zgodnie z wzorami:

- dla kryterium jakościowego:

$$v_{ij \text{ kryt. jakościowe}} = \frac{d_{ij} - d_j^{\min}}{d_j^{\max} - d_j^{\min}}$$

- dla kryterium kosztowego:

$$v_{ij \text{ kryt. kosztowe}} = \frac{d_j^{\max} - d_{ij}}{d_j^{\max} - d_j^{\min}}$$

gdzie:

d_{ij} – element macierzy decyzyjnej,

d_j^{\min} – element z kolumny j o najmniejszej wartości,

d_j^{\max} – element z kolumny/ o najwyższej wartości.

W wyniku przeskalowania za pomocą powyższych wzorów powstała nowa macierz $V[m \times k]$, składająca się z elementów v_{ij} . Otrzymane dane znajdują się w tab. 6.

Tabela 6. Skalowana macierz decyzyjna V_n
Table 6. Scale decision matrix V_n

	NK	NC	CO	ND	ZP
	koszt	jakość	koszt	jakość	jakość
Chronometraż	0,96	1,00	0,95	1,00	1,00
Fotografia dnia roboczego	1,00	0,00	0,91	0,54	0,00
MTM	1,00	0,45	0,86	0,46	0,47
MOST	0,00	0,12	0,00	0,00	0,06
WORK-FACTOR	0,19	0,06	0,32	0,04	0,03
Obserwacje migawkowe	0,37	0,06	0,05	0,00	0,03
Porównanie i szacowanie	1,00	0,27	1,00	0,12	0,18
Ankiety	0,63	0,36	0,73	0,50	0,26

Otrzymane wyniki po pomnożeniu skalowanej macierzy decyzyjnej V_{ij} przez wektor wag $W[ixl]$ zostały przedstawione w tab. 6. Przez zsumowanie wierszami wyników z tab. 6, powstaje wektor rankingowy (wyniki w tab. 7). Wektor rankingowy obliczono na podstawie wzoru:

$$R_j = \sum a_{ij}$$

gdzie:

R_j – suma elementów w wierszu „j”,

A_{ij} – element macierzy przedstawionej w tabeli 7.

Tabela 7. Wynik mnożenia macierzy V_n przez wektor W
Table 7. The result of multiplication of the matrix V_n by the vector W

	NK	NC	CO	ND	ZP
Chronometraż	0,20	0,13	0,09	0,51	0,05
Fotografia dnia roboczego	0,21	0,00	0,08	0,27	0,00
MTM	0,21	0,06	0,08	0,24	0,02
MOST	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00
WORK-FACTOR	0,04	0,01	0,03	0,02	0,00
Obserwacje migawkowe	0,08	0,01	0,00	0,00	0,00
Porównanie i szacowanie	0,21	0,04	0,09	0,06	0,01
Ankiety	0,13	0,05	0,07	0,26	0,01

Analiza metod normowania czasochłonności w procesach montażu wg SAW pozwala stwierdzić, że podobnie jak to miało miejsce dla FAHP, największą wagę otrzymało kryterium dokładności wykonywania badań w procesie montażu (ranking metod dla tego procesu przedstawiono w tab. 8).

Tabela 8. Wektor rankingowy R
Table 8. Ranking vector R

Chronometraż	0,98
Fotografia dnia roboczego	0,57
MTM	0,61
MOST	0,02
WORK-FACTOR	0,10
Obserwacje migawkowe	0,09
Porównanie i szacowanie	0,40
Ankiety	0,51

Podsumowanie

Celem badań było przedstawienie możliwości zastosowania rozmytego analitycznego procesu hierarchicznego (*Fuzzy Analytic Hierarchy Process* – FAHP) oraz metody SAW (ang. Simple Additive Weighting Method) do wyboru metody badania czasochłonności w kontekście procesu technologicznego montażu. FAHP i SAW wykorzystuje opinie ekspertów do ustalania współczynników wagowych określających ważności kryteriów niezbędnych do hierarchizacji ocenianych metod. Na przedstawionym przykładzie udowodniono skuteczność obydwu metod wielokryterialnego wspomaganie decyzji, choć należy zauważyć, że lepsza byłaby większa liczba analizowanych metod badania czasochłonności.

Obie przedstawione analizy wielokryterialne dały podobne wyniki dotyczące metod badania czasu pracy w procesie montażu.

LITERATURA

- [1] Chang D.Y. 1996. "Application of the Extent Analysis Method on fuzzy AHP". *European Journal of Operational Research*, Vol. 95, No. 2: 649–655.
- [2] Feld M. 2000. „Podstawy projektowania procesów technologicznych typowych części maszyn”. Warszawa: Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, s. 221–223.
- [3] Giddens A. 2004. „Socjologia”. Warszawa: PWN: 24.
- [4] Jasiński Z. 1999. „Zarządzanie pracą – organizowanie, planowanie, motywowanie, kontrola”. Warszawa: Agencja Wydawnicza „Placet”, s. 92, 99, 101.
- [5] Kieźun W. 1980. „Podstawy organizacji i zarządzania”. Warszawa: Wydawnictwo Książka i Wiedza (12): 195.
- [6] Kodeks Pracy, art. 128.
- [7] Libal V. i in. 1976. „Organizacja i zarządzanie produkcją”. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, s. 590–591.
- [8] Mikołajczyk Z. 1997. „Techniki organizatorskie w rozwiązywaniu problemów zarządzania”. Warszawa: PWN, s. 54.
- [9] Mreła H. 1979. „Metody badania pracy – metody i techniki organizatorskie”. Warszawa: PWE, s. 84.
- [10] Mreła H. 1975. „Technika organizowania pracy”. Warszawa: Wydawnictwo Wiedza Powszechna, s. 289–290.
- [11] Muhlemann A.P., J.S. Oakland, K.G. Lockyer. 2001. „Zarządzanie, produkcja i usługi”. Warszawa: PWN, s. 33.
- [12] Nydick R.L., R.P. Hill. 1992. "Using the Analytic Hierarchy Process to Structure the Supplier Selection Procedure". *International Journal of Purchasing and Materials Management* Vol. 28, No. 2.
- [13] Podobiński A. 2004. „Zarządzanie przedsiębiorstwem w warunkach integracji europejskiej”. Kraków: Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne (37): 614–615.
- [14] Prabhu Girish V. et. al. 1995. "Effect of Product Structure on Manual Assembly Performance" [w:] *The International journal of Human Factors in manufacturing* 5 (2), 7: 151.
- [15] REFA., Metody badania prac cz.1 i cz.2, Cieszyńska Drukarnia Wydawnicza, 1984, s. 12.
- [16] Wołek R., T.J. Strzelecki. 1993. „Badanie metod i normowanie pracy”. Warszawa: Wydawnictwo Politechniki Warszawskiej, s. 39–45.
- [17] Wołk R. 2002. „Podstawy normowania pracy w przemyśle maszynowym”. Warszawa: Wydawnictwa Naukowo – Techniczne, Warszawa, s. 252, 475.
- [18] Żurek J. i in. 2007. „Dobór metod badania czasu pracy procesie montażu”. *Technologia i Automatyzacja Montażu* (2/3): 40–45.

dr inż. Robert Cieślak – Katedra Mechaniki i Energetyki, Wydział Techniczny, Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Koninie, ul. Przyjaźni 1, 62-510 Konin, e-mail: robertcieślak@wp.pl

dr inż. Marcin Suszyński – Instytut Technologii Mechanicznej, Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania Politechniki Poznańskiej, ul: Piotrowo 3, 61-965 Poznań, e-mail: marcin.suszynski@put.poznan.pl

prof. dr hab. inż. Jan Żurek – Prorektor ds. Współpracy z Gospodarką, Politechnika Poznańska, Pl. Marii Skłodowskiej-Curie 5, 60-965 Poznań, e-mail: jan.zurek@put.poznan.pl

mgr inż. Katarzyna Peta – Instytut Technologii Mechanicznej, Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania Politechniki Poznańskiej, ul: Piotrowo 3, 61-965 Poznań, e-mail: katarzyna.p.peta@doctorate.put.poznan.pl

dr inż. Marcin Wiśniewski – Instytut Technologii Mechanicznej, Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania Politechniki Poznańskiej, ul: Piotrowo 3, 61-965 Poznań, e-mail: marcin.wisniewski@put.poznan.pl