

*Stanisław Zajęc<sup>1</sup>,  
Waldemar Izdebski<sup>2</sup>,  
Jacek Skudlarski<sup>3</sup>*

## **METODA EKSPERCKO-MATEMATYCZNA JAKO NARZĘDZIE WSPOMAGAJĄCE PROGNOZOWANIE I NAUKOWE ROZWIĄZYWNIE SKOMPLIKOWANYCH ZADAŃ**

**Streszczenie:** Przedstawiono problematykę wykorzystania metody ekspercko matematycznej jako narzędzia wspomagającego prognozowanie i naukowe rozwiązywanie skomplikowanych zadań. Metoda ekspercko-matematyczna zaliczana jest do metod heurystycznych, które są określane jako metody twórczego rozwiązania problemów i mogą być wykorzystywane w wielu dziedzinach życia gospodarczego, w tym w przewidywaniu przyszłości. Istota tej metody polega na wykorzystaniu danych otrzymanych w rezultacie uzasadnionej naukowo procedury zbierania, systematyzowania i analizy informacji od specjalistów z danej dziedziny (ekspertów).

**Słowa kluczowe:** prognozowanie, metoda ekspercko-matematyczna, ekspert.

### **Wstęp**

Zainteresowanie przyszłością w działalności ludzkiej występowało zawsze i ma ono charakter powszechny. Stopień tego zainteresowania bardzo wzrósł w ostatnim okresie. Główną tego przyczyną jest fakt, iż przewidywanie przyszłości jest niezbędnym elementem w przygotowaniu ludzkiego działania. Jedną

---

<sup>1</sup> dr inż. Stanisław Zajęc, Zakład Towaroznawstwa, Instytut Politechniczny, Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa im. Stanisława Pigionia w Krośnie.

<sup>2</sup> dr hab. inż. Waldemar Izdebski, Wydział Zarządzania, Politechnika Warszawska.

<sup>3</sup> dr inż. Jacek Skudlarski, Katedra Organizacji i Inżynierii Produkcji, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie.

z form przewidywania przyszłości jest prognozowanie<sup>4</sup>. Jest to przewidywanie przyszłych faktów, zjawisk czy zdarzeń na podstawie uzasadnionych przesłanek ustalonych w toku badań naukowych<sup>5</sup>. Naukowe – oznacza, że jest to pewien proces, który obejmuje poznanie przeszłości, to jest gromadzenie danych, diagnozowanie, sposób przenoszenia danych z przeszłości w przyszłość. Inaczej mówiąc, prognozowanie to domyślanie się tego, co zajdzie z określonym prawdopodobieństwem<sup>6</sup>.

Podstawę tych przewidywań stanowi wiedza o naturze danych zjawisk, ich wzajemnych powiązaniach oraz mechanizmach i czynnikach je kształtujących. Do zbudowania prognozy niezbędna jest poprawnie przeprowadzona diagnoza rzeczywistości oraz terażniejszego stanu prognozowanych zjawisk, istniejących współzależności i sprzężeń, ograniczeń oraz kierunków oddziaływania czynników wewnętrznych i zewnętrznych. Pozwala to określić czynniki kształtujące prognozowane zjawisko.

Skuteczną metodą, która umożliwi prognozowanie i naukowe rozwiązywanie skomplikowanych zadań jest metoda ekspercko-matematyczna. Istota tej metody polega na wykorzystaniu danych otrzymanych w rezultacie uzasadnionej naukowo procedury zbierania, systematyzowania i analizy informacji od specjalistów z danej dziedziny (ekspertów)<sup>7,8</sup>.

Metoda ekspercka w sposób racjonalny łączy proces intuicyjno-logicznej analizy danego problemu przez eksperta z liczbowymi i jakościowymi metodami obróbki danych, zarówno dla przedstawienia wyników rozwiązań, jak również dla kierowania procesem ekspertyzy. Łączenie opinii ekspertów z liczbowymi metodami pozwala zwiększyć efektywność rozwiązania danego problemu.

### **Klasyfikacja metod prognostycznych**

Prognozowanie przyszłości jest oparte na metodach badawczych, które nadają mu wiarygodności. T. Kotarbiński definiuje samą metodę jako sposób wykonywania czynu złożonego, polegający na określonym doborze i układzie jego zadań składowych, a przy tym uplanowany i nadający się do wielokrotnego stosowania.

---

<sup>4</sup> S. Stańko, *Prognozowanie w agrobiznesie. Teoria i przykłady zastosowania*, Wydawnictwo SGGW Warszawa 2013, s. 7-8.

<sup>5</sup> A. Zeliaś, B. Pawełek, S. Wanat, *Prognozowanie ekonomiczne. Teoria, przykłady, zastosowania*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2003, s. 12.

<sup>6</sup> S. Stańko, *Prognozowanie w agrobiznesie. Teoria i przykłady zastosowania*, op. cit., s. 12.

<sup>7</sup> J. Skudlarski, *Wpływ parametrów techniczno-eksploatacyjnych na efektywność pracy ciągników rolniczych*. Rozprawa doktorska. Wydział Inżynierii Produkcji, SGGW, Warszawa 2002.

<sup>8</sup> S. Zajęc, *Ekonomiczno-organizacyjne skutki awarii ciągników rolniczych*, Rozprawa doktorska. Wydział Nauk Ekonomicznych, SGGW, Warszawa 2010.

wania<sup>9</sup>. Pod pojęciem metody naukowej należy rozumieć zatem szereg środków i operacji dokonywanych według pewnych reguł, za pomocą których w tych samych warunkach powinno dochodzić się do podobnych wyników. W pojęciu instrumentalnym metoda jest sposobem działania, polegającym na odpowiednim doborze i układzie czynności składowych całościowego postępowania.

Metoda prognozowania jest sposobem postępowania, określonym specjalnie na potrzeby rozwiązywania zadań o charakterze prognostycznym, czyli dla naukowego przewidywania przyszłości.

W literaturze przedmiotu brak jest jednoznacznego podziału metod prognozowania. Wynika to z faktu, że istnienie wielu złożonych metod prognostycznych i kryteriów ich klasyfikacji utrudnia jednoznaczne zakwalifikowanie poszczególnych metod do określonej grupy. Jedną z najczęściej stosowanych klasyfikacji metod jest ich podział na ilościowe i jakościowe. Metody jakościowe są oparte na sądach, opiniach czy oczekiwaniach. Istotne jest to, że nie jest budowany w tym przypadku model formalny (o charakterze statystyczno-ekonomicznym). Stanowią one niejako zaprzeczenie podejścia ilościowego do prognozowania<sup>10</sup>.

W literaturze brak jest jednoznacznej definicji metod ilościowych. Najczęściej uważa się, że z metodami ilościowymi mamy do czynienia wówczas, gdy prognozy są konstruowane na podstawie danych historycznych o charakterze ilościowym (liczbowym), w przeciwieństwie do metod subiektywnych lub jakościowych. Metody ilościowe wykorzystują najczęściej dwa rodzaje modeli – szeregów czasowych lub, ogólniej, z wieloma zmiennymi objaśniającymi. Pierwsze z nich próbują opisać badane zjawisko za pomocą pewnej funkcji trendu, z uwzględnieniem sezonowości, cykliczności oraz stochastycznego charakteru procesu, ale bez wnikania w ekonomiczne mechanizmy, które go kształtują. Modele ekonometryczne natomiast (szersze ujęcie) biorą pod uwagę całą wiedzę o związkach zachodzących między wszystkimi zmiennymi<sup>11</sup>.

Jedną z klasyfikacji metod prognozowania, do której w literaturze jest dużo odwołań, jest podział zaproponowany przez Zeliasia<sup>12</sup> na metody statystyczno-matematyczne i niematematyczne (rysunek 1). W praktyce jest to zbieżne z podziałem na metody ilościowe i jakościowe.

M. Cieślak ze względu na rodzaj wykorzystywanych informacji oraz sposób ich przetwarzania, metody prognostyczne dzieli na cztery grupy<sup>13</sup>.

<sup>9</sup> T. Kotarbiński, *Walory dobrego planu*. Nauka Polska 1. PWN, Warszawa 1961, s. 87.

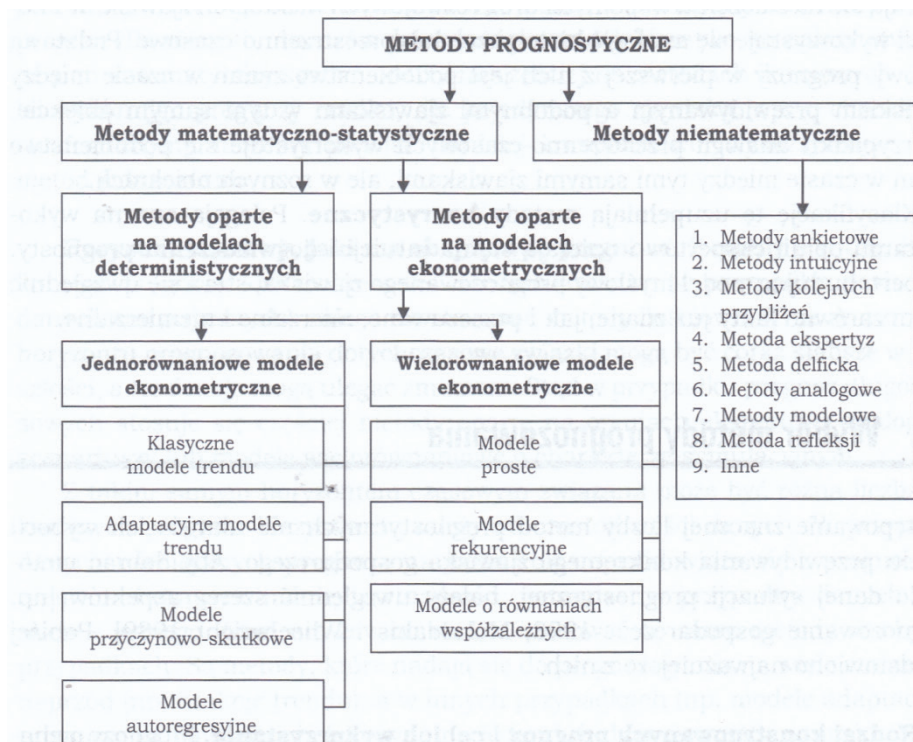
<sup>10</sup> S. Stańko, *Prognozowanie w agrobiznesie*. Teoria i przykłady zastosowania, op. cit., s. 31.

<sup>11</sup> Ibidem, s. 32.

<sup>12</sup> A. Zeliaś, *Teoria prognozy*. PWE, Warszawa 1997, s. 25.

<sup>13</sup> M. Cieślak, *Przegląd zastosowań analogowych metod prognozowania*, AE, Kraków 1999.

- metody analizy i prognozowania szeregów czasowych,
- metody przyczynowo-skutkowe,
- metody analogowe,
- metody heurystyczne.



Rys. 1. Schemat głównych metod progностycznych

Źródło: A. Zeliaś, *Teoria prognozy*. PWE, Warszawa 1997 s. 25.

### Metoda ekspercko-matematyczna

Metoda ekspercko-matematyczna zaliczana jest do metod heurystycznych, które są określane jako metody twórczego rozwiązania problemów i mogą być wykorzystywane w wielu dziedzinach życia gospodarczego, w tym w przewidywaniu przyszłości. W metodzie tej wykorzystuje się opinie ekspertów. Myślenie podświadome odgrywa większą rolę niż myślenie logiczne, czyli wynikające z analizy faktów<sup>14</sup>. Proces prognozy stanowi połączenie tych dwóch form myślenia i ma doprowadzić do uzyskania prognozy, w której ekspert uwzględni

<sup>14</sup> H. Bieniok, G. Gruszczyńska-Malec, G. Królik, *Elementarz twórczego myślenia*. Wydawnictwa AE im. Karola Adamieckiego, Katowice 1998.

zarówno znane fakty, jak i przeczuwane przez niego możliwości zmian badanej rzeczywistości. Łączenie tych elementów ma doprowadzić do sformułowania nowych, nieskrepowanych sądów i wskazania propozycji zmian.

Charakterystycznymi właściwościami kompleksowej metody ekspercko-matematycznej jako narzędzia naukowego do rozwiązywania skomplikowanych zadań są<sup>15</sup>:

- uzasadnione określenie liczby ekspertów oraz ich dobór jakościowy,
- szczegółowo opracowany porządek przeprowadzania wszystkich etapów ekspertyzy,
- zastosowanie aparatu matematycznego tak przy organizacji, jak i przy opracowaniu rezultatów każdej ekspertyzy.

Procedura ocen ekspertów dla rozwiązywania problemów znana jest od dawna, zarówno w sferze gospodarczej jak i obronnej. Jednakże całkiem niedawno zwrócono uwagę na wykorzystanie eksperckich procedur jako obiektu naukowej analizy.

Obecnie metodę ocen ekspertów uważa się za naukowy instrument dla rozwiązywania złożonych problemów w warunkach niepełnej i niedostatecznej informacji.

Metoda ekspercko-matematyczna pozwala analizować i oceniać bardzo zróżnicowane czynniki, a wyniki uzyskane przy jej wykorzystaniu różnią się od wyników tradycyjnych metod empirycznych w zakresie 6-8%<sup>16</sup>.

Podstawowe problemy na jakie należy zwrócić uwagę przy wykorzystaniu metody ekspercko-matematycznej to:

- organizacja procedury oceniania,
- dobór ekspertów,
- przeprowadzenie ankietowania,
- obróbka wyników badań.

Procedura doboru ekspertów wymaga przeprowadzenia następujących czynności<sup>17</sup>:

- określenie problemu,
- określenie kręgu i gałęzi działalności (profesji) związanych z problemem,

---

<sup>15</sup> A. Masiuk, *Wpływ profilaktyki eksploatacyjnej na efektywność produkcji mleka*. Rozprawa habilitacyjna. Fundacja „Rozwój SGGW”, Warszawa 1998.

<sup>16</sup> I. Gordon, O. Helman, *The RAND Corporation of long range study*. Santa Monica, California 1974.

<sup>17</sup> J. Skudlarski, *Wpływ parametrów techniczno-eksploatacyjnych na efektywność pracy ciągników rolniczych*. op. cit., s. 31.

- określenie niezbędnej liczby ekspertów,
- określenie składu procentowego ekspertów w każdej gałęzi działalności,
- przygotowanie wstępnej liczby ekspertów,
- analiza jakości ekspertów,
- uzyskanie zgody ekspertów na udział w ekspertyzie,
- zestawienie ostatecznej listy ekspertów.

Ogólna liczba ekspertów i skład procentowy grupy wiążą się z szerokością rozwiązywanego problemu, wiarygodnością ocen oraz nakładami na prowadzenie ekspertyzy.

Wielkość rozwiązywanego problemu określa potrzebę włączenia do ekspertyzy specjalistów różnego profilu. Minimalna liczba ekspertów wiąże się z liczbą różnorodnych aspektów, czynników, które należy uwzględnić przy rozwiązywaniu problemu.

Zwiększenie liczby ekspertów wiąże się ze zwiększeniem pracochłonności prowadzenia ekspertyzy i związanych z tym nakładów finansowych. Dostępne środki finansowe ograniczają maksymalną liczbę ekspertów w grupie.

Jednocześnie wzrost liczby ekspertów przy założeniu, że są to dobrzy specjaliści zwiększa wiarygodność ekspertyzy.

Określenie optymalnej struktury grupy ekspertów stanowi dość złożony problem, który w obecnych czasach nie został rozwiązany. Dlatego też w praktyce określa się tylko minimalną liczbę ekspertów<sup>18</sup>.

Minimalną liczbę ekspertów oblicza się z następującej zależności<sup>19</sup>:

$$N_E = \frac{f_{\beta}(b-1)}{(\gamma+1)(b-1)\Theta_0}$$

gdzie:

$f_{\beta}(b-1)$  – kwantyl dystrybucji  $\chi^2$  odpowiadający poziomowi ufności  $\beta$  i liczbę stopni swobody  $b-1$ ,

$b$  – liczba ocenianych czynników,

$\gamma$  – założona dokładność w ocenie konkordancji,

Znając wymaganą minimalną liczbę ekspertów, należy przystąpić do wyszukiwania osób, które stworzyłyby grupę ekspertów.

<sup>18</sup> S. Zajac, *Ekonomiczno-organizacyjne skutki awarii ciągników rolniczych*, op. cit., s. 20.

<sup>19</sup> A. Masiuk, *Wpływ profilaktyki eksploatacyjnej na efektywność produkcji mleka*. Rozprawa habilitacyjna. Fundacja „Rozwój SGGW”, Warszawa 1998.

**Tabela 1. Kwantyl dystrybucji  $\chi^2$  odpowiadający poziomowi ufności  $\beta$  i liczbie stopni swobody  $b-1$** 

b-1	$f_{\beta}(b-1)$ dla							
	0,700	0,800	0,900	0,950	0,975	0,990	0,995	0,999
2	2,14	3,23	4,60	5,99	7,38	9,21	10,60	13,82
3	3,66	4,65	6,24	7,88	9,36	11,14	12,84	16,26
4	4,88	5,99	7,77	9,49	11,16	13,27	14,88	18,48
5	6,05	7,30	9,25	11,05	12,85	15,10	16,75	20,50

*Źródło: S. Zajac, Ekonomiczno-organizacyjne skutki awarii ciągników rolniczych, Rozprawa doktorska. Wydział Nauk Ekonomicznych, SGGW, Warszawa 2010.*

Pierwszy etap sporządzania spisu ekspertów składa się z wyszukiwania osób wyróżniających się spośród innych grupą cech takich jak: potencjał intelektualny, doświadczenie zawodowe, dobre wyniki finansowe oraz produkcyjne, wyróżnienia za osiągnięcia, uznawany powszechnie autorytet pod względem wiedzy i doświadczenia itp.

Eksperci powinni być dobierani na podstawie takich cech jak kompetentność, kreatywność, stosunek do ekspertyzy, konformizm, konstruktywność myślenia, samokrytycyzm.

Kompetentność wyraża stopień kwalifikacji eksperta w danej dziedzinie. Można ją określić na podstawie analizy twórczej działalności eksperta, znajomości dziedziny, rozumienia problemów.

Kompetentność eksperta można ocenić na podstawie współczynnika kompetentności, który określany jest z następującej zależności:

$$K = \frac{1}{2} (K_i + K_A) \quad 0 < K \leq 1$$

gdzie:

$K_i$  – współczynnik informatywności (znajomości danego zagadnienia)

$K_A$  – współczynnik argumentacji

Współczynnik informatywności określa się na podstawie samooceny dokonanej przez eksperta (od 0 do 10 punktów) pomnożonej przez 0,1.

Współczynnik argumentacji wyznacza się na podstawie wywiadu z ekspertem.

**Tabela 2. Wartości współczynnika argumentacji.**

Stopień wpływu źródła argumentacji na pogląd eksperta	A wysoki	B średni	C niski
Źródło argumentacji			
Teoretyczna znajomość zagadnienia	0,3	0,2	0,1
Doświadczenie zawodowe	0,5	0,4	0,2
Znajomość literatury fachowej krajowej	0,05	0,05	0,05
Znajomość literatury fachowej zagranicznej	0,05	0,05	0,05
Intuicja	0,1	0,1	0,1

**Źródło:** S. Zajęc, *Ekonomiczno-organizacyjne skutki awarii ciągników rolniczych, Rozprawa doktorska. Wydział Nauk Ekonomicznych, SGGW, Warszawa 2010.*

Zgodnie z literaturą wartość  $K_A$  równą 1 uznaje się za wysoki stopień argumentacji, wartość 0,8 – średni, zaś 0,5 za niski stopień argumentacji.

Inną cechą charakteryzującą eksperta jest kreatywność, czyli zdolność do rozwiązywania zadań twórczych. Obecnie brak jest sposobów oceny tej cechy w sposób liczbowy. Konformizm jest istotną cechą w trakcie otwartych dyskusji. Określa on uległość w stosunku do autorytetów. Zbyt duża uległość zniekształca rzeczywisty pogląd na rozpatrywany problem. Ważną cechą jest stosunek do prowadzonej ekspertyzy. Negatywny lub bierny stosunek ma niekorzystny wpływ na ekspertyzę. Dość istotna jest również konstruktywność myślenia wyrażająca zdolność do praktycznego zastosowania posiadanej wiedzy. Nieobojętny dla procesu ekspertyzy jest samokrytycyzm wyrażający stopień kompetencji eksperta<sup>20</sup>.

Przedstawione charakterystyki eksperta dostatecznie opisują jego przydatność do ekspertyzy, co decyduje o jej sukcesie. Jednakże analiza tych cech jest dość trudna i kłopotliwa. Oprócz tego istnieją sprzeczności, część cech można ocenić pozytywnie, część zaś negatywnie. Pojawia się potrzeba pogodzenia owych sprzeczności i wyboru ekspertów, którzy charakteryzują się przewagą dobrych cech.

<sup>20</sup> J. Skudlarski, *Wpływ parametrów techniczno-eksploatacyjnych na efektywność pracy ciągników rolniczych*. op. cit., s. 31.



Za podstawowe kryterium doboru ekspertów uważa się staż pracy w danym zawodzie nie mniejszy niż 5 lat i stanowisko stymulujące do rozwiązywanych zagadnień.

Podrażnienia, że wskazane osoby mogą nie spełniać kryteriów, jakie stawia metoda, bądź, że część osób może nie być zainteresowana udziałem w badaniach, stworzyły konieczność poszerzenia spisu ekspertów do liczby znacznie przekraczającej minimalną, wymaganą liczbę ekspertów. Ponadto zwiększenie liczby ekspertów pozwala zwiększyć jej wiarygodność.

Kolejnym etapem doboru ekspertów powinien być wstępny wywiad, którego celem jest dokonanie oceny kompetentności eksperta i jego przydatności do ekspertyzy. Do grupy ekspertów zaliczyć należy tych, u których współczynnik kompetentności będzie wyższy od wartości średniej dla wszystkich ekspertów.

Sporządzanie końcowego spisu ekspertów należy poprzedzić bezpośrednim kontaktem z tymi osobami, ma to na celu przedstawienie im istoty badań oraz uzyskania zgody na udział w badaniach<sup>21</sup>.

Uzyskanie opinii ekspertów wymaga rozwiązania szeregu organizacyjnych i metodycznych problemów, które wiążą się między innymi z:

- miejscem i czasem prowadzenia ekspertyzy,
- liczbą i czasem prowadzenia etapów badań,
- formą i metodyką prowadzenia etapów badań,
- skompletowaniem niezbędnej dokumentacji,
- opracowaniem sposobów zebrania informacji z badań.

Wybór formy uzyskania opinii ekspertów określa istota wiarygodności wyników, dostępny czas prowadzenia badań, koszty oraz stopień konformizmu ekspertów.

Opinie ekspertów można uzyskać w trakcie dyskusji, ankietowania czy też mieszanych form.

Dyskusja jest formą otwartego, kolektywnego omawiania (rozwiązywania) problemu. Pozwala ona zmniejszyć czas i pracochłonność prowadzenia ekspertyzy, jednakże wzrasta tu znaczenie konformizmu.

Zastosowanie metod dyskusji oraz grupowanie ekspertów wiąże się z trudnościami zebrania wszystkich uczestników w jednym miejscu. Poza tym określenie wspólnych metod badawczych jest dość trudne (jednostajność, naśladownictwo). Na uniknięcie tych braków, przy jednoczesnym zapewnieniu maksimum aktywności twórczej, pozwala ankietowanie bezpośrednie za pomocą metody delfickiej<sup>22</sup>. Istota tej metody jest następująca:

---

<sup>21</sup> S. Zając, *Ekonomiczno-organizacyjne skutki awarii ciągników rolniczych*, op. cit., s. 22.

<sup>22</sup> S.D. Bieszelew, F.G. Hurwicz, *Matematiko-staticzeskije metody ekspertnych ocenok. Statistika*, 1980.

- dane badawcze są zbierane metodę ankietowania przy użyciu specjalnie opracowanych kwestionariuszy,
- kontakty osobiste między sobą oraz kolektywne ocenianie czynników są wykluczone,
- gromadzenie wyników jest przeprowadzane w kilku etapach z następnym obowiązkowym opracowaniem rezultatów każdego etapu w celu stwierdzenia zgodności i wartości znaczeniowej,
- po każdym etapie ekspert ocenia rezultaty ankietowania przy zachowaniu anonimowości odpowiedzi,
- ekspertowi daje się możliwość uzasadnienia swej oceny lub jej skorygowania.

Ankietowanie może być prowadzone w formie pisemnej lub ustnej. Przy ekspertyzie z zastosowaniem ankietowania zwiększa się czas i pracochłonność prowadzenia ekspertyzy, jednakże zmniejsza się znaczenie konformizmu<sup>23</sup>.

Opracowanie ankiety wymaga dokonania następujących czynności:

- wybór typów i liczby pytań,
- formułowanie pytań,
- określenie niezbędnej informacji dla ekspertów (wskazówki, wyjaśnienia),
- określenie sposobu kontaktu z ekspertem,
- opracowanie formy ankiety,

Przy formułowaniu pytań i opracowaniu kwestionariusza ankietowego należy mieć na uwadze fakt, że znaczącą rolę odgrywa „jasność” pytań i kolejność ich zadawania. Dla sprawdzenia „czytelności” ankiety proponuje się wstępne ankietowanie, a w razie konieczności naniesienie niezbędnych korekt<sup>24</sup>.

Po przeprowadzeniu ankietowania grupy ekspertów następuje obróbka wyników badań. Wyjściową informację stanowią dane liczbowe wyrażające osąd ekspertów. Celem obróbki danych jest uzyskanie ogólnych danych i nowej informacji, na podstawie której formułuje się rozwiązanie problemu (zagadnienia).

Cel ten wiąże się z koniecznością zastosowania liczbowych i jakościowych metod obróbki wyników ocen grupy ekspertów.

---

<sup>23</sup> W. Izdebski, *Zastosowanie metody ekspercko-matematycznej do zbudowania prognozy sprzedaży ciągników rolniczych w Polsce*. Zagadnienia ekonomiki rolniczej, nr 3, 2006, s. 124-134.

<sup>24</sup> W. Izdebski, J. Skudlarski, S. Zajęc, *Analysis of the significance of technological and organizational factors affecting the efficiency of agricultural tractors operation*. TEKA Kom. Energ. Roln – OL PAN, nr 12, 2012.

Badana wielkość może być wyrażona zarówno w rangach jak i w wyskalowanych ocenach (stopniach), przy czym ta ostatnia może być przeprowadzana lub zamieniana oceną w częściach lub procentach<sup>25</sup>.

Sposób wyrażania oceny przez ekspertów dyktuje postać oceny wyrażającej ogólny osąd ekspertów. Ogólna ocena jest niezbędna nie tylko dla porównania ważności ocenianych obiektów, ale również dla oceny zgodności ekspertów w ocenach.

Podczas oceniania czynników eksperci często rozmiągają się w swych ocenach.

Możemy wyróżnić dwie klasy problemów (zagadnień). Do pierwszej klasy zalicza się te problemy i zagadnienia dla rozwiązania których posiada się dostateczną wiedzę i doświadczenie. W tej sytuacji poszczególne oceny nie odbiegają znacznie od oceny średniej. Dla obróbki ocen tej klasy problemów wystarczają ogólnie znane statystyki jak np. średnia arytmetyczna.

Do drugiej klasy zalicza się te zagadnienia, co do których potencjał informacyjny jest niewystarczający. W związku z tym oceny poszczególnych ekspertów będą się różnić. Jednakże ocena nadana przez danego eksperta nawet różniąca się znacznie od innych może okazać się jak najbardziej bliska prawdzie. Zastosowanie w tej sytuacji uśredniania ocen może prowadzić do znacznych błędów. Dlatego też w tej grupie zagadnień należy bazować na metodach jakościowej analizy. W związku z tym zachodzi konieczność wyrażenia liczbowej oceny stopnia zgodności ekspertów. Uzyskanie liczbowej miary zgodności ekspertów pozwala na interpretację przyczyn rozbieżności ocen i określa zarazem możliwość odniesienia rozwiązywanego zagadnienia do klasy pierwszej zagadnień<sup>26</sup>.

Duża liczba ocenianych czynników (wariantów odpowiedzi) stanowi utrudnienie dla dokonania oceny ich ważności. Ułatwieniem może być zastosowanie metody diagramów współdziałania celów, nazywanej drzewem zdarzeń lub schematem Isikawa<sup>27</sup>.

Istota tej metody polega na określeniu i kolejnym rozbijaniu celu generalnego (głównego) na coraz drobniejsze cele na stopniowo zniżających się poziomach, w wyniku czego tworzy się drzewo zdarzeń (rysunek 2).

Podstawowa zasada jego zbudowania polega na tym, że każdy cel związany jest tylko z jednym celem nadrzędnym (bardziej ogólnym) oraz wieloma podrzędnymi (bardziej szczegółowymi) celami.

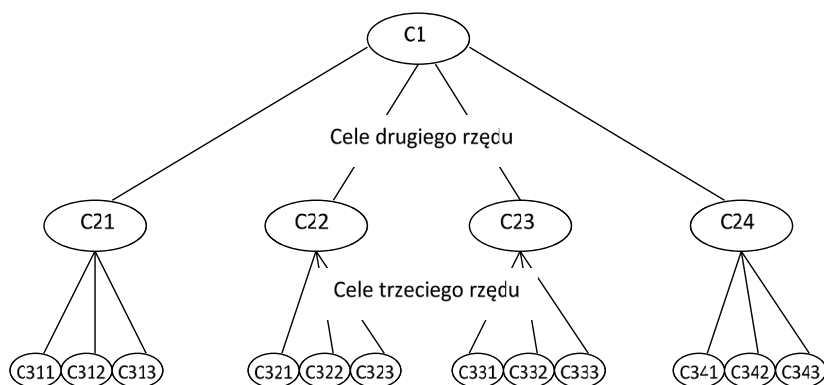
---

<sup>25</sup> W. Izdebski, J. Skudlarski, S. Zając, *Hierarchy of influence modern technical solutions used in agricultural tractors on the effectiveness of their work*. TEKA Commission of Motorization And Energetics in Agriculture – 2012, Vol. 12, No. 2.

<sup>26</sup> J. Skudlarski, *Wpływ parametrów techniczno-eksploatacyjnych na efektywność pracy ciągników rolniczych*, op. cit., s. 33-34.

<sup>27</sup> W. Izdebski, *Zastosowanie metody ekspercko-matematycznej do zbudowania prognozy sprzedaży ciągników rolniczych w Polsce*, „Zagadnienia Ekonomiki Rolniczej”, nr 3, 2006, s. 124-134.

Ważność celów na drzewie zdarzeń określają priorytety lokalne oraz systemowe. Priorytety lokalne są ocenami ważności względnej szczegółowych celów w jednym otoczeniu tzn. charakteryzują ważność celów poziomu nadrzędnego. Natomiast priorytety systemowe celów określają ich wkład w osiągnięcie ogólnego, generalnego celu i są określone przez priorytety lokalne.



Rys. 2. Schemat drzewa zdarzeń (schemat Isikawa)

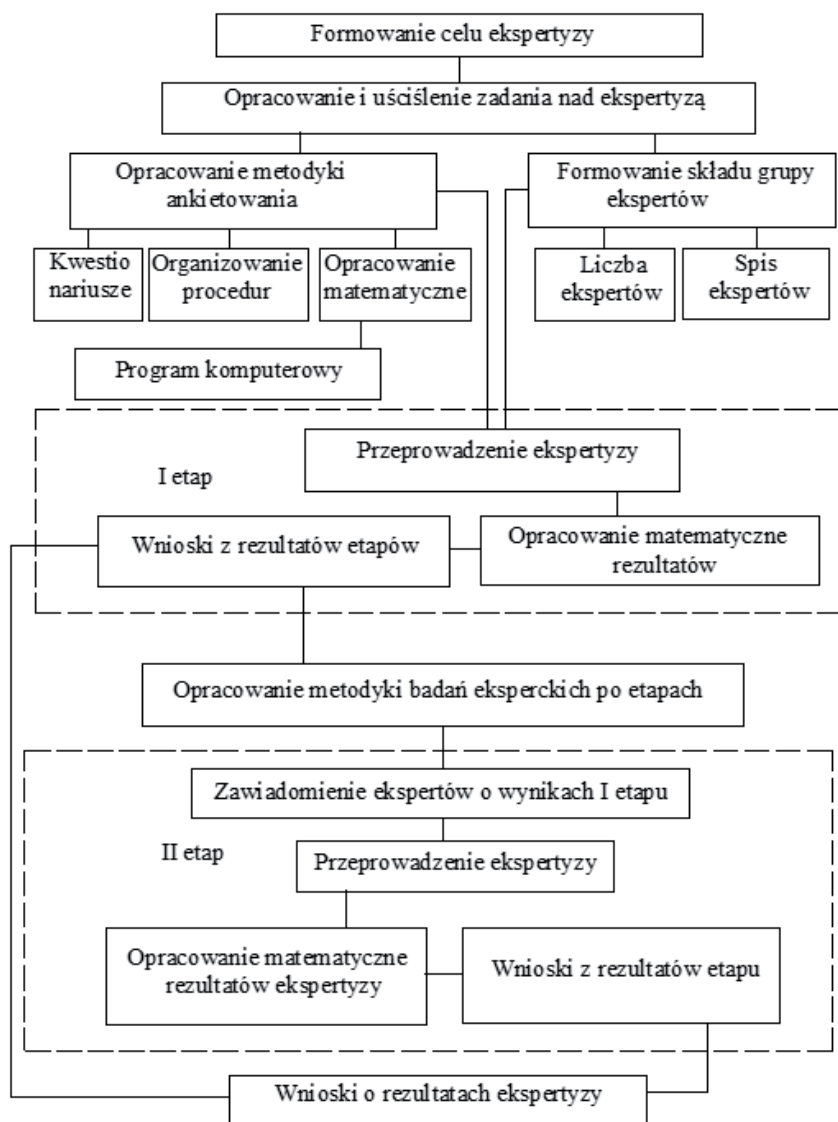
Źródło: S. Zajac, *Ekonomiczno-organizacyjne skutki awarii ciągników rolniczych, Rozprawa doktorska. Wydział Nauk Ekonomicznych, SGGW, Warszawa 2010.*

Metoda ekspercko-matematyczna przewiduje konieczność przeprowadzania badań w wielu etapach (rysunek 3), co wynikać może z niewystarczającej zgodności ekspertów w ocenach.

Organizacja prowadzenia badań obejmuje<sup>28</sup>:

- wyszukanie wymaganej liczby ekspertów,
- uzyskanie zgody eksperta na badania i przeprowadzenie wstępnego wywiadu,
- dostarczenie ekspertowi kwestionariusza wywiadu,
- wstępną analizę kwestionariusza w celu stwierdzenia prawidłowości jej wypełnienia (brak niewypełnionych rubryk, zgodność sumy rozdysponowanych na parametry punktów itp.),
- wprowadzenie uzyskanych z kwestionariusza danych do programu obliczeniowego,
- kontrolę zgodności ekspertów w ocenach,
- przygotowanie procedury kolejnego etapu badań w sytuacji niewystarczającej zgodności ekspertów.

<sup>28</sup> W. Izdebski, *Strategie wyposażenia gospodarstw rolnych w kombajny zbożowe*. Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2003.



Rys. 3. Schemat i etapy przeprowadzania ekspertyzy według metody delfickiej  
 Źródło: S. Zajęc, *Ekonomiczno-organizacyjne skutki awarii ciągników rolniczych, Rozprawa doktorska. Wydział Nauk Ekonomicznych, SGGW, Warszawa 2010.*

Po zakończeniu pierwszego etapu badań uzyskane wyniki należy poddać szeregowaniu, wyznaczyć współczynnik konkordancji i jego wartość znaczeniową sprawdzano za pomocą kryterium  $\chi$  – kwadrat. Przy analizie ocen stopniowych określić można również współczynnik wariancji.

W sytuacji, gdy eksperci przedstawiliby nowe parametry należałoby przygotować nowe kwestionariusze i przedstawić je pozostałym ekspertom w celu dokonania ponownych ocen.

Dla wyrażenia liczbowej oceny stopnia zgodności, zgodnie z literaturą należy stosować współczynnik konkordancji, który przy braku jednakowych rang jest określany według wzoru<sup>29</sup>:

$$\Theta = \frac{12 S}{N_E^2 (b^3 - b)}$$

W przypadku istnienia podobnych rang współczynnik konkordancji jest określany według wzoru:

$$\Theta = \frac{S}{\frac{1}{12} N_E^2 (b^3 - b) - N_E \sum_{i=1}^{NE} T_i}$$

gdzie:

**S** – suma kwadratów odchyłeń faktycznych wartości rang,

**N<sub>E</sub>** – liczba ekspertów biorących udział w badaniu,

**b** – liczba ocenianych czynników (liczba wariantów odpowiedzi),

**T<sub>i</sub>** – wskaźnik podobnych rang,

Sumę kwadratów odchyłeń faktycznych wartości rang obliczamy ze wzoru:

$$S = \sum_{j=1}^b (\bar{r}_j - \bar{r})^2$$

gdzie:

**r<sub>j</sub>** – suma rang nadanych przez ekspertów j-mu czynnikowi,

**r** – średnia arytmetyczna sumy rang.

$$\bar{r} = \frac{\sum_{j=1}^b \bar{r}_j}{b} \quad \text{lub} \quad \bar{r}_j = \sum_{i=1}^{N_E} r_{ij}$$

<sup>29</sup> S. Zajęc, *Ekonomiczno-organizacyjne skutki awarii ciągników rolniczych*, op. cit., s. 22.

gdzie:

$r_{ij}$  – ranga nadana przez i-tego eksperta j-emu czynnikowi.

$$T_i = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^p (t_i^3 - t_i)$$

gdzie:

$p$  – liczba grup jednakowych szeregów w szeregowaniu j-ego eksperta,

$t_i$  – liczba powtórzeń jednakowego szeregu w p-ej grupie.

Współczynnik konkordancji jest oceną stopnia zgodności ocen ekspertów i zmienia się w przedziale od 1 do 0, przy czym wartość „0” oznacza brak zgodności w ocenach ekspertów a wartość „1” oznacza całkowitą zgodność w ich ocenach. W celu stwierdzenia, że zgodność ekspertów w ocenach nie jest przypadkowa wykorzystano kryterium  $\chi$ -kwadrat.

$$\chi^2 = \frac{S}{\frac{1}{12} N_e \cdot b \cdot (b + 1) - \frac{1}{b - 1} \sum_{i=1}^{N_y} T_i}$$

Wartości kwantyla dystrybucji  $\chi^2$  odpowiadającego poziomowi ufności i liczbie stopni swobody  $b-1$  [ $f(b-1)$ ] przedstawiono w tabeli 1.

Jeżeli obliczona wartość  $\chi^2$  jest większa od tabelarycznej  $\chi^2_{tab}$ , a współczynnik konkordancji znacząco się różni od zera, to można twierdzić, że zgodność ocen ekspertów jest nie przypadkowa<sup>30</sup>.

Zgodność osądów ekspertów w zakresie ocen priorytetów lokalnych określa się za pomocą współczynnika wariancji obliczanego według zależności:

$$V_j = \frac{g_j}{\bar{m}_j} [-]$$

gdzie:

$g_j$  – odchylenie standardowe

$\bar{m}_j$  – średnia arytmetyczna (wartość priorytetu lokalnego)

$$\bar{m}_j = \frac{\sum_{i=1}^{N_e} m_{ij}}{N_e}$$

<sup>30</sup> A. Masiuk, *Wpływ profilaktyki eksploatacyjnej na efektywność produkcji mleka*. Rozprawa habilitacyjna. Fundacja „Rozwój SGGW”, Warszawa 1998.

gdzie:

$m_{ij}$  – normowany współczynnik ważkości  $j$ -tego czynnika wyznaczonego przez  $i$ -tego eksperta

Odchylenie standardowe obliczamy z zależności:

$$g_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N_e} (m_j - m_{ij})^2}{N_e}} \quad \text{dla } N_E > 30$$

Zgodnie z literaturą jeśli  $V_j \leq 0,25$ , to zgodność wyznaczonych przez ekspertów indywidualnych ocen jest wystarczająca. W przypadku wartości  $V_j > 0,3$  należy uznać zgodność za niską.

W przypadku stwierdzenia niezgodności ekspertów w ocenach należy przeprowadzić kolejny etap badań przewidziany w metodzie delfickiej (rysunek 3). Należy wybrać grupę ekspertów, których oceny znacznie różnią się od średniej ocen w pierwszym etapie badań. Następnie wysłać do nich kwestionariusze, w których przedstawia się średnią ocen ogółu ekspertów. Zadaniem ekspertów jest ustosunkowanie się do ocen średnich a następnie ich akceptacja lub odrzucenie. W przypadku akceptacji, oceny nadane przez eksperta zastępuje się ocenami średnimi w ten sposób przybliżając eksperta do średniej.

Procedura badawcza w metodzie ekspercko matematycznej uwzględnia sytuacje, w której ekspert nie zgodziłby się z przedstawionymi ocenami. W takim przypadku metoda przewiduje przeprowadzenie dodatkowego wywiadu z ekspertem w celu pozyskania wyjaśnień i uzasadnień dla nadanych ocen. Zgodnie z zasadami metody uzyskanie zadowalającego uzasadnienia przez eksperta rozbieżności w ocenach stanowi cenną informację, że są eksperci, dla których znaczenie danych czynników jest inne niż dla pozostałych. Oczywiście stwierdzenie takie jest możliwe dopiero po uprzednim skonsultowaniu opinii danego eksperta z opiniami pozostałych ekspertów<sup>31</sup>.

Do podstawowych zalet metody ekspercko-matematycznej możemy zaliczyć:

- anonimowość i niezależność opinii,
- anonimowość ekspertów,
- brak dominujących osobowości,
- szeroki krąg specjalistów opracowujących prognozę,

<sup>31</sup> W. Izdebski, J. Skudlarski, S. Zajęc. *Wpływ nowoczesnych rozwiązań konstrukcyjnych stosowanych w ciągnikach rolniczych na ekonomiczną efektywność ich pracy oraz decyzje rolników dotyczące zakupu tych maszyn*. Wyd. Politechnika Warszawska, 2013, s. 43.



- możliwość statystycznego opracowania wyników,
- możliwość opracowania ekspertyzy w czasie dogodnym dla eksperta.

Anonimowość ekspertów pozwala im na swobodne wypowiedzianie swoich opinii, bez obaw o krytykę. Ponadto zmusza ekspertów do samodzielnego myślenia. Brak kontaktu między ekspertami nie pozwala na wpływanie jednych ekspertów na innych oraz uniemożliwia zdominowanie badania przez jedną osobę bądź część badanych.

Metoda ekspercko-matematyczna nie jest pozbawiona wad. Jest przede wszystkim czasochłonna. Wysyłając ankietę ekspertom, musimy dać im czas na zapoznanie się z badaniem i opracowanie odpowiedzi. Z reguły czas na opracowanie odpowiedzi przez eksperta ustala się na około 10 dni. Jeśli badanie trwa kilka rund, a do tego zostanie dodany czas, w którym opracowuje się kwestionariusze i systematyzuje otrzymane wyniki oraz czas trwania przesyłki, to badanie może trwać kilka miesięcy lub dłużej. Metoda ta jest również kosztowna. Wynika to z zaangażowania do badań dużej grupy osób. Ważnymi problemami w przypadku tej metody są właściwy dobór grupy ekspertów.

### Studium przypadku<sup>32</sup>

Wykorzystanie metody ekspercko-matematycznej do identyfikacji kierunków postępu technicznego w konstrukcji ciągników rolniczych w celu zwiększenia efektywności ekonomicznej ich pracy a także podwyższenia poziomu zadowolenia użytkowników z nabytych ciągników<sup>33</sup>

Przykładowe zestawienie pytań w ankiecie zawierających czynniki na poszczególnych poziomach wpływające na realizację celu głównego (Identyfikacja kierunków postępu technicznego w konstrukcji ciągników rolniczych ....)

C1 - Rozwój nowoczesnych rozwiązań stosowanych w silniku		
	Nazwa czynnika	Ocena *
C11	Wdrażanie i rozwój rozwiązań umożliwiających chwilowe zwiększenie mocy silnika	
C12	Wdrażanie rozwiązań umożliwiających spalanie przez silnik innych rodzajów paliwa w tym paliw możliwych do pozyskiwania w gospodarstwie (np. biopaliw)	
C13	Zwiększanie zakresu elektronicznej kontroli i regulacji parametrów pracy silnika i jego podzespołów (np. możliwość kontroli pracy silnika na bieżąco w celu wykrywania usterek)	

<sup>32</sup> Ibidem, s. 64-70.

<sup>33</sup> Badania przeprowadzono w ramach projektu badawczego MNiSW N N 115 089639.

<b>C1 – Rozwój nowoczesnych rozwiązań stosowanych w silniku</b>		
	<b>Nazwa czynnika</b>	<b>Ocena *</b>
C14	Wdrażanie rozwiązań umożliwiających obniżenie jednostkowego zużycia paliwa	
C15	Praca nad zwiększeniem trwałości i niezawodności silnika	
C 16	Inne rozwiązania (niewymienione powyżej):	
		<b>100</b>

*\* Proszę ocenić (rozdzielając 100%) które z rozwiązań producenci ciągników powinni rozwijać w celu poprawy efektywności pracy ciągników*

<b>C2 – Rozwój nowoczesnych rozwiązań stosowanych w układzie przeniesienia napędu (sprzęgło, skrzynia przekładniowa, mosty napędowe)</b>		
	<b>Nazwa czynnika</b>	<b>Ocena *</b>
C21	Zwiększanie liczby przełożeń zmienianych pod obciążeniem lub stosowanie przekładni bezstopniowych	
C22	Wdrażanie rozwiązań umożliwiających zwiększanie prędkości transportowych (pow. 40-50 km/h) z zachowaniem bezpiecznych warunków jazdy (np. systemy antypoślizgowe, wspomaganie hamowania)	
C23	Rozwój rozwiązań dopasowujących parametry pracy układu napędowego w celu zmniejszenia poślizgu kół ciągnika	
C24	Inne rozwiązania (niewymienione powyżej):	
		<b>100</b>

<b>C3 – Rozwój nowoczesnych rozwiązań stosowanych w układzie WOM</b>		
	<b>Nazwa czynnika</b>	<b>Ocena *</b>
C31	Zmniejszanie znaczenia WOM na rzecz innych napędów maszyn np. napędy elektryczne	
C32	Wzrost udziału sterowania elektronicznego w obsłudze i doborze parametrów WOM	
C33	Rozwój rozwiązań poprawiających bezpieczeństwo przy agregatowaniu maszyn z WOM	
C34	Inne rozwiązania (niewymienione powyżej):	
		<b>100</b>

<b>C4 – Rozwój nowoczesnych rozwiązań stosowanych w układzie podnośnika hydraulicznego i hydrauliki zewnętrznej.</b>		
	<b>Nazwa czynnika</b>	<b>Ocena *</b>
C41	Rozbudowa systemów umożliwiających dopasowanie wydatku układu hydraulicznego do warunków pracy i potrzeb maszyny	
C42	Rozbudowa systemów umożliwiających bezobsługowe agregatowanie ciągnika z maszynami	
C43	Wzrost udziału sterowania elektronicznego w obsłudze i doborze parametrów podnośnika hydraulicznego i hydrauliki zewnętrznej	
C44	Inne rozwiązania (niewymienione powyżej):	
		<b>100</b>

<b>C5 – Rozwój nowoczesnych rozwiązań stosowanych w kabinie związanych ze sterowaniem ciągnika oraz pracą współpracujących z ciągnikiem maszyn</b>		
	<b>Nazwa czynnika</b>	<b>Ocena *</b>
C51	Rozbudowa systemów i rozwiązań wspomagających pracę operatora ciągnika opartych na technologii satelitarnej GPS (np. prowadzenie równoległe)	
C52	Wdrażanie i rozbudowa systemów ostrzegających operatora przed potencjalnymi przeszkodami w czasie manewrowania ciągnikiem (np. cofanie) w warunkach ograniczonej widoczności	
C53	Rozbudowa systemów informatycznych w ciągniku umożliwiających wymianę danych z jednostkami zewnętrznymi (biuro gospodarstwa, serwis techniczny) wspomagających operatora podczas pracy	
C54	Inne rozwiązania (niewymienione powyżej):	
		<b>100</b>

<b>C6 – Rozwój nowoczesnych rozwiązań stosowanych w kabinie operatora związanych z komfortem i warunkami pracy operatora</b>		
	<b>Nazwa czynnika</b>	<b>Ocena *</b>
C61	Zwiększanie udziału funkcji w ciągniku wykonywanych automatycznie bez udziału człowieka	
C62	Rozwój rozwiązań ograniczających spadek kondycji psychofizycznej operatora w czasie pracy	
C63	Rozwój rozwiązań usprawniających widoczność z kabiny ciągnika w porach późnowieczornych lub nocnych	
C64	Inne rozwiązania (niewymienione powyżej):	
		<b>100</b>

Na podstawie danych uzyskanych od ekspertów dokonano obliczeń priorytetów lokalnych i systemowych oraz dokonano hierarchizacji czynników.

**Tabela 3. Wyniki matematycznego opracowania czynników II poziomu. Wartości priorytetu lokalnego.**

Oznaczenie czynnika	Nazwa celu	Suma rang	Średnia	Wsp. wariancji
C 1	Rozwój nowoczesnych rozwiązań stosowanych w silniku	92	18,79	0,11
C 2	Rozwój nowoczesnych rozwiązań stosowanych w układzie przeniesienia napędu (sprzęgło, skrzynia przekładniowa, mosty napędowe)	54	21,51	0,11
C 3	Rozwój nowoczesnych rozwiązań stosowanych w układzie WOM	249	11,75	0,20
C 4	Rozwój nowoczesnych rozwiązań stosowanych w układzie podnośnika hydraulicznego i hydrauliki zewnętrznej.	166	17,07	0,10
C 5	Rozwój nowoczesnych rozwiązań stosowanych w kabinie związanych ze sterowaniem ciągnika oraz pracą współpracujących z ciągnikiem maszyn	132	17,22	0,13
C 6	Rozwój nowoczesnych rozwiązań stosowanych w kabinie operatora związanych z komfortem i warunkami pracy operatora	210	13,66	0,17
Współczynnik konkordancji			0,71	
Kryterium $\chi$ -kwadrat			203,10	

**Źródło:** W. Izdebski, J. Skudlarski, S. Zajęc. *Wpływ nowoczesnych rozwiązań konstrukcyjnych stosowanych w ciągnikach rolniczych na ekonomiczną efektywność ich pracy oraz decyzje rolników dotyczące zakupu tych maszyn. Wyd. Politechnika Warszawska, 2013.*

Na podstawie tabeli 3 można wnioskować, że największe znaczenie w procesie przyszłych rozwiązań konstrukcyjnych mają: nowoczesne rozwiązania stosowane w układzie przeniesienia napędu (sprzęgło, skrzynia przekładniowa, mosty napędowe) (wartość priorytetu lokalnego 21,51%), nowoczesne rozwiązania stosowane w silniku (wartość priorytetu lokalnego 18,79%), nowoczesne rozwiązania stosowane w kabinie związanych ze sterowaniem ciągnika oraz pracą współpracujących z ciągnikiem maszyn (wartość priorytetu lokalnego 17,22%),

Tabela 4. Wartości priorytetów systemowych – hierarchizacja kierunków postępu technicznego w konstrukcji ciągników rolniczych według rang (rosnąco)

Oznaczenie czynnika	Nazwa czynnika	Wartość priorytetu systemowego [%]	Ranga czynnika	Ważność realizacji celów
C21	Zwiększanie liczby przetożeń zmieniających pod obciążeniem lub stosowanie przekładni bezstopniowych	7,52	1	I – wysoka
C22	Wdrażanie rozwiązań umożliwiających zwiększanie prędkości transportowych (pow. 40-50 km/h) z zachowaniem bezpiecznych warunków jazdy (np. systemy antypoślizgowe, wspomaganie hamowania)	7,48	2	
C23	Rozwój rozwiązań dopasowujących parametry pracy układu napędowego w celu zmniejszenia poślizgu koł ciągnika	6,52	3	
C41	Rozbudowa systemów umożliwiających dopasowanie wydatku układu hydraulicznego do warunków pracy i potrzeb maszyny	6,46	4	
C52	Wdrażanie i rozbudowa systemów ostrzegających operatora przed potencjalnymi przeszkodami w czasie manewrowania ciągnikiem (np. cofanie) w warunkach ograniczonej widoczności	6,35	5	II – wyższy od średniej
C42	Rozbudowa systemów umożliwiających bezobsługowe agregatowanie ciągnika z maszynami	6,16	6	
C51	Rozbudowa systemów i rozwiązań wspomagających pracę operatora ciągnika opartych na technologii satelitarnej GPS (np. prowadzenie równoległe)	5,62	7	
C53	Rozbudowa systemów informatycznych w ciągniku umożliwiających wymianę danych z jednostkami zewnętrznymi (biuro gospodarstwa, serwis techniczny) wspomagających operatora podczas pracy	5,24	8	

Oznaczenie czynnika	Nazwa czynnika	Wartość priorytetu systemowego [%]	Ranga czynnika	Ważność realizacji celów
C14	Wdrażanie rozwiązań umożliwiających obniżenie jednostkowego zużycia paliwa	4,96	9	III – średnia
C62	Rozwój rozwiązań ograniczających spadek kondycji psycho-fizycznej operatora w czasie pracy	4,96	10	
C63	Rozwój rozwiązań usprawniających widoczność z kabiny ciągnika w porach późnowieczornych lub nocnych	4,74	11	
C33	Rozwój rozwiązań poprawiających bezpieczeństwo przy agregowaniu maszyn z WOM	4,68	12	
C12	Wdrażanie rozwiązań umożliwiających spalanie przez silnik innych rodzajów paliwa w tym paliw możliwych do pozyskiwania w gospodarstwie (np. biopaliw)	4,56	13	
C43	Wzrost udziału sterowania elektronicznego w obsłudze i doborze parametrów podnośnika hydraulicznego i hydrauliki zewnętrznej	4,44	14	
C32	Wzrost udziału sterowania elektronicznego w obsłudze i doborze parametrów WOM	3,98	15	

Oznaczenie czynnika	Nazwa czynnika	Wartość priorytetu systemowego [%]	Ranga czynnika	Ważność realizacji celów
C61	Zwiększanie udziału funkcji w ciągniku wykonywanych automatycznie bez udziału człowieka	3,96	16	IV – niższy od średniej
C15	Praca nad zwiększaniem trwałości i niezawodności silnika	3,60	17	
C31	Zmniejszanie znaczenia WOM na rzecz innych napędów maszyn np. napędy elektryczne	3,09	18	
C11	Wdrażanie i rozwój rozwiązań umożliwiających chwilowe zwiększenie mocy silnika	2,93	19	
C13	Zwiększanie zakresu elektronicznej kontroli i regulacji parametrów pracy silnika i jego podzespołów (np. możliwość kontroli pracy silnika na bieżąco w celu wykrywania usterek)	2,74	20	

*Źródło: W. Izdebski, J. Skudlarski, S. Zajac. Wpływ nowoczesnych rozwiązań konstrukcyjnych stosowanych w ciągnikach rolniczych na ekonomiczną efektywność ich pracy oraz decyzje rolników dotyczące zakupu tych maszyn. Wyd. Politechnika Warszawska, 2013.*

nowoczesne rozwiązania stosowane w układzie podnośnika hydraulicznego i hydrauliki zewnętrznej (wartość priorytetu lokalnego 17,02%).

W opinii ekspertów postęp w konstrukcjach ciągników rolniczych powinien być w pierwszej kolejności skierowany na: zwiększanie liczby przełożeń zmienianych pod obciążeniem lub stosowanie przekładni bezstopniowych, wdrażanie rozwiązań umożliwiających zwiększanie prędkości transportowych (powyżej 40-50 km/h) z zachowaniem bezpiecznych warunków jazdy (np. systemy antypoślizgowe, wspomaganie hamowania), rozwój rozwiązań dopasowujących parametry pracy układu napędowego w celu zmniejszenia poślizgu kół ciągnika oraz rozbudowę systemów umożliwiających dopasowanie wydatku układu hydraulicznego do warunków pracy i potrzeb maszyny. W dalszej kolejności jak wykazują cele II rzędu (C 52, C 42, C 51, C 53) postęp skierowany powinien być na takie działania jak: wdrażanie i rozbudowa systemów ostrzegających operatora przed potencjalnymi przeszkodami w czasie manewrowania ciągnikiem (np. cofanie) w warunkach ograniczonej widoczności, rozbudowę systemów umożliwiających bezobsługowe agregatowanie ciągnika z maszynami, rozbudowę systemów i rozwiązań wspomagających pracę operatora ciągnika opartych na technologii satelitarnej GPS (np. prowadzenie równoległe) oraz rozbudowę systemów informatycznych w ciągniku umożliwiających wymianę danych z jednostkami zewnętrznymi (biuro gospodarstwa, serwis techniczny) wspomagających operatora podczas pracy.

Pozostałe czynniki w opinii ekspertów mają mniejsze znaczenie i powinny być rozpatrywane w dalszej kolejności<sup>34</sup>.

### **Podsumowanie**

Metody eksperckie należą do grupy metod heurystycznych, których znaczenie w obecnym czasie odgrywa coraz większą rolę w analizowaniu zjawisk ekonomicznych. Dostarczone w ten sposób dane powinny charakteryzować się odpowiednią jakością. Istotnym problemem w badaniach eksperckich wydaje się być problem wiarygodności dostarczonych informacji, a co się z tym wiąże ich reprezentatywności. Metoda ekspercko-matematyczna umożliwia prognozowanie i naukowe rozwiązywanie skomplikowanych zadań. Istota tej metody polega na wykorzystaniu danych otrzymanych w rezultacie uzasadnionej naukowo procedury zbierania, systematyzowania i analizy informacji od specjalistów z danej dziedziny (ekspertów).

---

<sup>34</sup> W. Izdebski, J. Skudlarski, S. Zajęc. *Wpływ nowoczesnych rozwiązań konstrukcyjnych stosowanych w ciągnikach rolniczych na ekonomiczną efektywność ich pracy oraz decyzje rolników dotyczące zakupu tych maszyn*. op. cit., s. 66-68.



Metoda ekspercka w sposób racjonalny łączy proces intuicyjno-logicznej analizy danego problemu przez eksperta z liczbowymi i jakościowymi metodami obróbki danych, zarówno dla przedstawienia wyników rozwiązań, jak również dla kierowania procesem ekspertyzy. Łączenie opinii ekspertów z liczbowymi metodami pozwala zwiększyć efektywność rozwiązania danego problemu.

### **EXPERT AND MATH METHOD AS A TOOL FOR SUPPORTING FORECASTING AND COMPLICATED SCIENTIFIC TASK SOLVING**

Abstract: The problem of using expert and mathematical methods as a tool to support forecasting and research to solve complex tasks. Expert and mathematical method is classified as one of heuristic methods, which are defined as methods of creative solutions to problems and can be used in many areas of economic life, including predicting future. The essence of this method lies in the use of data obtained as a result of legitimate scientific procedures for collecting, systematizing and analysis of information from experts in the field (experts).

Key words: expert-mathematical method, Forecasting, expert

Translated by Stanisław Zajęc