

*Jan Banasiak, Anna Olszewska
Zakład Eksploatacji Maszyn Rolniczych
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu*

OPTYMALIZACJA PROCESU TECHNOLOGICZNEGO W ROLNICTWIE Z ZASTOSOWANIEM „METODY GRAFÓW”

Streszczenie

W artykule przedstawiono wykorzystanie „metody grafów” w procedurach optymalizacji procesu technologicznego i obliczania wydajności produkcji rolniczej

Słowa kluczowe: proces technologiczny, optymalizacja, metoda grafów, koszty jednostkowe

Wstęp i założenia metodyczne

Skuteczne zarządzanie działalnością produkcyjną przedsiębiorstwa wymaga podejmowania decyzji optymalnych i posługiwania się metodami optymalizacji [Muhlemann i in. 2001]. Za taką możemy uznać prezentowaną „metodę grafów”. W procedurze optymalizacyjnej metody grafów możemy wydzielić trzy etapy:

- wyznaczenie modelu optymalizowanego procesu produkcji,
- określenie kosztów eksploatacji maszyn mogących mieć zastosowanie w optymalizowanym procesie,
- wyznaczenie wariantu technologicznego spełniającego kryterium optymalizacji.

Proponując zastosowanie „metody grafów,” etapem początkowym będzie budowa modelu funkcyjnego wybranego procesu technologicznego [Banasiak 2004]. Przystępując do tworzenia tego modelu korzystamy z systemowej metody budowy modeli, która nie wnikając głęboko w szczegóły, pozwala określić podstawowe elementy technologiczne procesu. Dekompozycja całościowego modelu procesu produkcji prowadzi do wydzielenia a następnie optymalizowania oddzielnych fragmentów procesu - poszczególnych operacji technologicznych [Durczak, Rzeźnik 2004].

Koszt pracy uprzedmiotowionej w wybranym procesie technologicznym tworzy suma kosztów eksploatacji poszczególnych zastosowanych maszyn [Przybył, Rzeźnik 1996]. Podstawowym, więc zadaniem w tym etapie będzie wyliczenie rocznych kosztów bezpośrednich eksploatacji maszyn [Muzalewski 2004] a następnie kosztów jednostkowych w relacji do czasu, powierzchni i masy, np. plonu. Sumę bezpośrednich kosztów eksploatacji K_e maszyn wyznaczanych w skali roku, tworzą:

$$K_e = K_A + K_p + K_n + K_u + K_o \quad (1)$$

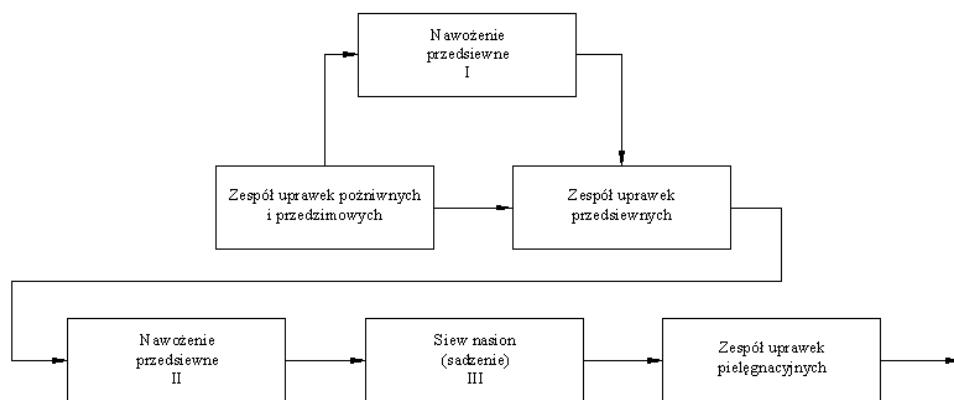
gdzie:

- K_A – koszt amortyzacji [zł/rok];
- K_p – koszt przechowywania [zł/rok];
- K_n – koszt napraw [zł/rok];
- K_u – koszt ubezpieczeń i podatków [zł/rok];
- K_o – koszt paliw, smarów i energii [zł/rok].

Istotę działań optymalizacyjnych określić można następująco: przyjmując za kryterium optymalizacji koszt eksploatacji użytego w procesie zestawu maszyn, poszukujemy rozwiązania spełniającego minimum. Zatem, optymalizacja procesu technologicznego to wybór czynności lub takiego ich układu, w którym koszty pracy lub kompleksowo zmechanizowanej pracy, będą najniższe. Celem opracowania jest, więc zaprezentowanie przykładu zastosowania metody w odniesieniu do technologicznego procesu produkcji rolniczej.

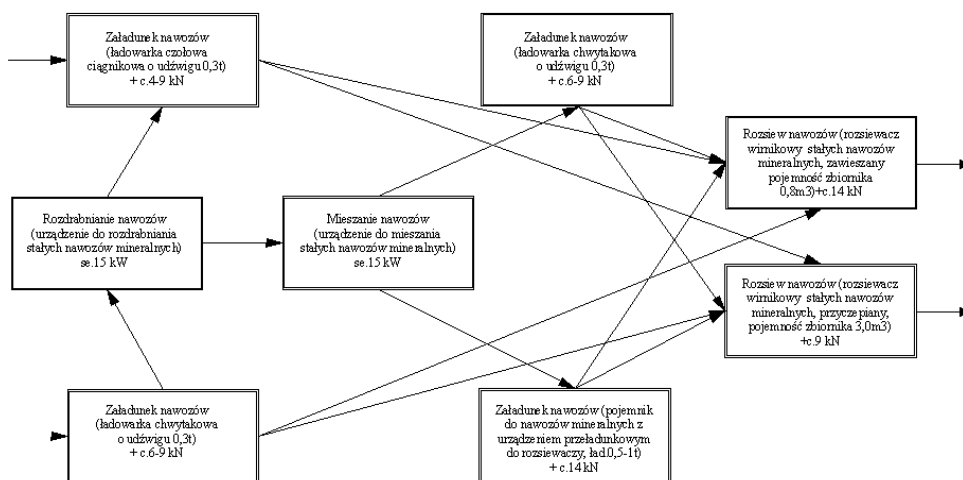
Przykład zastosowania metody

W przykładzie, z modelu całości procesu technologicznego produkcji (rys. 1), wydzielono operację nawożenia przedsiewnego „wyposażając” poszczególne czynności w środki techniczne - agregaty maszynowe (rys. 2).



Rys. 1. Przykład podziału procesu technologicznego na zespoły czynności i operacje

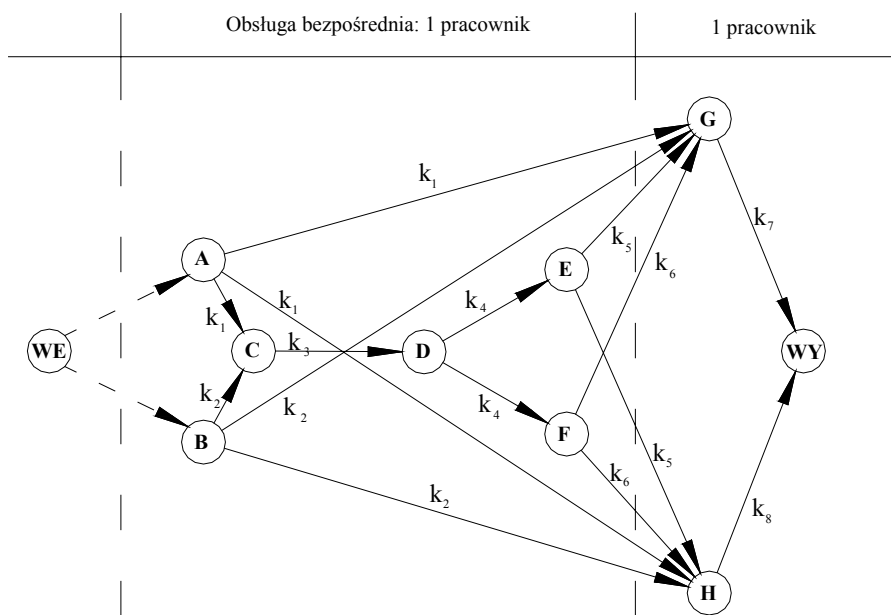
Fig. 1. Example of technology process' division on activities and operations modules



Rys. 2. Blokowy schemat realizacji procesu technologicznego nawożenia przedsiewnego

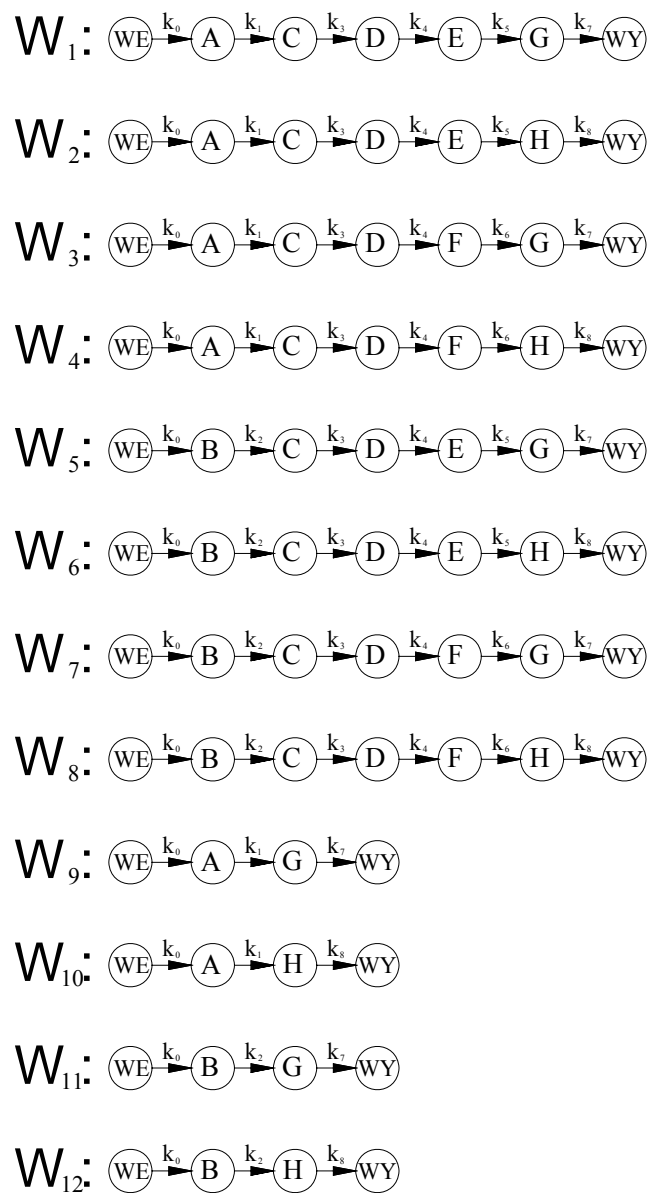
Fig. 2. Block's schema of technology process realization of pre-sowing fertilization

Przedstawiony blokowy zapis procesu nawożenia sformalizowano kreśląc symbolami sieć decyzyjną (rys. 3). Prostokąty oznaczające czynności wykonywane określonym środkiem technicznym zastąpiono punktami A, B, C....., nazywanymi „węzłami”. Linie i groty oznaczają kolejność wykonywania czynności, z czym wiążą się ponoszone koszty. Węzły odpowiadają, więc zdarzeniom i są bezwymiarowymi punktami na osi czasu. Węzłami (WE) i (WY) oraz liniami przerywanymi oznaczono rozpoczęcie i zakończenie procesu, które może być początkiem sieci kolejnej operacji.



Rys. 3. Sieć decyzyjna procesu nawożenia przedsiewnego
 Fig. 3. Decision's net of pre-sowing fertilization process

Przyjęto też, że cały proces nawożenia będzie obsługiwany przez dwóch pracowników: jeden zapewni obsługę wariantów we fragmencie A do F a drugi, obsługę maszyn we fragmencie G, H (rozsiew nawozów). Wygenerowane z sieci decyzyjnej dwanaście wariantów realizacji procesu ($W_{1,2, \dots}$) przedstawia rys. 4.



Rys. 4. Zbiór wariantów realizacji procesu nawożenia
 Fig. 4. Set of variants of technology process realization of fertilization

Kolejne wygenerowane warianty realizacji procesu nawożenia opatrzone symboliką kosztu (k) wyznaczając kolejne sumy kosztów pracy maszyn i ludzi:

$$k_{w1} = k_1 + k_3 + k_4 + k_5 + k_7 + 2k_{R1}$$

$$k_{w2} = k_1 + k_3 + k_4 + k_5 + k_8 + 2k_{R2}$$

$$k_{w3} = k_1 + k_3 + k_4 + k_6 + k_7 + 2k_{R1}$$

$$k_{w4} = k_1 + k_3 + k_4 + k_6 + k_8 + 2k_{R2}$$

$$k_{w5} = k_2 + k_3 + k_4 + k_5 + k_7 + 2k_{R1}$$

$$k_{w6} = k_2 + k_3 + k_4 + k_5 + k_8 + 2k_{R2}$$

$$k_{w7} = k_2 + k_3 + k_4 + k_6 + k_7 + 2k_{R1}$$

$$k_{w8} = k_2 + k_3 + k_4 + k_6 + k_8 + 2k_{R2}$$

$$k_{w9} = k_1 + k_7 + 2k_{R1}$$

$$k_{w10} = k_1 + k_8 + 2k_{R2}$$

$$k_{w11} = k_2 + k_7 + 2k_{R1}$$

$$k_{w12} = k_2 + k_8 + 2k_{R2}$$

Formułując równania przyjęto, że koszt początkowy (koszt wejścia) jest równy 0 (zero) i pominięto składową k_0 . Składową tą należy uwzględnić, jeżeli wynikała jako koszt z wcześniej zoptymalizowanej operacji np. zespołu upraw poźniowych (rys. 1). W omawianym przykładzie, jako kryterium wyboru najkorzystniejszego wariantu, przyjęto koszt jednostkowy – k_e w zł/ha. Dla wyznaczenia wariantu o najniższym sumarycznym koszcie - k_w posłużono się więc bezpośrednimi kosztami eksploatacji maszyn odniesionymi do miar fizycznych czasu, (tab. 1) a dalej do powierzchni.

Tabela 1. Koszty jednostkowe eksploatacji i wydajności maszyn zastosowanych w optymalizowanej operacji technologicznej nawożenia

Table 1. Unit costs of operation and machines efficiency used in optimizing fertilization

Oznaczenie na grafie	Rodzaj maszyny	Koszt k_e [zł/h]	Wydajność eksploatacyjna [ha/h]
A	Ładowacz czołowy T 210 o udźwigu 0,3 t	0,70	8,0 *
B	Ładowacz chwytkowy T 274 o udźwigu 0,3 t	2,36	25,0 *
C	Rozdrabniacz nawozów se. 15 kW	2,28	10,0 *
D	Urządzenie do mieszania nawozów se. 15 kW	1,98	8,0 *
E	Ładowacz chwytkowy T 274 o udźwigu 0,3 t	2,36	25,0 *
F	Pojemnik do nawozów z urządzeniem przeład.	3,31	5,0 *
G	Rozsiewacz nawozów zawieszany N 015	4,60	1,70
H	Rozsiewacz nawozów przyczepiany N 011	18,06	1,80
-	Ciągnik klasy 6 kN	10,20	-
-	Ciągnik klasy 9 kN	12,99	-
-	Ciągnik klasy 14 kN	27,59	-

Sumowane koszty jednostkowe eksploatacji maszyn muszą być określone w tych samych jednostkach. Wymaga to, transformacji wskaźników wydajności masowej na powierzchniową lub odwrotnie. Wskaźniki oznakowane w tab.1* wynikają, więc z podzielenia wskaźnika wydajności masowej w t/h przez stałą dawkę $Q = 2$ t/ha). Następnie określone w zł/h jednostkowe koszty zebrane w tabeli 1, należy przeliczyć odnosząc je do podanych wydajności eksploatacyjnych maszyn, zgodnie z formułą:

$$k_e[\text{zł} / \text{ha}] = \frac{k_e[\text{zł} / \text{h}]}{W_{07}[\text{ha} / \text{h}]} \quad (2)$$

Sumując koszt pracy ładowarki (A) i ciągnika klasy 6 kN otrzymamy:

$$k_1 = \frac{0,7 \text{ zł} / \text{h} + 10,20 \text{ zł} / \text{h}}{8 \text{ ha} / \text{h}} = \frac{10,90 \text{ zł} / \text{h}}{8 \text{ ha} / \text{h}} = 1,36 \text{ zł} / \text{ha}$$

W wyniku tak wykonanych obliczeń otrzymany zbiór potrzebnych kosztów jednostkowych pracy maszyn w zł/ha:

$$k_1 = 1,36 \text{ zł/ha}, k_2 = 0,61 \text{ zł/ha}, k_3 = 0,23 \text{ zł/ha}, k_4 = 0,25 \text{ zł/ha}, \\ k_5 = 0,61 \text{ zł/ha}, k_6 = 6,18 \text{ zł/ha}, k_7 = 18,93 \text{ zł/ha}, k_8 = 17,25 \text{ zł/ha}.$$

Koszt robocizny (k_R) ustalono przy różnej wydajności rozsiewaczy nawozów:

$$k_{R1} [\text{zł/ha}] = 7 \text{ zł/h} : 1,7 \text{ ha/h} = 4,12 \\ k_{R2} [\text{zł/ha}] = 7 \text{ zł/h} : 1,8 \text{ ha/h} = 3,89$$

Optymalną ścieżkę realizacji procesu nawożenia wyznaczy najniższy koszt stanowiący sumę kosztów jednostkowych poszczególnych czynności:

$$\sum k_j = k_{e1} + k_{e2} + \dots \rightarrow \min. \quad (3)$$

Sumując wyliczone koszty jednostkowe [zł/ha] zgodnie z przedstawionymi wyżej równaniami otrzymamy następujący zbiór:

$$k_{w1} = 1,36 + 0,23 + 0,25 + 0,61 + 18,93 + 8,24 = 29,62 \\ k_{w2} = 1,36 + 0,23 + 0,25 + 0,61 + 17,25 + 7,78 = 27,48 \\ k_{w3} = 1,36 + 0,23 + 0,25 + 6,18 + 18,93 + 8,24 = 35,19 \\ k_{w4} = 1,36 + 0,23 + 0,25 + 6,18 + 17,25 + 7,78 = 33,05 \\ k_{w5} = 0,61 + 0,23 + 0,25 + 0,61 + 18,93 + 8,24 = 28,85 \\ k_{w6} = 0,61 + 0,23 + 0,25 + 0,61 + 17,25 + 7,78 = 26,73 \\ k_{w7} = 0,61 + 0,23 + 0,25 + 6,18 + 18,93 + 8,24 = 34,44 \\ k_{w8} = 0,61 + 0,23 + 0,25 + 6,18 + 17,25 + 7,78 = 32,30 \\ k_{w9} = 1,36 + 18,93 + 8,24 + 8,24 = 28,53$$

$$k_{w10} = 1,36 + 17,25 + 7,78 = 26,39$$

$$k_{w11} = 0,61 + 18,93 + 8,24 = 27,78$$

$$k_{w12} = 0,61 + 17,25 + 7,78 = 25,64$$

Podsumowanie

W przedstawionej procedurze optymalizując proces technologiczny dokonujemy jakościowej (rodzajowej) optymalizacji zestawu maszyn. Analiza wyznaczonych sum kosztów jednostkowych [zł/ha] wskazuje, że:

- 1) główne składowe stanowią koszty wysiewu nawozów k_7 i k_8 , czyli zastosowania rozsiewaczy,
- 2) zastosowania rozsiewacza przyczepianego (warianty parzyste) cechują niższe koszty od analogicznych zastosowań rozsiewacza zawieszanego,
- 3) za optymalny można uznać wariant – w_{12} .

Uzyskane wyniki prac optymalizacyjnych - wyliczone koszty, mogą stanowić etap wyjściowy do kolejnych działań w procedurze oceny efektywności produkcji. Wtedy to, przedstawiony wynik optymalizacji, trzeba ocenić w powiązaniu z materiałowymi kosztami nawożenia. Koszty te pozostają w wariantach w_{12} i w_6 , powiązane ze sposobem aplikacji nawozów. Realizacja wariantu w_{12} , gdzie pomija się czynności rozdrabniania i mieszania nawozów, wymaga stosowania ogólnie droższych, nawozów wieloskładnikowych. Wyższy koszt kilograma czystego składnika w nawozach wieloskładnikowych może zadecydować o uznaniu za optymalny wariantu w_6 , w którym możliwe i uzasadnione jest, stosowanie nawozów jednoskładnikowych w postaci przygotowywanej w gospodarstwie mieszaniny. W procesie decyzyjnym zarządzania produkcją i eksploatacją maszyn, ocenie muszą podlegać sumaryczne efekty optymalizacji procesu technologicznego i analiz na poziomie oceny efektywności produkcji.

Bibliografia

Banasiak J. 2004. Projektowanie i ocena ekonomiczna procesów agrotechnologicznych. Wydawnictwo AR we Wrocławiu.

Durczak K., Rzeźnik Cz. 2004. Projektowanie procesów technologicznych w rolnictwie. Mat. seminaryjne AR w Poznaniu.

Muhlemann A.P. i in. 2001. Zarządzanie. Produkcja i usługi. PWN Warszawa.

Muzalewski A. 2004. Koszty eksploatacji maszyn. IBMER Warszawa.

Przybył J., Rzeźnik Cz. 1996. Modelowanie procesów maszynowych w rolnictwie. Roczniki AR Poznań, Rolnictwo nr 48.

OPTIMIZATION OF TECHNOLOGY PROCESS IN AGRICULTURE USING “GRAPH’S METHOD”

The article presents using of „graph’s method” in procedures of optimization of technology process and evaluation of agricultural production efficiency.

Key words: technology process, optimization, graph’s method, unit costs