

*Ignacy Niedziółka*  
*Akademia Rolnicza w Lublinie*

## **Zagadnienia doboru technologii produkcji roślinnej na przykładzie kukurydzy zbieranej na ziarno**

Uzyskanie wzrostu produkcji pasz wymaga stosowania nowoczesnych metod uprawy, zbioru i konserwacji roślin pastewnych. Wprowadzenie tych metod do praktyki rolniczej uwarunkowane jest wieloma czynnikami. Należą do nich zarówno możliwości produkcyjne gospodarstw, jak też stan technicznego wyposażenia rolnictwa [5, 11, 14, 16, 21].

Obecnie coraz częściej zachodzi potrzeba określenia najbardziej efektywnych zastosowań nakładów pracy i środków produkcji w procesie technologicznym uprawianej rośliny. Poprawę efektywności ponoszonych nakładów energetycznych w produkcji roślinnej można uzyskać poprzez wprowadzanie nowoczesnych i energooszczędnych technologii. Podstawowym warunkiem uzyskania wysokich plonów — oprócz materiału siewnego, nawozów, środków ochrony roślin — jest wyposażenie gospodarstw w odpowiedni sprzęt, umożliwiający terminowe wykonanie wszystkich zabiegów produkcyjnych [6, 12, 13, 17, 20].

Każde gospodarstwo rolne, dążąc do uzyskania opłacalności produkcji, zmuszone jest do stosowania nowych i bardziej efektywnych środków produkcji, będących nośnikami postępu. Zdaniem wielu autorów [7, 16, 18, 19] wprowadzanie ich do gospodarstwa można uznać za celowe tylko wtedy, gdy zapewnią one m.in.:

- wzrost jakości i wielkości uzyskiwanych plonów,
- zwiększenie efektywności energetycznej i ekonomicznej produkcji,
- zmniejszenie nakładów ponoszonych na jednostkę produktu,
- zmniejszenie pracochłonności ludzkiej.

W związku ze stałym zainteresowaniem rolników i producentów pasz uprawą kukurydzy na ziarno, zachodzi konieczność opracowania i upowszechnienia w praktyce najbardziej efektywnych technologii produkcji tej rośliny w warunkach krajowego rolnictwa.



$$\sum_{i=1}^y N_{i1} A_i n_{1i} + \sum_{i=1}^y N_{i2} B_i n_{2i} + \sum_{i=1}^y N_{i3} C_i n_{3i} \leq N_{ij} \quad [3]$$

gdzie:  $N$  — nakłady ponoszone na poszczególne operacje w danej technologii,  
 $A, B, C$  — sezonowe prace polowe agregatów ciągnikowo-maszynowych,  
 $n$  — liczba agregatów ciągnikowo-maszynowych.

Lavoie i współautorzy [7] przyjęli ogólny format modeli programowania liniowego w postaci zależności (4) i (5):

$$Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \text{Max} \quad [4]$$

pod warunkiem że:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i \quad \text{dla wszystkich } i = 1 \text{ do } m \quad [5]$$

$$x_j \geq 0 \quad \text{dla wszystkich } j = 1 \text{ do } n$$

gdzie:  $Z$  — funkcja zysku liniowego,

$c_j$  — szacunkowa cena netto  $j$ -tej operacji,

$x_j$  — zakres  $j$ -tej operacji,

$a_{ij}$  — współczynnik nakładowo-produkcyjny (ilość  $i$ -tych środków potrzebnych do wykonania  $j$ -tej operacji),

$b_i$  — ilość  $i$ -tych dostępnych środków.

Podobnie Mikucki [8] i Muzalewski [9] stosowali modele decyzyjne do wyboru formy realizacji prac maszynowych w gospodarstwie, którego nadrzędną funkcją jest maksymalizacja dochodu rolniczego, wg wzoru (6):

$$D_n = P_k - (K_m - K_n) \rightarrow \text{Max} \quad [6]$$

gdzie:  $D_n$  — dochód netto, pomniejszony o amortyzację sprzętu rolniczego,

$P_k$  — wartość produkcji końcowej,

$K_m$  — koszty mechanizacji gospodarstwa, łącznie z amortyzacją sprzętu,

$K_n$  — inne koszty gospodarstwa;

przy założeniu, że:

$P_k$  i  $K_n$  — są stałe dla analizowanego gospodarstwa.

Według obu autorów [8, 9] z zależności (6) wynika, że bezpośrednią funkcją celu jest minimalizacja kosztów mechanizacji, liczonych jako suma kosztów pracy agregatów ciągnikowych, przy wykonywaniu poszczególnych operacji w ciągu okresu agrotechnicznego, zgodnie z zależnością (7):

$$K_m = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij} L_i \frac{k_{ij}}{W_{ij}} \quad [7]$$

gdzie:  $i$  — rodzaj pracy;  $i = 1 \dots m$  ( $m$  — liczba operacji),

$j$  — forma mechanizacji;  $j = 1 \dots n$  ( $n$  — liczba rodzajów form mechanizacji),

$x_{ij}$  — {1; dla  $i$ -tej operacji i  $j$ -tej formy mechanizacji, lub {0; dla przeciwnej formy,

$L_i$  — ilość pracy  $i$ -tego rodzaju w ciągu okresu agrotechnicznego,

$k_{ij}$  — koszt jednostkowy pracy  $i$ -tego rodzaju dla  $j$ -tej formy mechanizacji,

$W_{ij}$  — wydajność eksploatacyjna agregatu ciągnikowego dla  $i$ -tej operacji i  $j$ -tej formy mechanizacji.

Natomiast Wielicki i Błażek [19] zajmowali się oceną opłacalności różnych kierunków uprawy kukurydzy. Do obliczeń energochłonności produkcji zastosowali metodę bilansową, obejmującą z jednej strony nakłady energii, a z drugiej — uzyskaną wartość energetyczną produkcji. Oprócz obliczenia nakładów energetycznych i ich struktury, a także wartości energetycznej plonu, ustalili wskaźnik efektywności energetycznej według wzoru (8):

$$E_{en} = \frac{P_{er}}{N_{eo} + N_{eu}} \quad [8]$$

gdzie:  $E_{en}$  — wskaźnik efektywności energetycznej,

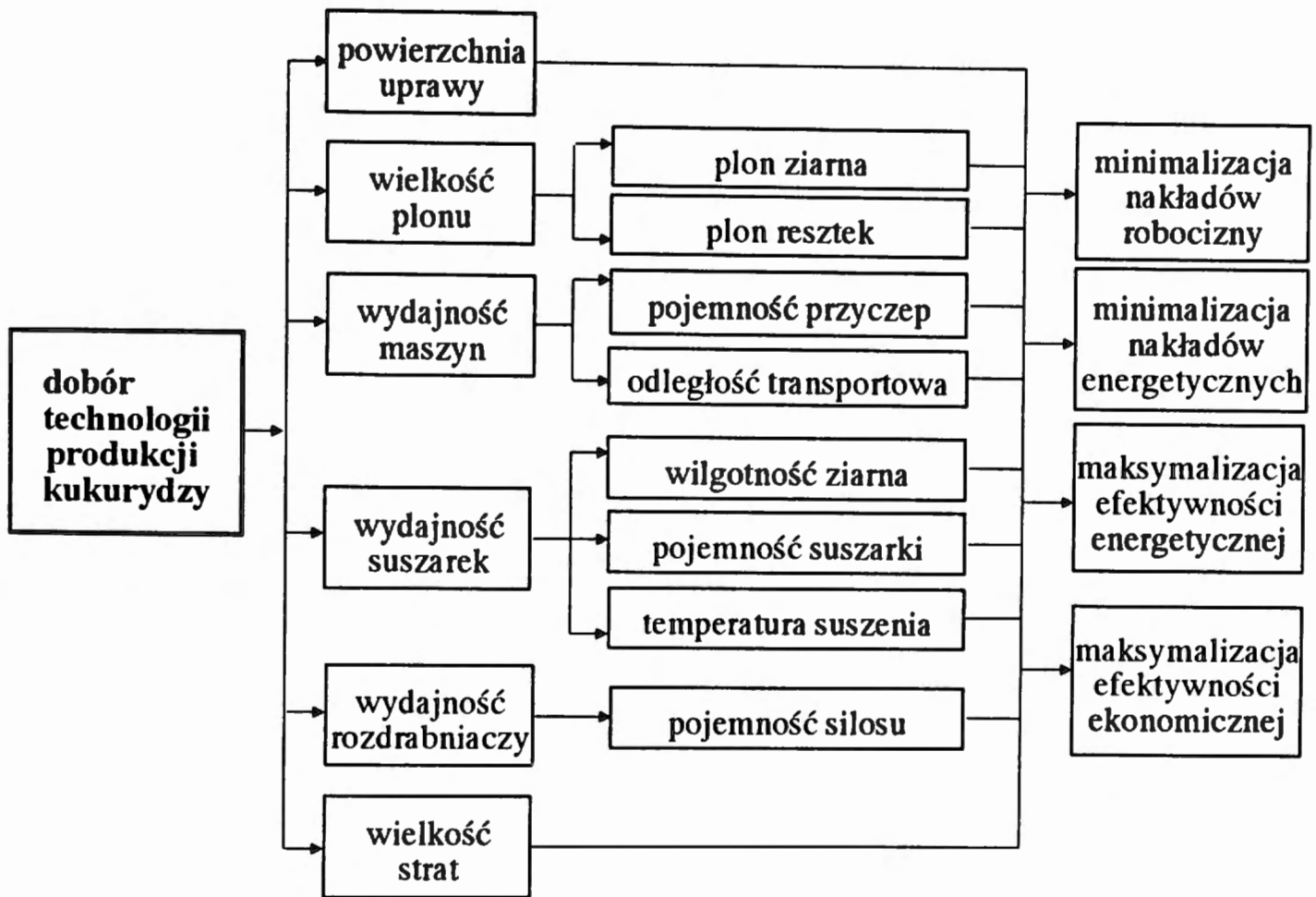
$P_{er}$  — wartość energetyczna plonu [MJ/ha],

$N_{eo}$  — nakłady energii operatywnej (praca ludzi, siła pociągowa żywa, paliwo, energia elektryczna) [MJ/ha],

$N_{eu}$  — nakłady energii uprzedmiotowionej (maszyny, nawozy, nasiona, środki ochrony roślin) [MJ/ha].

Przedstawione metody bilansowania i programowania liniowego dotyczą niepełnej oceny stosowanych technologii produkcji roślinnej. Wybór określonej metody lub jednocześnie kilku metod zależy przede wszystkim od kompletności baz danych oraz postawionych celów i kryteriów optymalizacji. W związku z tym niezbędny jest bank danych, stanowiący podstawę do zbudowania określonego modelu operacyjnego. Również w celu usystematyzowania banku danych wydzielone są grupy i podgrupy środków produkcji, zawierających wykazy techniczno-eksploatacyjnych, energetycznych i ekonomicznych parametrów najbardziej charakterystycznych dla każdej grupy środków. Oprócz tego uwzględnione są wszystkie zabiegi produkcyjne, które mogą wystąpić w przyjętej technologii produkcji.

Biorąc pod uwagę zależności występujące w technologii produkcji kukurydzy na ziarno (rys. 1) oraz określone warunki agrotechniczne gospodarstwa, podjęto próbę opracowania metody optymalnego doboru środków produkcji przy wykorzystaniu techniki komputerowej [2, 4]. Na podstawie odpowiednio skonstruowanych baz



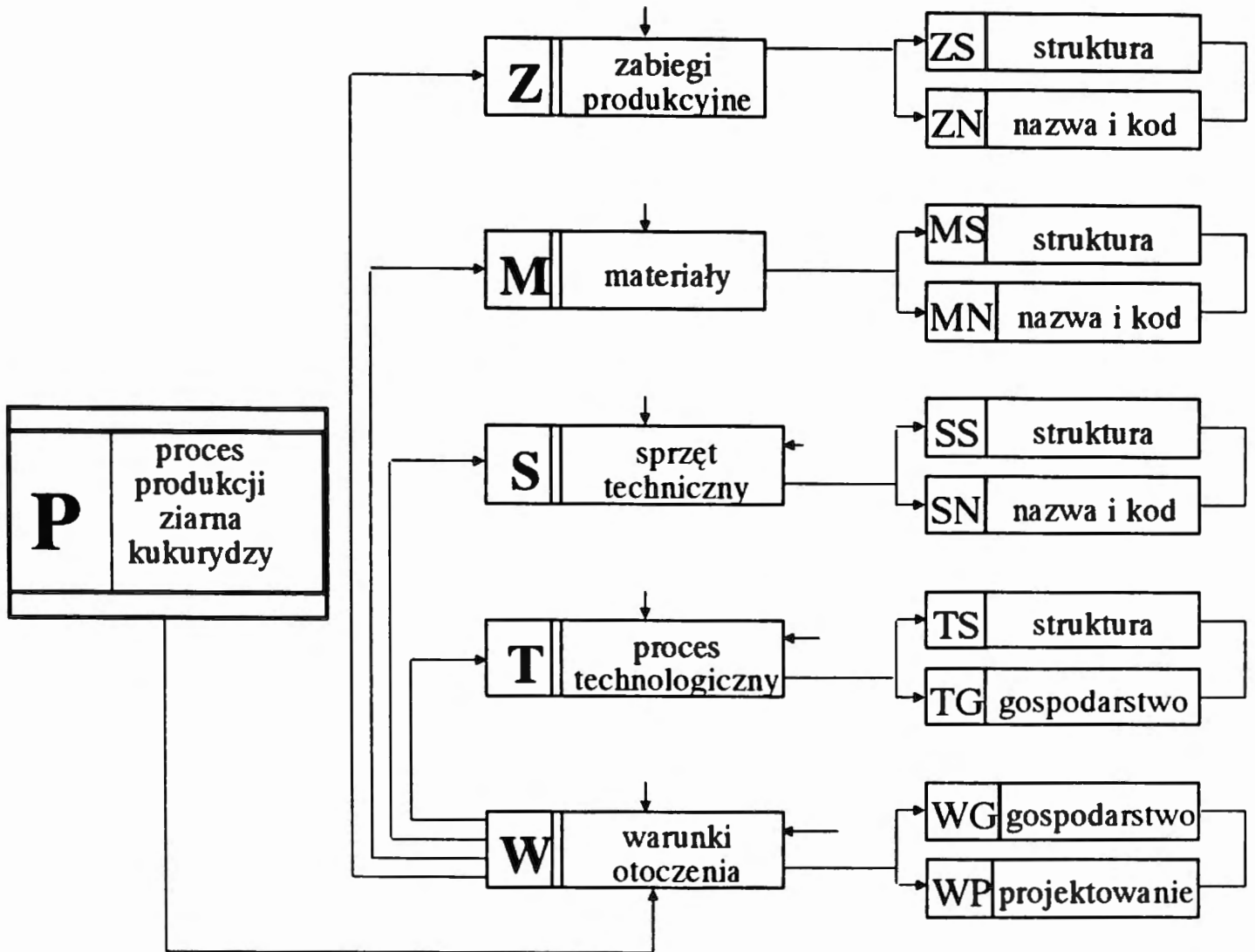
Rysunek 1. Wybrane elementy składowe technologii produkcji kukurydzy na ziarno

danych, odwzorowujących strukturę procesu produkcyjnego, oraz ustalonych procedur przetwarzania informacji możliwy jest optymalny dobór technologii według założonych kryteriów funkcji celu. Przyjęto, że może ono dotyczyć: minimalizacji nakładów robocizny, minimalizacji nakładów energii mechanicznej i elektrycznej, minimalizacji nakładów energetycznych skumulowanych, minimalizacji kosztów jednostkowych lub maksymalizacji zysku.

W tej sytuacji opracowano odpowiedni bank danych, zawierający niezbędne informacje dotyczące:

- projektowania procesu technologicznego produkcji kukurydzy na ziarno,
- opisu materiałów możliwych do zastosowania w analizowanym procesie,
- charakterystyk sprzętu przeznaczonego do mechanizacji poszczególnych prac,
- opisu warunków gospodarstwa i otoczenia,
- procedur przetwarzania danych dotyczących projektowania struktury procesu, optymalnego doboru sprzętu, obliczeń nakładów robocizny, nakładów energetycznych oraz kosztów produkcji.

Opracowany bank danych ma uniwersalną strukturę, w której każda baza danych może być rozbudowywana w zależności od występujących potrzeb. Struktura banku danych dotycząca procesu produkcji kukurydzy na ziarno zawiera pięć podstawowych



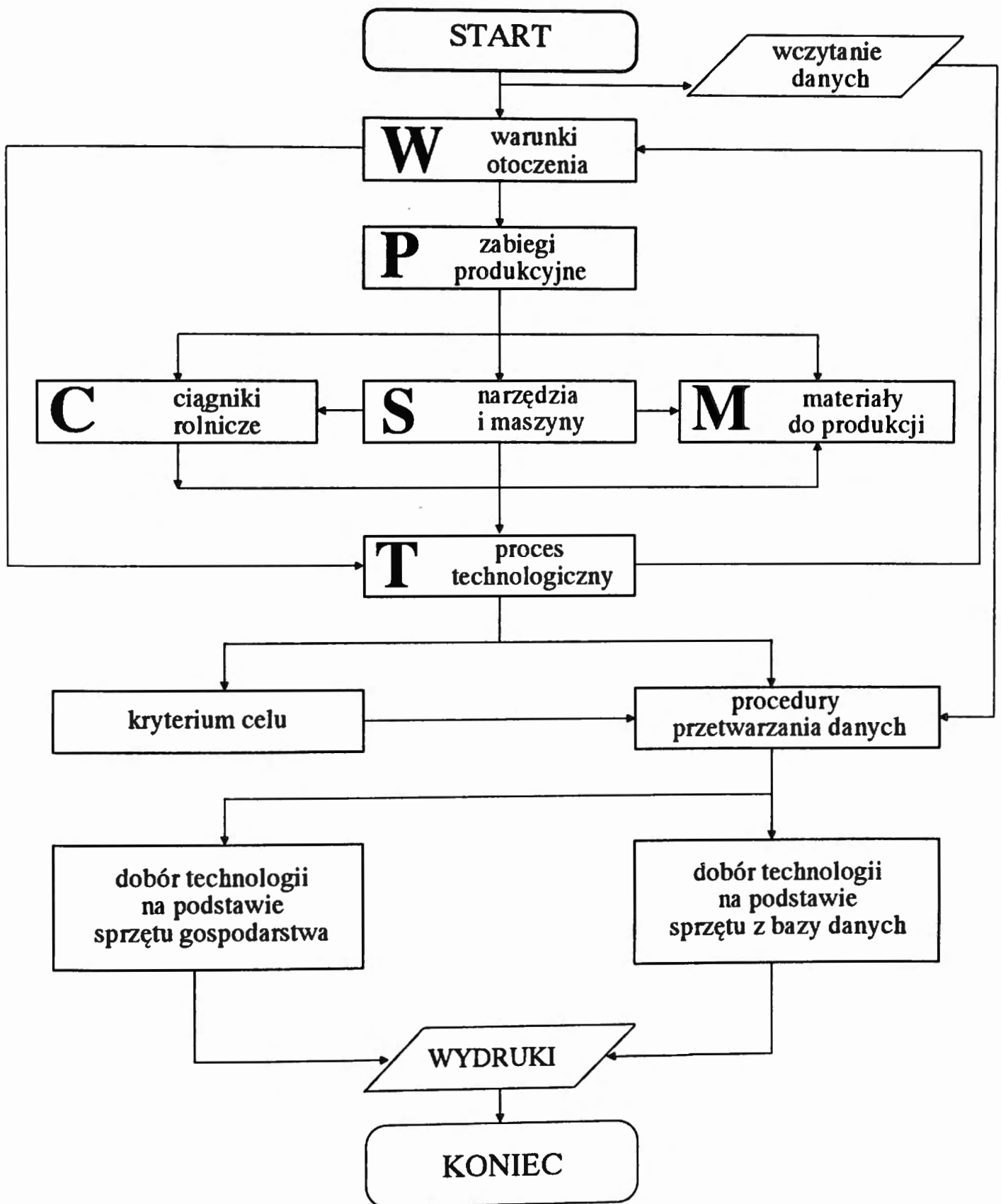
Rysunek 2. Struktura banku danych odwzorowujących proces produkcji kukurydzy na ziarno

modułów (rys. 2). W zależności od celu, dla którego struktura banku danych będzie wykorzystywana, schemat powiązań między poszczególnymi modułami może ulegać zmianie. Linie ciągłe dotyczą połączeń, z których przynajmniej jedno musi być zrealizowane, natomiast linie przerywane obejmują powiązania, które mogą, ale nie muszą występować. Każdy z wydzielonych elementów struktury ma odrębną budowę oraz ważne znaczenie w analizowanym procesie.

W celu optymalnego doboru technologii produkcji kukurydzy na ziarno został opracowany model operacyjny zawierający bazy danych stałych, bazy danych zmiennych (roboczych i wynikowych) oraz zbiór procedur przetwarzania powyższych danych [3, 14].

Bazy danych stałych obejmują charakterystyki dotyczące:

- zabiegów produkcyjnych możliwych do zastosowania w zmechanizowanej technologii produkcji kukurydzy na ziarno,
- ciągników, narzędzi, maszyn i urządzeń rolniczych, które mogą być wykorzystane do zmechanizowania prac w stosowanych zabiegach,
- materiałów użytych w procesie produkcji kukurydzy na ziarno,



Rysunek 3. Model operacyjny optymalnego doboru technologii produkcji kukurydzy na ziarno

- sposobów załadunku i rozładunku maszyn oraz urządzeń rolniczych,
- zabiegów produkcyjnych występujących w analizowanym procesie technologicznym w warunkach konkretnego gospodarstwa,
- sprzętu rolniczego znajdującego się w gospodarstwie, który może być wykorzystany w przyjętej technologii produkcji.

Bazy danych zmiennych zawierają informacje o rodzajach i liczbie ciągników, narzędzi, maszyn i urządzeń wybranych do realizacji analizowanego procesu produkcji kukurydzy na ziarno w warunkach konkretnego gospodarstwa. Obejmują także obliczenia wielkości nakładów i kosztów zgodnie z przyjętym kryterium celu.

W celu dokonania optymalnego doboru sprzętu technicznego do mechanizacji prac w procesie produkcji roślinnej należy uwzględnić wszystkie ciągniki, narzędzia, maszyny i urządzenia zamieszczone w bazie danych stałych.

Na podstawie modelu operacyjnego (rys. 3) został napisany program komputerowy [4, 10], składający się z następujących procedur przetwarzania danych:

- uaktywnienie i wczytanie baz danych,
- zestawienie zabiegów produkcyjnych w analizowanym procesie produkcji kukurydzy na ziarno i w warunkach konkretnego gospodarstwa,
- dobór ciągników, narzędzi, maszyn i urządzeń oraz dokonanie obliczeń w zależności od przyjętego kryterium funkcji celu,
- wydruki wyników obejmujących nakłady robocizny, energetyczne i koszty ponoszone na poszczególne zabiegi produkcyjne, jak też na całą technologię produkcji.

Proponowana metoda umożliwia ocenę procesu technologicznego w zależności od przyjętych kryteriów wyboru i funkcji celu. Ponadto hierarchiczna struktura funkcji celu oznacza, że w kolejnych wariantach obliczeń dany wskaźnik występuje jako podstawowy przy określaniu zbioru rozwiązań optymalnych. Na podstawie przeprowadzonych obliczeń i uzyskanych wydruków można dokonać wyboru określonego wariantu technologicznego zapewniającego najkorzystniejsze wskaźniki ponoszonych nakładów i kosztów produkcji. Ponadto można stwierdzić, które zabiegi produkcyjne i w jakim stopniu rzutują na łączne nakłady robocizny, energii i koszty stosowanego procesu technologicznego.

## Podsumowanie i wnioski

---

Na podstawie dotychczas stosowanych metod oceny technologii produkcji roślinnej utrudnione było ustalenie słabych ogniw realizacji przyjętego procesu technologicznego. Również przeprowadzenie badań symulacyjnych nowych rozwiązań technologicznych nastroczało w praktyce duże trudności. W tej sytuacji proponowana metoda komputerowej optymalizacji technologii produkcji pozwala na:



- łatwą i szybką ocenę ponoszonych nakładów robocizny, nakładów energii mechanicznej i elektrycznej, nakładów energetycznych skumulowanych oraz kosztów jednostkowych na realizację procesu produkcji (ocena zaszłości),
- optymalny dobór sprzętu rolniczego do mechanizacji prac w planowanym procesie produkcji kukurydzy na ziarno,
- kształtowanie warunków otoczenia z wykorzystaniem badań symulacyjnych, wspomagających projektowanie procesu technologicznego,
- korygowanie decyzji dotyczących wykorzystania środków produkcji w trakcie realizacji procesu.

Reasumując należy stwierdzić, że opracowana metoda optymalnego doboru sprzętu rolniczego do mechanizacji prac w procesie produkcji kukurydzy na ziarno umożliwia analizę dowolnej technologii stosowanej w warunkach konkretnego gospodarstwa. Może być także wykorzystana do wszechstronnych analiz efektywności energetycznej i ekonomicznej, mających na celu ustalenie optymalnych zasad produkcji roślinnej w nowoczesnym gospodarstwie rolnym.

## Literatura

- [1] Biespamiatnowa N.M., Bogotopow W.I. 1987. Optimizacja sostawa maszynotraktornych agregatow. *Wiestn. Siel.-choz. Nauki* 2: 113–118.
- [2] Gieroba J., Gruszczyński L., Niedziółka I. 1989. Ogólne założenia optymalizacji technologii produkcji pasz objętościowych. *Masz. i Ciąg. Rol.* 1: 10–12.
- [3] Gieroba J., Gruszczyński L., Niedziółka I., Siarkowski Z. 1991. Kryteria doboru maszyn i urządzeń rolniczych dla gospodarstw produkujących rośliny paszowe. *Annales UMCS* 46(33): 255–259.
- [4] Gruszczyński L., Niedziółka I., Siarkowski Z. 1991. Próba analizy komputerowej technologii produkcji pasz objętościowych. *Annales UMCS*, 46(32): 249–254.
- [5] Kowalski J. 1991. Modele organizacyjne mechanizacji w gospodarstwach chłopskich. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie* 154: 117.
- [6] Kulik T., Olszewski T., Pintara Cz., Roszkowski A. 1981. Mechanizacja produkcji kukurydzy. PWRiL, Warszawa.
- [7] Lavoie G., Gunjal K., Raghavan G.S.V. 1991. Soil compaction, machinery selection, and optimum crop planning. *Trans. ASAE* 34(1): 2–8.
- [8] Mikucki K. 1992. Modele decyzyjne doboru rolniczych zestawów maszyn. *Zesz. Probl. PNR* 403: 97–102.
- [9] Muzalewski A. 1993. Model optymalizacyjny mechanizacji gospodarstw rolniczych — dobór wyposażenia i usług. *Zesz. Probl. PNR* 408: 195–201.
- [10] Niedziółka I., Siarkowski Z. 1993. Uwarunkowania techniczne i technologiczne produkcji ziarna kukurydzy. *Zesz. Nauk. AR w Szczecinie* 159: 333–338.
- [11] Pawlak J. 1989. Organizacyjne i ekonomiczne aspekty mechanizacji produkcji roślinnej w indywidualnych gospodarstwach rolniczych. PWRiL, Warszawa.
- [12] Roszkowski A. 1980. Ocena efektywności energetycznej i ekonomicznej produkcji kukurydzy i jęczmienia. IBMER, Warszawa.
- [13] Rotz C.A., Muhtar H.A., Black J.R. 1983. A multiple crop machinery selection algorithm. *Trans. ASAE* 26(6): 1644–1649.
- [14] Sęk T., Przybył J. 1993. Eksploatacja agregatów do zbioru kukurydzy na ziarno i CCM. AR Poznań.

- [15] Siarkowski Z., Gruszczyński L., Niedziółka I. 1992. Koncepcja rozwiązania problemu komputerowej optymalizacji produkcji pasz. *Zesz. Probl. PNR* 402: 225–233.
- [16] Studenik B. 1987. Optimalizacia zakladnych parametrov mechanizacnych prostriedkov. *Zemed. Tech.* 33(4): 193–206.
- [17] Tokariew W.A. 1989. Rezerwy na uborke kukuruzy. *Mech. i Elektr. Siel. Choz.* 8: 12–14.
- [18] Van Ee G.R., Klíne G.L. 1990. Cornsim — a corn production model for Central Iowa. *Trans. ASAE* 33(3): 757–763.
- [19] Wielicki W., Błażek M. 1987. Energochłonność kierunków uprawy kukurydzy. *Rocz. Nauk Rol.* 77(2): 95–104.
- [20] Zscheischler J., i inn. 1984. Handbuch Mais. DLG — Verlag, Frankfurt n/Menem.
- [21] Żuk Z.J., Pobiedonoscew A.J. 1991. Metodiczeskije osnovy prognozirowania razwitija sielskochozajstwiennoj techniki. *Trakt. i Sielchoz.* 10: 1–6.