

# Sieciowe projektowanie prac maszynowych w rolnictwie z zastosowaniem baz danych

Streszczenie

Producent rolny dysponuje szerokim wachlarzem maszyn i narzędzi, które musi właściwie zestawić, aby wykonać określony zabieg agrotechniczny. Powinien jednocześnie uwzględnić aspekt ekonomiczno-organizacyjny przedsięwzięcia. W takich przypadkach zadaje on sobie pytanie: jakimi środkami można uzyskać ten cel, przy jakiej organizacji procesu produkcji oraz jakich efektów ekonomicznych można się spodziewać? Pomoc w odpowiedzi może uzyskać stosując metody planowania sieciowego. Wychodząc na przeciw omawianej idei i wspierając się inżynierią oprogramowania, a szczególnie największym dotychczasowym jej osiągnięciem – bazami danych, opracowano narzędzie pozwalające w krótkim czasie przeprowadzić symulację określonych procesów agrotechnicznych w warunkach zbliżonych do rzeczywistych. Dla producenta stanowi to możliwość wybrania jak najlepszych rozwiązań przed ich praktycznym zastosowaniem.

## Wstęp

Chcąc zminimalizować nakłady na produkcję należy poszukać jak najefektywniejszych rozwiązań. Wybierając technologię i maszyny powinno się uzyskać możliwie jak najwyższą jakość wykonywanych zabiegów jednocześnie, dążąc do minimalnych nakładów finansowych, a także zaoszczędzenia czasu. Każda roślina może być uprawiana na wiele sposobów za pomocą różnych zabiegów agrotechnicznych. Producent rolny powinien wybrać dla swojego gospodarstwa najbardziej efektywną technologię produkcji [1].

Celem pracy była analiza oraz badanie możliwości sieciowego projektowania prac maszynowych w rolnictwie z zastosowaniem baz danych. W wyniku doświadczenia opracowano program komputerowy, dzięki któremu można przeprowadzić badania symulacyjne określonych procesów agrotechnicznych, w warunkach zbliżonych do rzeczywistych. Zakres badań obejmował sieciowe zaprojektowanie prac maszynowych w uprawie kukurydzy na zielonkę.

Celem pracy była analiza oraz badanie możliwości sieciowego projektowania prac maszynowych w rolnictwie z zastosowaniem baz danych. W wyniku doświadczenia opracowano program komputerowy, dzięki któremu można przeprowadzić badania symulacyjne określonych procesów agrotechnicznych, w warunkach zbliżonych do rzeczywistych. Zakres badań obejmował sieciowe zaprojektowanie prac maszynowych w uprawie kukurydzy na zielonkę.

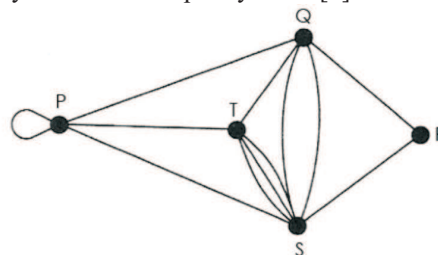
## Metody planowania procesów maszynowych przy produkcji roślinnej

Można wyróżnić wiele grup metod odpowiedniego doboru maszyn rolniczych według podziału mówiącego o ich elastyczności, zakresie stosowania, stopniu dokładności, a także pod względem ich liczby i jakości.

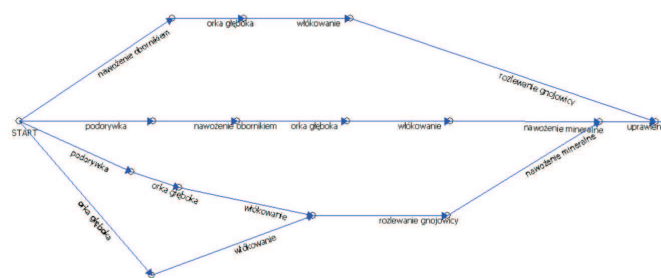
Podjęcie właściwej decyzji może być wspomaganie przez zastosowanie metod planowania sieciowego. Metody te zostały opracowane w końcu lat pięćdziesiątych w USA. Korzystano w nich głównie w przemyśle zbrojeniowym. Zyskały sobie one popularność po dziś dzień, gdyż w znacznym stopniu ułatwiają koordynowanie wykonywania projektów wymagających wielu wykonawców. Pomagają one w szybkim podejmowaniu decyzji podczas kierowania skomplikowanymi pracami badawczymi, projektowymi i wykonawczymi w jednostkach naukowo badawczych i w przemyśle. Pozwalają one lepiej wykorzystać potencjał wykonawczy poprzez określenie czasu realizacji i kosztów danego przedsięwzięcia [2].

Metody sieciowe są objęte zakresem metod techno-

logicznych. Zawierają się one w dość młodym dziale matematyki jaki stanowi teoria grafów (rys. 1). Dlatego też określa się je czasami mianem metod grafoanalitycznych lub metod analizy sieci czynności czy też układów powiązań. Polegają one na przedstawieniu procesu produkcyjnego w postaci rozgałęzionego schematu-sieci (rys. 2). Są one sposobami planowania i prognozowania, które wykorzystują graficzną prezentację rozważanych zagadnień - modelach grafów [3]. Aby jednak do tego wszystkiego doszło należy najpierw stworzyć model procesu produkcyjnego, który umożliwi przeprowadzenie badań symulacyjnych. Jest to o tyle korzystne, że przy niewielkich początkowych nakładach można uzyskać szereg cennych informacji odnośnie różnych stosowanych wariantów uprawy roślin [4].



Rys. 1. Graf z krawędziami wielokrotnymi i pętlą [5]

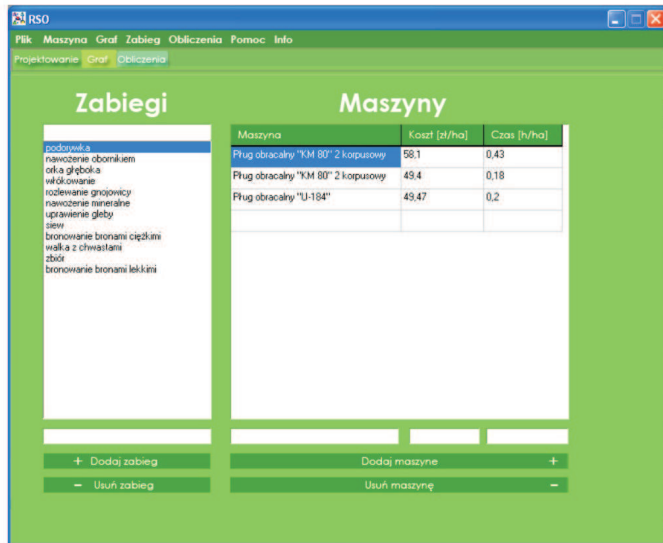


Rys. 2. Fragment sieci procesów maszynowych przy produkcji kukurydzy na zielonkę

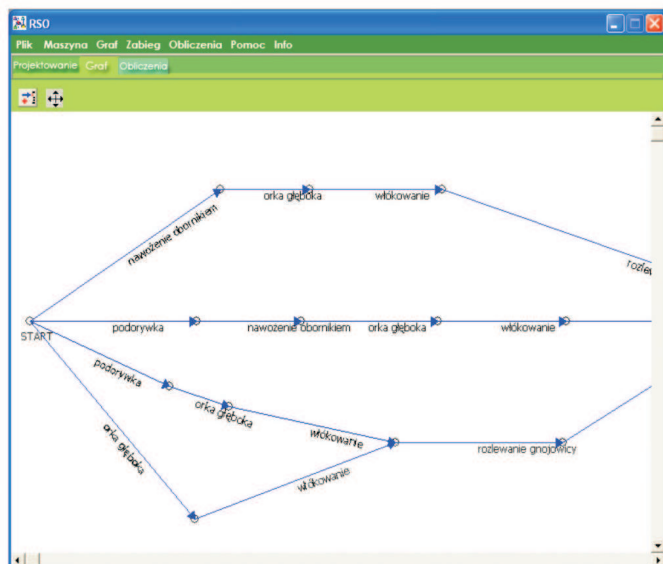
## Program Rolniczy System Optymalizacyjny – RSO

Rolniczy System Optymalizacyjny RSO (rys. 3) pozwala na zbudowanie modelu mającego za zadanie odzwierciedlić rzeczywiste procesy maszynowe przejawiające się podczas produkcji roślin w rolnictwie (rys. 4). Przy pomocy symulowanego modelu otrzymujemy różne warianty realizacji procesów maszynowych (rys. 5) Ponadto stworzona aplikacja umożliwia zbadanie efektywności danych procesów ze

względu na założone kryteria. Warto nadmienić, że program pozwala na symulację procesów maszynowych odbywających się podczas uprawy wielu różnych roślin.



Rys. 3. Okno główne programu Rolniczy System Optymalizacyjny – RSO



Rys. 4. Sieć procesów przy uprawie kukurydzy na zielonkę

Lp.	Wariant nr	KOSZT [zł/ha]	CZAS [h/ha]	PROCESY
1	1/1	1177,86	6,14	START -> podorywka Plug obracalny 1
2	1/2	1169,16	5,89	START -> podorywka Plug obracalny 1
3	1/3	1169,23	5,91	START -> podorywka Plug obracalny 1
4	1/4	1172,81	5,21	START -> podorywka Plug obracalny 1
5	1/5	1164,11	4,96	START -> podorywka Plug obracalny 1
6	1/6	1164,18	4,98	START -> podorywka Plug obracalny 1
7	1/7	1214,9	5,74	START -> podorywka Plug obracalny 1
8	1/8	1206,2	5,49	START -> podorywka Plug obracalny 1
9	1/9	1206,27	5,51	START -> podorywka Plug obracalny 1
10	1/10	1157,82	5,69	START -> podorywka Plug obracalny 1
11	1/11	1149,12	5,44	START -> podorywka Plug obracalny 1
12	1/12	1149,19	5,46	START -> podorywka Plug obracalny 1
13	1/13	1152,77	4,76	START -> podorywka Plug obracalny 1
14	1/14	1144,07	4,51	START -> podorywka Plug obracalny 1
15	1/15	1144,14	4,53	START -> podorywka Plug obracalny 1
16	1/16	1194,86	5,29	START -> podorywka Plug obracalny 1
17	1/17	1186,16	5,04	START -> podorywka Plug obracalny 1

Rys. 5. Wygenerowane różne warianty realizacji procesów maszynowych

Zadanie programu polega na wyszukaniu właściwej technologii uprawy określonych roślin za pomocą maszyn przeznaczonych do osiągnięcia tego celu. Program w swojej nowej wersji pozwala na znacznie szersze zastosowanie. Przejawia się to w szczególności zastosowaniem bazy danych. Umożliwia ona szybsze generowanie rozwiązań, archiwizację oraz przegląd danych, a także sprawia, że program jest stabilniejszy w obsłudze. Z punktu widzenia użytkownika rolniczego można mu powierzyć znacznie trudniejsze zadania, o większym stopniu złożoności bez obawy utraty danych.

Dzięki opracowanemu oprogramowaniu można określić jaka jest efektywność różnych wariantów realizacji danego procesu produkcji uprawy rośliny oraz ocenić je według przyjętych kryteriów. Z systemu mogą korzystać ośrodki doradztwa rolniczego, zakłady usługowe, kółka maszynowe, a także indywidualni rolnicy. Program pozwala uzyskać informacje w krótkim czasie, a ponadto wszystko odbywa się w stabilnym środowisku pracy.

### Badania symulacyjne

Przeprowadzone badania symulacyjne miały przede wszystkim na celu przetestowanie programu. Weryfikacji i walidacji systemu dokonano na przykładzie doboru maszyn w uprawie kukurydzy na zielonkę. W badaniach zastosowano wszystkie trzy kryteria oceny różnych wariantów procesu uprawy kukurydzy z zastosowaniem odpowiednich ograniczeń.

Dane techniczno-eksploatacyjne maszyn i ciągników rolniczych zastosowanych w badaniach oraz ich jednostkowe miary efektywności: jednostkowe koszty eksploatacji agregatów maszynowych  $K_{ea}$  [zł/ha] i jednostkowy czas realizacji operacji  $T_a = 1/W_{07}$  [h/ha], (tab. 1).

Przykład wygenerowanych z sieci możliwych do realizacji procesów maszynowych uprawy kukurydzy na zielonkę:

1. Podorywka -> Nawożenie obornikiem -> Orka głęboka -> Włokowanie -> Nawożenie mineralne -> Uprawienie gleby -> Bronowanie bronami ciężkimi -> Siew -> Bronowanie bronami lekkimi -> Walka z chwastami -> Zbiór
2. Nawożenie obornikiem -> Orka głęboka -> Włokowanie -> Rozlewanie gnojowicy -> Bronowanie bronami ciężkimi -> Siew -> Bronowanie bronami lekkimi -> Walka z chwastami -> Zbiór

Tab. 2 zawiera 3 najtańsze procesy maszynowe, wygenerowane z sieci z uwzględnieniem danych zawartych w tabeli 1 w oparciu o kryterium jednostkowego kosztu realizacji procesu ( $K_e$ ), przy zastosowanym ograniczeniu 1000 zł/ha. Program wygenerował 4669 procesów spełniających to kryterium.

Wygenerowano z sieci i uszeregowano według kryterium nr II (czas jednostkowy  $T$ ) możliwe do realizacji procesy maszynowe w uprawie kukurydzy.

Tab. 3 zawiera 3 najkrótsze procesy maszynowe, wygenerowane z sieci z uwzględnieniem danych zawartych w tab. 1 w oparciu o kryterium jednostkowego czasu realizacji procesu ( $T$ ), przy zastosowaniu ograniczenia 3 h/ha. Program wygenerował 1061 procesów spełniających to kryterium.

Wygenerowano z sieci i uszeregowano wg kryterium nr III (koszt  $K_e$  i czas jednostkowy  $T$  równocześnie) przy zastosowanych ograniczeniach taniej niż 1000 zł/ha i krócej niż 4 h/ha możliwe do realizacji procesy maszynowe w uprawie kukurydzy. Program znalazł 2727 wyników spełniających to kryterium. Tab. 4 zawiera 3 najtańsze i najkrótsze procesy maszynowe.

Tab. 1. Fragment danych techniczno-eksploatacyjnych agregatów zastosowanych w pracy Sobrol k. Poznania 2006

Lp.	Maszyna lub narzędzie	Ciągnik	Szer. rob. B	$W_{07}$	Jednostkowy koszt eksploatacji $K_{ca}$	Jednostkowy czas $T_a$
	symbol	symbol	[m]	[ha/h]	[zł/ha]	[h/ha]
<i>operacja nr 1: Agregaty maszynowe do podorywki</i>						
1.	Plug obracalny „KM 80” 2 korpusowy	Zetor 8441 Proxima	3,2	2,3	58,10	0,43
2.	Plug obracalny „KM 80” 2 korpusowy	Zetor 11441	6	5,5	49,40	0,18
3.	Plug obracalny „U184”	Zetor 12441.21	6	5	49,47	0,2
<i>operacja nr 2: Agregaty maszynowe do nawożenia obornikiem</i>						
4.	Rozrzutnik Strautmann V 10 E	Zetor 10541.1	2,86	0,6	187,45	1,6
5.	Rozrzutnik Strautmann V 12 TD	Zetor 11441	2,8	0,9	224,49	1,2

Tab. 2. Trzy najtańsze procesy maszynowe uszeregowane według kryterium jednostkowego kosztu procesu maszynowego ( $K_c$ ) → min (przy ograniczeniu 1000 zł/ha)

L.p	Nr procesu	T [h/ha]	$K_c$ [zł/ha]	Zastosowane maszyny i narzędzia
1.	4/39383	4,1	889,63	START -> orka głęboka (Plug zag. Tur B V6) -> włókovanie (Włóka łąkowo polowa Niwa 5) -> rozlewanie gnojowicy (Wóz asenizacyjny T 544/3 firmy "POMOT") -> nawożenie mineralne (Rozsiewacz Rau RS-C) -> uprawienie gleby (Agregat ARES A 3) -> bronowanie bronami ciężkimi (Brona wirnikowa ""TORNADO""200) -> siew (Poznaniak 3,0) -> bronowanie bronami lekkimi (brona zębowa zawieszana U212/2) -> walka z chwastami (HEROS 1000) -> zbiór (John Deer 9780i CTS) -> STOP
2.	4/40112	3,91	892,89	START -> orka głęboka (Plug zag. Tur B V6) -> włókovanie (Włóka łąkowo polowa Niwa 5) -> rozlewanie gnojowicy (Wóz asenizacyjny T 544/3 firmy "POMOT") -> nawożenie mineralne (Rozsiewacz Rau RS-C) -> uprawienie gleby (Agregat ARES A 3) -> bronowanie bronami ciężkimi (Brona wirnikowa ""TORNADO""200) -> siew (Mazur 4,5) -> bronowanie bronami lekkimi (brona zębowa zawieszana U212/2) -> walka z chwastami (HEROS 1000) -> zbiór (John Deer 9780i CTS) -> STOP
3.	2/13172	3,94	896,27	START -> nawożenie obornikiem (Rozrzutnik Strautmann VS 18) -> orka głęboka (Plug zag. Tur B V6) -> włókovanie (Włóka łąkowo polowa Niwa 5) -> rozlewanie gnojowicy (Wóz asenizacyjny T 544/3 firmy "POMOT") -> bronowanie bronami ciężkimi (Brona wirnikowa ""TORNADO""200) -> siew (Poznaniak 3,0) -> bronowanie bronami lekkimi (brona zębowa zawieszana U212/2) -> walka z chwastami (HEROS 1000) -> zbiór (John Deer 9780i CTS) -> STOP

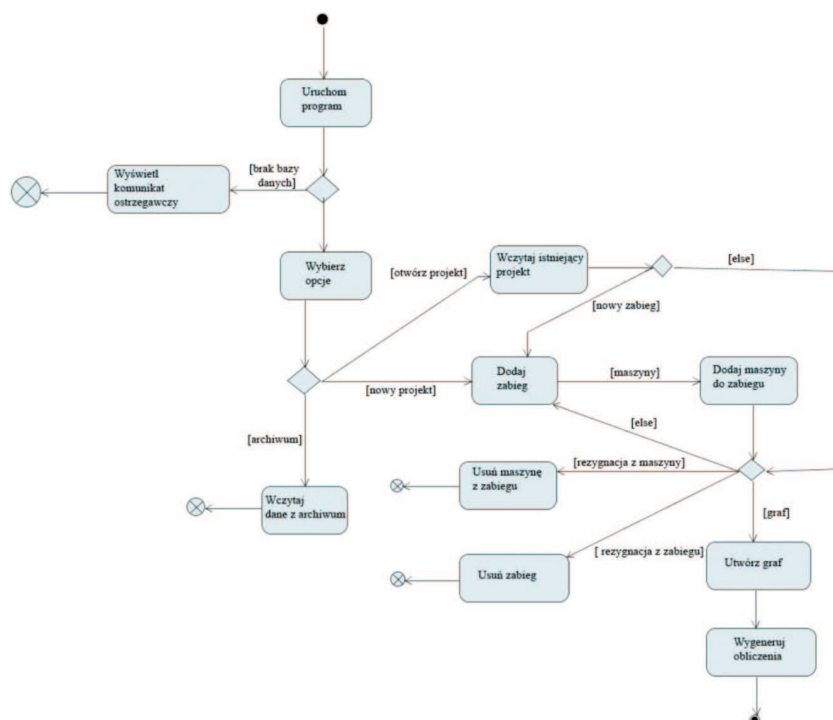
Tab. 3. Trzy najkrótsze procesy maszynowe, uszeregowane według kryterium jednostkowego czasu realizacji procesu maszynowego ( $T$ ) → min (przy ograniczeniu 3 ha/h)

L.p	Nr procesu	T [h/ha]	$K_c$ [zł/ha]	Zastosowane maszyny i narzędzia
1.	4/59028	2,67	1221,99	START -> orka głęboka (Plug obr. Vis XL 6+1) -> włókovanie (Włóka łąkowo polowa Niwa 8) -> rozlewanie gnojowicy (Wóz asenizacyjny T 544/2 firmy "POMOT") -> nawożenie mineralne (Rozsiewacz Rau RS-XL) -> uprawienie gleby (Agregat ARES B 3) -> bronowanie bronami ciężkimi (Brona wirnikowa ""TORNADO""40) -> siew (Mazur 6) -> bronowanie bronami lekkimi (brona zębowa zawieszana U358) -> walka z chwastami (GOLIAT Plus 3000) -> zbiór (John Deer 9780i CTS) -> STOP
2.	4/59037	2,67	1187,59	START -> orka głęboka (Plug obr. Vis XL 6+1) -> włókovanie (Włóka łąkowo polowa Niwa 8) -> rozlewanie gnojowicy (Wóz asenizacyjny T 544/3 firmy "POMOT") -> nawożenie mineralne (Rozsiewacz Rau RS-XL) -> uprawienie gleby (Agregat ARES B 3) -> bronowanie bronami ciężkimi (Brona wirnikowa ""TORNADO""40) -> siew (Mazur 6) -> bronowanie bronami lekkimi (brona zębowa zawieszana U358) -> walka z chwastami (GOLIAT Plus 3000) -> zbiór (John Deer 9780i CTS) -> STOP
3.	4/59046	2,67	1237,99	START -> orka głęboka (Plug obr. Vis XL 6+1) -> włókovanie (Włóka łąkowo polowa Niwa 8) -> rozlewanie gnojowicy (Wóz asenizacyjny Modulo2) -> nawożenie mineralne (Rozsiewacz Rau RS-XL) -> uprawienie gleby (Agregat ARES B 3) -> bronowanie bronami ciężkimi (Brona wirnikowa ""TORNADO""40) -> siew (Mazur 6) -> bronowanie bronami lekkimi (brona zębowa zawieszana U358) -> walka z chwastami (GOLIAT Plus 3000) -> zbiór (John Deer 9780i CTS) -> STOP



Tab. 4. Trzy najtańsze i najkrótsze procesy maszynowe uszeregowane według kryterium mieszane - jednostkowy koszt ( $K_c$ ) → min i jednostkowy czas ( $T$ ) → min procesu maszynowego przy ograniczeniu 1000 zł/ha i 4 h/ha

L.p	Nr procesu	T [h/ha]	$K_c$ [zł/ha]	Zastosowane maszyny i narzędzia
1.	2/17792	3,5	923,96	START -> nawożenie obornikiem (Rozrzutnik Strautmann VS 18) -> orka głęboka (Pług obr. Vis XL 6+1) -> włókovanie (Włóka łąkowo polowa Niwa 5) -> rozlewanie gnojowicy (Wóz asenizacyjny T 544/3 firmy "POMOT") -> bronowanie bronami ciężkimi (Brona wirnikowa "TORNADO"200) -> siew (Mazur 4,5) -> bronowanie bronami lekkimi (brona zębowa zawieszana U212/2) -> walka z chwastami (GOLIAT Plus 3000) -> zbiór (John Deer 9780i CTS) -> STOP
2.	2/17873	3,38	939,96	START -> nawożenie obornikiem (Rozrzutnik Strautmann VS 18) -> orka głęboka (Pług obr. Vis XL 6+1) -> włókovanie (Włóka łąkowo polowa Niwa 5) -> rozlewanie gnojowicy (Wóz asenizacyjny T 544/3 firmy "POMOT") -> bronowanie bronami ciężkimi (Brona wirnikowa "TORNADO"275) -> siew (Mazur 4,5) -> bronowanie bronami lekkimi (brona zębowa zawieszana U212/2) -> walka z chwastami (GOLIAT Plus 3000) -> zbiór (John Deer 9780i CTS) -> STOP
3.	2/17789	3,62	911,86	START -> nawożenie obornikiem (Rozrzutnik Strautmann VS 18) -> orka głęboka (Pług zag. Tur B V6) -> włókovanie (Włóka łąkowo polowa Niwa 5) -> rozlewanie gnojowicy (Wóz asenizacyjny T 544/3 firmy "POMOT") -> bronowanie bronami ciężkimi (Brona wirnikowa "TORNADO"200) -> siew (Mazur 4,5) -> bronowanie bronami lekkimi (brona zębowa zawieszana U212/2) -> walka z chwastami (GOLIAT Plus 3000) -> zbiór (John Deer 9780i CTS) -> STOP



Rys. 6. Diagram czynności

## Modelowanie systemu

Do programu „RSO” użyto metodyki obiektowej z wykorzystaniem notacji UML 2.0. Model systemu powstał za pomocą programu Visual Paradigm. Graficzną reprezentację tworzonego systemu przedstawiono w formie diagramów. Na rys. 6. przedstawiono diagram czynności.

## Podsumowanie i wnioski

Przedstawiony system informatyczny - RSO umożliwia projektowanie prac maszynowych w produkcji rolniczej. Dzięki wytworzonym oprogramowaniu można przeprowadzać badania symulacyjne ww. przedsięwzięć, określać ich efektywność pod kątem wyboru różnych wariantów, a także

oceniać je według założonych wcześniej kryteriów. Program prezentowany w niniejszej pracy został przetestowany na przykładzie doboru maszyn do uprawy kukurydzy na zielonkę. Testowanie systemu wykazało jego poprawne działanie, a także pozwoliło na sformułowanie następujących wniosków:

1. Zastosowanie komputerów do sieciowego projektowania prac maszynowych w rolnictwie pozwala na przeprowadzenie efektywnej symulacji przedsięwzięć mających miejsce w rzeczywistości oraz na szybkie uzyskanie wyników;
2. Wirtualny model sieciowy wytworzony w programie poprzez swoją elastyczność umożliwia łatwe i proste wprowadzanie potrzebnych zmian, takich jak np. dodawanie lub usuwanie zabiegów agrotechnicznych jak również dobór odpowiednich maszyn;

3. Ilość rozwiązań, jakie może wygenerować program jest ograniczona ze względu na pojemność dysku twardego komputera. Wprowadzenie ograniczeń takich jak odrzucenia procesów nie spełniających określonych warunków pozwala na zmniejszenie zapotrzebowania systemu co do pamięci masowej, a także na szybsze generowanie wyników;
4. Opracowane oprogramowanie jest proste i łatwe w obsłudze. Interfejs jest przejrzysty i zrozumiały intuicyjnie dla użytkownika. Wszystko to powoduje, że programem RSO mogą się posługiwać nawet średnio zaawansowani użytkownicy komputerów;
5. Testowanie oprogramowania wykazało jego zgodność z założeniami funkcjonalnymi postawionymi w fazie określania wymagań.

## Literatura

- [1] Kierul Z.: *Ekonomika i organizacja gospodarstw rolniczych*. Wyd. PWRiL, Warszawa 1986
- [2] Bładowski S.: *Metody sieciowe w planowaniu i organizacji pracy*. Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 1970
- [3] Jankowski B.: *Grafy - Algorytmy w Pascalu*. Wyd. MIKOM, Warszawa 2003
- [4] Lis W., Matuszewski A.: *Podstawy programowania sieciowego w przemyśle drzewnym. Cz. I. Metody programowania sieciowego*, Skrypt AR Poznań 1991
- [5] Wilson R. J.: *Wprowadzenie do teorii grafów*. Wyd. Naukowe PWN, Warszawa 2002.

## **Methods of network planning for tools and machines used in agriculture with the use of databases**

### *Summary*

*Agricultural producer has wide range of different machines and tools to use, which must be properly put together in order to perform the right procedure. At the same time the economical and organizational aspect should be taken into his consideration. In that cases the following question appears: which means would allow to achieve this goal, which method of organization and what kind of economical effects could be expected? The help for this answer might be shown through methods of network planning. Meeting that idea half way and leaning on programming engineering and particularly its biggest achievement database, there was created the tool by means of one can in short period of time run through the agricultural process in the conditions close to natural. That creates the possibility for the producer to choose the best solution before actually putting it in practical use.*