

MODELOWANIE ZŁOŻONEGO SYSTEMU PRODUKCJI – MODEL RELACYJNY GOSPODARSTWA SADOWNICZEGO

Zbigniew Ślipek, Sławomir Francik, Bogusława Łapczyńska, Kordon

Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Streszczenie. W pracy przedstawiono model relacyjny, opracowany metodą analizy systemowej procesu zbioru i transportu jabłek w gospodarstwie sadowniczym. W wyniku odwzorowania izomorficznego model relacyjny tworzy para składająca się z 5 elementów i zbioru 10 relacji tworzących strukturę modelu, odzwierciedlającą najważniejsze procesy mające wpływ na czas zbioru i transportu jabłek. Sformułowany model relacyjny jest podstawą do opracowania modelu operacyjnego i jego logicznej weryfikacji.

Słowa kluczowe: sad, model relacyjny, system zbioru i transportu, system złożony

Wstęp

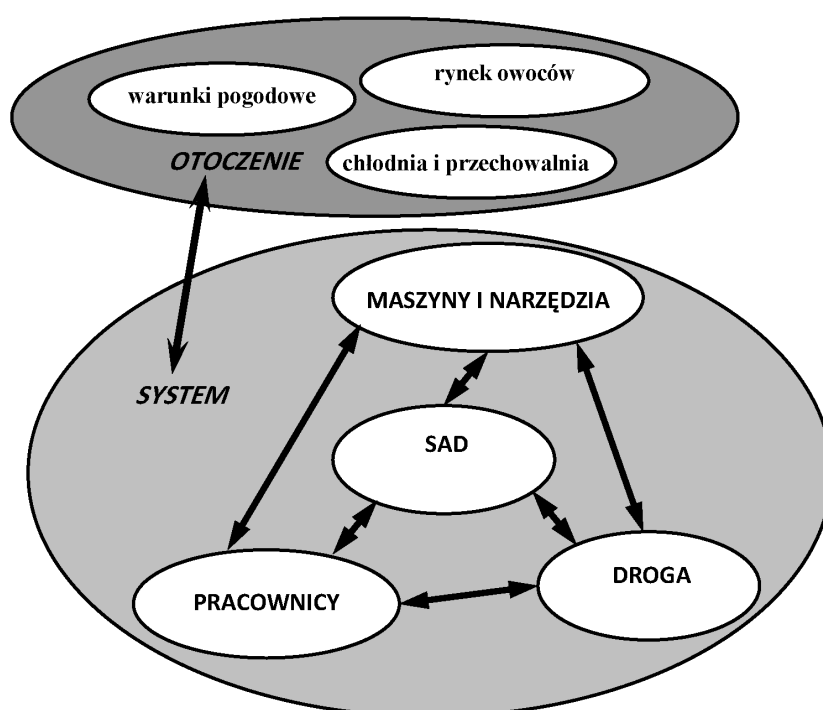
Produkcja sadownicza jest systemem (procesem) złożonym, ponieważ składa się z wielu obiektów powiązanych ze sobą za pomocą wielorakich zależności, które można opisać wieloma cechami [Pabis 2007; Jaros, Pabis 2007]. Poznanie i doskonalenie takich systemów jest możliwe za pomocą modeli tworzonych w oparciu o metody będące przedmiotem zainteresowania inżynierii systemów. Modele te można podzielić na modele podobne informacyjne albo strukturalnie do modelowanego systemu empirycznego [Jaros, Pabis 2007]. Struktura modelu może być przedstawiana ogólnie lub w sposób szczegółowy, w formie funkcyjnych, stochastycznych lub liczbowych zależności. W przypadku systemów złożonych dokładną analizę i dobór optymalnych czynników wpływających na ten proces umożliwia model sformułowany w oparciu o metodykę tworzenia modeli systemów złożonych, czyli najpierw opracowanie modelu relacyjnego, a następnie – operacyjnego. Struktura modelu relacyjnego jest pierwszym abstrakcyjnym przedstawieniem modelowanego systemu, która jest ogólnym, ale sformalizowanym przez matematyczną teorię relacji sposobem określenia związków pomiędzy elementami modelu, otrzymanymi w wyniku izomorficznego odwzorowania obiektów analizowanego systemu. Zatem struktura systemu jest zastępowana przez strukturę relacyjną, utworzoną na elementach modelu. Za pomocą modelu relacyjnego precyzowane są cele modelowania, ponieważ każda z relacji musi być zgodna z celem modelowania. Ponadto za pomocą takiego modelu uzasadniane jest podobieństwo modelu matematycznego do systemu empirycznego [Jaros 2008].

Z danych literaturowych wynika, że metodę modelowania systemów złożonych za pomocą modeli relacyjnych wykorzystywano już do opisu takich systemów jak kombajnowy zbiór i transportu zbóż [Pabis i in. 1981], zintegrowany system energetyczny w budynku mieszkalnym [Bieranowski, Nalepa 2005] oraz do modelowania baz danych [Mueller i in. 2004].

Dlatego w pracy podjęto próbę zastosowania analizy systemowej do opracowania modelu relacyjnego procesu zbioru i transportu jabłek w gospodarstwie sadowniczym w celu wybrania istotnych ze względu na cel modelowania, związków pomiędzy obiektami analizowanego systemu. Model ten może być podstawą do opracowania modelu operacyjnego analizowanego procesu.

Analiza systemu

Schemat modelowanego systemu przedstawiono na rysunku 1.

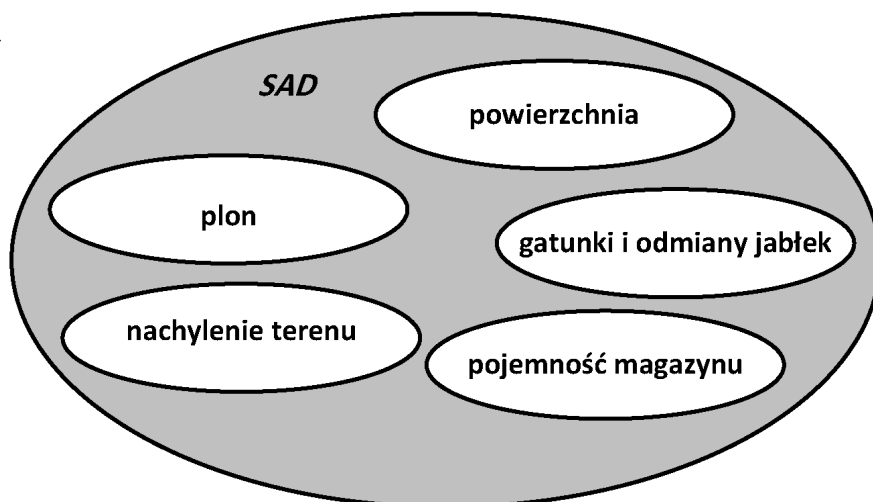


Rys. 1. Schemat modelowanego systemu
Fig. 1. Modelled system diagram

Na podstawie analizy systemu i odwzorowania homomorficznego wyodrębniono następujące obiekty główne: sad - S, pracownicy - P, maszyny i narzędzia - M, droga - D. Stan systemu zmienia się dynamicznie na skutek wzajemnego oddziaływania obiektów na siebie oraz otoczenia na system i systemu na otoczenie. Otoczenie systemu - O stanowią: warunki meteorologiczne, rynek owoców, przechowalnia i chłodnia.

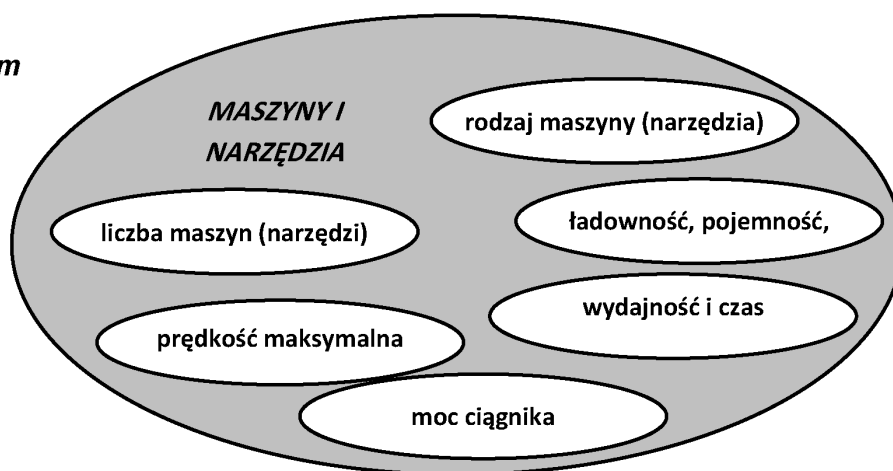
Przed sformułowaniem modelu relacyjnego systemu, obiekty zostały odwzorowane izomorficznie w elementy modelu relacyjnego i opisane odpowiednimi cechami, wynikającymi z celu modelowania (rys. 2-5).

S → s

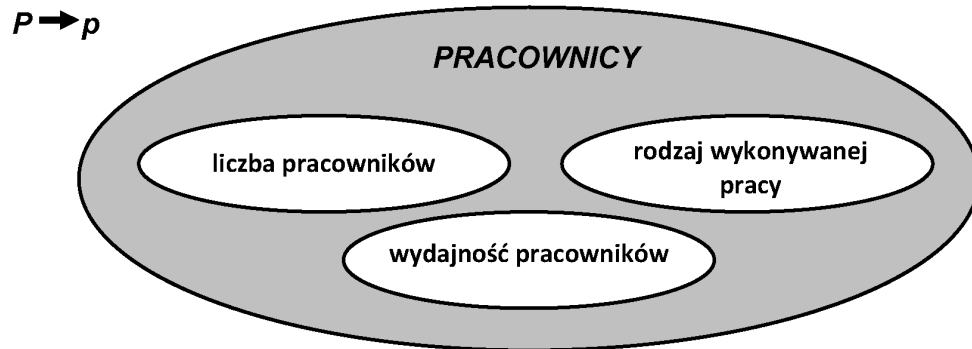


Rys. 2. Schemat podsystemu SAD
Fig. 2. Subsystem "ORCHARD" diagram

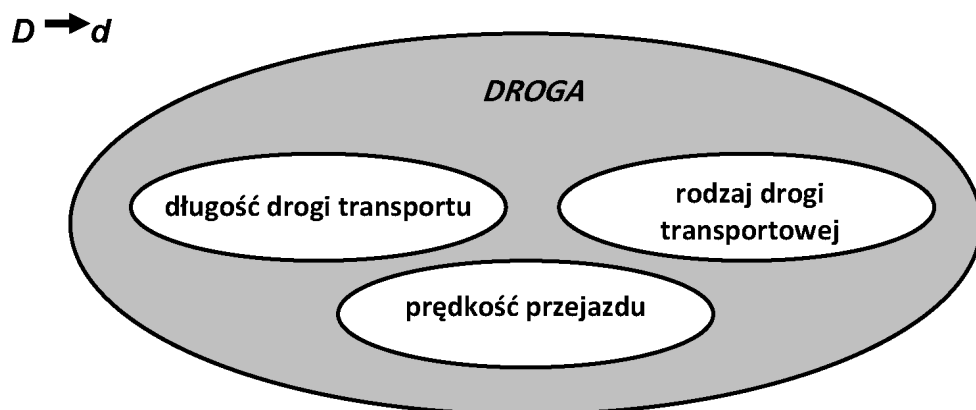
M → m



Rys. 3. Obiekt MASZINY I NARZĘDZIA i jego cechy
Fig. 3. Object "MACHINES AND TOOLS" and its features



Rys. 4. Obiekt PRACOWNICY i zbiór cech
Fig. 4. Object "WORKERS" and set of features



Rys. 5. Obiekt DROGA i jego cechy
Fig. 5. Object "WAY" and its features

Model relacyjny

Model relacyjny definiowany jest jako para relacji zbioru elementów modelu i struktury relacyjnej [Pabis 1985, Jaros; Pabis 2007]:

$$M^R = \langle E, S^R \rangle \quad (1)$$

W modelowanym systemie zbiór E składa się z następujących elementów:

$$E = \{s, m, p, d, o\}$$

Zgodnie z definicją [Jaros 2008] struktura modelu relacyjnego o elementach ze zbioru E jest podzbiorem kwadratu kartezjańskiego E^2 :

$$S^R \subseteq E \times E \quad (2)$$

Na podstawie informacji, uzyskanych od eksperta, o modelowanym systemie, z pośród wszystkich par relacji, otrzymanych z kwadratu kartezjańskiego zbioru elementów E modelu, wybrano podzbiór relacji istotnych ze względu na cel modelowania, tworzący strukturę modelu S^R :

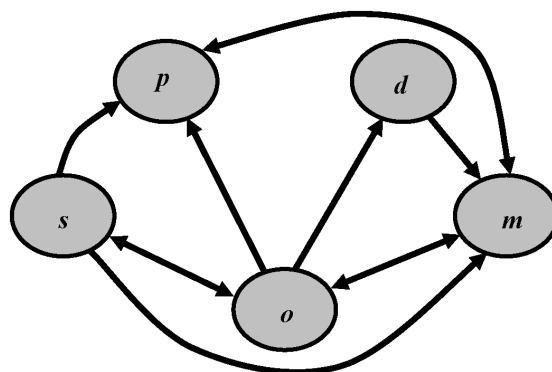
$$S^R = \{\langle s, p \rangle, \langle s, m \rangle, \langle p, m \rangle, \langle m, p \rangle, \langle m, o \rangle, \langle d, m \rangle, \langle o, s \rangle, \langle o, p \rangle, \langle o, m \rangle, \langle o, d \rangle\}$$

Strukturę relacyjną modelu przedstawiono w postaci macierzy zawartej w tabeli 1. Istniejącą relację oznaczono 1, brak relacji - 0.

Tabela 1. Macierz relacji pomiędzy elementami modelu
Table 1. Matrix of relation between the model elements

	o	s	p	m	d
o		1	1	1	1
s	1		1	1	0
p	0	0		1	0
m	1	0	1		0
d	0	0	0	1	

Strukturę modelu zilustrowano również grafem relacji (rys. 6).



Rys. 6. Graf struktury modelu relacyjnego
Fig. 6. Graph of relation model structure

Utworzona struktura wskazuje, że celem badania systemu jest określenie wpływ pewnych cech sadu na cechy pracowników, maszyn i narzędzi oraz otoczenia, cech pracowników na cechy sadu, maszyn i urządzeń, otoczenia, cech maszyn i urządzeń na cechy pracowników i otoczenia, cech drogi na maszyny i urządzenia. Cechy poszczególnych elementów zostały wybrane tak, aby można było za ich pomocą opisać w modelu czas działania systemu. Rodzaj wybranych cech dla każdego z elementów przedstawiono na rysunkach 2 -5.

Wybrane relacje, tworzące strukturę, można uzasadnić następująco:

relacja:

- $\langle s,p \rangle$ określa zależność pomiędzy plonem w sadzie a liczbą i czasem pracowników, jednocześnie plon zależny jest od gatunku i odmiany jabłek;
- $\langle s,m \rangle$ oznacza wpływ plonu na wybór liczby i czasu pracy maszyny, jak również na wybór jej rodzaju, który będzie implikował stany w jakich element m może się znajdować,
- $\langle p,m \rangle$ przedstawia wpływ pracownika obsługującego maszyny na ich czas pracy, który zależy od umiejętności i wydajności pracownika; równocześnie zachodzi relacja symetryczna $\langle m,p \rangle$, określająca wpływ typu maszyny na czas pracy pracownika;
- $\langle m,o \rangle$ oznacza zależność określającą wpływ systemu poprzez maszynę na otoczenie z powodu awarii – wezwanie serwisu, a relacja symetryczna $\langle o,m \rangle$ określa czas przejazdu serwisu i usuwania awarii, który równocześnie zwiększa czas pracy maszyny;
- $\langle d,m \rangle$ pozwala, w zależności od długości drogi, rodzaju drogi i średniej prędkości, wyznaczyć czas przejazdu maszyny, a średnia prędkość przejazdu będzie konsekwencją oddziaływania otoczenia na system poprzez warunki pogodowe, między innymi na nawierzchnię drogi w postaci relacji $\langle o,d \rangle$;
- $\langle o,s \rangle$ przedstawia logiczny związek pomiędzy otoczeniem a sadem poprzez warunki pogodowe, które decydują o rozpoczęciu zbioru, a relacja $\langle s,o \rangle$ może przedstawiać zależność pomiędzy popytem a podażą;
- $\langle o,p \rangle$ wpływa na czas trwania przerw pracownika, kiedy wystąpi np. awaria maszyny, którą on obsługuje.

Czas zbioru jabłek zależy przede wszystkim od powierzchni sadu, plonu związanego z gatunkiem jabłek oraz liczby pracowników i maszyn, urządzeń oraz ich wydajności, a także od stanów w jakich elementy modelu mogą się znajdować. W przypadku modelowanego systemu można założyć, że poszczególne elementy znajdują się w następujących stanach: s – oczekiwania na zbiór, zbioru, p – oczekiwania na wykonanie pracy, praca (np. zbiór plonu, obsługa środka transportu itp.), m ; przygotowania, pracy (przejazdu), załadunku, rozładunku, awarii i d – można by przypisać dwa stany związane z jakością nawierzchni – stany: suchy i mokry Wpływ na jego czas pracy czyli transport jabłek do przechowalni będzie miał czas załadunku związany z prędkością przejazdu środka transportu, ładownością przyczepy, z wydajnością załadunku i rozładunku, czas trwania awarii. Bardzo duży wpływ na czas zbioru ma wpływ otoczenia na analizowany system poprzez warunki pogodowe, regulacje rynkowe oraz świadczenie usług naprawczych.

Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonej analizy systemu zbioru i transport owoców, wyodrębniono, w wyniku odwzorowania homomorficznego, obiekty główne systemu, którym przypisano cechy, które dobrze odwzorowują strukturę i cechy systemu. Poprzez odwzorowanie izomorficzne utworzono zbiór elementów modelu, które połączono w relacje tworzące strukturę modelu relacyjnego. Każda z relacji, tworzących strukturę, oznacza jakieś matematyczne relacje w formie równań wynikających z praw nauki, albo utworzone poprzez sformułowane hipotezy zweryfikowane eksperymentami doświadczalnymi, które pozwolą na dalszym etapie utworzyć model operacyjny.

W wyniku odwzorowania obiektów utworzono pięcioelementowy zbiór, w którym elementy są odwzorowaniem sadu, pracowników, maszyn i narzędzi, drogi łączącej z przechowalnią oraz otoczenia (warunków pogodowych, serwisu). Elementy połączono w relację, które tworzą strukturę odzwierciedlającą proces zbioru i transportu jabłek, określające zależności pomiędzy cechami poszczególnych elementów modelu. Strukturę tę tworzy 10 elementowy zbiór relacji, głównie symetrycznych i przechodnich.

Bibliografia

- Bieranowski J., Nalepa K.** 2005. Model relacyjny zintegrowanego systemu energetycznego w wiejskim budynku mieszkalnym. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 1(61). s. 23-31.
- Jaros M.** 2008. Znaczenie modelu relacyjnego w matematycznym modelowaniu systemów. Elementy inżynierii systemów rolnictwa pod red. Weresa J., Krysztofiaka A., Bonieckiego P., Nowakowskiego K.. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, s. 27-35.
- Jaros M., Pabis S.** 2007. *Inżynieria systemów*. Wydawnictwo SGGW Warszawa. ISBN 83-7244-832-9
- Pabis S.** 2007. *Metodologia Nauk Empirycznych. 12 wykładów*. Wyd. Uczelniane Polit. Koszalińskiej. ISBN 978-83-7365-124-1.
- Pabis S., Jaros M., Wieremiejczyk W.** 1981. Doskonalenie procesu zbioru i transportu ziarna zbóż metodą symulacji komputerowej. Część I: Modelowanie systemów agrotechnicznych. *Roczniki Nauk Roln.* 75-C-2. ISSN: 0080-3677.
- Mueller W., Boniecki P., Weres J., Nowakowski K.** 2007. Modelowanie danych w procesie odwzorowywania informatycznego systemów empirycznych stanowiących przedmiot inżynierii rolniczej. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 6(94). s. 175-181.

THE MODELLING OF COMPLEX PRODUCTION SYSTEM – RELATION MODEL OF FRUIT FARM

Abstract. The paper presents the relation model developed using the method involving system analysis of apple harvesting and transporting process in a fruit farm. As a result of isomorphic mapping, relation model is constituted by a pair consisting of 5 elements and a set of 10 relations forming model structure reflecting the most important processes affecting apple harvesting and transporting time. The formulated relation model provides the basis for operational model development and logical verification.

Key words: fruit farm, relation model, harvesting and transporting system, complex system

Adres do korespondencji:

Sławomir Francik; e-mail: email: sfrancik@ur.krakow.pl
Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
ul. Balicka 120
30–149 Kraków