

MODELOWANIE SYNTEZY DZIAŁAŃ OCHRONNYCH W ROLNICZYM PROCESIE PRODUKCYJNYM

Piotr Maksym, Andrzej W. Marciniak, Andrzej Kusz

Katedra Podstaw Techniki, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Streszczenie. W artykule przedstawiono metodę modelowania problemów decyzyjnych, polegającą na syntezie działań prewencyjno-interwencyjnych w rolniczym procesie produkcyjnym. W zależności od spektrum zagrożenia, zbiór działań musi spełniać szereg ograniczeń wynikających z ich stosowania, pilności i wykonalności. Ostatecznym kryterium wyboru działania jest wynik predykcji straty plonu. Przedstawioną koncepcję budowy modelu oparto na technologii sieci bayesowskich.

Słowa kluczowe: rolniczy proces produkcyjny, działania prewencyjno-interwencyjne, komputerowe wspomaganie procesów decyzyjnych, sieci bayesowskie

Wstęp

Rolniczy proces produkcyjny narażony jest na szereg zagrożeń, których chwile wystąpienia oraz intensywność mają charakter losowy o rozkładach prawdopodobieństwa warunkowo zależnych od fazy rozwojowej uprawianej rośliny. Paradygmat integrowanej produkcji rolniczej implikuje konieczność systemowego podejścia do problemu budowy modeli informacyjnie wspomagających dobór działań. Dobór działań prewencyjnych i interwencyjnych w zakresie ochrony powinien wynikać z aktualnego spektrum zagrożeń i predykcji straty plonu. Działania te muszą spełniać szereg ograniczeń. Ograniczenia te zapisujemy w postaci sieci bayesowskiej [Dokumentacja programu BayesiaLab]. Wynikają one z faktu, że w każdej fazie fenologicznej mogą wystąpić specyficzne zagrożenia procesu uprawy. Zagrożenie jest konceptualizowane poprzez strukturę oraz miary natężenia i zaawansowania. Opis tej struktury określamy jako spektrum zagrożenia. Taki sposób postrzegania zagrożenia wymaga odpowiedniego zdefiniowania działań, które mogą mieć charakter prewencyjny lub interwencyjny. Działania prewencyjne są podejmowane w sytuacji gdy zagrożenie jeszcze nie wystąpiło lub jest nieznacznie zaawansowane i ma ono na celu zahamowanie jego rozwoju. Działania interwencyjne są stosowane gdy natężenie i zaawansowanie zagrożenia jest znaczne. Sensowne jest więc rozpatrywanie działań prewencyjno-interwencyjnych. W przypadku takich działań ich struktura i natężenie nie są a priori zadane.

Celem pracy jest konceptualizacja problemu syntezy prewencyjno – interwencyjnego działania w zakresie ochrony uprawy, umożliwiająca łatwą formalizację w postaci sieci bayesowskich. Z teoretycznego punktu widzenia konceptualizacja ta jest fuzją schematu rozumowania w kategoriach łańcuchów przyczynowo – skutkowych oraz logiki ograniczeń.

Konceptualizacja problemu

Do tej pory działania ochronne były wykonywane w oparciu o próg szkodliwości. Stopień zagrożenia uprawy oceniany był za pomocą testu na niewielkiej próbie. Dodatkowo, warunki przeprowadzenia takich testów nie były dość ostro sprecyzowane. W wyniku przekroczenia progu szkodliwości zalecane było działanie o z góry określonym natężeniu niezależnym od rzeczywistego stopnia zagrożenia.

Bardziej precyzyjne określenie rozpoznawanego zagrożenia (niepewność w rozpoznawaniu, przestrzenna lokalizacja zagrożenia) wymaga integracji informacji z heterogenicznych źródeł. W oparciu o nie w chwili podejmowania decyzji syntetyzowane będą działania ochronne. Synteza ta dotyczy składania działań złożonych z działań elementarnych. Działania elementarne będą identyfikowane z użyciem odpowiedniego środka ochronnego. Podobnie jak w przypadku zagrożenia, strukturę działania będziemy określali jako spektrum działania. Spektrum działania musi być zgodne ze spektrum zagrożenia. Działania prawidłowo zsintetyzowane to takie które są kompatybilne ze spektrum zagrożenia. Wymóg tej zgodności formułujemy w postaci binarnej relacji pomiędzy konkretnym zagrożeniem należącymi do spektrum zagrożenia a działaniem opartym o środek wchodzący w spektrum działań. Do konkretyzacji tej relacji używamy danych od producentów środków ochronnych. Kolejne kryterium zgodności wynika z zakresu działania poszczególnych środków ochronnych co oznacza, że przy rozległym spektrum zagrożenia w grę wchodzi łączenie środków [Idkowiak 2009, Maksym 2010].

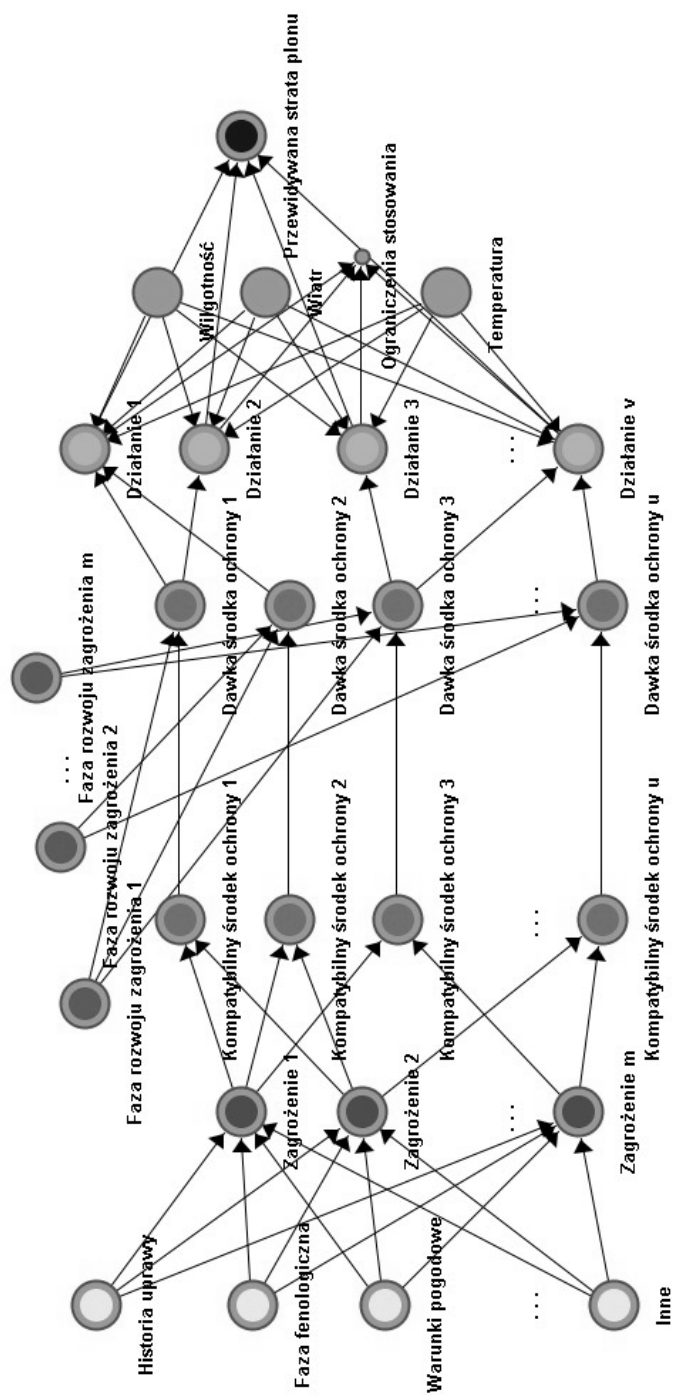
Uwzględnienie przedstawionych powyżej ograniczeń definiuje zbiór działań kompatybilnych do zaistniałej sytuacji. Działania te mają określoną pilność wykonania zależną od sytuacji i posiadanych środków oraz chwilowych warunków jakie muszą zaistnieć aby zadania były wykonalne. To definiuje kolejne sito ograniczeń redukujących pole wyboru działań.

Końcowy zbiór decyzji, o ile nie jest pusty lub jednoelementowy to wymaga dodatkowego kryterium wyboru. Kryterium to wiąże się ze skutecznością działania. Skuteczność działania modelujemy poprzez zastosowanie teorii użyteczności i jej operacjonalizacji w postaci decyzyjnych modeli probabilistycznych, które maksymalizują wartość oczekiwanej funkcji użyteczności. Ekwiwalentnym sposobem jest powiązanie decyzji odnośnie wyboru działania prewencyjno-interwencyjnego z predykcją straty plonu. Przewidywana strata plonu jest tym dodatkowym kryterium wyboru. Predykcja straty plonu jest uzależniona od wybranego działania i użytego środka ochronnego [Maksym 2010].

Budowa modelu

Na rysunku 1 przedstawiono ogólną strukturę sieci modelującej problem syntezy działań prewencyjno-interwencyjnych. Moduł ten ma zestandaryzowaną postać zarówno w warstwie interpretacyjnej jak i strukturalnej i może być zastosowany do różnych kategorii zagrożeń (chwasty, choroby, szkodniki).

Warstwę węzłów początkowych komponujemy tak, ażeby opisywała ona sytuację, w której identyfikujemy strukturę, natężenie i zaawansowanie zagrożeń. W szczególności są to: faza fenologiczna, historia uprawy, aktualne warunki pogodowe, stan plantacji. Wpływają one na strukturę zagrożeń i zaawansowanie jego rozwoju. Istotnym węzłem jest tu faza fenologiczna uprawianej rośliny, ponieważ indukuje ona określone rodzaje zagrożeń.



Rys. 1. Ogólna topologia sieci
Fig. 1. Overall network topology

Z kolei historia uprawy implikuje natężenie zagrożeń. Dodatkowo celowe jest umieszczenie tu węzła reprezentującego dodatkową niepewność epistemiczną, wynikającą z nieuwzględnienia jakiegoś faktu dla danej uprawy (węzeł Inne).

Poszczególne rodzaje zagrożeń implikują zastosowanie określonej kombinacji środków ochrony, reprezentowanych przez kolejną warstwę węzłów (klasa spektrum zachwaszczenia). Rozkład prawdopodobieństwa nad tymi węzłami opisuje poziom zgodności środków ochrony z zagrożeniami. Kolejna warstwa węzłów sieci reprezentuje informacje uzupełniające – określa dawki kompatybilnych środków i uzależnia je od fazy rozwoju zagrożenia.

Następna warstwa węzłów reprezentuje informacje o wykonalności działań, polegającej na zastosowaniu wcześniej wyselekcjonowanych środków w zależności od aktualnych pogodowych ograniczeń ich stosowalności (klasa spektrum środków ochrony). Końcowe kryterium wyboru działań oparte jest o predykcję straty plonu pod warunkiem wykonania określonego działania ochronnego.

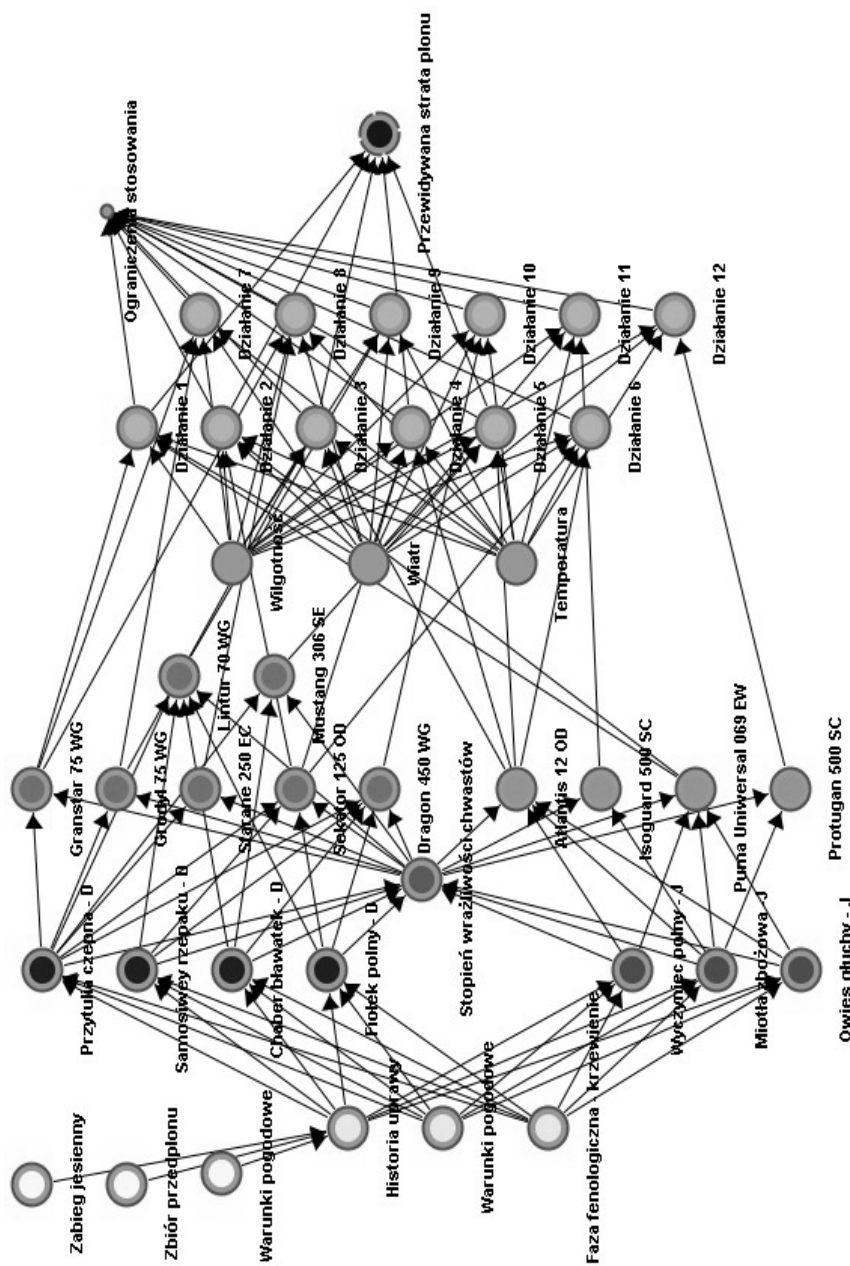
Przykład

Do zobrazowania zaproponowanej metody modelowania problemu wyboru działań ochronnych posłużono się przykładem zagrożenia uprawy pszenicy ozimej przez chwasty w fazie krzewienia, czyli po ruszeniu wegetacji na wiosnę (rys. 2).

Informacja dotycząca historii uprawy jest tu o tyle istotna, że zaawansowanie i natężenie zagrożenia zależy od wykonanych jesienią zabiegów ochronnych. Historia uprawy zawiera syntetyczne informacje m. in. o tym czy termin siewu był sprzyjający zachwaszczeniu.

Repertuar środków ochrony kompatybilnych do spektrum zagrożeń wyspecyfikowano między innymi w oparciu o informacje zamieszczone w Informatorze Grupy Osadkowskiej [Idkowiak 2009, Idkowiak i Kaczmarek 2010, Paradowski 2011]. Informacje te posłużyły do ukonkretnienia kolejnych warstw sieci (rys. 2.). Rozkład prawdopodobieństwa przewidywanej straty plonu oszacowano w oparciu o wiedzę ekspercką. Zasadę kodowania nazw w odniesieniu do klasy Działanie przedstawiono w tabeli 1. Elementarne działanie oznacza wykonanie zabiegu ochronnego z wykorzystaniem konkretnego herbicydu lub mieszaniny herbicydów [Mrówczyński i in. 2011].

Typowy mechanizm funkcjonowania sieci przedstawiono na rysunku 3. Diagram b) opisuje sytuację, w której z prawdopodobieństwem równym 1 rozpoznajemy zagrożenia (chwasty). W efekcie otrzymujemy rozkład prawdopodobieństwa nad środkami ochrony i działaniami. Aktualny stan pogody (temperatura, wilgotność, wiatr) zmienia rozkład prawdopodobieństwa nad działaniami (wykonalność działania).



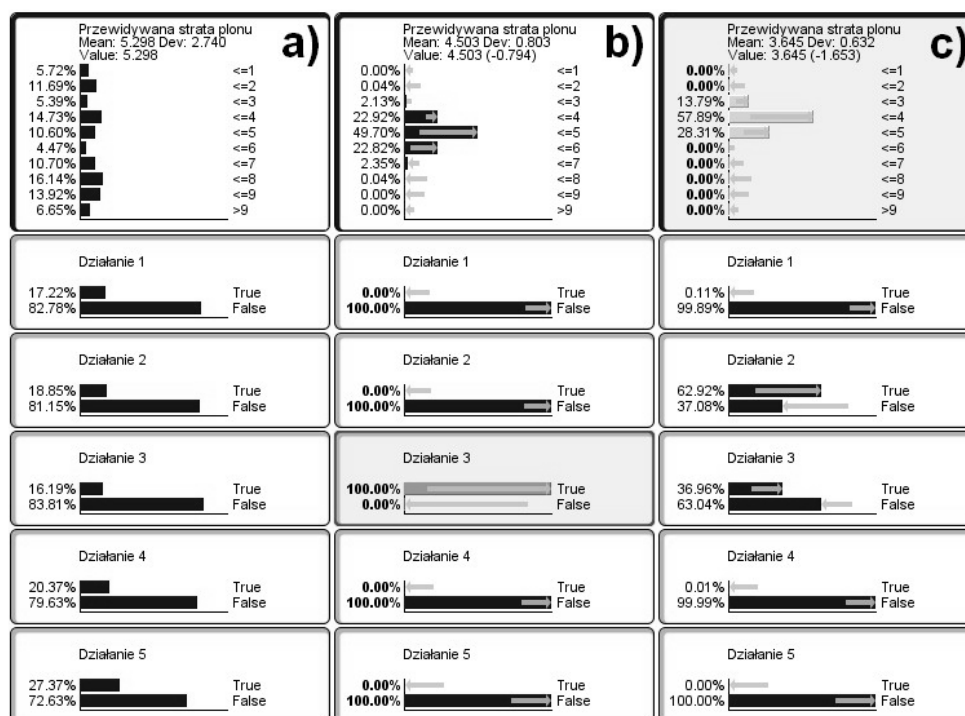
Rys. 2. Topologia sieci - problem wyboru działań ochronnych w przypadku zagrożenia uprawy pszenicy ozimej przez chwasty w fazie krzewienia

Fig. 2. Network topology; the problem of determining protective actions in a case of weed threat to winter wheat during tillering

Tabela 1. Wybrane kombinacje herbicydów oraz pojedyncze herbicydy stosowane w wiosennej ochronie zbóż ozimych
 Table 1. Selected herbicide combinations and individual herbicides used in spring protection for winter crops (source: own study based on the Paradowski 2011)

Kombinacje herbicydów	Chwasty	Działanie elementarne
Puma Uniwersal 069EW + Granstar 75 WG	J + D	Działanie 1
Puma Uniwersal 069EW + Sekator 125 OD	J + D	Działanie 2
Atlantis 12 OD + Grodył 75 WG	J + D	Działanie 3
Atlantis 12 OD + Granstar 75 WG	J + D	Działanie 4
Atlantis 12 OD + Mustang 306 SE	J + D	Działanie 5
Atlantis 12 OD + Sekator 125 OD	J + D	Działanie 6
Granstar 75 WG + Grodył 75 WG	D	Działanie 7
Granstar 75 WG + Starane 250 EC	D	Działanie 8
Lintur 70 WG	D	Działanie 9
Dragon 450 WG	D	Działanie 10
Isoguard 500 SC	J	Działanie 11
Protugan 500 SC	J	Działanie 12

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Paradowski 2011]



Rys. 3. Diagramy przedstawiające funkcjonowanie sieci bayesowskiej
 Fig. 3. Diagrams showing the functioning of the Bayesian network

Wiedza dotycząca potencjalnej (przewidywanej) straty plonu jest znana z dokładnością do rozkładu prawdopodobieństwa nad zbiorem możliwych wartości straty plonu wyrażonej w skali procentowej (rys. 3, diagram a)). Przed dokonaniem ostatecznego wyboru działania rozkład ten jest rozkładem wielomodalnym. Wybór konkretnego działania sprawia, że rozkład prawdopodobieństwa nad przewidywaną stratą plonu staje się jednomodalny. Ostatecznym kryterium wyboru działania jest minimum wartości oczekiwanej straty plonu. Ponadto, można też uwzględnić wariancję straty plonu wybierając działanie, które minimalizuje stratę plonu osiąganą z prawdopodobieństwem nie większym niż zadana tolerowana wartość. Na rysunku 3 (diagram c)) pokazano sytuację, w której dla straty plonu zadanej z dokładnością do rozkładu prawdopodobieństwa otrzymano rozkłady prawdopodobieństwa umożliwiające wybór działania odpowiadającego tej stracie.

Podsumowanie

W pracy przedstawiono ogólną, uniwersalną konceptualizację adekwatną do metody modelowania procesów decyzyjnych w procesie ochrony w produkcji rolniczej. Celem modelowania była w tym przypadku synteza działań prewencyjno-interwencyjnych w zależności od stopnia zagrożenia reprezentowanego przez spektrum zagrożenia z uwzględnieniem predykcji straty plonu.

Bibliografia

- Maksym P.** 2010. Modelowanie procesu produkcji w języku sieci bayesowskich na przykładzie uprawy pszenicy ozimej. Rozprawa doktorska. Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie. Maszynopis.
- Idkowiak M.** 2009. Zwalczyć chwasty to podstawa. *Agronom.pl*. III/2009. Informator Grupy Osadkowskiej.
- Idkowiak M., Kaczmarek M.** 2010. Wiosenne zwalczanie chwastów w zbożach. *Agronom.pl*. IV/2010. Informator Grupy Osadkowskiej.
- Mrówczyński M., Korbas M., Szczepaniak W., Paradowski A.** 2011. Zeszyt Technologiczny. Pszenica ozima, jęczmień jary 2011. Agrosan. Maszynopis.
- Paradowski A.** 2011. Odchwaścić wiosną zboża ozime. *Agrotechnika*. Nr 3. s. 55-59. Uprawa roli i roślin.
- Dokumentacja programu BayesiaLab: Dostęp w internecie: <http://www.bayesia.com>.

MODELLING A PROTECTIVE ACTION SYNTHESIS FOR THE AGRICULTURAL PRODUCTION PROCESS

Abstract. The article presents a method of modelling decision problems which is based on a synthesis of prevention and intervention activities in the agricultural production process. Depending on the threat spectrum, the set of actions must comply with a number of limitations arising from their use, urgency and feasibility. The final criterion for the choice of action is the result of the yield loss prediction. The concept of building a model presented in the article is based on Bayesian network technology.

Key words: agricultural production process, prevention and intervention activities, computer aided decision-making processes, Bayesian networks

Adres do korespondencji:

Piotr Maksym; e-mail: piotr.maksym@up.lublin.pl
Katedra Podstaw Techniki
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
ul. Doświadczalna 50a
20-280 Lublin