

*Janusz Ostrowski, Agnieszka Gutkowska
Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach*

MODEL DIAGNOSTYCZNY TYPOWANIA GRUNTÓW PRZYDATNYCH DO UPRAWY ROŚLIN ENERGETYCZNYCH

Streszczenie

Przedstawiono model diagnostyczny wiążący parametry wybranych warunków siedliskowych (głównie edaficznych) z wymaganiami uprawowymi (glebowymi, wodnymi, klimatycznymi i lokalizacyjnymi) dziewięciu rozpatrywanych roślin energetycznych. Doboru tego dokonywano spośród układów parametrów identyfikujących poszczególne kategorie przydatności w modelu kategoryzacji [Ostrowski 2008]. Taka postać modelu diagnostycznego stanowić będzie podstawę do opracowania map komputerowych przedstawiających orientacyjne rozmieszczenie obszarów preferowanych do uprawy tych roślin w skali regionalnej w oparciu o bazę danych o glebach marginalnych, funkcjonującą w IMUZ.

Słowa kluczowe: rośliny energetyczne, warunki uprawy, model diagnostyczny, waloryzacja gruntów, technika komputerowa

Wprowadzenie

Realizowane w ramach polsko-norweskiego projektu „Modelowanie energetycznego wykorzystania biomasy” zadanie „Wyznaczanie obszarów przydatnych do uprawy roślin energetycznych” ukierunkowane jest na poszukiwanie rozwiązań modelowych systematyzujących problem delimitacyjny tak, aby umożliwić zastosowanie techniki komputerowej. Podstawą osiągnięcia zamierzonego celu jest budowa modeli diagnostycznych umożliwiających opracowanie oprogramowania aplikacyjnego dostosowanego do zasobów informacji przestrzennych zawartych w bazie danych o glebach marginalnych [Ostrowski 1999].

Pierwszy, ogólny etap modelowania przedstawiono w publikacji [Ostrowski 2008] dotyczącej zasad kategoryzacji przydatności gruntów do uprawy roślin energetycznych. Grunty podzielono na pięć kategorii przydatności o różnicowanych warunkach glebowo-siedliskowych z uwzględnieniem ważniejszych – edaficznych, wodnych i środowiskowych czynników ograniczających. Na podstawie definicji tych kategorii oraz ogólnych relacji między wymaganiami uprawowymi roślin energetycznych a warunkami glebowo-siedliskowymi gruntów możliwych do przeznaczenia na cele produkcji biomasy energetycznej

zbudowano model diagnostyczny kategoryzacji [Ostrowski 2008]. Kolejnym etapem uściślenia zasad typowania gruntów przydatnych do produkcji biomasy na cele energetyczne jest ich rozbudowa w kierunku selektywnego modelowania relacji między warunkami siedliskowymi a wymaganiami uprawowymi poszczególnych roślin energetycznych. Odnosi się ono do dziewięciu roślin dostatecznie scharakteryzowanych pod tym względem.

Celem niniejszej publikacji jest przedstawienie postępowania metodycznego uwieńczonego sporządzeniem modelu diagnostycznego selekcyjnego możliwe do przestrzennej identyfikacji parametry warunków glebowo-siedliskowych i odnoszącego je do wymagań uprawowych rozpatrywanych roślin energetycznych.

Ustalenie tak sparametryzowanych relacji stanowić będzie podstawę budowy algorytmów przetwarzania danych przestrzennych o walorach rolniczej przestrzeni produkcyjnej zawartych w bazie danych o glebach marginalnych funkcjonującej w IMUZ. Końcowym efektem przetwarzania będą komputerowe mapy z lokalizacją gruntów potencjalnie przydatnych do uprawy poszczególnych roślin energetycznych.

Warunki glebowo-siedliskowe jako cechy diagnostyczne decydujące o przydatności gruntów do uprawy roślin energetycznych

Gleba jest składową siedliska jako fenomenu przyrodniczego. Wprowadzenie pojęcia „warunki glebowo-siedliskowe” ma na celu podkreślenie tych cech siedliska, które mają odniesienie do gleby jako ośrodka wegetacji i rozwoju roślin.

Przydatność gleb do uprawy roślin energetycznych rozumiana jest jako możliwość zaspokojenia w procesie uprawy ich wymagań glebowo-siedliskowych. Wymagania te przyjęto jako podstawę do ustalenia cech diagnostycznych, parametryzujących liczbowo, wskaźnikowo lub opisowo warunki glebowo-siedliskowe, jakie spełniać powinny grunty, które można lub należy przeznaczyć pod uprawę poszczególnych roślin energetycznych.

Wyboru cech diagnostycznych dokonano na podstawie analizy publikacji [m.in. Faber 2005; Faber i in. 2007; Fischer i in. 2005; Kochanowska, Gamrat 2007; Książak 2007; Majtkowski 2004; Nalborczyk 1996; Podleśny 2005] informujących o reakcji roślin energetycznych na zróżnicowane warunki glebowo-siedliskowe, wyrażającej się dynamiką rozwoju tych roślin oraz poziomem produkcji biomasy nadziemnej.

Analizując możliwości parametryzacji warunków uprawy wybranych roślin energetycznych na podstawie zasobów bazy danych o glebach marginalnych, jako kryteria do typowania gruntów przydatnych do uprawy tych roślin przyjęto następujące ich wymagania uprawowe:

- glebowe z podziałem na gleby uprawne oraz zdewastowane i zanieczyszczone chemicznie,
- wodne jako tolerancję na określone uwilgotnienie gleb w ciągu okresu wegetacyjnego,
- klimatyczne odnoszące się do reakcji poszczególnych roślin na warunki opadowo-termiczne,
- lokalizacyjne jako pochodną ekspansywności przestrzennej roślin energetycznych decydującej o możliwości ich uprawy na obszarach chronionych.

W następnej kolejności dokonano selektywnej agregacji rozpatrywanych roślin energetycznych według pogrupowanych wymagań uprawowych. Wyniki grupowania tych warunków oraz odpowiadającej mu segregacji roślin energetycznych przedstawiono w tabeli 1. Wskazało to na dużą rozbieżność warunków glebowo-siedliskowych tolerowanych przez rozpatrywane rośliny. Przy parametryzacji wyznaczników cech diagnostycznych, służących do budowy modelu diagnostycznego, wystąpiła konieczność selektywnego doboru kryteriów delimitacji obszarów przydatnych do uprawy poszczególnych roślin. Należy je traktować jako uwarunkowania preferencyjne wskazujące na potencjalne możliwości uprawy roślin energetycznych na wytypowanych obszarach i uzyskania technologicznie osiągalnych i ekonomicznie uzasadnionych plonów tych roślin.

Zgodnie z przedstawionym postępowaniem metodycznym ustalono pięć ogólnych cech diagnostycznych warunków glebowo-siedliskowych spełniających wymagania uprawowe roślin energetycznych. Cecha diagnostyczna użytkowania terenu związana jest z uzależnieniem rozmieszczania gleb przydatnych do uprawy roślin energetycznych od użytkowych funkcji terenu: ornej, łąkowo-pastwiskowej, pozarolniczej oraz ochronnej. Każda z wymienionych form użytkowania powoduje określone możliwości uprawy roślin energetycznych, wyznaczające ramy przeznaczenia gruntów pod ich uprawę.

Preferencyjne użytkowanie gruntów ornych to przeznaczenie do produkcji roślin uprawnych, więc tylko ta ich część, gdzie uprawa tych roślin jest nie efektywna, powinna być przeznaczana pod plantacje roślin energetycznych. Trwałe użytki zielone służą głównie do produkcji pasz objętościowych z uwzględnieniem zachowania bioróżnorodności. Ogranicza to wprowadzenie na te użytki ekspansywnych z natury roślin energetycznych.

Do użytkowania pozarolniczego preferowane są w całości grunty przekształcone antropogenicznie na zrekultywowanych zwałowiskach i wyrobiskach przemysłowych oraz marginalne grunty orne zdegradowane przez zanieczyszczenia przemysłowe. Mogą być więc przeznaczone do uprawy roślin energetycznych w przeciwieństwie do terenów z preferencją funkcji ochronnej, która dotyczy zachowania niezakłóconej różnorodności biologicznej i krajobrazowej oraz zabezpieczenia przed rozwojem destrukcji erozyjnej.

Tabela 1. Wymagania uprawowe roślin energetycznych jako kryteria podziału gruntów stanowiących zasób produkcyjny biomasy na cele energetyczne
 Table 1. Cultivation requirements of energy plants as the criteria of land classification accounted to be production resources of biomass for energy purposes

Wymagania uprawowe									
glebowe				wodne		klimatyczne		lokalizacyjne	
gleby uprawowe	gatunek	gleby zdewastowane	gatunek	uwilgotnienie	gatunek	opadowo-termiczne	gatunek	ekspansywność	gatunek
zróżnicowane wymagania glebowe z preferencją gleb żyznych i tolerancją gleb lekkich	-wierzba wiciowa	tolerancja na dewastację i chemiczne zanieczyszczenie gleb	-wierzba wiciowa	preferencja dobrego uwilgotnienia gleb	-wierzba wiciowa	wrażliwość na niedobór opadów i na niską temperaturę powietrza	-rdestowiec sachaliński	dopuszczalna uprawa na obszarach chronionych	
	-możga trzcinowata		-ślazowiec pensylwański		-rdestowiec sachaliński		-miskant olbrzymi		-wierzba wiciowa
przeciętne wymagania glebowe właściwe glebom średnio-zwężym i lekkim	-ślazowiec pensylwański		tolerancja na chemiczne zanieczyszczenie gleb	-palczatka Gerarda	tolerancja zróżnicowanego uwilgotnienia gleb	-spartina preriowa	odporność na niską temperaturę powietrza	-spartina preriowa	kontrolowana uprawa na obszarach chronionych
	-słonecznik bulwiasty	-słonecznik bulwiasty		-możga trzcinowata		-możga trzcinowata		-miskant cukrowy	
	-miskant olbrzymi	-rdestowiec sachaliński		-miskant olbrzymi	tolerancja niedoborów wilgoci w glebach	-ślazowiec pensylwański	odporność na niedobór opadów i niską temperaturę powietrza	-palczatka Gerarda	nie wskazana uprawa na obszarach chronionych
-palczatka Gerarda	-miskant olbrzymi	-miskant cukrowy	-słonecznik bulwiasty	-palczatka Gerarda		-miskant cukrowy		-miskant cukrowy	
małe wymagania glebowe z tolerancją gleb lekkich i bardzo lekkich z dodatnią reakcją na nawożenie	-rdestowiec sachaliński	tolerancja na chemiczne zanieczyszczenie gleb	-miskant olbrzymi	tolerancja niedoborów wilgoci w glebach	-palczatka Gerarda	odporność na niedobór opadów i niską temperaturę powietrza	-ślazowiec pensylwański	nie wskazana uprawa na obszarach chronionych	-słonecznik bulwiasty
	-miskant cukrowy		-miskant cukrowy		-możga trzcinowata		-miskant cukrowy		-słonecznik bulwiasty
	-spartina preriowa								-spartina preriowa
									-palczatka Gerarda

Najważniejszą cechą diagnostyczną stanowi potencjał produkcyjny gleb, rozumiany jako zespół możliwości gleb warunkujących kształtowanie ich żyzności. Główne wyznaczniki tej cechy, możliwe do sparametryzowania na podstawie zasobów bazy danych o glebach marginalnych, to typ gleby i skład granulometryczny.

Jak wiadomo, woda jest istotnym czynnikiem determinującym produkcję biomasy. Prowadzone w tym zakresie badania wskazują, że wyprodukowanie 1 kg biomasy roślin energetycznych wymaga zużycia przez nie kilkuset kilogramów wody. Jej dostępność dla roślin kształtują uprawowe warunki wodne, które w głównej mierze zależą od zdolności gromadzenia wody w profilu gleby przez zatrzymywanie wody opadowej wymiarowane retencyjnością gleby i spływem powierzchniowym oraz warunków jej transportu do strefy korzeniowej z głębiej leżących uwodnionych warstw gruntu.

Prawidłowości zaopatrzenia roślin w wodę są wypadkową uprawowych warunków wodnych, stanowiących kolejną glebowo-siedliskową cechą diagnostyczną determinującą uprawę roślin energetycznych.

Dynamika i rozmiary zużycia wody przez rośliny zależą od intensywności transpiracji, uzależnionej w głównej mierze od temperatury powietrza. Odpowiada ona również za przebieg procesów asymilacji, decydujących o tempie przyrostu biomasy. Te dwa czynniki (opady i temperaturę) uznać można za najważniejsze wyznaczniki cechy diagnostycznej, określonej mianem hydrotermicznych wskaźników klimatycznych.

Znane są przypadki zakłócenia składu florystycznego ekosystemów lub nawet ich całkowitego opanowania przez niekontrolowaną ekspansję uprawianych roślin. Jako przykład służyć mogą próby uprawy sprowadzonego z Kaukazu barszczu Sosnowskiego. Są one sygnałem do zachowania ostrożności odnośnie sytuowania upraw roślin energetycznych względem seminauralnych formacji roślinnych, a szczególnie łąk i lasów. Przestrzeganie tej zasady stanowi cechę diagnostyczną wyznaczania gruntów pod uprawę ekspansywnych roślin energetycznych.

Metodyczne przesłanki i zasady budowy modelu diagnostycznego

Podstawą metodyczną budowy modelu diagnostycznego była ocena warunków glebowo-siedliskowych pod względem przydatności gruntów do uprawy poszczególnych roślin energetycznych. Polegała ona na doborze tych warunków siedliskowych do wymagań poszczególnych roślin, bazując na parametryzacji wyznaczników, jakie uzyskać można z bazy danych o glebach marginalnych, uzupełnionej o wprowadzony w niej podział gruntów według użytkowych funkcji terenu.

Po analizie poszczególnych komponentów diagnozy identyfikujących warunki glebowo-siedliskowe sprzyjające uprawie poszczególnych roślin energetycznych, za najbardziej racjonalną uznano konstrukcję modelu w formie tabeli relacyjnej. Tę formę modelowania stosowano już przy budowie modeli służących do przestrzennej identyfikacji gleb i siedlisk marginalnych oraz kierunków ich ekologicznej restytucji [Ostrowski 2004].

Utworzoną na podstawie hierarchicznej struktury układów diagnostycznych konstrukcję modelową uzupełniono zestawem wyznaczników o znaczeniu równorzędnym (niepodporządkowanym tej strukturze), znamionujących użytkowe funkcje terenu. Konstrukcję układów diagnostycznych oparto na podstawach kryterialnych użytych do modelowania kategoryzacji przydatności gruntów do uprawy roślin energetycznych [Ostrowski 2008], mając na względzie wspólne źródło danych przestrzennych, jakim jest baza danych o glebach marginalnych.

Budowa modelu polegała na doborze układów parametrów wyznaczników warunków glebowo-siedliskowych, odpowiadających wymaganiom poszczególnych roślin energetycznych, zestawionym i zagregowanym syntetycznie w tabeli 1. Doboru tego dokonywano spośród układów parametrów identyfikujących poszczególne kategorie przydatności w modelu kategoryzacji [Ostrowski 2008]. Zgodnie z powyższymi zasadami, stanowiąca model tabela relacyjna składa się z trzech sektorów: podstawowego, zawierającego zestaw wyznaczników odnoszących się do warunków glebowo-siedliskowych, uzupełniającego, w którym zestawiono wyznaczniki użytkowych funkcji terenu, oraz wynikowego, zawierającego nazwy roślin, których wymagania uprawowe odpowiadają danemu układowi warunków glebowo-siedliskowych (układowi diagnostycznemu).

Tabela 2. Fragment modelu kwalifikacji gruntów przydatnych do uprawy poszczególnych roślin energetycznych

Table 2. Fragment of land classification model as usable for cultivation of particular energy plants

Warunki glebowo-siedliskowe				Użytkowe funkcje terenu				Roślina
Tekstura profilu gleby	Typ gleby	Kompleksy rolniczej przydatności gleb ^{x)}	Średni roczny opad (mm)	Rolnicza	Ochronna	Pozaprodukcyjna		
						Grunty marginalne zanieczyszczone	Grunty zrujnowane	
Piaski słabogliniaste na piaskach luźnych lub gliniastych	Brunatna, rdzawa	6	>550	+	— ^{xx)}	+	o ^{xx)}	spartina periowa
			<550, >550	+	+	+	o	miskant cukrowy
	Czarna ziemia	9, 3z	<550	+	+	+	o	miskant cukrowy
			>550	+	—	+	o	spartina periowa
	Mada	6, 9, 3z	<550	+	+	+	o	rdestowiec sachaliński
			>550	+	—	+	o	miskant cukrowy
				+	—	+	o	spartina periowa
	Murszasta	6, 9, 3z	<550	+	—	+	o	rdestowiec sachaliński
			>550	+	—	+	o	spartina periowa
	6, 3z	<550	+	+	+	o	miskant cukrowy	
>550		+	+	+	o	miskant cukrowy		
Piaski gliniaste lekkie na piaskach luźnych lub słabogliniastych	Brunatna, rdzawa	5, 6	<550	+	—	+	o	palczatka Gerarda
			<550	+	+	+	o	miskant cukrowy
				+	+	+	o	ślazowiec pensylwański
				+	—	+	o	słonecznik bulwiasty
			>550	+	—	+	o	palczatka Gerarda
	+	+	+	o	wierzba wiciowa			
	Czarna ziemia	9, 2z, 3z	<550	+	+	+	o	miskant cukrowy
				+	+	+	o	ślazowiec pensylwański
				+	—	+	o	słonecznik bulwiasty
			<550, >550	+	—	+	o	palczatka Gerarda
			>550	+	+	+	o	mozga trzciniowata
				+	+	+	o	miskant olbrzymi
				+	—	+	o	rdestowiec sachaliński
				+	—	+	o	spartina periowa
	+	+		+	o	wierzba wiciowa		
	Mada	5, 6, 9, 2z, 3z	<550	+	—	+	o	słonecznik bulwiasty
				+	+	+	o	ślazowiec pensylwański
			<550, >550	+	+	+	o	miskant cukrowy
			>550	+	—	+	o	spartina periowa
				+	+	+	o	wierzba wiciowa
+				—	+	o	rdestowiec sachaliński	
+				—	+	o	palczatka Gerarda	
+				+	+	o	miskant olbrzymi	
5, 9	+	+	+	o	mozga trzciniowata			

^{x)} ze względu na rozwiązanie graficzne modelu kompleksy rolniczej przydatności gleb oznaczono symbolami przyjętymi w kartografii glebowo-rolniczej; ^{xx)} symbol „o” określa układy diagnostyczne, które nie występują lub nie odnoszą się do użytkowej funkcji terenu oznaczonej tym symbolem; symbol „—” oznacza nie celowość uprawy na glebach danej funkcji użytkowej

Za podstawę hierarchicznej struktury diagnostycznej modelu przyjęto teksturę profilu gleby, ponieważ gleby o tej samej teksturze (układzie warstw granulometrycznych) mogą mieć różne inne cechy diagnostyczne (typ gleby, kompleks przydatności rolniczej, średnia suma opadów atmosferycznych).

Zbudowany na tych podstawach metodycznych model kwalifikacji gruntów przydatnych do uprawy roślin energetycznych ilustruje tabela 2, która ze względu na wymagania edycyjne nie obejmuje całego modelu. Ważnym powodem takiej struktury modelu jest jego główne przeznaczenie. Stanowi on bowiem podstawę konstrukcji algorytmów umożliwiającą oprogramowanie procesu diagnozy i zastosowanie techniki komputerowej do jego realizacji. Jest to oczywiście model hipotetyczny, oparty na wybranych i dostępnych identyfikatorach warunków glebowo-siedliskowych oraz możliwej do uzyskania wiedzy o wymaganiach uprawowych rozpatrywanych roślin energetycznych. Skuteczność jego stosowania należy łączyć z możliwością orientacyjnej w skali regionalnej lokalizacji gruntów potencjalnie przydatnych do zakładania plantacji poszczególnych roślin energetycznych.

Wnioski

1. Selektywna analiza wymagań uprawowych roślin energetycznych pod kątem możliwości ich identyfikacji przestrzennej na podstawie posiadanej bazy danych stanowi podstawowy warunek metodyczny niezbędny do skonstruowania modelu diagnostycznego typowania gruntów przydatnych do uprawy tych roślin.
2. Hierarchiczna struktura modelu skonstruowanego w formie tabeli relacyjnej stwarza możliwość zbudowania algorytmu i oprogramowania procesu diagnozy niezbędnego do typowania gruntów przydatnych do uprawy roślin energetycznych z zastosowaniem techniki komputerowej.

Bibliografia

- Faber A. 2005. Potencjał uprawy roślin energetycznych w Polsce. *Wieś Jutra* 7(84): 21-22, Warszawa
- Faber A., Kuś J., Stasiak M. 2007. Rośliny energetyczne dla różnych siedlisk. W: *Biomasa dla energetyki i ciepłownictwa – szanse i problemy*. *Wieś Jutra*, ss. 26-32
- Fischer G., Prieler S., van Velhuizen H. 2005. Biomass potentials of miscanthus willow and poplar: results and policy implication Eastern Europe, Northern and Central Asia. *Biomass and Bioenergy*, Nr 28: 119-132
- Kochanowska R., Gamrat R. 2007. Miskant (*Miscanthus* ssp.) zagrożeniem dla polskich pól i lasów. Konferencja Naukowa nt. *Trawy energetyczne.*, Dolsk, ss. 13-14
- Książak J. 2007. Ocena możliwości pozyskania biomasy na cele energetyczne z mozgi trzcinowatej. *Konf. Nauk. nt. Trawy energetyczne.*, Dolsk, ss. 15-16

Majtkowski W. 2004. Rośliny alternatywne na cele energetyczne – stan aktualny i perspektywy produkcji w Polsce. II Kongres Rolnictwa Polskiego nt. Wczoraj, dziś i jutro naszego rolnictwa. Poznań, ss. 164-169

Nalborczyk E. 1996. Nowe rośliny uprawne i perspektywy ich wykorzystania. W: Nowe rośliny uprawne na cele spożywcze, przemysłowe i jako odnawialne źródło energii. SGGW, Warszawa, ss. 5-20

Podleśny J. 2005. Miskant olbrzymi (*Miscanthus giganteus*) – uprawa i możliwość wykorzystania. Wieś Jutra, 7(84): 36-37

Ostrowski J. 1999. Baza danych o glebach marginalnych Polski – system przetwarzania i aplikacja. Konferencja Naukowo-Techniczna PTIP nt. Systemy informacji przestrzennej. PTIP Warszawa, ss. 129-138

Ostrowski J. 2004. Ekologiczna restytucja marginalnych użytków rolnych i jej funkcje w środowisku. W: Bonitacja i klasyfikacja gleb Polski. Acta Agrophysica, 108, IAPAN, Lublin, ss. 41-88

Ostrowski J. 2008. Kategoryzacja przydatności gruntów do uprawy roślin energetycznych pod kątem sporządzania map komputerowych. Problemy Techniki Rolniczej (w druku)