

Model wspomaganie decyzji

Regionalizacja upraw rolnych

JAN BRZOZOWSKI

Od lat prowadzone są prace – rozpoczęte w okresie zimnej wojny – dotyczące rozpoznawania za pomocą zdjęć satelitarnych stanu wegetacji i na tej podstawie prognozowania przyszłych plonów. Jest to możliwe za pomocą identyfikacji natężenia chlorofilu na polach uprawnych w odpowiednio dobranym okresie wegetacji. Można również dokonać analizy zasobności wody w glebie. Przy połączeniu tych technik prognozy plonów są dosyć dokładne.

1. Wstęp

Ostatnio dzięki rozwojowi technik satelitarnych uzyskano potężne narzędzie do monitorowania wilgotności gleby. Tym narzędziem są zdjęcia satelitarne, np. z satelitów ERS 1, ERS 2, LANDSAT i SPOT. Ukazały się prace opisujące techniki pozwalające na zdalne określanie wilgotności gleby na podstawie analizy rastra, zdjęć panchromatycznych i radarowych. Znane są również metody prognozowania plonów na podstawie zdjęć satelitarnych.

Polska jest obecnie nie tylko w okresie szybkich zmian politycznych i gospodarczych, ale grożą jej również zmiany klimatyczne [1].

Bierne czekanie na rozwój wypadków jest na pewno gorszym rozwiązaniem niż próba modelowania najbardziej prawdopodobnego scenariusza i przygotowanie działań minimalizujących ujemne skutki tych zmian. Jednocześnie model taki pozwoliłby na optymalizację zagospodarowania przestrzennego obszaru upraw rolnych w chwili obecnej oraz pomógł zrationalizować decyzje o budowie lub remontach infrastruktury technicznej związanej z wsią i rolnictwem.

2. Kierunki badań na świecie

USA i kraje zachodniej Europy dzięki wielu latom gospodarki rynkowej doprowadziły do rejonizacji produkcji, polegającej na uprawie różnych gatunków i odmian na siedliskach najbardziej im odpowiadających, co poprawiło jakość produkcji i obniżyło jej koszty. Mimo to w RFN stworzono model służący do planowania regionów rolniczych [2]. Przedstawiono i oceniono – w skali 1-200 punktów – czynniki wpływające na efektywność produkcji rolniczej w starych krajach związkowych. Pozwoliło to na wyodrębnienie czterech typów terenów rolniczych. Natomiast w publikacji amerykańskiej [3] omówiono historię i propozycje planowania przestrzennego w opar-

ciu o rozwój zrównoważony, w szczególności modele produktywności rolnictwa. Jako jednostkę podstawową w procesie planowania przyjęto małą zlewnię o powierzchni od 0,5 do 10 km².

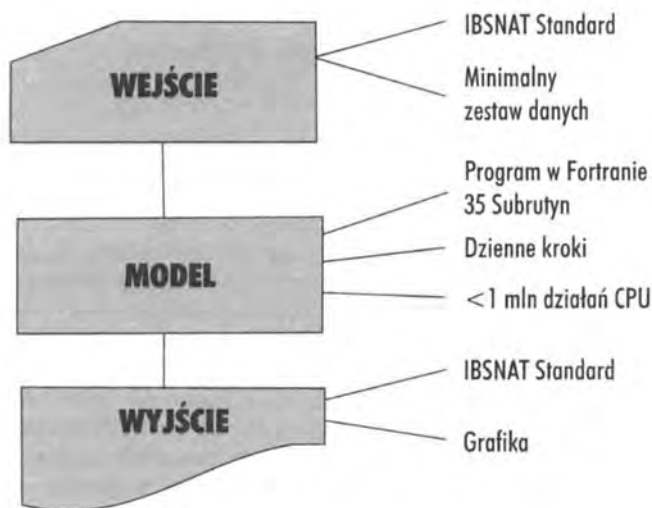
Plonowanie roślin, a dokładniej produkcja biomasy roślinnej, najbardziej istotny sposób skorelowane jest z ilością energii słonecznej docierającej do roślin. Maksymalne natężenie promieniowania wna-szej strefie klimatycznej to dni od końca maja do końca lipca.

Dlatego istotne jest, aby w tym okresie aparat asymilacyjny roślin był w pełni wykształcony i aby łany roślin uprawnych pokrywały całą powierzchnię pól (zwarcie rzędów). Między innymi dlatego tak ważne są wczesne siewy. W sposób pośredni plon zależy od długości okresu wegetacyjnego. Majowe chłody, a nawet przymrozki są szczególnie szkodliwe, gdyż ograniczają terminy siewów roślin wrażliwych na spadki temperatury. Zgodnie z prognozami klimatycznymi wiosenne przymrozki powinny zaniknąć, co miałoby pozytywny wpływ na plony. Natomiast negatywny wpływ może mieć znaczne ocieplenie klimatu oraz związany z nim deficyt wody. Dlatego pożyteczne może okazać się właściwe wytypowanie obszarów szczególnie łatwych do nawodnień, gdyż dostępność wody jest następnym bardzo ważnym parametrem plonotwórczym.

Oba te parametry, mimo że tak ważne, są mało sterowalne. W dodatku wiadomo, że różne rośliny i ich odmiany mają różną tolerancję zarówno na okresowe nadmiary, jak i niedobory wody. Co ciekawe, na ogół tolerancja na niedobór jest wyższa niż na nadmiar wody.

Kolejnym czynnikiem, który może wpłynąć na poziom plonów, jest notowany wzrost stężenia dwutlenku węgla w atmosferze. Niektóre rośliny zareagują wzrostem, a inne spadkiem plonów. Trafne prognozy plonowania roślin są niezwykle cenne dla organizacji rządowych oraz handlowych. Nic więc dziwnego, że próby matematycznego modelowania plonów rozpoczęto we wczesnych latach sie -

demdziesiątych [4, 5]. Początki były trudne, a modele nie realizowały swoich celów. Jednym z powodów wstępnych niepowodzeń był fakt, że twórcy zbyt mało czasu i wysiłku przeznaczali na opisy swoich modeli i umożliwienie szerszym rzeszom ludzi korzystanie z nich. Większość była stworzona przez małe grupy lub pojedynczych badaczy i oczywiście była przeznaczona na komputery typu main frame. W latach osiemdziesiątych po upowszechnieniu pecetów i opublikowaniu kilku modeli twórcy zrozumieli, że główny wysiłek musi być przeniesiony na napisanie jasnej dokumentacji umożliwiającej szybkie zrozumienie i nauczenie się modelu. Ponadto sami twórcy nie byli pewni możliwości swoich modeli, zakresu ich stosowania oraz innych ograniczeń. Rzeczą zasadniczą była weryfikacja modeli poprzez badania polowe. Badania te wywołały sprzężenie zwrotne pozwalające na dalsze upowszechnienie i udoskonalanie modeli. Badania modeli w różnych lokalizacjach Stanów Zjednoczonych i innych krajów wykazały, że różnice są spowodowane głównie różnicami klimatycznymi. O ile dane wejściowe są godne zaufania, można otrzymać rezultaty ukazujące stres wywołany brakiem wody. Modele stworzone na Uniwersytecie Florydzkim SOYGRO, PNUTGRO, BEANGRO zostały włączone do Międzynarodowej Sieci Transferu Technologii Rolniczej (IBSNAT) jako System Wspomagania Decyzji w Rolnictwie (DSSAT). W wyniku współpracy pomiędzy zespołami Uniwersytetu Florydzkiego i IBSNAT począwszy od 1983 roku modele były weryfikowane w różnych miejscach. Doprowadziło to do standaryzacji przez IBSNAT formatów wejścia i wyjścia. Patrz schemat poniżej.



3. Waloryzacja przestrzeni produkcyjnej w Polsce

W Polsce stworzono dwa systemy waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej w Polsce. Jeden opracowany przez Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa, drugi zamieszczony w opracowaniu Centralnego Urzędu Planowania. System IUNG bierze za punkt odniesienia średnie warunki dla kraju i przyporządkowuje im liczbę 1. Następnie przyporządkowano województwom klasy od 1,3 do 1,2 dla najlepszych do poniżej 0,8 dla najgorszych. System ten uwzględnia warunki glebowe, wodne, agroklimat i rzeźbę terenu.

System używany przez CUP przyjmuje pięć klas: od 90-80 jako najwyższej do 40-50 jako najniższej. Mapki wykonane na podstawie obu systemów są do siebie bardzo podobne (patrz rys. 1 i 2).

Co ciekawe, produktywność województw nie pokrywa się z mapami waloryzacji przestrzeni produkcyjnej. Można to stwierdzić porównując mapki na rys. 1 i 2 z mapkami na rys. 3 i 4, na których

pokazano rozmieszczenie przestrzenne wartości globalnej plonów oraz wartości globalnej produkcji roślinnej. Wyniki rozmieszczenia globalnej produkcji roślinnej powinny być szczególnie cenne przy weryfikacji komputerowych modeli plonów, o których wspomniano wyżej. Z analizy mapek wynika, że obecnie (dane z 1991 roku opublikowane w roczniku statystycznym z 1994) wartość produkcji w małym stopniu zależy od waloryzacji przestrzeni produkcyjnej, a w znacznie większym od bliskości rynków zbytu, poziomu infrastruktury technicznej, kultury technicznej itp.

Na użytek modelu komputerowego mającego za cel wspieranie regionalizacji produkcji rolniczej systemy te należałoby znacznie rozbudować i bardziej uszczegółwić. Najważniejsze wydaje się przede wszystkim przyporządkowanie konkretnym obszarom optymalnych płodozmianów oraz struktury agrarnej.

Jest to szczególnie ważne teraz, gdy małe gospodarstwa nie liczą kosztów i stosują samozaopatrzenie. Z punktu widzenia właścicieli jest to uzasadnione, jednak obszary te trudniej poddadzą się restrukturyzacji.

4. Nowe techniki na usługach planowania przestrzennego

Techniki, które mogą oddać nieocenione usługi w planowaniu przestrzennym, to analiza zdjęć satelitarnych w połączeniu z komputerowymi systemami informacji o terenie lub systemami informacji geograficznej (w skrócie odpowiednio: SIT i GIS). Przy ewidencjonowaniu infrastruktury technicznej wielkie usługi może oddać również system lokalizacji satelitarnej GPS. Zastosowanie w planowaniu przestrzennym kombinacji map w połączeniu ze zdjęciami lotniczymi lub satelitarnymi jest w wielu przypadkach bardzo pożądane. Szczególnie technika ta nadaje się do kontroli samowoli budowlanych, zmian w drzewostanach czy ogólnie w ekosystemach, żeby wymienić tylko kilka. Jednak aby móc nałożyć obraz satelitarny czy zeskanowane zdjęcie lotnicze (oba w postaci numerycznej), muszą one przejść proces ortorektyfikacji, czyli przetwarzania obrazu na rzut prostokątny na płaszczyznę odniesienia. Po tym zabiegu obraz może być używany do pomiaru odległości, kątów i powierzchni, w przeciwieństwie do obrazów powstałych z rektyfikacji wielomianowej. Aby po procesie ortorektyfikacji uzyskać dokładny obraz ze zdjęcia satelitarnego lub lotniczego, należy uwzględnić:

- dokładność modelowania matematycznego,
 - dokładność określonych pozycji naziemnych punktów kontrolnych (GCP),
 - dokładność numerycznego modelu wysokościowego (DEM).
- Oprogramowanie uwzględnia zniekształcenia obrazu powstałe na skutek:

- prędkości, pozycji i orientacji platformy satelity,
 - pola widzenia i orientacji sensorów,
 - zniekształcenia powierzchni Ziemi (geoida plus rzeźba terenu).
- Zostało udowodnione, że planimetryczna dokładność modelowania wynosi jedną trzecią wymiaru piksela dla obrazów w świetle działającym i dobrej dokładności kontrolnych punktów odniesienia. Na przykład panchromatyczne dane z satelity SPOT pozwalają oczekiwać dokładności rzędu trzech metrów. Oprogramowanie zapewnia również właściwą kalibrację obrazów i kolorów w przypadku łączenia sąsiadujących „arkuszy” mapy elektronicznej. Ważne jest wtedy zapewnienie ciągłości dróg, rzek, jezior, linii kolejowych itp.

5. Współpraca przy budowie modelu

Budowa modelu przydatnego do wspomagania decyzji inwestycyjnych oraz decyzji o restrukturyzacji zagospodarowania przestrzennego jest zadaniem trudnym ze względu na interdyscyplinarny cha-



Rys. 1 Waloryzacja przestrzeni produkcyjnej według IUNG Puławy



Rys. 2 Waloryzacja przestrzeni produkcyjnej według CUP



Rys. 3 Wartość globalna produkcji roślinnej na 1 ha użytków rolnych



Rys. 4 Wartość globalna produkcji ogólnej na 1 ha użytków rolnych

Rysunku numer 3 i 4 wykonano na podstawie danych z Rolniczego Rocznika Statystycznego 1994

rakter problemu. Byłoby celowe, gdyby w zespole opracowującym model znaleźli się przedstawiciele Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej i udzielili pomocy w aktualizowaniu danych klimatycznych w modelu. Szczególnie interesujące będzie przewidzenie temperatur i stosunków wodnych w najbliższych dwu, trzech dziesięcioleciach. Dane o bonitacji gleb można uzyskać w Instytucie Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa, z urzędów gminnych i wojewódzkich. Co prawda dane te nie wydają się specjalnie wiarygodne (nie słyszałem o podniesieniu bonitacji, lecz tylko o obniżeniach), ale innych obecnie brak. Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Instytut Ziemiaka, Instytut Hodowli Buraka i inne instytuty rolnicze powinny określić plony poszczególnych roślin na różnych stanowiskach w zależności od nawożenia, stosunków wodnych, długości okresu wegetacyjnego itp. Dla konkretnych stanowisk powinny po-

wstać kompleksowe płodozmiany (kilka o różnej wartości). Być może w tej pracy uda się wykorzystać algorytmy plonów opisane w literaturze światowej [6,7,8,9]. Do określenia zmian klimatycznych w kraju powinny być przydatne, może chociaż do pierwszego przybliżenia, dane z literatury światowej [np. 10].

Na podstawie prognoz demograficznych oraz badań marketingowych być może uda się w przybliżeniu określić prawdopodobny popyt na różne produkty rolnicze i racjonalnie, stosując różne poziomy nawożenia, zbilansować go z podażą.

Biorąc pod uwagę nowe inwestycje w infrastrukturę należałoby kierować się wynikami uzyskanymi z modelu, i to nie tylko dla chwili obecnej, ale również w ciągu następnych dekad. Na podstawie wyników uzyskanych z modelu udałoby się również zaplanować tereny pod zalesianie i pod ekstensywne pastwiska.

6. Proponowane sposoby wykorzystania modelu

■ Funkcja informacyjno-szkoleniowa

Obecnie w prawie każdej gminie jest komputer i nic nie stoi na przeszkodzie, aby część wyników uzyskanych z modelowania przekazać gminie, wraz z mapką kompleksów glebowych, klimatu oraz z propozycjami płodozmianów. Jednocześnie komplet tego typu materiałów powinno się przekazać lokalnemu Ośrodkowi Doradztwa Rolniczego. Na bazie tych danych pracownicy ODR mogliby doskonalić model dla warunków lokalnych nie przewidzianych w modelu ogólnym. Model powinien być również pomocny przy podejmowaniu decyzji o zaniechaniu produkcji rolniczej i o podjęciu innej działalności zapewniającej wyższe dochody.

■ Funkcja planistyczna

Na podstawie oceny możliwości produkcyjnych rozpatrywanych terenów łatwiej podejmować trafne decyzje dotyczące przetwórstwa, infrastruktury technicznej, demografii itp. Model mógłby wspomagać decyzje dotyczące lokalizowania małej retencji oraz wyboru terenów do nawodnień. Ten ostatni aspekt może być szczególnie ważny w przypadku ocieplenia klimatu i obniżenia rocznych opadów atmosferycznych. Z jednej strony można by wskazać tereny reagujące maksymalną zwyżką plonu na nawożenie i nawadnianie, z drugiej – przeznaczyć pewne obszary pod zalesienie. Decyzje te powinny być oczywiście skorelowane z decyzjami o budowie infrastruktury.

Bibliografia:

1. Rodionov S. N., 1994, *Global and Regional Climate Interaction: The Caspian Sea Experience*;
2. Amende H., 1992, *Standort und Einflüsse raumbedeutsamer Planungen*, KTLB Darmstat, nr 354;
3. Njos A., 1994, *Future land utilization and management for sustainable crop production*. *Soil Till. Res.*, vol 30 nr 2;
4. Bowen H. D., Clowick R. F. and Bachelder D. G., 1973, *Computer simulation of crop production: Potential and hazards*. *Agricultural Engineering* 54 (10): 42-45;
5. Stapleton H. N., 1970, *Crop System Symulation*. *Transactions of the ASAE* 13 (1): 110-113;
6. Doorenbos J., Pruitt W. O., *Guidelines for Predicting Crop Requirements*. *FAO Irrigation Drainage Paper*. Rome 1977, nr 24;
7. *Plant Growth Modeling*. *Agric. Engng*. St. Joseph. Mich. 1981, vol. 62, nr 9;
8. Thomas A., Snyder W., 1986, *Stochastic Impact on Farming: III. Simulation of Seasonal Variation of Climatic Risk*. *ASAE*, vol. 29, nr 4;
9. Hoogenboom G., J. W. Jones, K. J. Boote, *Modeling Growth, Development, and Yieald of Grain Legumes using Soygro, Pnutgro, and Beangro: A Review* 1992 *Transaction of ASAE* 35 (6)2043-2056;
10. Friis-Christensen E., 1993, *Solar activity variations and global temperature*, *Energy*, vol 18, nr 12;
11. *Program Rozwoju Wsi i Rolnictwa Regionu Zamojskiego*, Zamość, czerwiec 1993, Urząd Wojew. w Zamościu.
12. *Strategia Wielofunkcyjnego Rozwoju Uwarunkowanego Ekologicznie Obszaru „Zielone Płuca Polski”*, Biura Plan. Reg. z siedz. w Warszawie i Białymstoku, CUP, Warszawa 1994, zeszyt nr 101.

Przedsiębiorstwo Usługowo-Handlowe „GeoserV”

ul. Korotyńskiego 5, 02-121 Warszawa, tel. 22-20-64, faks 22-81-60

Oddział w Łodzi: ul. Solna 14, tel. 32-62-87

Jest przedstawicielem na Polskę firmy SOLA (Austria)

Reprezentuje wspólnie z PHZ „LABIMEX” interesy MOM Budapest

Produkuje:

- węgielnice;
- tyczki składane i tyczki teleskopowe;
- lustra dalmiercze;
- nanośniki szczegółów i inny drobny sprzęt.

Oferuje:

- niwelatory i teodolito-niwelatory firmy MOM Budapest;
- ruletki firmy SOLA i w pełni izolowane ruletki MEYWALD;
- toromierze firmy SOLA;
- kopiarki firmy REGMA i materiały eksploatacyjne, serwis;
- używane nasadki dalmiercze i stacje dalmiercze różnych firm.



Prowadzi komisową sprzedaż sprzętu geodezyjnego

Posiada szeroką gamę spodarek i adapterów do sprzętu geodezyjnego produkcji MOM Budapest