

WOJCIECH BYCHAWSKI

POLSKA METODA SZACOWANIA STRUKTURY UPRAW

ZARYS TREŚCI. Wobec specyficznych cech polskiego rolnictwa, w szczególności ogromnego rozdrobnienia pól, określanie powierzchni poszczególnych upraw natrafia na duże trudności. Z wielu względów nie można liczyć na skuteczne inwentaryzowanie tych powierzchni zarówno metodami bezpośrednimi, jak i fotogrametrycznie.

Na początku lat osiemdziesiątych w Instytucie Geodezji i Kartografii w Warszawie została opracowana i sprawdzona w praktyce metoda szacowania struktury upraw w granicach dużych jednostek administracyjnych, na przykład województw, co pozwala określać powierzchnię zajęłą przez poszczególne uprawy rolne z dokładnością do kilku procent. Metoda korzysta z modeli matematycznych tworzonych na podstawie zdjęć lotniczych oraz z informacji o kompleksach glebowo-rolniczych określonych metodą opracowaną w Instytucie Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach.

1. Wprowadzenie

W polityce rolnej państwa, szczególnie w gospodarce rynkowej, istotną sprawą jest prognozowanie produkcji rolnej. Trzeba dostatecznie wcześnie wiedzieć, na jak duże zbiory rodzimych upraw można liczyć. Od tego zależy przewidywanie zarówno wielkości eksportu produktów rolnych, jak i ewentualnego ich importu.

W skali państwa niełatwo jest uzyskiwać rokrocznie we właściwym czasie informacje na temat wielkości spodziewanych zbiorów. Potrzebna jest do tego wiarygodna prognoza plonowania poszczególnych gatunków upraw oraz znajomość wielkości powierzchni zajętej pod te uprawy. Problemami plonowania zajmują się służby rolne, stosujące własne metody i dysponujące siecią własnych placówek badawczych i doświadczalnych. Natomiast określanie w stosownym czasie i z odpowiednią dokładnością wielkości powierzchni poszczególnych upraw należy do geodetów, fotointerpretatorów i fotogrametrów.

W Polsce żeby zinwentaryzować w terenie uprawy, choćby tylko podstawowych zbóż, ziemniaków i buraków cukrowych, trzeba by dotrzeć do kilkunastu milionów pól uprawnych i pomierzyć ich powierzchnię. Pamiętajmy, że ma się na to zaledwie kilka miesięcy, w najlepszym wypadku od siewu do końca czerwca. Nie jest to - rzecz jasna - możliwe. Trzeba więc sięgać do metod pośrednich. Jedną z nich jest spis rolny.

O spisach rolnych mówi się różnie: zwykle z uznaniem - gdy mowa o wysiłku organizacyjnym, mniej pochlebnie bądź wręcz krytycznie - kiedy chodzi o ocenę wiarygodności wyników spisu. Twierdzę, że ustalanie wielkości powierzchni zasiewów na podstawie spisu rolnego, jest mało wiarygodne ze swej istoty, wszelkie informacje bowiem pochodzą z oświadczeń gospodarzy, a nie z pomiaru.

Nic nie ujmując prawdomówności rolników należy zdać sobie sprawę z tego, że nie istnieje żaden istotny powód, dla którego rolnik chciałby składać jakiegokolwiek, prawdziwe lub nie, oświadczenie o wielkości powierzchni upraw w swoim gospodarstwie. Ponieważ jest jednak o to pytany, więc odpowiada, najczęściej cokolwiek.

Trzeba także przyznać, że polscy rolnicy są najczęściej ludźmi rozumiejącymi przyrodę, umiejącymi korzystać z praw natury. Struktura zasiewów w dużej mierze zależy od jakości gleb gruntów ornych. Jest wiele różnych sposobów systematyzowania i bonitowania (klasyfikowania) gleb, wszakże gospodarze od dawna mieli własne sposoby ich oceny związane nie tyle z rodzajem gleby, co raczej z roślinami, które na określonych glebach najlepiej się udawały. Nauki rolnicze rychło poszły tym tropem i powstał system podziału gruntów według przydatności rolniczej. Koncepcję takiego podziału opracowano w Instytucie Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach. Następnie Polska została pokryta mapami glebowo-rolniczymi, na których każdy skrawek gruntów ornych w Polsce jest scharakteryzowany pod względem przydatności rolniczej. Na tej podstawie można przewidywać określone decyzje rolników uprawiających tę ziemię.

2. Przyrodnicze i socjologiczne przesłanki teledetekcyjnej metody określania struktury upraw

Oceniając przydatność rolniczą gruntów ornych w Polsce metodą opracowaną w Puławach, używa się pojęcia kompleksu przydatności rolniczej. Są to kompleksy: pszenno-bardzo dobry, pszenno-dobry, pszenno-wadliwy, żytni-bardzo dobry (pszenno-żytni), żytni-dobry, żytni-słaby, żytni-bardzo słaby (żytnio-łubinowy), zbożowo-pastewny mocny, zbożowo-pastewny słaby, pszenno-górski, zbożowo-górski, owsiano-ziemniaczany górski, owsiano-pastewny górski. Czternasty kompleks to grunty orne przeznaczone pod użytki zielone. Wydziela się również kompleks obejmujący grunty o glebach rolniczo nieprzydatnych, przeznaczonych do zalesienia, lub nieużytki rolnicze. Trwałe użytki zielone są klasyfikowane według innych kryteriów.

Autorzy metody podziału gruntów ornych na kompleksy przydatności rolniczej brali pod uwagę nie tylko skład i właściwości gleby (typ, podtyp, skała macierzysta, skład granulometryczny, właściwości chemiczne i fizyczne, stopień kultury gleby), ale także warunki klimatyczne i geomorfologiczne oraz stosunki wodne. W ten sposób dokonano agroekologicznej waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej. Kompleksom przydatności rolniczej zostały przyporządkowane punkty wartościujące tę przydatność. Tak skonstruowane kompleksy przydatności rolniczej dostarczają informacji o "predyspozycjach" różnych gruntów ornych do udanego uprawiania na nich określonych gatunków roślin. Jest to zatem to, co jest potrzebne rolnikowi, aby mógł dobrze gospodarzyć i uprawiać ziemię z zyskiem.

Przeciętny rolnik polski, gospodarujący na średniej wielkości, a więc zaledwie kilkuhektarowym gospodarstwie, najczęściej dość marnie wykształcony, zwykle nic nie wie o kompleksach przydatności rolniczej. Wie natomiast, z doświadczenia, gdzie jest jaka gleba w jego gospodarstwie, gdzie udaje się np. pszenica, a gdzie nie powinien uprawiać buraków cukrowych itp. Dysponuje zatem informacjami, których dostarczają mapy glebowo-rolnicze.

Tak więc dzięki kompleksom przydatności rolniczej gleb można zasadnie domniemywać, jak w określonych warunkach glebowych będzie się zachowywał optymalnie gospodarujący rolnik.

Określenie "optymalne zachowanie się rolnika" nie jest jednoznaczne. Rolnik bowiem - nawet uwzględniając warunki przyrodnicze - różnie może kształtować strukturę upraw swojego gospodarstwa. Mając grunty orne na glebach na przykład klasy IV^a i IV^b, czyli typowe gleby żytnio - ziemniaczane, tworzące kompleks 5 - żytni dobry, z takim samym powodzeniem - oprócz żyta i ziemniaków - może uprawiać jęczmień, owies, koniczynę białą i seradellę w dowolnych proporcjach i w każdym z tych przypadków dobrze będzie wykorzystywał możliwości swojej ziemi. Z przyrodniczego punktu widzenia rolnik postąpi więc prawidłowo, zarówno wtedy, gdy będzie uprawiał na przykład w połowie żyto i w połowie ziemniaki, jak i wtedy gdy zamiast żyta zasieje owies. O tym, który wariant wybierze, zadecydują inne względy. Nie wystarczy więc tylko znajomość rozmieszczenia kompleksów przydatności rolniczej gleb. Trzeba wiedzieć, czym jeszcze kierują się rolnicy w kształtowaniu corocznym struktury zasiewów. Jest to trudne, jako że nie sposób do końca dociec, co powoduje, że rolnik wybiera taki a nie inny wariant. Z pewnością nie bez znaczenia są rodzinne i lokalne tradycje, przenoszone z ojca na syna przyzwyczajenia i wzorce postępowania. Nie należy tego lekceważyć, chociaż zapewne znaczą one mniej, niżby się mogło wydawać.

Mając to wszystko na uwadze, a więc wątpliwą wiarygodność spisów rolnych oraz brak możliwości pomiarowego inwentaryzowania powierzchni upraw, zdecydowano się sięgnąć po metody pośrednie. Sprzyja temu wielka liczebność populacji gospodarstw rolnych w Polsce, a także ogromne

rozdrobienie rolniczej przestrzeni produkcyjnej. Dzięki niej można liczyć na skuteczność metod statystycznych, badających populację metodą reprezentacji z wykorzystaniem teledetekcji i matematycznego modelowania struktury upraw.

3. Teledetekcyjna metoda określania struktury upraw

Istotą metody teledetekcyjnej jest znalezienie związku między jakością rolniczej przestrzeni produkcyjnej a strukturą upraw. Metoda polega na zbudowaniu, a następnie odpowiednim wykorzystaniu modelu matematycznego opisującego ten związek.

Jakość rolniczej przestrzeni produkcyjnej jest traktowana jako wartość znana, opisana punktami przyporządkowanymi poszczególnym kompleksom glebowo-rolniczym.

W metodzie teledetekcyjnej ważne jest założenie, że znaczna większość rolników we właściwy sposób wykorzystuje warunki przyrodnicze, uprawiając takie gatunki roślin, które najlepiej się udają na gruntach ornych ich gospodarstw. Uważa się, że pozostali są w mniejszości. Innymi słowy, przyjmuje się, że w populacji rolników ich zachowania mają rozkład normalny: najwięcej jest zachowań racjonalnych; prawdopodobieństwo wystąpienia innych zachowań jest tym większe, im są one bardziej irracjonalne. Z danych statystycznych wynika, że rośnie liczba polskich rolników właściwie wykorzystujących swoją ziemię. Na przykład w 1958 roku zaledwie około 60% uprawiających pszenicę robiło to na odpowiednich glebach gdzie należało. Pozostali albo marnowali jakość swojej ziemi, albo siali pszenicę nie tam gdzie powinni. W 1974 roku właściwie postępujących było już prawie 80%.

Normalność rozkładu zachowań rolników kształtujących strukturę upraw skłania do matematycznego modelowania tej struktury, oceny wiarygodności oraz zakresu stosowania modelu.

3.1. Istota matematycznego modelu struktury upraw

O strukturze upraw nie można mówić w ogólności, lecz jedynie w odniesieniu do pewnego obszaru o znanej powierzchni P .

Wskaźnikiem struktury (y_i) dla i^{tej} uprawy (np. pszenicy) jest udział powierzchni (P_i) zajętej przez tę uprawę w ogólnej powierzchni rozważanego obszaru (P).

Model struktury upraw ma określać, jakie są wskaźniki struktury poszczególnych upraw w zależności od jakości rolniczej przestrzeni produkcyjnej (x). Tę jakość można określić, korzystając z pojęcia kompleksów glebowo-rolniczych.

W ogólności model struktury upraw można więc zapisać w postaci zbioru równań:

$$y_i = f_i(x_i) \quad (1)$$

Równań takich będzie tyle, ile upraw będzie opisywał model.

Funkcję f , jej postać i wielkość parametrów, można określić wtedy, kiedy znane są wartości dostatecznej liczby par wielkości zmiennej niezależnej (x) i zależnej (y).

W tym miejscu wkracza teledetekcja, dzięki której na podstawie zdjęć lotniczych można łatwo i wiarygodnie określić faktyczne wskaźniki struktury upraw na wybranych, stosunkowo małych powierzchniach rozpoznawczych.

Po określeniu funkcji f_i dla każdego fragmentu obszaru, dla którego jest określony wskaźnik waloryzacji (x) można, na podstawie wzoru (1), określić y_i , tj. udział powierzchni i tej uprawy w całej powierzchni obszaru (P). Jeżeli powierzchnia P jest znana, bez trudu można określić wielkość powierzchni i tej uprawy:

$$P_i = y_i P \quad (2)$$

3.2. Problem wskaźnika waloryzacji

Wspomniałem, że za właściwy sposób waloryzowania rolniczej przestrzeni produkcyjnej został uznany wskaźnik przydatności rolniczej gruntów ornych (x). Wywodzi się on z pojęcia kompleksów glebowo-rolniczych.

Kompleksy glebowo-rolnicze dla terenów nizinnych i wyżynnych są ponumerowane od $k = 1$ do $k = 9$, każdemu z nich zostały przyporządkowane punkty od $pk = 18$ do $pk = 94$. Kolejność według malejącej liczby punktów poszczególnych kompleksów oznacza ich ustawienie od najlepszego do najgorszego.

Tabela 1

Nr kompleksu	Nazwa kompleksu	Punktacja (pk)
1	<i>Pszenny bardzo dobry</i>	94
2	<i>Pszenny dobry</i>	80
4	<i>Żytni bardzo dobry (pszenno-żytni)</i>	70
8	<i>Zbożowo pastewny mocny</i>	64
3	<i>Pszenny wadliwy</i>	61
5	<i>Żytni dobry</i>	52
9	<i>Zbożowo pastewny słaby</i>	33
6	<i>Żytni słaby</i>	30
7	<i>Żytni bardzo słaby (żytnio-lubinowy)</i>	18

Powstała w ten sposób punktację w teledetekcyjnej metodzie określania struktury upraw przyjęto nazywać *wskaźnikiem przydatności rolniczej gruntów ornych* i oznaczać symbolem (x) . Różnica między pk i x jest tylko taka, że pk jest zmienną dyskretną, natomiast x ciągłą.

Traktowanie wskaźnika przydatności rolniczej gruntów ornych (x) jak zmiennej ciągłej w praktyce oznacza, że skoro istnieją na przykład kompleksy nr 2 i nr 4, czyli kompleksy pszenno-dobry i żytni bardzo dobry, to istnieją także wszystkie postaci przejściowe między nimi: od trochę gorszego niż pszenno-dobry do nieco lepszego niż żytni bardzo dobry. W takim wypadku zmienna x może przyjmować każdą wielkość z przedziału od $pk = 80$ do $pk = 70$.

Wskaźnik przydatności rolniczej gruntów ornych (x) odnosi się do pewnego obszaru. Może dotyczyć na przykład gminy albo województwa, ale także gospodarstwa określonego właściciela bądź też jakkolwiek zdefiniowanego pola odniesienia przestrzennego. Jest syntezą udziału poszczególnych kompleksów glebowo-rolniczych w powierzchni rozpatrywanego obszaru. Może być więc określany jako ogólna średnia arytmetyczna punktacji kompleksów. Wagami najlepiej jeżeli są udziały powierzchni zajętych przez poszczególne kompleksy w ogólnej powierzchni obszaru, dla którego określa się tę średnią. Określa to wzór

$$x = \frac{[pk_i P_i]}{[P_i]} \quad (3)$$

gdzie: pk_i - punktacja kompleksu glebowo-rolniczego,
 P_i - powierzchnia i^{tej} części obszaru zajęta przez kompleks

Wskaźnik przydatności rolniczej gruntów ornych może być określony w ten sposób dla każdego fragmentu terenu, dla którego znane jest rozmieszczenie kompleksów glebowo-rolniczych. Jest on liczbą rzeczywistą z przedziału od 18 do 94, tym mniejszą, im gorsza jest jakość rolniczej przestrzeni produkcyjnej w granicach obszaru, którego wskaźnik dotyczy.

3.3. Powierzchnie rozpoznawcze

Przez powierzchnię rozpoznawczą należy rozumieć obszar, dla którego znane są pary odpowiadających sobie zmiennych x i y . Wielkości x , czyli wskaźniki przydatności rolniczej gruntów ornych poszczególnych powierzchni rozpoznawczych, określa się na podstawie map glebowo-rolniczych, korzystając z wzoru (3). Wielkości y_i , czyli udział powierzchni i^{tej} uprawy w polu powierzchni rozpoznawczej, określa się na podstawie zdjęć lotniczych uczytelniionych w terenie.

Wielkość, liczba i rozmieszczenie powierzchni rozpoznawczych powinny być dobrane tak, aby stanowiły odpowiednią reprezentację gruntów ornych obszaru, dla którego buduje się model. Takim obszarem może być na przykład województwo. Dalsze rozważania na temat powierzchni rozpoznawczych dotyczą obszaru o wielkości województwa.

Kryterium wielkości powierzchni rozpoznawczej jest wynikiem kompromisu między ekonomią a zasadami waloryzowania rolniczej przestrzeni produkcyjnej. Powierzchnia rozpoznawcza nie powinna być zbyt duża, gdyż podnosi to koszty prac polowych i wydłuża czas opracowania. Nie może być także zbyt mała, ponieważ istnieje granica, poniżej której wskaźnik struktury (y) traci sens. Wyraźne określenie tej granicy jest możliwe jedynie metodą prób i błędów. Z dotychczasowych doświadczeń wynika, że powierzchnia rozpoznawcza powinna mieć wielkość około 1.5 km^2 .

Liczba powierzchni powinna być dobrana tak, aby nie było ich mniej niż około 30, a suma ich pól stanowiła co najmniej 2% powierzchni gruntów ornych badanego obszaru

Bardzo ważny jest sposób rozmieszczenia powierzchni rozpoznawczych. Powinny być one wybierane losowo, oddzielnie dla każdego kompleksu glebowo-rolniczego, przy czym liczba powierzchni w każdym kompleksie powinna być w przybliżeniu proporcjonalna do udziału powierzchni kompleksu w ogólnej powierzchni gruntów ornych obszaru. Należy zadbać o to, aby w każdym kompleksie były przynajmniej dwie powierzchnie rozpoznawcze.

Zaprojektowane na mapach powierzchnie rozpoznawcze pokrywa się zdjęciami lotniczymi w skali około 1:25 000. Zasadnicze znaczenie ma termin wykonania zdjęć. Zdjęcia powinny być wykonane w maju, najpóźniej do połowy czerwca. Przed wyjściem w pole zdjęcia powiększa się do skali 1:10 000 i nanosi granice powierzchni rozpoznawczych. Kolejną czynnością jest terenowe uczytelnienie zdjęć.

Celem prac terenowych jest otrzymanie szczegółowych, wiarygodnych informacji o aktualnym sposobie użytkowania gruntów ornych w granicach powierzchni rozpoznawczych. Prawidłowo uczytelnione zdjęcie powinno zawierać oznaczenia upraw występujących na poszczególnych polach. Terenowe uczytelnienie zdjęć powinno być wykonane w okresie mniej więcej od połowy czerwca do połowy lipca, wszakże przed żniwami. Z doświadczenia wiadomo, że terenowe uczytelnienie zdjęć powierzchni rozpoznawczych reprezentujących województwo może być wykonane przez siedmioosobowy zespół w ciągu 10 - 14 dni.

Ostatnią operacją na powierzchniach rozpoznawczych jest określenie wskaźników struktury (y). Korzystając z uczytelnionych zdjęć lotniczych, należy określić wielkość pól powierzchni rozpoznawczych i na tej podstawie - po odpowiednim zsumowaniu - powierzchnię poszczególnych upraw. Te same

zdjęcia lotnicze pozwalają określić ogólną powierzchnię gruntów ornych. Uzyskuje się w ten sposób wszystkie dane potrzebne do zbudowania matematycznego modelu struktury upraw.

Powierzchnie rozpoznawcze są wybierane losowo. Jeżeli ich liczba jest odpowiednio duża, to mogą one być reprezentatywne dla całej populacji rolników gospodarujących w podobnych warunkach w granicach badanego obszaru. Należy jednak pamiętać, że związek między strukturą użytkowania gruntów ornych a ich jakością ma charakter hipotetyczny. Wcześniej była mowa o tym, że istnieje wiele przesłanek upoważniających do zbudowania takiej hipotezy, a więc i do matematycznego modelowania tego związku. Jednak budowanie modelu struktury upraw, a zwłaszcza korzystanie z niego, lepiej jest poprzedzić zweryfikowaniem tej hipotezy. Nie wszystkie bowiem powierzchnie rozpoznawcze mogą być dostatecznie reprezentatywne. Może się zdarzyć, iż z powierzchnią rozpoznawczą trafiono w miejsce, gdzie rolnicy z jakiś powodów nie są w zgodzie z jakością swoich gruntów ornych, bądź też wykorzystują je w specyficzny sposób, na przykład gdy w sąsiedztwie jest cukrownia lub olejarnia. Tam zapewne na większym niż przeciętnie obszarze będą uprawiane buraki cukrowe i rzepak. W okolicy dużych miast w strukturze upraw może zdominować uprawa warzyw, owoców i kwiatów, nawet jeżeli warunki glebowe nie bardzo temu sprzyjają.

Chcąc się przekonać, na ile rozpoznane w terenie powierzchnie opisują poszukiwany związek struktury upraw z jakością gruntów, dobrze jest wcześniej - przed zbudowaniem modelu - zweryfikować wspomnianą hipotezę przez zbadanie siły związku typu:

$$x = F(y_1, y_2, y_3, \dots, y_n) \quad (4)$$

Każda powierzchnia rozpoznawcza dostarcza jednego równania (4), w którym zmiennymi niezależnymi (y_i) są wskaźniki struktury badanych upraw, natomiast zmienną zależną - wskaźnik przydatności rolniczej gruntów ornych (x).

Omawianą hipotezę można zweryfikować, posługując się współczynnikiem determinacji R^2 .

Aby obliczyć taki współczynnik, należy określić postać funkcji F , a następnie zestawić i rozwiązać układ równań (4). W pierwszej kolejności najlepiej jest uznać, że mamy do czynienia z funkcją liniową. Upoważnia to do skonstruowania równań typu:

$$a_0 + a_1y_1 + a_2y_2 + \dots + a_ny_n = x \quad (5)$$

Układ będzie się składał z tylu takich równań, ile jest powierzchni rozpoznawczych. Niewiadomymi w tym układzie są współczynniki a . Po rozwiązaniu układu równań można określić odchyłki

$$v = x - \hat{x} \quad (6)$$

gdzie \hat{x} jest wskaźnikiem przydatności rolniczej gruntów ornych obliczonym na podstawie równania (5) i wyznaczonych współczynników a , natomiast x jest wielkością użytą w równaniu (5) jako wolny wyraz.

Poszukiwany współczynnik determinacji można teraz określić z wzoru:

$$R = \sqrt{1 - \frac{[v^2]}{[u^2]}} \quad (7)$$

gdzie u jest odchyleniem wielkości wskaźnika przydatności rolniczej gruntów ornych (x) od średniej z wszystkich powierzchni rozpoznawczych.

Współczynnik determinacji (7) w ogólności informuje o tym, jak duża część zmienności zmiennej zależnej może być wytłumaczona zmiennością zmiennych niezależnych. W tym wypadku wielkość współczynnika determinacji charakteryzuje zależność między jakością rolniczej przestrzeni produkcyjnej a strukturą jej użytkowania. Przyjmuje się, że wielkość $R = 80\%$ oznacza wystarczająco silny związek pomiędzy walorami glebowo-rolniczymi gruntów ornych a ilościowym i jakościowym doбором gatunków uprawianych roślin, aby można było zbudować i wykorzystywać matematyczny model struktury upraw.

3.4. Model matematyczny

W ogólności matematyczny model struktury upraw jest zbiorem równań $y_i = f_i(x_i)$. Określenie postaci równania polega na opisanie funkcji f_i .

Zwykle związek między wskaźnikiem struktury (y) i wskaźnikiem przydatności rolniczej gruntów ornych (x) dobrze opisuje funkcja liniowa ($y = ax + b$). Tylko niekiedy trzeba sięgnąć do wielomianu drugiego stopnia lub do bardziej skomplikowanych funkcji. Budowanie modelu polega na określeniu wielkości współczynników (a, b, c, \dots).

Wysoka wartość współczynnika determinacji (7) nie tylko dobrze świadczy o powierzchniach rozpoznawczych, ale także podpowiada postać funkcji f (1). Z dużym prawdopodobieństwem można twierdzić, że modele matematyczne struktury większości upraw będą mogły być zbudowane za pomocą tej samej postaci funkcji, jaką przyjęto dla określenia współczynnika determinacji. Jeżeli współczynnik determinacji okazał się wystarczająco duży ($R > 80\%$), na przykład

dla funkcji liniowej (5), to modele matematyczne struktury poszczególnych upraw też zapewne będą miały taką postać.

Mimo tej sugestii bezpiecznie jest sporządzić przed modelowaniem tzw. wykres rozrzutu punktów empirycznych z próby. Wykres powinien być wykonany osobno dla każdej z badanych upraw. Na osi odciętych należy odkładać wskaźnik przydatności rolniczej gruntów ornych (x) poszczególnych powierzchni rozpoznawczych, a na osi rzędnych wskaźnik struktury (y_i) dla i -tej uprawy, tj. udział powierzchni (P_i) zajętej przez tę uprawę na powierzchni rozpoznawczej (P). Wykresów takich będzie tyle, ile upraw tworzy strukturę użytkowania gruntów ornych badanego obszaru. Naniesione na wykres punkty utworzą pewien twór geometryczny (chmurę, obłok), którego kształt będzie sugerował postać funkcji.

Dla każdej uprawy każda powierzchnia rozpoznawcza dostarcza jednego równania w postaci:

$$\hat{y} = \hat{a}x + \hat{b} \quad (8)$$

gdzie y jest wskaźnikiem struktury obliczonym dla określonej uprawy, natomiast x wskaźnikiem przydatności rolniczej gruntów ornych powierzchni rozpoznawczej. Powstanie układ równań, w którym niewiadomymi są współczynniki regresji \hat{a} , \hat{b} . Wielkości tych współczynników można obliczyć metodą najmniejszych kwadratów.

Opisana w ten sposób prosta $\hat{y} = \hat{a}x + \hat{b}$ jest estymatorem nieznannej prostej regresji $Y = AX + B$, przedstawiającej poszukiwany związek już nie dla powierzchni rozpoznawczych, lecz w populacji generalnej wskaźników struktury określonej uprawy.

Estymatorowi można ufać jedynie w pewnych granicach. Wyznaczają je krzywe ufności. Przebiegają one różnie, w zależności od poziomu istotności oraz od liczby stopni swobody. Prawdziwa wielkość wskaźnika struktury Y jest jedną z wszystkich, znajdujących się w przedziale:

$$\hat{y} - t_a S_y < Y < \hat{y} + t_a S_y \quad (9)$$

gdzie t_a jest zmienną o rozkładzie t-Studenta wyznaczoną dla poziomu istotności α i dla $(n-2)$ stopni swobody, natomiast:

$$S_y = S_o \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{(x - x_{sr})^2}{\sum (x - x_{sr})^2}} \quad (10)$$

$$S_o = \sqrt{\frac{(y - \hat{y})^2}{n - 2}} \quad (11)$$

Ważną rolę odgrywa wyrażenie

$$m = \pm t_a S_y \quad (12)$$

Określony za pomocą tego wyrażenia obszar ufności pokrywa prawdziwą funkcję regresji

$$Y = AX + B \quad (13)$$

z prawdopodobieństwem $(1-\alpha)$. Dlatego właśnie wyrażenie \hat{y} , czyli wskaźnik struktury określonej uprawy, obliczony na podstawie omawianego modelu matematycznego, może być uważany za obarczony błędem m (12). Jest to fakt o zasadniczym znaczeniu, gdyż pozwala wymiernie ocenić wiarygodność danych uzyskanych metodą teledetekcji.

4. Porównanie ze spisem rolnym

Metoda teledetekcyjna była sprawdzana w praktyce w latach 1981, 1982 i 1983 na jednym i tym samym poligonie doświadczalnym. Było nim województwo wrocławskie, na którego obszarze założono 73 powierzchnie rozpoznawcze, każda o wielkości około 100 hektarów. Suma powierzchni rozpoznawczych stanowiła prawie 3 % powierzchni gruntów ornych województwa wrocławskiego.

W 1981 roku prace doświadczalne, terenowe, miały jeszcze charakter wstępny. Chodziło wtedy jedynie o to, aby sprawdzić założenia metody oraz uruchomić poszczególne części procesu technologicznego. Natomiast w latach 1982 i 1983 badania miały już na celu sprawdzenie skuteczności metody teledetekcyjnej. Wyniki uzyskane w tych dwóch latach były porównane z wynikami spisów rolnych.

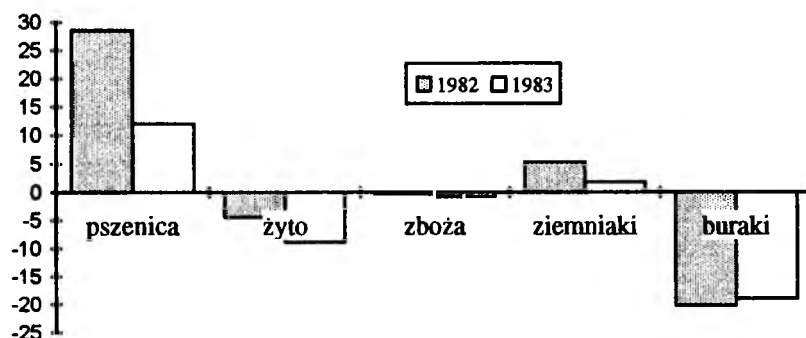
Ze spisem rolnym porównywałem powierzchnię uprawy pszenicy, żyta, ziemniaków oraz buraków cukrowych. Dodatkowo porównywałem także areal upraw wszystkich zbóż łącznie, wraz z mieszkankami zbożowymi.

Tabela 2 przedstawia różnice arealów poszczególnych upraw, jakie wynikają z porównania wyników spisu rolnego (GUS) z uzyskanymi metodą teledetekcyjną (IGiK). Różnice są wyrażone w procentach powierzchni tych upraw.

Tabela 2

UPRAWA	GUS-IGiK 1982 r.	GUS-IGiK 1983 r.
<i>Pszenica</i>	+ 28.5 %	+ 12.1 %
<i>Żyto</i>	-4.4 %	-8.8 %
<i>Zboża + miesz. zbożowe</i>	-0.3 %	-0.8 %
<i>Ziemniaki</i>	+5.3 %	+1.8 %
<i>Buraki cukrowe</i>	-20.1 %	-18.9 %

To samo przedstawia rysunek:



Porównanie z wynikami spisu rolnego wypada, jak widać, bardzo różnie. Wysoką, zaskakująco dużą zgodność uzyskano w odniesieniu do powierzchni zajętej przez wszystkie zboża łącznie z mieszankami zbożowymi. Także powierzchnia upraw ziemniaków nie różni się zbyt dużo, zwłaszcza w roku 1983, czyli już po modyfikacji metody teledetekcyjnej. Zupełnie natomiast co innego okazało się w przypadku pszenicy i buraków cukrowych.

Z analizy równań regresji - według których były wyznaczane metodą teledetekcyjną powierzchnie upraw pszenicy i buraków cukrowych - wynika, że średnie błędy nie przekraczały 2%. Nie sposób zatem wytłumaczyć różnic przedstawionych w tabeli 2 błędnością metody teledetekcyjnej.

Fakt, że na przykład w 1982 roku suma powierzchni pszenicy była według spisu rolnego o 28.5 % większa od powierzchni określonej metodą teledetekcji, nie da się łatwo wytłumaczyć. Przeciętny polski rolnik o strukturze zasiewów swojego gospodarstwa wie wszystko, co jest mu potrzebne. Wie, co gdzie zasiał i zasadził, dokładnie zna granice poszczególnych upraw, natomiast wielkość powierzchni tych upraw zna jedynie w przybliżeniu, najczęściej takim, jakie jest mu potrzebne do określenia np. ilości nawozów, a następnie ziarna potrzebnego do zasiania. Jest jednak mało prawdopodobne, aby stąd wynikała aż tak duża różnica, i dlatego tylko w odniesieniu do pszenicy. Owa niewiedza raczej jest tej miary, co niezgodność areалу uprawy żyta (tj. kilka procent).

Do niedawna ważnym czynnikiem kształtowania struktury zasiewów przez rolników indywidualnych był sposób traktowania ich przez władze państwowe. Rolnik nie był zainteresowany w ujawnianiu stanu faktycznego w jego gospodarstwie, nigdy bowiem nie było wiadomo, co jest dobre, a co złe, co mu się opłaci, a na czym można stracić. Trudno jednak sądzić, że właśnie z tego powodu rolnicy w całym województwie - kilkadziesiąt tysięcy gospodarujących indywidualnie - w spisach rolnych w dwóch co najmniej kolejnych latach - zgodnie zawyżali powierzchnię uprawy pszenicy o jedną trzecią w porównaniu ze stanem faktycznym.

Niełatwa do wyjaśnienia jest także duża różnica powierzchni pod burakami cukrowymi. W minionych latach państwo wpływało na wielkość niektórych upraw przez kontraktację. Rolnik poddawał się temu nie tylko dlatego, że musiał, ale - jak się teraz okazuje - bo chciał, gdyż miał w ten sposób rozwiązany problem zbytu. Bez odpowiedzi pozostaje zatem pytanie, dlaczego rokrocznie (a przynajmniej w latach 1982 i 1983) rolnicy województwa wrocławskiego twierdzili, że powierzchnia uprawy buraków cukrowych jest o około 20% mniejsza od faktycznej. Metoda teledetekcyjna wykazywała, że w spisach rolnych w tych latach znacznie zawyżano areał pszenicy i zaniżano wielkość uprawy buraków cukrowych. Jeżeli weźmie się pod uwagę wręcz zdumiewającą zgodność powierzchni wszystkich zbóż łącznie z mieszankami zbożowymi, to nie sposób nie powrócić do refleksji, od których zaczyna się ten artykuł.

Interesująco przedstawia się porównanie zmiany z roku na rok struktury upraw określonej bądź na podstawie spisu rolnego (GUS), bądź metodą teledetekcyjną (IGiK).

Tabela 3

UPRAWA	Zmiany wg. GUS	Zmiany wg. IGiK
Pszenica	-5.9 %	+15.5 %
Żyto	+0.2 %	+4.4 %
Zboża + miesz. zbożowe	-1.2 %	-0.7 %
Ziemniaki	+3.6 %	+7.4 %
Buraki cukrowe	+0.5 %	-0.5 %

Ze spisów rolnych wynika, że 1983 rok - w porównaniu z poprzednim - nie przyniósł liczących się zmian w sposobie użytkowania rolniczego gruntu ornych. Żyto, zboża wraz z mieszankami zbożowymi oraz buraki cukrowe były uprawiane na takim samym rozmiarze, jak poprzednio. Jedynie powierzchnia uprawy pszenicy zmniejszyła się o około 6%, a ziemniaków zwiększyła o prawie 4%.

Inaczej wypada ocena sytuacji, gdy weźmie się pod uwagę wyniki badania struktury upraw metodą teledetekcyjną. Potwierdzenie znajduje jedynie twierdzenie o stałym areale uprawy buraków cukrowych oraz zbóż razem z mieszankami zbożowymi. Cała reszta jest natomiast zupełnie różna. Powierzchnia uprawy pszenicy nie tylko nie zmalała, ale znacząco wzrosła (ponad 15%.) Zwiększyła się także powierzchnia uprawy żyta (ponad 7%), co oznacza, iż pozostałych zbóż (jęczmienia, owsa, różnych mieszanek zbożowych itp.) zmalała w sumie o ponad 20%.

5. Refleksje

Teledetekcyjna metoda określania struktury upraw rolnych, mimo że opracowana i sprawdzona przed dziesięciu laty, nie była - jak dotąd - stosowana. Nie sposób teraz ustalić dlaczego tak się stało. Być może wynikało to ze względów politycznych, chociaż bardziej prawdopodobnym powodem wydaje się szczególnie drastyczny wtedy brak środków, a także sytuacja społeczna tamtych lat, wobec której ewentualne ułomności spisu rolnego nie należały do największych kłopotów ówczesnych władz. Czasy się wprawdzie zmieniły, lecz problem pozostał.

Jak kiedyś, tak i teraz administracja państwowa powinna być w porę informowana o sytuacji rolnictwa w kraju. Opracowana w Instytucie Geodezji i Kartografii metoda szacowania struktury upraw pozwala na to, aby nawet rokrocznie - w końcu lata lub wczesną jesienią - dostarczać informacji na temat struktury upraw w granicach dużych jednostek administracyjnych. Rzecz jasna dziesięć lat zrobiło swoje. Technika poszła naprzód, wiedzy przybyło, więc metoda wymaga szlifowania technologicznego.

Jest dobra okazja, aby polską metodę teledetekcyjnego szacowania struktury upraw rolnych poddać szczególnemu egzaminowi. Obecnie z Europy Zachodniej docierają do Polski propozycje metodyczne określania struktury upraw rolnych oparte na podobnej filozofii, na której niegdyś zbudowaliśmy naszą metodę. Mam na myśli program MARS. Polska jest zaproszona do uczestnictwa w tym programie i dobrze by było, gdyby obie metody zostały poddane próbie na tym samym materiale badawczym. Może w ten sposób powstać rozwiązanie hybrydowe, korzystne nie tylko dla nas.

Wojciech Bychawski

POLISH METHOD FOR ESTIMATING CROP STRUCTURE

S u m m a r y

It is not easy to obtain yearly at a right time information on the expected yield of crops on the whole territory of the country. For instance in Poland, in order to make full terrain crop inventory, several millions of crop fields should be reached and

measured. As it is impossible, the other method has been applied - agricultural census. However, in my opinion, determination of crop acreages on the basis of census is not reliable by definition, because there is not important reason for farmer to give correct or wrong information about crop acreage in his holding. As he is interviewed, he gives any answer.

Structure of crops is mainly dependent on quality of soils for arable land. This quality is well described by index of agricultural suitability, precised at the Institute of Cultivation, Fertilizing and Soil Science in Pulawy. Owing to that it can be deduced, in what manner farmer, who manages his land optimally, will use this land at the particular soil conditions.

Considering low reliability of agricultural census and lack of possibilities to make crop inventory it was decided to apply statistical methods, based on remote sensing and mathematical modelling of crop structure.

The essence of remote sensing method lies in finding relation between quality of agricultural land and crop structure. Real indices of crop structure can be estimated on the basis of small sampling areas recorded on aerial photographs.

Relation between crop structure index (y) and index of agricultural suitability (x) is usually well described by linear function. Sometimes second-order polynomial or more complicated function is applied, but rarely.

Remote sensing method was verified practically in 1982 and 1983 at the same study area. Wloclawek voivodship was selected for that work; 73 sampling areas (100 ha each) were distributed within boundaries of this voivodship. Sum of acreages of sampling areas reached 3% of the acreage of arable land within Wloclawek voivodship. Table 2 shows differences in acreages of particular crops, resulting from comparison of census data (GUS) and data obtained with the use of remote sensing method (IGiK). Differences are expressed in percentage of crop acreage.

Comparison with agricultural census data gives very diversified results. Remote sensing method revealed, that in the studied period acreage of wheat was overestimated, while acreage of sugar beets was underestimated at census results.

The method of estimating crop structure prepared at the Institute of Geodesy and Cartography allows for delivering, even yearly late summer or early autumn, information about crop structure within boundaries of large administrative units.

Translation: Zbigniew Bochenek

Войцех Быхавски

ПОЛЬСКИЙ МЕТОД ОЦЕНКИ СТРУКТУРЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Резюме

В масштабе государства нелегко получать ежегодно в соответствующее время информации на тему величины ожидаемого урожая. Например, в Польше, чтобы произвести инвентаризацию сельскохозяйственных культур в полевых условиях, необходимо бы было достичь свыше десяти миллионов возделываемых полей и измерить их поверхность. Поэтому были предприняты

другие методы. Одним из них является сельскохозяйственная перепись. Однако автор утверждает, что установление величины посевной площади на основе сельскохозяйственной переписи мало достоверно по своей сущности. Ибо следует отдавать себе отчёт в том, что не имеется никакая существенная причина, по которой земледелец хотел бы представлять какое-либо, подлинное или нет, заявление о величине площади культур в своём хозяйстве. А так как его спрашивают об этом, то он отвечает, чаще всего, что-нибудь.

Структура посевов в большой мере зависит от качества почв пахотных земель. Это качество хорошо описывает понятие комплекса сельскохозяйственной пригодности, определённое Институтом удобрений и почвоведения в Пулавах. Благодаря этому можно обосновано предполагать, как в определённых почвенных условиях должен вести себя оптимально хозяйствующий земледелец.

Учитывая сомнительную достоверность сельскохозяйственной переписи и отсутствие возможности измерительной инвентаризации площадей возделываемых культур, было решено применить статистические методы, использующие дистанционное зондирование и математическое моделирование структуры возделываемых культур.

Сущностью дистанционного метода является нахождение связи между качеством сельскохозяйственной производственной поверхности и структурой возделывания. Фактические показатели структуры возделывания можно изучать на основе аэроснимков сравнительно малых опознавательных поверхностей.

Обычно связь между показателем структуры (y) и показателем аграрной пригодности пахотных земель (x) хорошо описывает линейная функция. Лишь иногда следует обратиться к многочлену второй степени или к более сложной функции.

Метод дистанционного зондирования был проверен на практике в 1982 и 1983 годах на том же самом опытном полигоне. Было им Влоцлавское воеводство, на территории которого были заложены 73 опознавательные площади, каждая величиной около 100 гектаров. Сумма опознавательных площадей составляла почти 3% поверхности пахотных земель Влоцлавского воеводства.

Таблица 2 представляет разницы ареалов отдельных культур, какие вытекают из сравнения результатов сельскохозяйственной переписи (Главное статистическое управление) и полученных методом дистанционного зондирования (Институт геодезии и картографии). Разницы даны в процентах поверхности этих культур.

Сравнения с результатами сельскохозяйственной переписи выходят, как видно, очень разные. Метод дистанционного зондирования указывал, что в сельскохозяйственной переписи в этих годах был значительно повышен ареал пшеницы и понижена величина возделывания сахарной свёклы.

Разработанный в Институте геодезии и картографии метод оценки структуры возделывания разрешает, даже ежегодно - в конце лета или ранней осенью - предоставлять информацию на тему структуры возделывания в границах больших административных единиц.

Перевод: Róża Tołstikowa