

Tomasz Stuczyński, Jan Jadczyzyn, Seweryn Kukula

*Institut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach*

WYKORZYSTANIE SYSTEMU INFORMACJI O ROLNICZEJ
PRZESTRZENI PRODUKCYJNEJ DO ANALIZ REGIONALNYCH*

Wstęp

Zróżnicowanie przestrzenne warunków przyrodniczych, gospodarczych i społecznych wpływa w znacznym stopniu na kierunki, skalę i intensywność produkcji rolniczej gospodarstw, tworząc obszary regionalnego zróżnicowania rolnictwa w kraju. Regionalizacja rozwoju obszarów wiejskich stanowi o trudności przedsięwzięć zmierzających do opracowania racjonalnych strategii rozwoju i kierunków wykorzystania przestrzeni rolniczej. Tworzone strategie rozwoju są podporządkowane potrzebie wypracowania alternatywnych kierunków wykorzystania przestrzeni, ochronie zasobów przyrody z uwzględnieniem konieczności ochrony struktury społecznej i kulturowej wsi (9). Działania z zakresu ochrony środowiska wpisane są w ramy Wspólnej Polityki Rolnej i realizowane poprzez programy rolnośrodowiskowe oraz dopłaty bezpośrednie (3, 4). Znaczna część działań ochronnych realizowana jest również poprzez wsparcie inwestycji prośrodowiskowych w ramach polityki strukturalnej i zgodnych z sektorowymi programami rozwoju, a realizowanych obecnie w ramach działania SPO pt. „Poprawianie i rozwijanie infrastruktury związane z rozwojem i dostosowaniem rolnictwa i leśnictwa” (9). System dopłat i programy rolnośrodowiskowe podlegają kontroli w ramach Zintegrowanego Systemu Kontroli Rolnictwa (IACS). Racjonalne kształtowanie strategii rozwoju obszarów wiejskich i uczestnictwo w programach IACS, zwłaszcza w programach rolnośrodowiskowych, ukierunkowanych na ochronę gruntów wymaga pilnego wdrożenia nowoczesnych systemów analizy i monitorowania obszarów wiejskich pod względem środowiskowym, infrastrukturalnym i społeczno-ekonomicznym. Zadania takie są realizowane poprzez zastosowanie technologii informatycznych w postaci systemów informacji geograficznej integrujących i analizujących zaktualizowaną informację przestrzenną dotyczącą stanu gruntów, zjawisk degradacji, struktury użytkowania ziemi, obszarów chronionych, zanieczyszczenia gleb i jakości płodów rolnych. System informacji geograficznej dla rolnictwa gromadzi i analizuje dane obrazowe zbierane z pułapu satelitarnego i lotniczego, nume-

* Opracowanie wykonano w ramach zadania nr 2.1 w wieloletnim programie IUNG-PIB

ryczne mapy glebowe, numeryczne modele rzeźby terenu oraz dane o zanieczyszczeniach i degradacji gleb.

Zarządzanie przestrzenią rolniczą jest pojęciem szerokim, obejmującym zarówno sam proces podejmowania decyzji, jak i analizę złożonych uwarunkowań i przesłanek będących ich uzasadnieniem. Mówiąc o przesłankach zarządzania przestrzenią mamy najczęściej na myśli określony stan prawny regulujący ramy postępowania wobec środowiska, tak w sferze decyzji administracyjnych, jak i działań technicznych i zapobiegawczych, wynikających ze strategii ochrony opracowanych dla różnych poziomów (region, powiat, gmina). Prosty przykładem narzędzi wsparcia decyzji administracyjnych dotyczących rolnictwa są programy komputerowe do ewidencji gruntów. Systemy katastralne nie posiadają jednak żadnych funkcji analitycznych umożliwiających ilościowe śledzenie zjawisk i procesów przyrodniczych i społecznych zachodzących w przestrzeni rolniczej. Zjawiska, o których mowa, mają wymiar przestrzenny, w związku z czym mogą być analizowane w sposób ilościowy za pomocą odpowiednich modeli i algorytmów współdziałających z systemami informacji geograficznej (GIS). Na podstawie doświadczeń innych krajów można przewidywać, że w ciągu najbliższych kilku lat nastąpi w Polsce dynamiczny rozwój systemów GIS w zarządzaniu i administracji. Systemy takie umożliwiają dokonywanie zautomatyzowanych analiz dowolnych danych przestrzennych sprowadzonych do postaci numerycznej. Przewaga systemów GIS jako narzędzi wsparcia decyzji nad tradycyjnymi opracowaniami wynika z możliwości bieżącej oceny zmian zachodzących w przestrzeni, dokonywanej w sposób zautomatyzowany. Praktycznym zastosowaniem narzędzi GIS jest ich wykorzystanie do opracowania strategii rozwoju przestrzennego i ochrony środowiska z uwzględnieniem regionalnego zróżnicowania warunków. W obrębie obszarów wiejskich istnieje znaczne zróżnicowanie potrzeb i priorytetów ochrony i modernizacji przestrzeni ze względu na charakter i poziom produkcji rolniczej, występowanie cennych siedlisk, jakość gleb, występowanie erozji, czy też obszarów zdegradowanych. Priorytetowym zadaniem jest opracowanie nowych funkcji, na przykład ekologicznych lub krajobrazowych, terenom rolniczym wyłączonym z produkcji lub podlegającym marginalizacji wymaga szczegółowej analizy ich przestrzennego występowania w krajobrazie, stanu środowiska przyrodniczego oraz aspektów społecznych i ekonomicznych istotnych dla różnych opcji możliwych rozwiązań ogólnego planu przestrzennego. Racjonalne zarządzanie przestrzenią rolniczą winno zakładać koordynację strategii ochrony na poziomie regionalnym z programami realizowanymi na poziomie lokalnym. Tworzenie i finansowanie odpowiednich programów celowych służących kompleksowemu rozwiązaniu potrzeb ochrony środowiska i kształtowania krajobrazu obszarów wiejskich powinno opierać się na analizie potrzeb i oczekiwanych efektów ekologicznych, gospodarczych i społecznych. Bazy danych i narzędzia GIS umożliwiają dokonywanie wymienionych analiz i symulacji, których wyniki są w sposób automatyczny przedstawiane w postaci odpowiednich map tematycznych obrazujących odpowiedź na pytanie użytkownika, zadane według dowolnie wybranych kryteriów. Z posiadanych doświadczeń wynika, że nakłady poniesione na budowę systemów GIS są uzasadnione ich zdolnością do

bardzo szybkiego dokonywania dowolnych ocen i symulacji procesów zachodzących w przestrzeni w funkcji czasu. W chwili obecnej tworzony jest Systemu Informacji Przestrzennej (SIP) dla kraju, a poszczególne województwa tworzą koncepcje SIP o zasięgu regionalnym, ukierunkowanym głównie na potrzeby zarządzania kryzysowego i bezpieczeństwa obywateli. Systemy te z założenia obejmują wszystkie aspekty zarządzania przestrzenią. Duży koszt budowy takich zintegrowanych systemów sprawia, że równolegle rozwijają się systemy branżowe obsługujące określoną dziedzinę. W latach 1998–2000 w IUNG przy współpracy IGiK i Geosystems Polska powstał zintegrowany system informacji o rolniczej przestrzeni produkcyjnej (16). W powiecie nowotarskim powstał system informatyczny wspierający prowadzenie spraw ochrony gruntów – monitoring stanu zagrożeń, analiza użytkowania ziemi, zmiana funkcji użytków, granica rolno-leśna (13). W ostatnich latach dokonano szerokiego wdrożenia systemu GIS dla potrzeb ochrony gruntów w województwie podlaskim z uwzględnieniem dynamiki zmian użytkowania gruntów, oceną retencji wodnej i zmian zasobności gleby w substancję organiczną i składniki mineralne (15). Proste systemy GIS i opracowania numeryczne z zakresu ochrony środowiska powstawały również w innych instytutach badawczych: IMGW, PIG, IETU (16). Podstawowym problemem w perspektywie najbliższych lat jest integracja istniejących informacji w systemy operacyjne funkcjonujące w jednostkach administracji związanych z zarządzaniem i kształtowaniem środowiska (gminy, powiaty, urzędy wojewódzkie, urzędy marszałkowskie).

Zagadnienia tworzenia systemów GIS są stosunkowo mało znane szerszemu gronu specjalistów z dziedziny rolnictwa, dlatego też opracowanie poświęcone jest omówieniu ich podstaw od strony użytkowej i funkcjonalnej.

Metodyka

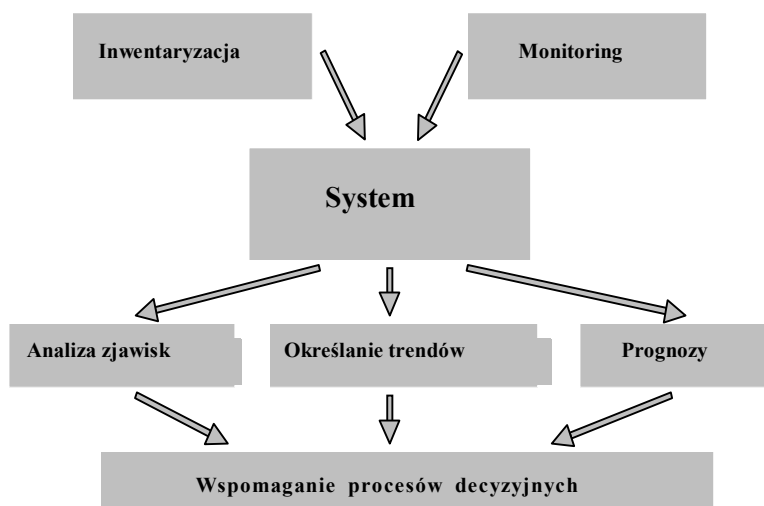
Stworzenie systemu narzędzi analitycznych, pomocnych w podejmowaniu decyzji i zarządzaniu obszarami wiejskimi wymaga ich osadzenia w bazach danych, zintegrowanych w odpowiednio skonstruowanym systemie informacji. Należy wyjaśnić, że systemy tworzone w dziedzinie ochrony rolnictwa w zależności od stopnia szczegółowości dla powiatu lub regionu będą obejmować całą przestrzeń, w tym tereny rolnicze i lasy, obszary zurbanizowane i przemysłowe oraz obszary chronione. W lokalnych systemach SIP, zwłaszcza w regionach zdecydowanie podmiejskich, moduł środowiskowy będzie podporządkowany analizie zjawisk w ekosystemach zurbanizowanych.

Podstawowym celem systemu dla rolnictwa jest usprawnienie inwentaryzacji i monitoringu rolniczej przestrzeni produkcyjnej oraz, poprzez jej modelowanie, umożliwienie dokładniejszej i pewniejszej analizy zjawisk, określania trendów i uzyskiwania prognoz przeznaczonych do wspomaganie procesów decyzyjnych związanych z rolnictwem i zarządzaniem obszarami wiejskimi. Tworząc system informacji przestrzennej dąży się do takiego jego rozwiązania, które zapewni spełnienie przyjętych założeń funkcjonalnych i pozwoli na uzyskanie możliwie optymalnej realizacji zadań systemu od strony użytkowej, ekonomicznej i technicznej. Przyjęte podejście ma określone

konsekwencje dla dalszego rozwoju systemu informacji o rolniczej przestrzeni produkcyjnej, bowiem znacznie rozszerza ilość informacji, którą można w sposób syntetyczny analizować. Dzięki przyjętym narzędziom budowy systemu i jego otwartości nie powinno to stwarzać trudności. System jest bowiem oparty o nowoczesne narzędzia GIS (2, 5-7). Można zaryzykować twierdzenie, że właśnie dzięki tym narzędziom i przyjętemu podejściu zbudowany system ma szansę rozwinąć się w jeden z najnowocześniejszych systemów tego rodzaju w Europie. Warstwowość informacji w GIS umożliwia wyodrębnienie z przestrzeni rolniczej podsystemów będących przedmiotem zainteresowań w oparciu o arbitralne kryteria i dokonania ich głębszej analizy. Informacja z poszczególnych warstw może być dowolnie łączona, umożliwiając syntezę różnych aspektów przestrzeni rolniczej.

W zastosowaniach rolniczych i środowiskowych podstawowym założeniem systemu GIS jest rozwinięcie odpowiednich funkcji analitycznych, generujących nowe informacje obrazowane przestrzennie. Budowa systemów GIS, niezależnie od kierunku wykorzystania, polega na tworzeniu i integracji odpowiednich baz danych. W zastosowaniach środowiskowych punktem wyjścia jest przekształcenie do postaci cyfrowej danych przestrzennych o środowisku oraz danych statystyczno-ekonomicznych. Tworzone w kraju, na różnych szczeblach, systemy informacji przestrzennej mają charakter modułowy i otwarty, co oznacza możliwość integracji modułów realizujących różne zadania, w tym w dziedzinie rolnictwa i środowiska. Pierwszym etapem tworzenia systemu GIS dla potrzeb zarządzania przestrzenią rolniczą jest opis podstawowych założeń (celów i cech) systemu, identyfikacji jego przyszłych użytkowników oraz określenia ich potrzeb. Istotnym elementem jest ustalenie wzajemnych powiązań między użytkownikami. Związki takie rozpatruje się zarówno na płaszczyźnie zależności organizacyjnych, jak i deklaracji woli przystąpienia do budowy systemu.

Celem budowy systemu jest usprawnienie inwentaryzacji, waloryzacji i monitoringu obszarów wiejskich w ujęciu przestrzennym oraz analiza zjawisk, określanie trendów, jak też uzyskiwanie ocen i prognoz służących wspomaganie procesów decyzyjnych związanych ze środowiskiem i zarządzaniem przestrzenią, w tym zwłaszcza obszarami zdegradowanymi i chronionymi. Omawiane cele i funkcje systemu przedstawia załączony schemat (rys. 1). Przykładem praktycznego wdrożenia systemów GIS w zarządzaniu obszarami wiejskimi jest Zintegrowany System Informacji o Rolniczej Przestrzeni Produkcyjnej Polski, zrealizowany w ramach projektu KBN PBZ-17-08, zamawianego przez Ministra Rolnictwa (16). W ramach tego projektu opracowano numeryczne bazy danych charakteryzujące następujące elementy środowiska geograficzno-przyrodniczego: gleby z uwzględnieniem procesów ich fizycznej i chemicznej degradacji, zjawiska erozji, aktualną strukturę użytkowania ziemi na podstawie analizy obrazów satelitarnych oraz agroklimat. W prowadzonych pracach szczególną uwagę zwrócono na standaryzację danych i oprogramowania, dążąc do zapewnienia otwartości systemu na poszerzanie zakresu tematycznego, przy pełnej skalowalności i funkcjonalnej elastyczności, umożliwiającej wykorzystanie systemu w wielu różnych dziedzinach.



Rys. 1. Funkcje systemu GIS

Źródło: Opracowanie własne

Założenia systemów GIS

Nadrzędnym założeniem systemów GIS jest ich otwartość, czyli posiadanie zdolności do łatwej rozbudowy oraz możliwość współpracy w sposób ciągły z tworzonymi równoległe lub działającymi już geograficznymi systemami informacji. Podstawowym założeniem jest także kompatybilność z podobnymi systemami w krajach Unii Europejskiej. Kompatybilność zapewnia korzystanie przy tworzeniu systemów z programów uznanych jako standardy GIS. W skład systemu powinny wchodzić dane przestrzenne charakteryzujące środowisko – stan i jakość gleb, wód, obszarów chronionych, dane o emisji zanieczyszczeń, użytkowaniu ziemi, w tym również występowanie składowisk i terenów przemysłowych. Integracja na poziomie systemu dotyczy możliwości takiego przetwarzania danych zarówno przestrzennych (rastrowych i wektorowych), jak i opisowych, które na wyjściu dostarczą znaczącą, jakościowo nową, informację dotyczącą stanu środowiska na interesującym obszarze (region, powiat, gmina). Innymi słowy powinna istnieć możliwość zastosowania w konkretnej analizie dowolnych danych wybranych do niej z systemu. Dane przetwarzane w systemie różnią się w poszczególnych poziomach (region, powiat gmina) stopniem generalizacji, co prowadzi do różnej szczegółowości otrzymywanych wyników, zapewniając skalowalność systemu. Istotną kwestią jest rozwiązanie przepływu i dostępności danych z uwzględnieniem prawnie obowiązujących zasad ochrony danych. Zagadnienie to wymaga pilnych rozwiązań prawnych i instytucjonalnych. W sytuacji, gdy systemy

GIS będą rozwijane w jednostkach administracji zaistnieje potrzeba wypracowania procedur udostępniania danych monitoringowych i statystycznych pochodzących z samej administracji, w tym głównie z gmin, jak również z takich instytucji, jak Inspekcja Ochrony Środowiska i Wojewódzki Urząd Statystyczny. Instytucje te gromadzą i tworzą duże zasoby danych w celach statystycznych lub kontrolnych, które wobec braku procedur udostępniania nie są aktywnie wykorzystywane w zarządzaniu i planowaniu opartym na narzędziach GIS.

Utrzymanie systemów GIS

Należy podkreślić, że nie jest możliwe jednorazowe zamówienie i kupno systemu GIS dla potrzeb rolnictwa, środowiska lub jakiegokolwiek innej dziedziny. Budowa podstaw takiego systemu polega na jego zainicjowaniu pod względem funkcjonalnym, strukturalnym i organizacyjnym. System musi być jednak następnie „prowadzony”, co oznacza modernizowanie i rozszerzanie w miarę potrzeb jego funkcji analitycznych, bieżącą aktualizację i rozbudowę baz danych, wykorzystanie w praktyce wyników odpowiadających potrzebom grona użytkowników. Powstające w dziedzinie ochrony środowiska zręby systemów GIS będą stanowiły część regionalnego i krajowego systemu informacji przestrzennej (SIP). Takie podejście zapewni możliwość korzystania z danych zgromadzonych w innych systemach branżowych (np. danych meteorologicznych, administracyjnych, bazach adresowych itp.).

Środowiskowe moduły systemów GIS z natury rzeczy będą wykorzystywane przez jednostki administracyjne różnego szczebla. W najbliższym czasie można przewidywać wzrost zainteresowania takimi systemami w powiatach, które przejęły prowadzenie większości spraw związanych z ochroną środowiska (13, 14). Systemy GIS w ochronie środowiska jako część krajowego systemu informacji przestrzennej będą miały zasięg krajowy, o strukturze hierarchiczno-modułowej, odpowiadającej trójszczeblowej strukturze administracyjnej (8).

Stosownie do zasięgu zainteresowań poszczególnych użytkowników na różnych poziomach systemu oraz zależnie od rodzaju rozwiązywanych zagadnień w systemie są tworzone aplikacje. Aplikacje mają charakter szczegółowy (ewidencyjny) na poziomie lokalnym systemu, charakter zgeneralizowany na poziomie regionalnym oraz charakter uproszczony i statystyczny na szczeblu centralnym. Terminem „aplikacja” określa się w zakresie technologii GIS wyspecjalizowany program komputerowy wyposażony w przyjazny dla użytkownika interfejs graficzny, którego zadaniem jest rozwiązywanie konkretnego problemu, np. wyznaczenie obszarów zdegradowanych przez określony czynnik lub grupę czynników. Większość tych problemów analitycznych może być obecnie rozwiązana za pomocą dostępnych, standardowych programów GIS i uniwersalnych procedur systemowych bez konieczności tworzenia specjalizowanych aplikacji. Projektowanie takich aplikacji uzasadnione jest w sytuacji, gdy zdefiniowany jest precyzyjnie cel, jakiemu mają służyć. W przypadku systemów GIS tworzonych dla potrzeb zarządzania środowiskiem tworzenie aplikacji wymaga do-

kładnej analizy potrzeb użytkowników systemu. W praktyce w pierwszym etapie tworzenia systemów główną wagę przywiązuje się do zebrania i integracji danych o przestrzeni, natomiast rozwój aplikacji jest podporządkowany potrzebom pojawiającym się lub uświadamianym w trakcie korzystania z systemu. Ogólnie rzecz ujmując zadaniem specjalizowanych aplikacji GIS jest zautomatyzowanie prezentacji zasięgów określonych zjawisk zachodzących w środowisku. Aplikacje służą również całkowitemu lub częściowemu zautomatyzowaniu analiz kompleksowych (trudnych lub niemożliwych do przeprowadzenia metodami tradycyjnymi) wraz z prezentacją ich wyników.

Zasilanie baz danych

Zakres informacyjny systemu GIS dla potrzeb rolnictwa, ochrony i zarządzania środowiskiem w ujęciu ogólnokrajowym i regionalnym powinien obejmować gromadzenie danych w modułach tematycznych wszechstronnie charakteryzujących przestrzeń rolniczą pod względem przyrodniczym, środowiskowym i społecznym. Niezbędne dane punktowe lub przestrzenne są w posiadaniu różnych instytucji; znacząca część danych o środowisku ma postać numeryczną, nie wymaga zatem pracochłonnych przetworzeń. Do podstawowych danych numerycznych wykorzystywanych w analizach przestrzennych zalicza się:

- dane glebowe obejmujące informacje o kompleksach przydatności rolniczej gleb i ich użytkowaniu, składzie granulometrycznym, odczynie, zawartości próchnicy, zanieczyszczeniu gleb, waloryzacji przestrzeni rolniczej (waloryzacja rzeźby terenu, agroklimatu, stosunków wodnych, jakości gleb, erozji);
- dane geologiczne i hydrologiczne dostępne w postaci map cyfrowych;
- dane lokalnego monitoringu wód, gleb i powietrza;
- dane Instytutu Ochrony Środowiska o emisjach zanieczyszczeń ze źródeł punktowych;
- dane klimatyczne: temperatury, opady, klimatyczny bilans wodny, radiacja;
- obrazowania ze zdjęć lotniczych i satelitarnych wraz z pochodnymi w postaci numerycznych modeli terenu, map użytkowania ziemi;
- informacje o użytkowaniu terenu, obszarach wymagających szczególnej ochrony, terenach skażonych, obszarach zagrożonych suszą i powodzią oraz glebach marginalnych.

W praktyce dane niezbędne do budowy systemu można uzyskać z wielu różnych źródeł. Mogą się one różnić jakością, szybkością pozyskania i zróżnicowanymi kosztami tych działań. W ostatnich latach dominującą tendencją jest wzrost znaczenia danych obrazowych pozyskiwanych z pułapu satelitarnego, wykorzystywanych jako podstawowe źródło różnego rodzaju informacji tematycznych. Do tradycyjnych źródeł pozyskiwania informacji należą dane glebowe w postaci map glebowo-rolniczych. Mapy analogowe wymagają przetworzenia do postaci numerycznej (wektoryzacja). Istnieje znaczna ilość danych analitycznych o dużej wartości informacyjnej, które nie mogą zasilić systemu ze względu na brak określenia współrzędnych geograficznych

punktów pobrania prób wód gleb lub powietrza. Rozwijająca się dynamicznie technologia GPS (pozycjonowanie satelitarne) powinna rozwiązać ten problem – o ile instytucje związane z monitoringiem zostaną wyposażone w proste instrumenty GPS. Szerokie wykorzystanie technologii GPS w powiązaniu z systemami GIS przewiduje się w monitoringu i kontroli programów rolnośrodowiskowych (11).

Oprócz tradycyjnych pomiarów bezpośrednich dużą rolę przypisuje się nowym technikom pozyskiwania informacji przestrzennych, jakie umożliwił gwałtowny rozwój fotogrametrii cyfrowej. Metody te stosuje się do tworzenia numerycznych modeli terenu oraz wykonywania cyfrowych ortofotomap. W najbliższej przyszłości można przewidywać szerokie zastosowanie w systemach GIS nowoczesnych metod przetwarzania danych pozyskiwanych z pułapu satelitarnego (Landsat, SPOT, IRS IKONOS).

Funkcje systemów GIS

Omawiając zakres funkcjonalny systemów GIS należy zwrócić uwagę na takie ich funkcje, jak: inwentaryzacja zasobów, monitorowanie zmian, modelowanie i prognozowanie, prezentacja informacji. Praktyczna użyteczność systemu jest tym większa, im szerszy jest zakres baz danych i analityczne narzędzia przetwarzania i oceny zjawisk przestrzennych. Moduły inwentaryzacyjny i monitoringowy mają charakter monotematyczny, związany przede wszystkim z gromadzeniem zasobów dotyczących wybranego elementu środowiska (np. gleby, skażenia gleb, zanieczyszczenia wód, zanieczyszczenia powietrza). W tym przypadku należy zwrócić szczególną uwagę na takie możliwości funkcjonalne wykorzystywanego oprogramowania GIS, jak: gromadzenie danych, rejestrowanie ich zmian, możliwość realizowania zapytań do bazy danych i wykonywania prostych analiz przestrzennych. Istotnym elementem funkcjonalności systemów jest możliwość integracji w bazach danych różnego typu danych statystycznych odniesionych do jednostek podziału terytorialnego lub innych jednostek obszarowych. Za pomocą dostępnych narzędzi programowych wykorzystując zgromadzone warstwy informacji można w sposób szybki wyznaczać obszary przeznaczone pod zalesienia, strefy ochronne, tereny zalewowe, obszary zagrożone pożarami, obszary do rekultywacji oraz obszary spełniające inne ściśle określone przez użytkownika kryteria środowiskowo-przyrodnicze.

Moduł modelowania i prognoz wymaga wielotematycznych danych pochodzących z różnych źródeł. Poza informacjami typowo środowiskowymi moduł modelowania może wykorzystywać również dane gromadzone w innych systemach i zapisane w różnych systemach odniesień przestrzennych. W modelowaniu i prognozowaniu zjawisk i procesów na szczególną uwagę zasługują funkcje analityczne systemu, pozwalające na realizowanie procedur i algorytmów modelu oraz funkcje dostosowujące dane źródłowe do formatu akceptowanego przez model i system. Przykładem zastosowań procedur modelowania jest analiza ilościowa erozji gleb w określonych warunkach ukształtowania rzeźby terenu oraz pokrycia powierzchni; w modelu wyko-

rzystuje się numeryczny model terenu, dane o pokrywie glebowej oraz dane satelitarne obrazujące użytkowanie ziemi. Z systemami GIS można również integrować modele hydrologiczne w celu prognozowania zagrożeń powodziowych. W powiązaniu z modelami hydrologicznymi można prowadzić symulacje zmian zagrożeń powodziowych w zlewni w wyniku zalesień lub konwersji gruntów orných na użytki zielone. Analizy tego typu są przykładem możliwości wykorzystania systemów GIS w kształtowaniu funkcji ochronnych krajobrazu i oceny regionalnego zróżnicowania procesów degradacji gleby i wód. Metody modelowania znajdują również zastosowanie w przewidywaniu warunków adaptacji rolnictwa do zmian klimatu (10).

Uwarunkowania techniczne

Infrastruktura techniczna systemów GIS jest tworzona stopniowo w miarę realizacji poszczególnych zadań systemu. W przyszłości budowa systemów GIS będzie wykorzystywała systemy sieciowe o zasięgu krajowym. Jednak obecnie systemy takie będą miały, ze względów ekonomicznych oraz technicznych, charakter jednopoziomowy poprzez ich umiejscowienie na komputerach zlokalizowanych u użytkownika, a nie na serwerach sieci ogólnokrajowej. Jednopoziomowe rozwiązanie aplikacji stwarza szereg korzyści, wynikających głównie z działania w jednym wewnątrznie spójnym środowisku operacyjno-programowym. W przypadku wykorzystywania komputera dużej mocy oraz w sytuacji ograniczonych wymagań w zakresie dostępu do bazy danych aplikacje tego typu są bardzo wydajne.

Na funkcjonowanie systemu ma wpływ również stosowane oprogramowanie GIS. Uniwersalna natura narzędzi GIS wykorzystywanych przy ich tworzeniu sprawia, że rozwiązanie zadań systemowych może być realizowane na wiele sposobów, a sprawność wykonywania działań może znacznie różnić się zależnie od przyjętego rozwiązania. Stąd waga architektury systemu, która, jeśli jest dobrze dostosowana do potrzeb użytkowych, może zapewnić realizację wydajnego rozwiązania aplikacyjnego.

Przyjmuje się następujące założenia ogólne dotyczące wyboru profesjonalnej platformy narzędziowej stanowiącej fundament systemów GIS:

1. System na poziomie narzędziowym powinien być opracowany przez producenta uznanego na rynku światowym. Wybór tzw. standardu *de facto* (COTS) zapewnia długofalową gwarancję ciągłego rozwoju technologicznego i technicznego wsparcia. Jest oczywiste, że nikt nie chce ryzykować zakupu oprogramowania, którego producent nie ma szans na podążanie za ciągłym rozwojem technologicznym i tym samym utrzymanie się na konkurencyjnym rynku.
2. System powinien być rozpowszechniony w Polsce. Gwarantuje to łatwość dotarcia do wielu ekspertów dobrze już obeznanych z systemem, stwarza możliwość wykorzystania wiedzy i doświadczeń wielu instytucji oraz zapewnia sprawną wymianę danych pomiędzy różnymi użytkownikami.
3. System powinien być dostarczany przez krajową firmę współpracującą bezpośrednio z jego producentem i pełniącą rolę dystrybutora zdolnego do świadczenia wszelkich związanych z taką rolą funkcji (usługi doradcze, gwarancje, serwis itd.)

4. System powinien posiadać przyjazny dla użytkownika interfejs graficzny. Interfejs graficzny, możliwie prosty, wręcz intuicyjnie obsługiwany powinien pozwolić na przetwarzanie w jednolitym środowisku różnych rodzajów i typów danych (dane rastrowe, wektorowe, tekstowe). Takie rozwiązanie zapewnia wysoką efektywność pracy i zabezpiecza użytkownika przed utratą informacji i danych w trakcie realizacji złożonych procedur przetwarzania i analizy danych.

5. System powinien posiadać narzędzia umożliwiające import i eksport danych zapisanych w różnych formatach. Ten postulat zapewnia możliwość wykorzystania danych gromadzonych w różnych archiwach i przez różne organizacje. Ułatwia ich wymianę i aktualizację danych, podnosząc tym samym atrakcyjność systemu.

6. System powinien być możliwie prosty w obsłudze. Właściwe wykorzystanie i powszechna akceptacja danego systemu narzędziowego GIS zależy w dużej mierze od łatwości z jaką można ten system obsługiwać. W większości przypadków użytkownicy technologii GIS nie są w tej dziedzinie ekspertami, często nie mają nawet dostatecznego przygotowania informatycznego. Ułatwieniem takim będzie również możliwość automatyzacji często powtarzanych procedur oraz tworzenia własnych interfejsów graficznych zgodnych z profilem działań konkretnego użytkownika/instytucji/organizacji.

7. System powinien być wyposażony w narzędzia programistyczne umożliwiające jego rozwój, tworzenie aplikacji i nowych modułów. Narzędzia takie pozwalają na oszczędność czasu, podniesienie wydajności wykonywania prostych lub często powtarzanych zadań, a także stwarzają możliwość modyfikacji systemu i jego wykorzystania do specjalizowanych zadań analitycznych.

8. System powinien posiadać rozbudowane możliwości funkcjonalne. Szeroki i otwarty stale zakres celów i zadań, jakim ma sprostać projektowany ZSI RPP wymaga już na wstępie zastosowania narzędzi informatycznych charakteryzujących się wieloma rozbudowanymi cechami funkcjonalnymi. Zaliczyć do nich można, np. możliwość importu danych pochodzących z różnych źródeł, możliwość ich przetwarzania, łączenia, analizowania i wizualizowania (możliwie w trybie 3D i w czasie rzeczywistym), dla ułatwienia i przyspieszenia interpretacji danych wykorzystywanych w podejmowaniu decyzji.

Ze względów merytorycznych i ekonomicznych moduły systemów GIS w dziedzinie rolnictwa powinny współdziałać z innymi systemami informatycznymi w ramach instytucji tworzących takie systemy. Na szczeblu lokalnym do systemów tych należeć będą systemy informatyczne działające w gminach i powiatach. Na poziomie regionalnym i centralnym bardzo istotna jest współpraca z systemem państwowego monitoringu środowiska oraz systemami branżowymi funkcjonującymi w Ministerstwie Środowiska (np. GIS w Lasach Państwowych, system „Środowisko”, system dla terenów chronionych, baza danych o glebach marginalnych Polski, system o charakterze i walorach mokradeł i użytków zielonych w Polsce, systemy GIS w Parkach Narodowych).

Na szczególną uwagę, z punktu widzenia powiązań instytucjonalnych, zasługuje statystyka państwowa. Związki działań w zarządzaniu środowiskiem z systemami sta-

tystyki dotyczą wzajemnego zasilania i korzystania z jednolitego systemu odniesień przestrzennych TERYT. Dla analizy uwarunkowań społecznych i ekonomicznych na obszarach wiejskich istotna jest możliwość korzystania z danych gromadzonych w ramach lokalnej bazy danych GUS. Również statystyka może traktować bazy danych i aplikacje GIS jako alternatywne źródło informacji, czerpiąc dane będące pochodną złożonych analiz środowiska w powiązaniu z danymi demograficznymi, stanu zdrowia ludności, zatrudnienia itp.

Zastosowania systemów GIS

Praktycznym przykładem wykorzystania systemów GIS jako narzędzi wsparcia decyzji jest opracowana w IUNG aplikacja AgroGIS. Aplikacja ta powstała w ramach prac nad budową zintegrowanego systemu informacji o rolniczej przestrzeni produkcyjnej Polski. Podstawowym jej zadaniem jest wyznaczanie obszarów priorytetowych dla realizacji programów rolnośrodowiskowych na podstawie kryteriów przyrodniczych i socjo-ekonomicznych. Aplikacja korzysta z dostępnych warstw informacji charakteryzujących gleby i środowisko przyrodnicze Polski (12). Aplikacja została stworzona jako narzędzie wsparcia decyzji na poziomie agencji centralnych koordynujących wdrażanie programów środowiskowych w rolnictwie. Programy te polegają na wdrożeniu w gospodarstwach rolnych sposobów gospodarowania przyjaznych dla środowiska, sprzyjających ograniczeniu emisji biogenów pochodzenia obszarowego, ograniczających erozję, zapewniających ochronę siedlisk itp. Jedną z form realizacji programów związanych z ochroną gleb przed erozją są wyłączenia gruntów z produkcji, zamiana gruntów ornyczych na użytki zielone lub zalesienia na terenach o dużym nachyleniu spadków. Inną formą są programy ochrony krajobrazu i różnorodności biologicznej realizowane poprzez utrzymanie ekstensywnych form gospodarowania, sprzyjających zachowaniu stanu równowagi w środowisku i ochronie tradycyjnej struktury społecznej wsi. W krajach Unii Europejskiej programy takie są często realizowane w krajobrazowo i przyrodniczo cennych obszarach górskich, o słabo rozwiniętej infrastrukturze i ograniczonych w związku z tym możliwościach zatrudnienia poza sektorem rolniczym. Gospodarstwo z tytułu uczestnictwa w programie otrzymuje rekompensatę finansową. Wydzielenia obszarów priorytetowych dla takich programów są dokonywane na podstawie tradycyjnych kryteriów waloryzacji przestrzeni rolniczej oraz kryteriów przyrodniczych i krajobrazowych. Poszczególne warstwy informacyjne charakteryzują różnorodność biologiczną agroekosystemów, występowanie obszarów chronionych, zagrożenia środowiska związane z degradacją gleb poprzez zanieczyszczenia chemiczne, zakwaszenie i erozję wodną. Aplikację przygotowano w sposób umożliwiający interaktywne prowadzenie analiz przez użytkownika z podstawową znajomością środowiska ArcView. AgroGis umożliwia uzupełnienie analiz środowiskowo-przyrodniczych analizami charakteryzującymi warunki społeczne i ekonomiczne wsi.

Aplikacja korzysta z danych przestrzennych w postaci numerycznej, pochodzących z różnych źródeł i formatów. Dane te charakteryzują środowiskowe, przyrodni-

cze i społeczne uwarunkowania przestrzeni rolniczej. Z założenia aplikacja służy do wyznaczania obszarów priorytetowych dla realizacji programów rolnośrodowiskowych w skali ogólnej, umożliwiając podejmowanie odpowiednich decyzji przede wszystkim na poziomie krajowym i regionalnym. Stąd też rozdzielczość i reprezentatywność zgromadzonych danych odpowiada wymaganiom skali 1:500 000. Zręby systemu tworzą następujące bazy tekstowe i geometryczne:

- 1) mapa glebowo-rolnicza charakteryzująca przydatność rolniczą gleb, dominujące typy i rodzaje gleb (budowę profilu);
- 2) mapa zanieczyszczeń gleb metalami ciężkimi;
- 3) mapa odczynu gleb;
- 4) mapa potencjalnej erozji wodnej gleb;
- 5) mapa obszarów chronionych (parki narodowe, parki krajobrazowe, otuliny parków narodowych i krajobrazowych, obszary chronionego krajobrazu);
- 6) mapa ostoi przyrody jako obszarów wydzielonych ze względu na różne motywacje decydujące o walorach przyrodniczych, zasługujących na szczególną ochronę (flora, bezkręgowce, ryby, płazy, gady, ptaki, kolonie bocianów, ssaki, kolonie nietoperzy, fauna, zbiorowiska, siedliska, geomorfologia, krajobraz, archeologia i paleontologia);
- 7) obszary węzłowe sieci Econet;
- 8) zestawienia powierzchni użytków rolnych w gminach;
- 9) granice administracyjne regionów i gmin;
- 10) lokalna baza danych GUS.

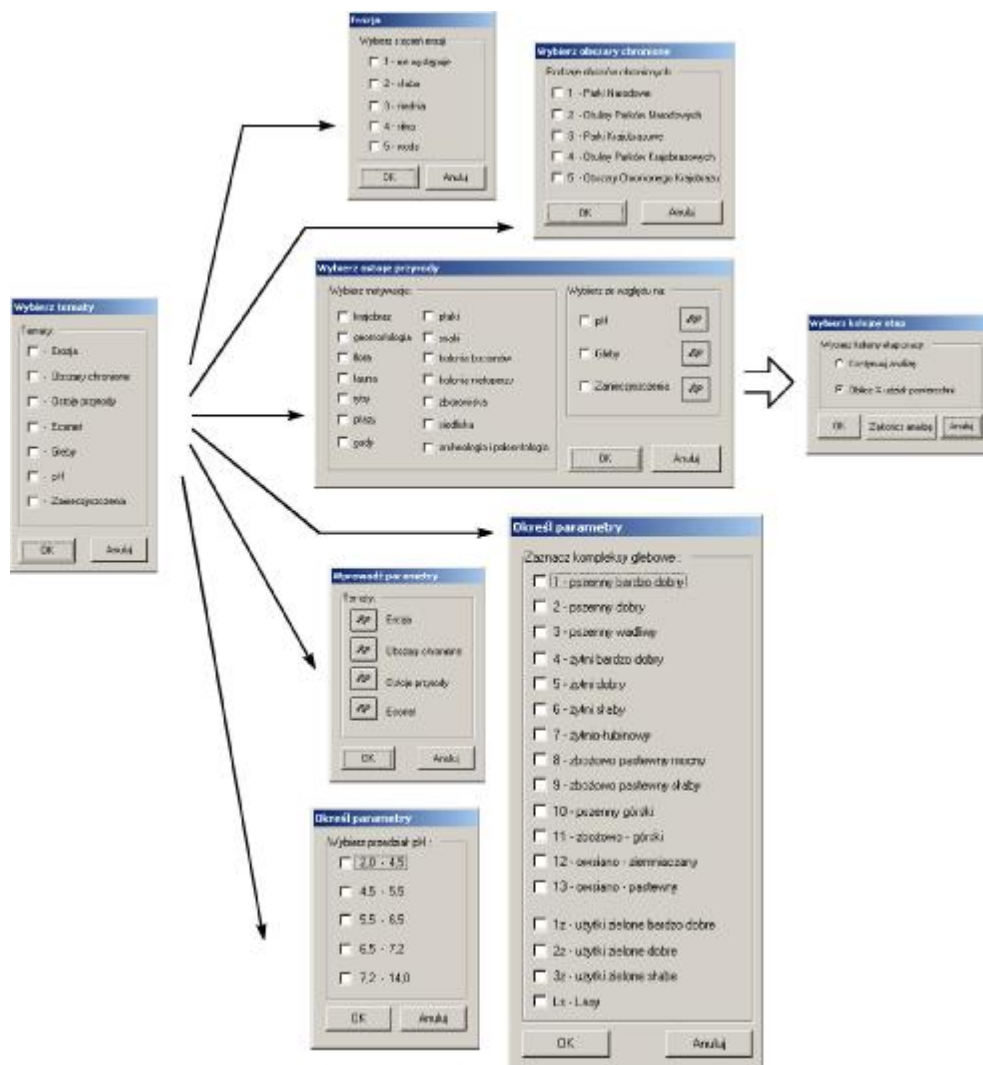
Podstawowe bazy danych zostały opracowane przez Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowy Instytut Badawczy w Puławach (IUNG-PIB), Instytut Ochrony Przyrody w Krakowie i Instytut Ochrony Środowiska w Warszawie. Integrację danych oraz opracowanie algorytmu aplikacji wykonano w IUNG.

Działanie aplikacji AgroGis polega na generowaniu poligonów spełniających określone przez użytkownika kryteria (rys. 2). Najprostszym przykładem wydzielenia obszarów jest łączenie wszystkich powierzchni, traktowanych jako przyrodniczo cenne lub zagrożone (ostoje przyrody, obszary chronione, sieć Econet, powierzchnie gleb narażonych na erozję itp.).

W wyniku procesu łączenia powstaje nowa warstwa będąca sumą powierzchni wymienionych obszarów, przedstawiona w postaci odpowiedniej mapy tematycznej (rys. 3).

Kontynuacją analizy jest obliczenie procentowego udziału wydzielonych powierzchni w stosunku do powierzchni użytków rolnych wszystkich gmin w Polsce (rys. 4). W wyniku analizy powstaje kategoryzacja gmin na cztery grupy zdefiniowane w następujący sposób:

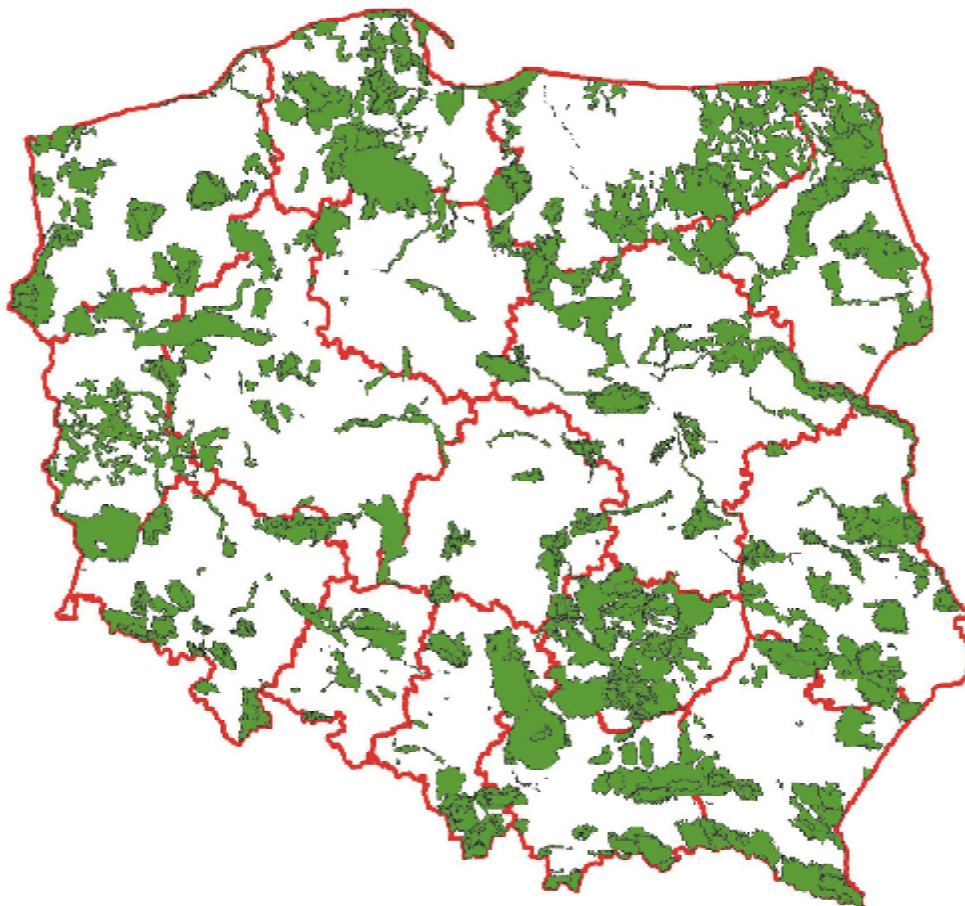
- 1) gminy o małym udziale powierzchni priorytetowych,
- 2) gminy o średnim udziale powierzchni priorytetowych,
- 3) gminy o dużym udziale powierzchni priorytetowych,
- 4) gminy o bardzo dużym udziale powierzchni priorytetowych.



Rys. 2. Schemat działania aplikacji – okna dialogowe

Źródło: Opracowanie własne

Do grupy pierwszej należą wszystkie gminy, dla których procentowy udział powierzchni obszarów priorytetowych, wyznaczonych w procesie analizy mieści się w obrębie pierwszego kwartyła (ciąg wartości obejmujący pierwsze 25% wyników); gminy należące do grupy drugiej charakteryzuje udział powierzchni mieszczącej się w obrębie drugiego kwartyła. Sposób klasyfikowania grupy trzeciej i czwartej jest analogiczny do wyżej opisanego. Dalsza kontynuacja analizy prowadzi do uzyskania charakterystyki regionów (województw) ze względu na udział powierzchni obszarów

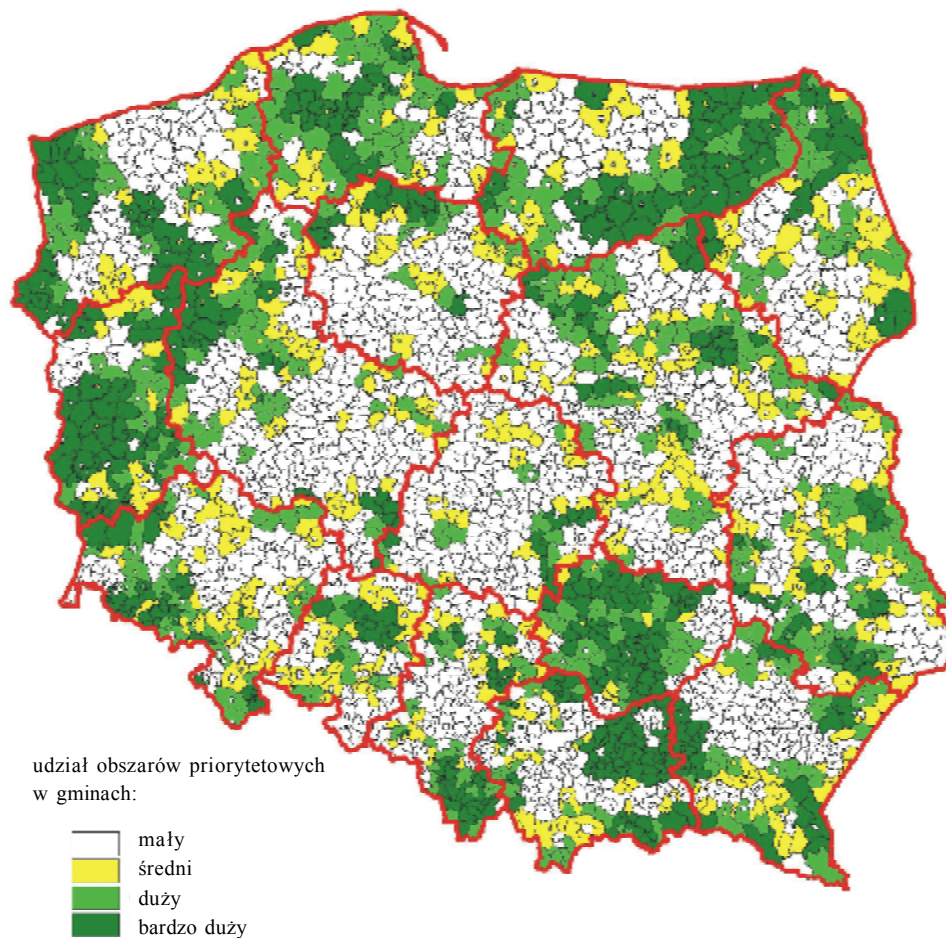


Rys. 3. Przykład wydzielenia obszarów priorytetowych na podstawie występowania erozji wodnej obszarów chronionych i ostoi przyrody

Źródło: Opracowanie własne

priorytetowych w stosunku do powierzchni użytków rolnych (rys. 5). Kryteria podziału gmin i regionów na grupy o określonym priorytecie można zmieniać z poziomu programisty.

Aplikacja umożliwia dokonywanie bardziej złożonych analiz dla dowolnie wybranych kryteriów. Dla przykładu można wydzielać powierzchnie związane z występowaniem obszarów chronionych (parki, otuliny parków itp.), na których występują gleby tworzące określone kompleksy przydatności rolniczej, podlegające jednocześnie erozji w danym stopniu. Oprócz erozji i kompleksów glebowych kryteria związane z charakterystyką gleb danego obszaru mogą uwzględniać zanieczyszczenia metalami oraz degradację poprzez zakwaszenie. Istnieje możliwość dowolnego zestawienia wielu kryteriów określających obszary chronione, ostoje przyrody, gleby i procesy ich degradacji. Przy złożonych analizach poligony wybrane z poszczególnych warstw tema-

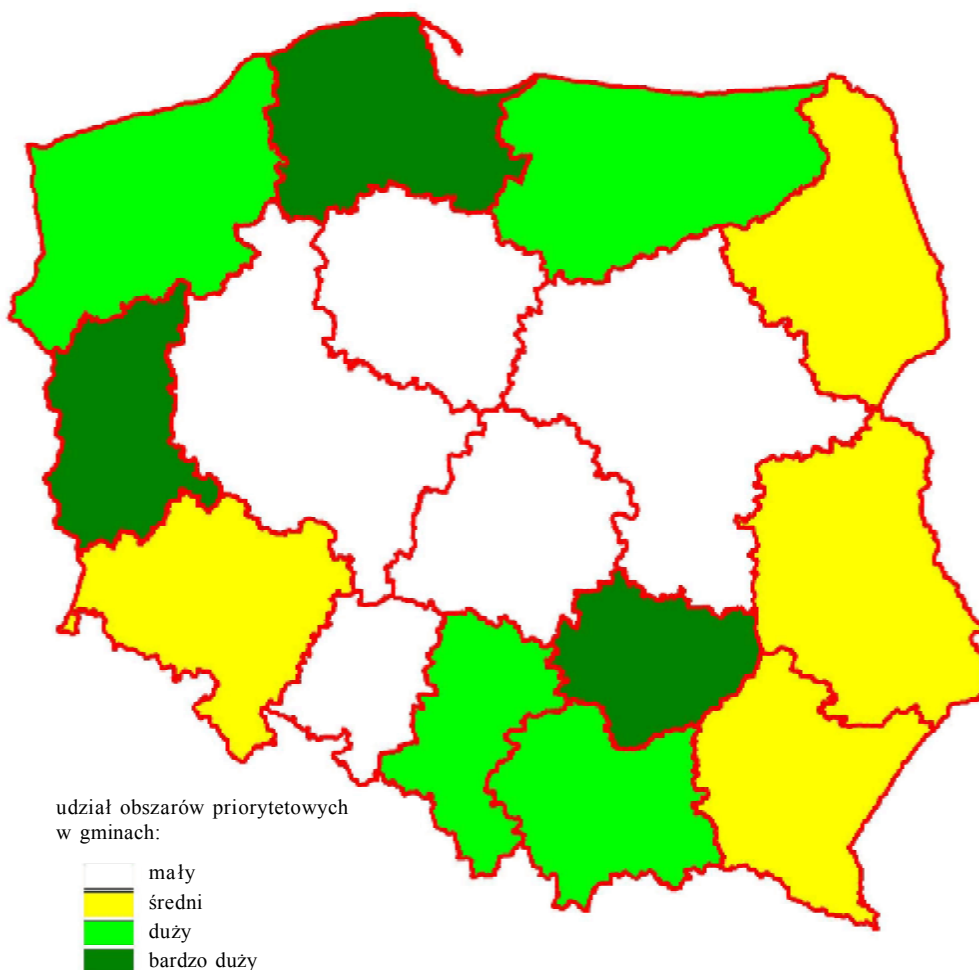


Rys. 4. Występowanie obszarów priorytetowych w gminach – udział w stosunku do powierzchni użytków rolnych

Źródło: Opracowanie własne

tycznych na zasadzie doboru określonego zestawu atrybutów, przecinają się wzajemnie w wyniku czego powstaje warstwa wynikowa (poligony) stanowiąca część wspólną, spełniającą wszystkie zakładane kryteria.

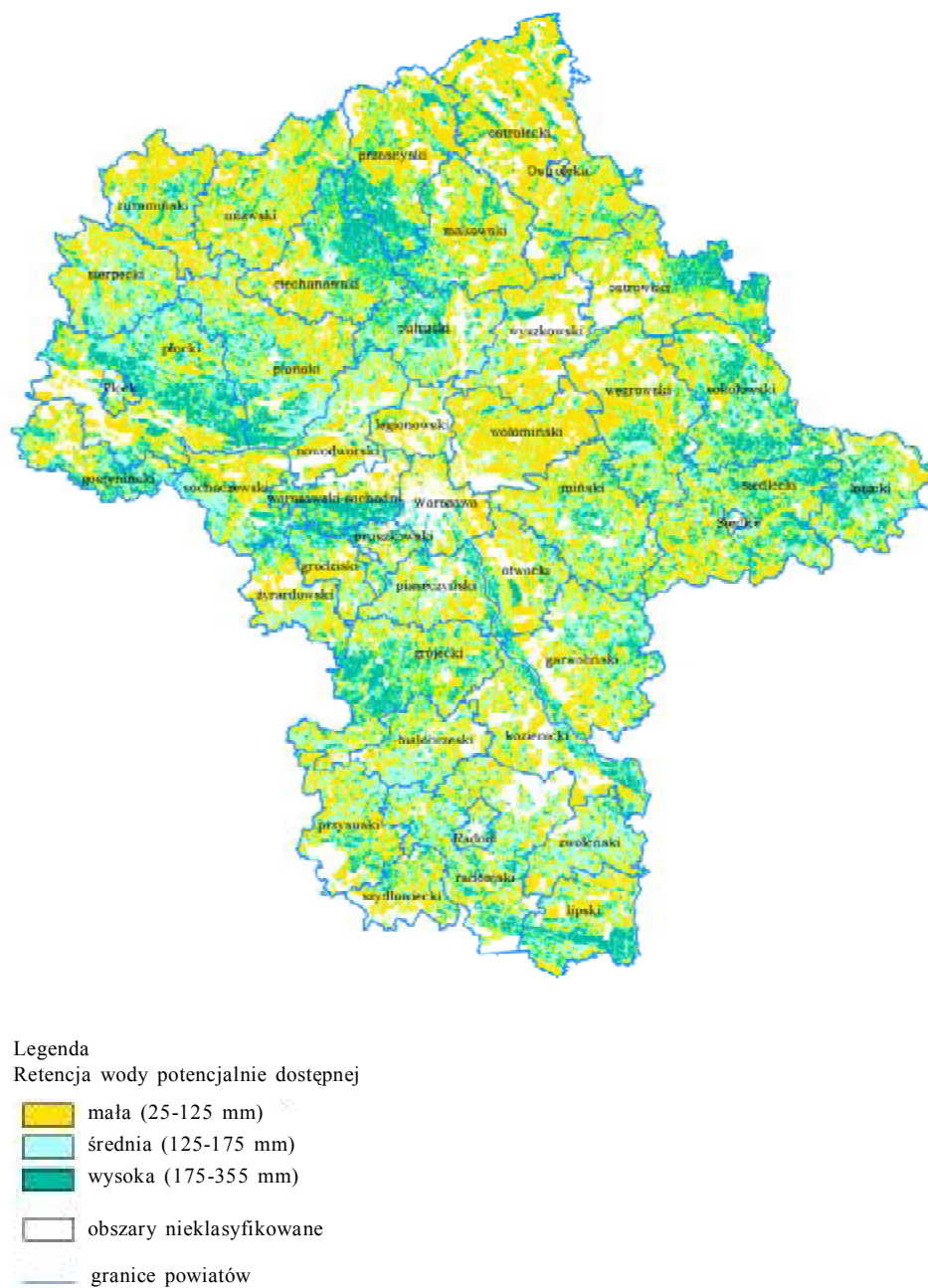
Podejmowanie decyzji odnośnie finansowania programów rolnośrodowiskowych powinno opierać się, oprócz kryteriów przyrodniczych, na ocenie warunków społecznych i ekonomicznych. Zakłada się, że, zwłaszcza w warunkach polskich, uwarunkowania społeczne i regionalne kształtujące typ gospodarstwa rolnego będą brane pod uwagę przy określaniu obszarów priorytetowych dla realizacji takich programów. Przykładem regionów o szczególnych walorach środowiskowych i jednocześnie poważ-



Rys. 5. Występowanie obszarów priorytetowych w województwach – udział w stosunku do powierzchni użytków rolnych

Źródło: Opracowanie własne

nych problemach strukturalnych, związanych z rozdrobieniem gospodarstw są obszary górskie. W celu uwzględnienia omawianych czynników aplikację powiązano z bazą danych lokalnych GUS, wszechstronnie charakteryzującą gminy pod względem statystyk demograficznych, dochodów ludności, bezrobocia, struktury zasiewów i produkcji rolniczej, danych o emisji zanieczyszczeń i ochronie środowiska. Wykorzystanie tych danych umożliwia użytkownikowi uściślenie wydzielenia dokonanych ze względu na kryteria przyrodnicze analizą czynników socjo-ekonomicznych. Innym przykładem wykorzystania systemu GIS jest ocena retencji wody dostępnej dla roślin w profilu glebowym w województwie mazowieckim wykonywana za pomocą modelu bilansu wodnego na podstawie danych zawartych na mapie glebowo-rolniczej (rys. 6).



Opracowano w Zakładzie Gleboznawstwa Erozji i Ochrony Gruntów IUNG-PIB

Rys. 6. Retencja wody potencjalnie dostępnej dla roślin w województwie mazowieckim
Źródło: Opracowanie własne

Podsumowanie

Na przestrzeni kilku ostatnich lat dokonał się przełom w rozwoju technologii informatycznych i ich zastosowań w analizie zjawisk o charakterze przestrzennym. Skuteczne zarządzanie obszarami wiejskimi, opracowanie i wdrażanie zobiektywizowanych strategii modernizacji rolnictwa i zmiany środowiska wiejskiego w kierunku jego wielofunkcyjnego rozwoju wymagają pilnego uruchomienia systemów informacji opartych na narzędziach GIS. Wynika to z potrzeby ciągłej analizy procesów zachodzących w przestrzeni rolniczej podlegającej intensywnym zmianom strukturalnym, krajobrazowym i społecznym. Realizacja podstawowych celów polityki wobec obszarów wiejskich, w tym zwłaszcza aktywne kształtowanie warunków rozwoju zrównoważonego, ochrona zasobów środowiska naturalnego, przebudowa struktur sektora rolnego w ujęciu regionalnym, będzie możliwa pod warunkiem wsparcia procesów podejmowania decyzji poprzez szerokie wykorzystanie systemów informacji przestrzennej. Wynikiem wieloletnich prac nad rozwojem systemu informacji GIS prowadzonych w IUNG-PIB jest szeroki zestaw przestrzennych baz danych na poziomie ogólnokrajowym i regionalnym oraz narzędzi informatycznych, procedur i metod przetwarzania. Jest on rozumiany jako podstawa rozbudowywanego stopniowo, w miarę pojawiających się potrzeb, operacyjnego systemu informacji (ZSI RPP) wspomagającego procesy podejmowania decyzji strategicznych związanych z kształtowaniem właściwego rozwoju obszarów wiejskich. Pilotowy system obejmuje obecnie trzy współdziałające ze sobą i w pełni spójne podsystemy funkcjonalne, wykorzystujące bardzo nowoczesne i rozbudowane środowisko sprzętowo-programowe oparte na standardach *de facto* technologii GIS. Budowa systemu pilotowego polegała na zainicjowaniu systemu pod względem funkcjonalnym, strukturalnym i organizacyjnym. System jest wdrażany na poziomie lokalnym, głównie w zakresie związanym z potrzebami ochrony gruntów. Rozwiązań instytucjonalnych wymaga stałe „prowadzenie systemu”, co oznacza modernizowanie i rozszerzanie w miarę potrzeb jego funkcji analitycznych, aktualizowanie i rozbudowę baz danych, wykorzystanie w praktyce wyników odpowiadających potrzebom powiększającego się grona użytkowników.

Metody i instrumenty stworzone lub adaptowane w wyniku prac nad Zintegrowanym Systemem Informacji o Rolniczej Przestrzeni Produkcyjnej Polski mogą być operacyjnie wykorzystane do oceny regionalnego zróżnicowania warunków produkcji rolniczej, zastępując jednocześnie tradycyjne ekspertyzy opisowe dokładniejszą analizą ilościową, opartą na stałym monitorowaniu i analizie uaktualnianych baz danych i stale udoskonalanych metodach modelowania i prognozowania. Pilną potrzebą jest szerokie udostępnienie, w postaci numerycznej, informacji dotyczącej waloryzacji przestrzeni rolniczej oraz stanu poszczególnych elementów środowiska, ze wskazaniem na obszary podlegające degradacji, z uwzględnieniem stopnia ich degradacji, analizy ryzyka i kierunku zmian stanu środowiska.

Podstawowym czynnikiem decydującym o dalszym rozwoju systemów informacji przestrzennej dla potrzeb rolnictwa i ochrony środowiska jest właściwa koordynacja działań oraz integracja systemów branżowych z systemami informacji przestrzennej

budowanymi na różnych poziomach administracji samorządowej. Niezbędne są również szeroko zakrojone działania edukacyjne i upowszechnieniowe zarówno w sferze kształcenia akademickiego, jak i przygotowania pracowników administracji do korzystania z informacji tworzonej i udostępnianej przez systemy GIS.

Literatura

1. Bielecka E.: Funkcje i zadania Systemu Informacji Przestrzennej w Polsce. *Prace IGIK*, 2000, **47(101)**: 39-51.
2. Downar-Zapolska R.: Systemy Informacji Przestrzennej (SIP) w Internecie. Zastosowanie w działalności samorządów terytorialnych <http://www.e-marketing.pl/artyk/38.php>
3. DG VI: CAP 2000: Working Document. European Commission Directorate General for Agriculture.
4. Duer I., Feledyn-Szewczyk B.: Programy rolno-środowiskowe jako element zrównoważonego rolnictwa w Polsce. *Zesz. Nauk. AR Kraków*, 2001, **76**: 87-92.
5. Goodchild M. F., Steyaert L. T., Parks B. O. et al. (ed.): *GIS and Environmental Modelling: Progress and Research Issues*. GIS World Books, Fort Collins, USA, 1996.
6. Kistowski M., Iwańska M.: *Systemy informacji geograficznej*. Wyd. Nauk. Poznań, 1997.
7. Kreveld M. et al.: *Algorithmic foundations of Geographic Information Systems*. Springer-Verlag, Berlin, 1997.
8. LinsenbARTH A.: Prace badawcze nad systemem informacji przestrzennej w Polsce. *Mat. X Konf. Nauk.-Techn. „Systemy informacji przestrzennej”*. Zegrze k. Warszawy, 2000, 24-31.
9. Program Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2007–2013. MRiGŻ, Warszawa, lipiec 2006. Dokument internetowy (HTML).
10. Stuczyński T., Demidowicz G., Deputat T., Górski T., Krasowicz S., Kuś J.: Adaptation Scenarios of agriculture in Poland to future climate change. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2000, **61**: 133-144.
11. Stuczyński T., Jadczyzyn J.: Założenia Monitoringu Programów Rolno-Środowiskowych, IUNG Puławy, 2000.
12. Stuczyński T., Jadczyzyn J., Budzyńska K., Gawrysiak L., Kukla H.: Wykorzystanie zintegrowanego systemu informacji o rolniczej przestrzeni produkcyjnej Polski (ZSI RPP) do wyznaczania obszarów realizacji programów rolno-środowiskowych – aplikacja AgroGIS. *Mat. X Konf. Nauk.-Techn. nt. „Systemy informacji przestrzennej”*. Zegrze k. Warszawy, 2000, 233-239.
13. Stuczyński T., Jadczyzyn J., Budzyńska K., Wróblewska E.: Program Ochrony Gruntów w Powiecie Nowy Targ (ekspertyza). IUNG Puławy, 2000.
14. Stuczyński T., Siebielec G., Maliszewska-Kordybach B., Smreczak B., Gawrysiak L.: Wyznaczanie obszarów, na których przekroczone są standardy jakości gleb. Poradnik metodyczny dla administracji. *Bib. Monit. Środ.*, Warszawa, 2004.
15. Stuczyński T. i in.: Wdrożenie Zintegrowanego Systemu Informacji o Rolniczej Przestrzeni Produkcyjnej dla potrzeb ochrony gruntów w województwie podlaskim. Urząd Marszałkowski Województwa Podlaskiego, IUNG-PIB Puławy, 2006.
16. Zaliwski A.: Zintegrowany system informacji o rolniczej przestrzeni produkcyjnej Polski. Raport końcowy z realizacji projektu badawczego zamawianego nr PBZ 17-08. IUNG Puławy, 2000.

Adres do korespondencji:

dr Tomasz Stuczyński
IUNG - PIB
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy
tel. (0-81) 886-34-21 w. 311
e-mail: ts@iung.pulawy.pl