

ARKADIUSZ BRUCHWALD, KRZYSZTOF SIEKIERSKI

Projekt leśnego systemu informacyjnego LAS i jego wykorzystanie do prognozowania i kształtowania zmian struktury kompleksu leśnego

Project of Forest Information System LAS and its Use
for Forecasting Changes of the Structure of Forest Complex

Wstęp

Dynamiczny rozwój matematycznych modeli wzrostu, szczególnie w latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych, sprawia, że znajdują one coraz to nowe zastosowania. Oprócz licznych prac poświęconych optymalizacji działań gospodarczych w skali pojedynczego drzewostanu podejmowane są również próby wykorzystania modeli w planowaniu strategicznym, do przewidywania obszaru objętego użytkowaniem rębny i przedrębny (Smith i Jakes 1981, cyt. za (11), analizy podaży drewna w skali większych jednostek terytorialnych (13), a także do optymalizacji działań gospodarczych w większych kompleksach leśnych. W tym ostatnim przypadku badanie to może mieć charakter symulacji przy pewnej modelowej strukturze kompleksu leśnego, lub też współdziałać z systemem inwentaryzacji zasobów leśnych i operować na danych rzeczywistych (6, 7, 11). W niektórych stanach USA modele wzrostu stosowane są do corocznej aktualizacji danych pochodzących z okresowej inwentaryzacji lasu (1).

W Katedrze Produkcyjności Lasu SGGW opracowywany jest system informacyjny pozwalający prognozować rozwój drzewostanów wchodzących w skład kompleksu leśnego (np. gospodarstwa lub nadleśnictwa), symulować zmiany struktury wiekowej i miąższościowej kompleksu, a także optymalizować użytkowanie rębne i przedrębne drzewostanu. Podobnie jak w amerykańskim systemie ITMSS (11) oraz w systemie informacyjnym tworzonym w Wlk. Brytanii (12) system LAS funkcjonuje na poziomie pojedynczego drzewostanu. Dotychczas opracowana została wersja systemu obejmująca lite drzewostany sosnowe, oparta na modelach wzrostu drzewostanów wywodzących się z modelu MDI-1 (2). Przygotowana jest wersja uwzględniająca lite drzewostany

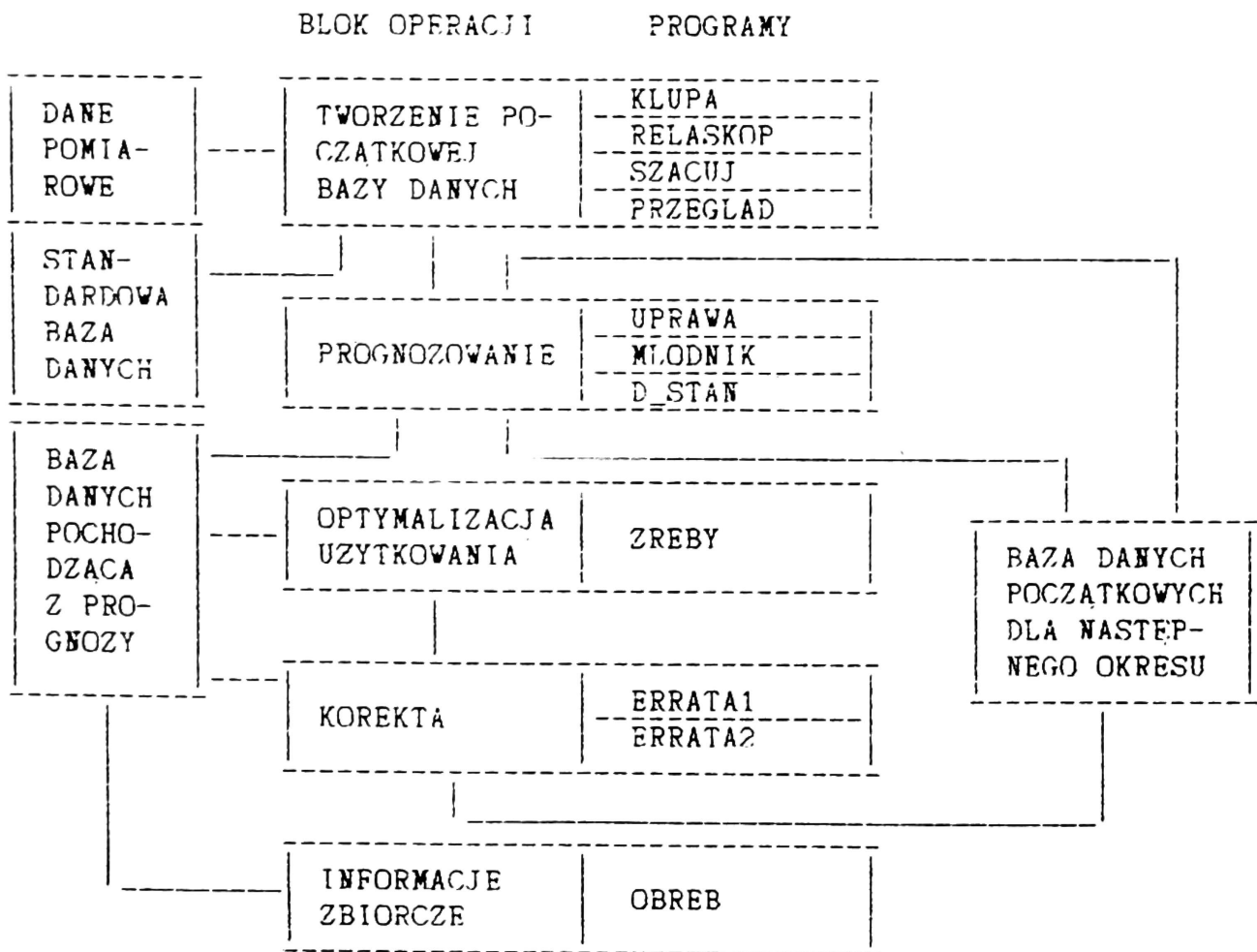
innych gatunków drzew, w dalszej przyszłości zostaną objęte modelowaniem również drzewostany mieszane.

Model opracowywany w Katedrze Produkcyjności Lasu dotyczy jedynie informacji o drzewostanach. Planowane jest połączenie go z leśnym systemem informacji terenowej przygotowywanym w Katedrze Urządzenia Lasu i Geodezji Leśnej. Otwarty pozostaje problem systemu informacyjnego o siedlisku.

Struktura systemu

Programy wchodzące w skład systemu informacyjnego LAS można podzielić na 6 bloków wykonujących następujące zadania (rycina)

- Tworzenie standardowej bazy danych.
- Tworzenie i korekta bazy danych dla wydzieleni drzewostanowych,
- Prognozowanie rozwoju upraw, młodników i drzewostanów.
- Optymalizacja użytkowania rębnego.
- Aktualizacja bazy danych dla kolejnych lat z uwzględnieniem zaplanowanego użytkowania rębnego.
- Zestawienie zbiorczych informacji o kompleksie leśnym.



RYC. 1. Schemat funkcjonowania systemu informacyjnego LAS

Jeden cykl pracy systemu dokonuje prognozy i optymalizacji użytkowania na jedno 10-lecie. Wynikiem jest utworzenie bazy danych dla końca okresu, która umożliwia prowadzenie symulacji w dalszych okresach 10-letnich.

Standardowa baza danych

Baza ta tworzona jest przez model graniczny symulujący rozwój drzewostanów przy pełnym stopniu zagęszczenia (4). Zawarte są w niej takie dane, które pozwalają na wygenerowanie rozkładów pierśnic i wysokości drzew dla drzewostanów różnego wieku i różnej bonitacji (3, 5). W bazie tej zawarta jest również miąższość drzewostanów o pełnym stopniu zagęszczenia, która jest podstawą określania czynnika zadrzewienia.

Baza danych dla wydzieleń drzewostanowych

Baza ta zawiera dane zapisane w 4 plikach. W pliku pierwszym zawarte są dane o wielkości wydzieleń i procentowym udziale luk w każdym z nich. Jest możliwe, że informacje te będą uzyskiwane metodami fotogrametrycznymi. W pliku drugim zawarte są dane dla upraw, a w trzecim dla młodników. Są to następujące dane: wiek uprawy lub młodnika, bonitacja, liczba drzew przypadająca na 1 ha i procent drzew nie przyrastających na wysokość. Ta ostatnia informacja ma istotne znaczenie dla kompleksów leśnych będących pod wpływem emisji przemysłowych. W czwartym pliku zawarte są dane dla drzewostanów. Są to takie same cechy jak dla upraw i młodników, a ponadto cechy pozwalające na wygenerowanie rozkładu pierśnic i wysokości drzew drzewostanu. Zapisana jest również wartość współczynnika ograniczającego możliwość wyrębu drzewostanu ze względu na kształtowanie ładu przestrzennego. Współczynnik ten pozwala również na wyróżnienie drzewostanów specjalnych, np. rezerwatów.

Baza danych dla wydzieleń tworzona jest przez programy: KLUPA, RELASKOP i SZACUJ, a wybór programu zależy od tego, jakimi danymi dysponuje użytkownik systemu. Jeśli dane pochodzą z pomiaru pierśnic i wysokości drzew przeprowadzonego w całym drzewostanie lub na powierzchni próbnej, wówczas stosowany jest program KLUPA. Program RELASKOP (14) tworzy bazę danych z pomiarów przeprowadzonych na powierzchniach relaskopowych. Są to pomiary rozszerzone, bowiem na niektórych powierzchniach relaskopowych mierzone są pierśnice i wysokości drzew spełniających warunek relaskopu. Program SZACUJ korzysta ze standardowej bazy danych stworzonej przez model graniczny. Niezbędnymi informacjami są wówczas wiek, bonitacja i liczba drzew lub stopień zagęszczenia drzewostanu. Program SZACUJ stosuje się głównie dla upraw i młodników.

Program PRZEGLĄD umożliwia wgląd w bazę danych oraz dokonywanie w niej poprawek. Jest on uruchamiany wówczas, gdy informacje o wszystkich lub części wydzieleń zostały wprowadzone do bazy danych.

Prognozowanie

Prognozowanie wzrostu i zmian struktury poszczególnych wydzieleń umożliwiają programy: UPRAWA, MŁODNIK i D-STAN, w zależności od tego, w jakiej fazie rozwojowej znajduje się dane wydzielenie. Program UPRAWA symuluje rozwój tych wydzieleń, które w początkowej bazie danych występują jako uprawy. Jeżeli w trakcie 10-lecia

wydzielenie wchodzi w fazę młodnika, tworzony jest dla danego roku plik początkowy dla młodników. Program MŁODNIK dokonuje prognozy dla tych wydzieleń, które w roku początkowym były młodnikami, lub też stały się nimi w trakcie 10-lecia. Jeżeli młodnik w trakcie okresu wchodzi w fazę drzewostanu, tworzony jest plik początkowy dla drzewostanów.

Program D-STAN jest największym i najbardziej skomplikowanym programem systemu. Symuluje on wzrost każdego drzewa oddzielnie, a także proces wydzielania się drzew. Gdy zagęszczenie przekroczy pewne umowne wartości, samoczynnie wykonywana jest trzebież selekcyjna. Dla każdego roku prognozy program tworzy pliki opisujące aktualny stan każdego drzewostanu. Tworzony jest również plik opisujący przebieg funkcji produkcji, z którego później korzysta program ZRĘBY.

Optymalizacja użytkowania rębnego

W skład bloku planującego użytkowanie rębne wchodzi tylko jeden program – ZRĘBY. Wykonuje on dwie podstawowe czynności – wyznacza drzewostany, które w najbliższym 20-leciu kwalifikują się do wyrębu oraz planuje optymalną kolejność użytkowania rębnego. Procedury optymalizacyjne oparto na przyroście bieżącym okresowym miąższości grubizny drzewostanów.

Kwalifikowanie drzewostanów do wyrębu odbywa się poprzez ustalenie dla każdego z nich optymalnego wieku wyrębu metodą OWPD [9, 10]. Jeśli wiek ten wypada w najbliższym 20-leciu, drzewostan zaliczany jest do drzewostanów rębnych. Dzieląc sumę miąższości drzewostanów rębnych przez 20 otrzymuje się etat roczny na najbliższe 10-lecie. Etat ten wyświetlany jest na ekranie jako propozycja, użytkownik może zaakceptować ten etat lub wprowadzić inną, mniejszą wartość etatu.

Kolejność użytkowania rębnego ustalana jest na podstawie uogólnionej metody OUR [8, 10]. Jeżeli wielkość wydzielenia przekracza 6 ha, jest ono użytkowane w kilku etapach, przy czym kolejne cięcia wykonywane są w co najmniej 5-letnich odstępach czasu.

Korekta

W skład bloku korygującego wchodzi dwa programy: ERRATA 1 i ERRATA 2. Pierwszy z nich dokonuje korekty w plikach opisujących stan wydzieleń w kolejnych latach prognozy tak, aby uwzględnić cięcia rębne zaplanowane przez program ZRĘBY. Program ERRATA 2 porządkuje symbole wydzieleń w sytuacji, gdy program ZRĘBY zaplanował kilka kolejnych cięć w jednym wydzieleniu.

Zbiornicze informacje o obrębie

Informacji tych udziela program OBREB. Pozwala on uzyskać następujące informacje:

- cechy taksacyjne wybranych lub wszystkich wydzieleń kompleksu leśnego,
- cechy każdego lub wybranego wydzielenia, w którym planuje się wykonanie trzebieży,
- cechy wydzieleń, w których w danym roku lub w całym 10-leciu planuje się wykonanie cięcia rębnego,
- powierzchniową i miąższościową tabelę klas wieku dla wszystkich wydzieleń,

- powierzchniową tabelę klas wieku dla drzewostanów podlegających w określonym roku lub w 10-leciu użytkowaniu przedrębny, wraz z miąższością planowaną do pozyskania w tych drzewostanach,
- powierzchniową i miąższościową tabelę klas wieku dla drzewostanów podlegających w określonym roku lub w 10-leciu użytkowaniu rębny,
- powierzchniowy i miąższościowy etat użytkowania rębny i przedrębny,
- powierzchnię, miąższość, przyrost miąższości i wiele innych cech charakteryzujących kompleks leśny.

Możliwości zastosowania systemu

Po opracowaniu całości systemu, włączając w to również system informacji terenowej oraz system informacji o siedlisku, LAS wykonywać będzie większość czynności niezbędnych do sporządzenia operatu urządzeniowego. System umożliwi sporządzenie planu cięć włącznie z wykonaniem mapy, planów użytkowania przedrębny, odnowień, a także wszelkich koniecznych zestawień zbiorczych. Połączenie LASu z systemem informacji terenowej umożliwi pełniejsze niż w obecnej wersji przestrzeganie zasad ładu przestrzennego. Oparcie planowania na rachunku optymalizacyjnym i wykorzystanie modeli wzrostu, znacznie precyzyjniejszych niż tablice zasobności, przyczyni się do lepszego wykorzystania możliwości produkcyjnych siedlisk oraz trafniejszego prognozowania przyszłej produkcji.

Już w obecnej wersji system stanowi cenne narzędzie badawcze umożliwiające analizę długofalowych skutków decyzji gospodarczych. Pozwala on analizować wpływ sposobów ustalania dojrzałości rębnej, sposobów określania etatu, a także początkowej struktury drzewostanów i kompleksu leśnego na przyrost, możliwości produkcyjne i kształtowanie się struktury kompleksu w dowolnej perspektywie czasowej. Przeprowadzenie takich badań jest planowane w najbliższych latach.

Literatura

1. **Brand, G.J., Holdaway, M.R., Shifley, S.R.:** A description of the TWIGS and STEMS individual-tree-based growth simulation models and their applications. W: Forest growth modelling and prediction Vol. 2. Proc. IUFRO Conf. August 23–27, 1987, Minneapolis, Minnesota. USDA Forest Serv., N.-cent. Forest Exp. Stn. Gen. Tech. Rep. NC-120, 1988: 950–960
2. **Bruchwald, A.:** Simulation growth model MDI-1 for Scots pine. Ann. Warsaw Agric. Univ. SGGW-AR, For. and Wood Technol. 1986, 34: 47–52
3. **Bruchwald, A.:** Probability method of increasing the set of breast height diameters of trees. Ann. Warsaw Agric. Univ. SGGW-AR, For. and Wood Technol. 1986, nr 34: 53–56
4. **Bruchwald, A.:** Limiting growth model for pine. Bull. Pol. Acad. Sci., Biol. Sci. 1991, 39 (2): 213–220

5. **Bruchwald, A., Rymer-Dudzińska T.:** Probability method of determining the height of trees. *Ann. Warsaw Agric. Univ. SGGW-AR, For. and Wood Technol.* 1986, 34: 57–60
6. **Dargavel, J.B.:** A model for planning the development of industrial plantations. *Aust. For.* 1978, 41 (2): 95–107
7. **Gibson, B.F., Orr, R.G., Paine, D.W.M.:** Improved forest management through operations research. *Aust. For.* 1969, 33 (2): 111–118.
8. **Klocek, A.:** Nowa metoda optymalizacji kolejności użytkowania rębnego drzewostanów (OUR). *Sylwan* 1981, 6: 53–62
9. **Klocek, A.:** Optymalizacja wieku dojrzałości rębnej oraz wieku przebudowy drzewostanów. *Sylwan* 1982, 4: 1–10
10. **Klocek, A., Rutkowski, B.:** Optymalizacja regulacji użytkowania rębnego drzewostanów. PWRiL, Warszawa 1986
11. **Pelkki, M., Rose, D.:** DTREES – an automated stand prescription writer and harvest simulator. W: *Forest growth modelling and prediction Vol. 2, Proc. IUFRO Conf. August 23–27, 1987, Minneapolis, Minnesota. USDA Forest Serv., N.-cent. Forest Exp. Stn. Gen. Tech. Rep. NC-120, 1988: 889–895*
12. **Pritchard, M.A.:** Computers for forest management – Asset or liability? W: *Proc.: Seminar on the preparation and implementation of forest management plans, Oosterbeek, the Netherlands, 26 May–6 June 1986: 324–336. Utrecht 1987*
13. **Seymour, R.S., Lemm Jr., R.C.:** Adapting FORMAN for timber supply analysis in Maine. W: *Forest growth modelling and prediction Vol 2. Proc. IUFRO Conf. August 23–27, 1987, Minneapolis, Minnesota. USDA Forest Serv., N.-cent. Forest Exp. Stn, Gen. Tech. Rep. NC-120, 1988: 896–903*
14. **Siekierski K.:** Determination of stand attributes in angle count sampling. *Ann. Warsaw Agric. Univ. SGGW, For. and Wood Technol.* 43, 1992: 15–19

Summary

One elaborated the first version of the information system which contains fundamental information on the stands of a forest complex, renders possible to forecast their development in any period, and thus the formation of the structure of the whole complex, as well as the optimization of the final cutting. The system is composed of several programmes performing following operations:

- creation of standard data base
- creation and correction of data base for eliminated stands,
- forecasting the development of plantations, thickets and stands,
- optimization of final cutting,
- correction of data taking into account the forest exploitation,
- compilation of comprehensive information on a forest complex.

Up to the present, one elaborated the version of the system for pure pine stand. One plans further studies, which would render possible to involve into the system also stands of other tree species, as well as mixed stands. This needs, however, the elaboration of suitable growth models for stands. One plans, too, a combination of the information system LAS with the forest land information system, being elaborated in the Chair of Forest Management and Forest Geodesy of the Warsaw Agricultural University.

After the elaboration of the whole system, it will be able to perform the bulk of operations connected with the management of a forest complex. The application of the optimization rules in the final cutting should contribute to an increase of the productivity of forest sites. The system LAS also renders possible studies on the influence of various ways of determination of the yield and of the effect of the exploitation of stands on the future structure of a forest complex.