

ARKADIUSZ BRUCHWALD

Zastosowania modeli wzrostu w urządzaniu lasu

Applications of Growth Models in Forest Management

Wstęp

W 1974 r. prof. Ek i Monserud opublikowali pracę informującą o opracowaniu modelu FOREST. Był to stochastyczny model wzrostu przedstawiający kształtowanie się cech struktury drzewostanów różnych gatunków drzew. Model znalazł praktyczne zastosowanie w inwentaryzacji lasów Stanów Zjednoczonych Ameryki Północnej i Kanady.

W Polsce podjęto badania zmierzające do opracowania modeli wzrostu pod koniec lat siedemdziesiątych. W 1979 r. opublikowana została praca, w której przedstawiono program badań dotyczący wymienionego zagadnienia [Bruchwald 1979]. Realizacja tego programu doprowadziła do opracowania modelu wzrostu dla drzewostanów sosnowych [Bruchwald 1986]. Model, nazwany MDI-1, należał do grupy modeli drzewa indywidualnego. Różnił się on od modelu FOREST tym, że pozwalał na symulowanie rozwoju drzewostanów sosnowych, w których realizowany był określony program trzebieżowy. Istniała w nim możliwość wyboru różnych rodzajów i nasileń trzebieży. Rodzaje trzebieży dotyczyły różnych grup: dolnej, górnej i kombinowanej. Dalsze badania nad modelami wzrostu zmierzały do doskonalenia ich budowy oraz praktycznego wykorzystania.

Model wzrostu jest potężnym narzędziem pozwalającym na realizację programu badań, którego celem jest wyjaśnienie przyczyn zakłócających rytmikę rozwoju drzewostanów. Tymi przyczynami mogą być: melioracje wodne, gradacje owadów, rozwój grzybów, emisje przemysłowe itd. Modele wzrostu mogą znaleźć również zastosowanie praktyczne, zwłaszcza w urządzaniu lasu. Nieodzownym warunkiem tych zastosowań jest wprowadzenie do praktyki leśnictwa elektronicznej techniki obliczeniowej.

Modele wzrostu pozwalają na przeprowadzenie prognozy rozwoju drzewostanów. Istotne jest, że stan początkowy struktury prognozowanego drzewostanu może być dowolny. Modele wzrostu mogą również znaleźć zastosowanie do analizy rozwoju struktury kompleksu leśnego i stanowić podstawę wyboru różnych metod regulacji. Analizę taką można

przeprowadzić na wynikach pomiaru uzyskanych zarówno z inwentaryzacji okresowej, jak i inwentaryzacji wielkopowierzchniowej.

Warunki funkcjonowania modeli wzrostu

Dla drzewostanów sosnowych opracowano kilka wariantów modeli wzrostu. Warianty te dotyczą różnych sposobów pomiaru lasu i różnych rodzajów trzebieży. Niezależnie jednak od wariantu, do funkcjonowania modelu niezbędne są następujące informacje:

- powierzchnia drzewostanu,
- wiek drzewostanu,
- stopień zagęszczenia,
- bonitacja.

Za pomocą modelu można określić stopień zagęszczenia jeżeli dysponuje się informacją o liczbie drzew drzewostanu. Również modelem można określić bonitację na podstawie wyników pomiaru wysokości drzew.

Podane tutaj informacje pozwalają na uruchomienie jednego z wariantów modelu wzrostu. Cechy taksacyjne drzewostanu otrzymane tym wariantem modelu mogą jednak być obciążone dużym błędem. Istotne zwiększenie dokładności określania różnych cech, zwłaszcza takich jak miąższość i przyrost miąższości, można uzyskać w przypadku dysponowania informacją o rozkładzie pierśnic drzew drzewostanu. Wymaga to przeprowadzenia pomiaru pierśnic drzew w całym drzewostanie lub na jednej, względnie większej liczbie powierzchni próbnych. Kolejny, dający dokładniejsze wyniki wariant modelu, wykorzystuje dane dotyczące:

- rozkładu pierśnic drzew,
- wielkości powierzchni próbnej.

W przypadku przeprowadzenia pomiarów na kilku powierzchniach próbnych, do bazy danych modelu należy wprowadzić łączne wyniki uzyskane dla wszystkich powierzchni.

Model prognozuje rozwój drzewostanu. Zwiększenie dokładności wyników prognozy można uzyskać dysponując dwiema dalszymi informacjami:

- udziałem luk w drzewostanie,
- udziałem drzew o zahamowanym wzroście na wysokość.

Ta ostatnia informacja ma znaczenie zwłaszcza dla drzewostanów rosnących pod wpływem emisji przemysłowych, a także w drzewostanach silnie rozrzedzonych i starodrzewiach.

Wyniki uzyskane za pomocą modelu wzrostu mogą stanowić cenną pomoc przy projektowaniu cięć rębnych. Przydatność tych wyników byłaby większa w przypadku dysponowania informacjami pozwalającymi na kształtowanie ładu przestrzennego obiektu leśnego. Jedną z takich cech, nazwijmy ją wskaźnikiem możliwości wyrębu, informowałaby o tym, czy drzewostan może wejść w określonym roku do planu cięć. Jeżeli np. drzewostan rębny graniczy z jednoroczną uprawą, wówczas wskaźnik możliwości wyrębu byłby równy 4, co oznacza, że drzewostan ten może podlegać użytkowaniu rębnemu najwcześniej po upływie

4 lat. Umownie można również przyjąć wartość wskaźnika wyrębu równą 100 dla rezerwatów, co praktycznie wyklucza te drzewostany z użytkowania rębne.

Sposoby pomiaru drzewostanu

Poszczególne warianty modelu wzrostu przetwarzają informacje o drzewostanie zebrane przy zastosowaniu różnych sposobów pomiaru. Opiszmy trzy takie sposoby.

Sposób 1

1. Przeprowadza się pomiar pierśnic drzew w całym drzewostanie lub na jednej względnie większej liczbie powierzchni próbnych.
2. Mierzy się wysokości takiej liczby drzew, która pozwala na zbudowanie krzywej wysokości lub mierzy się wysokości mniejszej liczby drzew, o pierśnicy zbliżonej do wartości przeciętnej dla drzewostanu.
3. Określa się wiek drzewostanu.
4. Określa się wielkość luk, a następnie procentowy ich udział w drzewostanie.
5. Określa się procentowy udział drzew o zahamowanym wzroście wysokości.
6. Określa się wskaźnik możliwości wyrębu.
7. Określa się rodzaj trzebieży, według którego będzie prowadzony drzewostan (trzebież selekcyjna lub dolna).

Sposób 2

Sposób 2 związany jest z metodą Bitterlicha.

1. Na założonych w drzewostanie stanowiskach przeprowadza się pomiar pierśnic tych drzew, które spełniają warunek relaskopu, a więc nie mieszczą się w szerokości szczyrbinki.
2. Zbiera się dalsze informacje o drzewostanie, takie same jak w sposobie 1 (pkt. od 2 do 7).

Sposób 3

W pewnych drzewostanach, w tym również w uprawach i młodnikach, możemy zastosować szacunkowe sposoby pomiaru.

1. Szacuje się bonitację drzewostanu.
2. Szacuje się stopień zagęszczenia lub liczbę drzew drzewostanu.
3. Dalsze informacje są takie same, jak w sposobie 1 (pkt od 3 do 7).

W uprawach i młodnikach może znaleźć zastosowanie dynamiczny sposób określania bonitacji. Przyjmuje się w nim dla drzewostanu młodego, bonitację drzewostanu starszego rosnącego w jego pobliżu.

Przedstawione sposoby nie wyczerpują wszystkich możliwości pomiaru drzewostanu. Nie jest również celem niniejszej pracy analiza takich zagadnień jak wielkość i liczba powierzchni próbnych, grupowanie drzewostanów, czy stosowanie metod fotogrametrycznych. Z tymi ostatnimi metodami można wiązać nadzieję zastosowań zwłaszcza w przeprowadzaniu wstępnej taksacji lasu, określaniu powierzchni wydzieleń drzewostanowych oraz składu gatunkowego drzewostanów. Wydaje się, że zdjęcia lotnicze mogą być przydatne do określenia udziału luk w drzewostanie, a być może również stopnia zagęszczenia drzew.

Dokładność obecnie stosowanego sposobu inwentaryzacji lasu

Stosowany w praktyce urządzania lasu sposób inwentaryzacji oparty jest na metodzie Bitterlicha określania pierśnicowego pola przekroju drzewostanu. W drzewostanie przeprowadza się następujące pomiary:

- na pewnej liczbie stanowisk liczy się drzewa spełniające warunek relaskopu,
- na każdym stanowisku mierzy się wysokość jednego drzewa,
- na każdym stanowisku mierzy się pierśnice dwóch drzew.

Liczba stanowisk w drzewostanie, na których przeprowadza się odpowiednie pomiary, zależy od wieku i stopnia zróżnicowania struktury. Na ogół w drzewostanach młodszych klas wieku pomiary przeprowadza się na 3 stanowiskach, a w drzewostanach starszych na 8–10 stanowiskach. Do określania pierśnicowego pola przekroju drzewostanu stosuje się prosty przyrząd, o stałej 4.

Dokładność określania pierśnicowego pola przekroju drzewostanu będzie zależała głównie od liczby stanowisk, na których przeprowadza się pomiary oraz szerokości szczerbinki przyrządu pomiarowego.

Dotychczasowe badania wykazały, że w mało zróżnicowanych drzewostanach sosnowych współczynnik zmienności pierśnicowego pola przekroju drzewostanu, w przypadku stosowania przyrządu o stałej 4, wynosi około 25% [Bruchwald 1968]. Przy tej wielkości współczynnika zmienności błąd standardowy pierśnicowego pola przekroju drzewostanu dla 3 stanowisk można oszacować na około 15%, a dla 10 stanowisk na około 8%. Wahania błędu miąższości można więc oszacować na -30 do +30%, z możliwością przekroczenia w nielicznych przypadkach tego zakresu. Dużo większych błędów miąższości można oczekiwać w drzewostanach o zróżnicowanej strukturze.

Badania empiryczne przeprowadzone w 114 drzewostanach sosnowych Nadleśnictwa Spała (OZLP Radom) nie podważają przedstawionych tutaj wyników (tabela 1). W tabeli przedstawiono wyniki dokładności obecnie stosowanego sposobu inwentaryzacji lasu (sposób I) oraz sposobu, w którym na drzewach spełniających warunek relaskopu przeprowadza się pomiar pierśnic drzew (sposób II). Maksymalne błędy pierśnicowe pola przekroju drzewostanu (G) oraz błędy miąższości (V) przekraczają na ogół wielkość 30%. Niekorzystne dla sposobu Bitterlicha jest wystąpienie dość dużych błędów systematycznych dla drzewostanów III i starszych klas wieku. Błąd systematyczny wystąpił również dla przeciętnej pierśnicy drzewostanu (D).

TABELA I
Błędy określania różnych cech drzewostanu w metodzie Bitterlicha

Cecha	Błędy sposobu I			Błędy sposobu II		
	Średnia arytmetyczna	Odchylenie standardowe	Zakres wahań	Średnia arytmetyczna	Odchylenie standardowe	Zakres wahań
Drzewostany II klasy wieku						
D	10	8,8	-7	27	5,7	-11
N	-17	21,5	-58	60	19,3	-36
G	-1	13,3	-32	39		
V	-2	13,1	-31	38		
Drzewostany III klasy wieku						
D	5	9,8	-12	30	4,9	-11
N	0	19,6	-47	38	14,6	-36
G	8	11,0	-10	36		
V	6	11,0	-12	34		
Drzewostany IV i V klasy wieku						
D	5	5,4	-7	17	3,7	-12
N	0	15,7	-28	47	13,4	-18
G	8	11,0	-12	42		
V	7	11,0	-13	39		
Razem						
D	7	8,5	-12	30	4,9	-12
N	-6	20,5	-58	60	17,1	-36
G	5	12,6	-32	41		
V	4	12,4	-31	39		

Stosowana obecnie w praktyce urządzania lasu metoda inwentaryzacji charakteryzuje się bardzo małą dokładnością w ocenie cech drzewostanu. Błędem największym charakteryzuje się oszacowanie liczby drzew drzewostanu (N). Również uzyskane duże błędy oszacowania innych cech drzewostanu sprawiają, że otrzymane tą metodą wyniki nie mogą być podstawą podejmowania decyzji na poziomie podstawowej jednostki urządzeniowej jaką jest drzewostan. Ostrożność należy również zachować przy podejmowaniu decyzji na podstawie wyników uzyskanych dla jednostek większych.

W okresie wprowadzania do praktyki leśnictwa nowoczesnych technik obliczeniowych, otwierają się możliwości zastosowań różnych metod przetwarzania danych i uzyskiwania informacji pozwalających na podejmowanie optymalnych decyzji gospodarczych. Stosowana metoda inwentaryzacji, z powodu jej bardzo małej dokładności, uniemożliwi wprowadzenie nowoczesnych rozwiązań decyzyjnych. Przemawia to za wycofaniem z praktyki leśnictwa tej metody inwentaryzacji lasu.

Zastosowanie modeli wzrostu do określania rozmiaru i pilności trzebieży

Postawmy tezę: istnieje możliwość opracowania takiego sposobu postępowania hodowlanego, którego realizacja prowadzi do uzyskania drzewostanu wzorcowego. Byłby to drzewostan charakteryzujący się m.in. wysoką jakością i produktywnością, o dużej odporności zwłaszcza na działanie czynników abiotycznych.

Sposób postępowania hodowlanego dotyczący trzebieży powinien precyzować:

- właściwy rodzaj trzebieży,
- odpowiednie nasilenie trzebieży,
- właściwej długości nawroty cięć.

Model drzewostanu wzorcowego obrazowałby kształtowanie się struktury od momentu wykonania pierwszego zabiegu do wieku rębności. Struktura konkretnego drzewostanu może znacznie różnić się od wzorca. Należy wówczas realizować taki sposób postępowania hodowlanego, który spowoduje zbliżanie się struktury danego drzewostanu do struktury drzewostanu wzorcowego.

Przedstawiona idea postępowania została w matematycznym języku wmontowana w model wzrostu opracowany dla drzewostanów sosnowych. W mojej ocenie zasada — nie zepsuć tego co dobre, a naprawić to co złe, jest realizowana przez model.

W krótkiej pracy nie ma możliwości omówienia wszystkich problemów dotyczących trzebieży wbudowanych do modelu wzrostu. Wymienione zostaną jedynie główne zasady, według których model wzrostu realizuje program trzebieży kombinowanej.

- Drzewa do usunięcia wybierane są przez model zarówno z drzewostanu panującego jak i opanowanego.
- O nasileniu trzebieży decyduje stopień zagęszczenia drzew drzewostanu.
 - po wykonanej trzebieży drzewostan uzyska wcześniej określoną krytyczną wartość stopnia zagęszczenia;
 - w pierwszej kolejności wykonywany jest zabieg w warstwie górnej drzewosta-

- nu (w drzewostanie panującym);
 - z drzewostanu panującego wyjmuje się taką liczbę drzew, aby uzyskać pełny stopień zagęszczenia dla tej warstwy do następnego zabiegu;
 - z drzewostanu opanowanego wyjmuje się taką liczbę drzew, która spowoduje uzyskanie przez drzewostan krytycznej wartości stopnia zagęszczenia;
 - trzebież nie będzie przez model zrealizowana wówczas, gdyby po jej wykonaniu w warstwie górnej stopień zagęszczenia byłby niższy od wartości krytycznej.
- Nawroty cięć przyjęto zgodnie z obowiązującymi zasadami hodowli lasu: 5-letnie w drzewostanach młodych i wydłużające się stopniowo do 10 lat w drzewostanach starszych.

Nasilenie trzebieży będzie zależało od przyjętych wartości krytycznego stopnia zagęszczenia. Przy wysokich wartościach tego stopnia nasilenie trzebieży będzie niskie. Wariant taki będzie korzystniejszy z punktu widzenia produktywności lasu, bowiem drzewostany będą rosły przy wysokim zapasie i odkładały wysoki przyrost. Przyjęcie niższych wartości krytycznego stopnia zagęszczenia, a tym samym wyższych nasileń trzebieży, byłoby uzasadnione z ekonomicznego punktu widzenia. Wydaje się, że dopóki różne warianty modelu nie zostaną sprawdzone na konkretnym obiekcie, zalecać należy ostrożny wariant postępowania hodowlanego.

Jako informację wstępną należy traktować wyniki uzyskane przy zastosowaniu modelu, dotyczące możliwości pozyskania surowca drzewnego w cięciach przedrębnych dla 114 drzewostanów sosnowych Nadleśnictwa Spała obrębu Lubochnia (tabela 2). Wyniki dotyczą 10-letniego okresu planowania i prezentują obecnie stosowany sposób ustalania rozmiaru cięć (tablice cięć pielęgnacyjnych IBL), oraz wyniki uzyskane modelem wzrostu dla dwóch wariantów wartości krytycznego stopnia zagęszczenia drzew.

Model w obu wariantach dał znacznie wyższy rozmiar cięć od sposobu obecnie stosowanego w drzewostanach II i III klasy wieku. Wynika to głównie stąd, że model realizował w większości drzewostanów dwa zabiegi. Wyjaśnienia wymagają natomiast odwrotne wyniki uzyskane dla drzewostanów starszych klas wieku.

W większości drzewostanów IV i V klasy wieku stopień zagęszczenia drzew, a także zapas, był bardzo niski — niższy od wartości krytycznej. W takim przypadku model realizuje zasadę zwiększania zapasu przez całkowitą akumulację przyrostu, a więc nie wykonuje w drzewostanie trzebieży. Na zupełnie innej zasadzie zbudowane są tablice cięć pielęgnacyjnych. Przyjęto tu założenie, że etat użytków przedrębnych liczy się z każdego drzewostanu, niezależnie od wysokości jego zapasu. Wydaje się, że określony tablicami etat nie może być dzielony na klasy wieku. Jest on bowiem zbyt wysoki dla drzewostanów starszych klas wieku i zbyt niski dla klas młodszych.

Model wzrostu może być przydatny do ustalania pilności zabiegów pielęgnacyjnych. Gdyby problem ten był rozpatrywany z ekonomicznego punktu widzenia, wówczas najczęściej drzewostanom starszych klas wieku dawano by wyższą rangę pilności zabiegu. Klóciłoby się to z oceną uwzględniającą przyrodniczy punkt widzenia.

Pilność cięć powinna być powiązana z celami, które uzasadniają nie tylko potrzebę, ale również konieczność wykonywania zabiegów pielęgnacyjnych. Należą do nich m.in.:

zwiększenie odporności drzewostanów zwłaszcza na działanie niekorzystnych czynników abiotycznych, poprawa jakości drzewostanów, poprawa struktury gatunkowej. Cele te można zrealizować w pełniejszym stopniu w drzewostanach młodych. Wiek drzewostanu powinien być jednym z ważniejszych elementów określania pilności zabiegu.

Wskaźnikiem, który w dużym stopniu uwzględnia cele stawiane cięciom pielęgnacyjnym, jest różnica między stopniem zagęszczenia drzewostanu i krytyczną wartością stopnia zagęszczenia. W modelu wzrostu krytyczny stopień zagęszczenia przyjmuje wartości rosnące z wiekiem. Preferuje to drzewostany młode w ustalaniu kolejności cięć i jednocześnie drzewostany o wysokim stopniu zagęszczenia drzew. Jeżeli np. dwa drzewostany różniące się wiekiem będą miały taki sam stopień zagęszczenia, to dla drzewostanu młodszego uzyska się większą różnicę między tym stopniem i krytycznym stopniem zagęszczenia. Oczywiście dla drzewostanów nie różniących się wiekiem, wartość wskaźnika pilności trzebieży byłaby tym większa, im wyższy stopień zagęszczenia miały drzewostan.

Przedstawiony sposób określania wskaźnika pilności trzebieży jest propozycją do dyskusji. Jego zaletą jest prostota i łatwość skomputeryzowania odpowiedniego algorytmu. Dokładność sposobu będzie w dużym stopniu zależała od zastosowanej metody inwentaryzacji lasu.

Zastosowanie modeli wzrostu do tworzenia i aktualizowania bazy danych drzewostanów nadleśnictwa

Projekt upowszechnienia komputeryzacji w leśnictwie jest zachętą do zajęcia się problemami dotyczącymi tworzenia i aktualizowania bazy danych, która zawierałaby informacje o każdym drzewostanie nadleśnictwa. Narzędziem mogącym być bardzo przydatnym w rozwiązywaniu tych problemów jest model wzrostu.

Dla celów studialnych opracowano system informatyczny "LAS" (Bruchwald 1992, Bruchwald, Siekierski 1992). W jego skład wchodzi programy służące do wprowadzania danych uzyskanych z inwentaryzacji lasu, programy korygujące te dane i przetwarzające je do jednolitego zapisu w bazie danych. W skład systemu wchodzi trzy programy będące modelami wzrostu, prognozujące rozwój upraw, młodników i drzewostanów. Wynikiem ich działania jest baza danych zawierająca informacje o każdym drzewostanie w kolejnych latach 10-letniego okresu prognozy. Najbardziej skomplikowanym z tych programów jest model wzrostu drzewostanów. Uzyskuje się nim cechy struktury drzewostanu dla pierwszego roku prognozy, cechy dla drzewostanu przed wykonaną trzebieżą, cechy drzewostanu głównego i podrzędnego, w tym i posuszu, oraz cechy drzewostanu dla ostatniego roku prognozy (tab. 3). Informacjami dla całego okresu jest suma użytków przedrębnych oraz przyrost miąższości.

Wyniki zawarte w tabeli otrzymano z komputera IBM PC 486. Program korzystał z nieprzetworzonego zbioru danych zawierającego wyniki pomiaru pierśnic drzew na 6 kołowych, 2-arowych powierzchniach próbnych założonych w drzewostanie. Czas pracy komputera wynosił około 1/2 minuty.

TABELA 3
Przykład prognozy struktury drzewostanu przeprowadzonej modelem wzrostu

Powierzchnia 213

Wiek	HG	H1	Dg	N	G	Vs	Vb	Vq	Vu	Vt	Zag	Zad	B
Cechy drzewostanu w 1 roku 10-letniego okresu prognozy													
60	21.6	20.8	22.8	736	30.0	287	246	284	245	187	0.62	0.88	27.5
Posusz w okresie 60-65													
	17.3	15.1	15.1	7	0.2	1	1	1	1	0			
Drzewostan przed trzebieżą													
65	23.0	21.8	23.9	727	32.7	330	284	327	283	227	0.71	0.94	27.5
Drzewostan podrzędny													
65	20.5	20.1	20.1	41	1.3	13	11	12	11	7			
Drzewostan główny													
65	23.0	21.9	24.2	686	31.6	317	273	315	272	220	0.67	0.91	27.5
Posusz w okresie 65-70													
	20.3	19.1	19.1	8	0.3	3	2	3	2	1			
Cechy drzewostanu dla końca okresu prognozy													
70	23.9	22.8	25.1	676	33.5	348	300	346	299	250	0.75	0.95	27.5
Użytki przedrębne — 16.0 m ³ , w tym posusz — 3.8 m ³ , roczny przyrost miąższości — 7.8 m ³													

System LAS zawiera również programy dotyczące problematyki regulacji użytkowania rębego. Inne programy informują o cechach struktury każdego drzewostanu oraz zbiorczo o całym obrębie lub nadleśnictwie. Spośród wielu zestawień, które można uzyskać, stosując system LAS, wymienię tylko powierzchniową i miąższościową tabelę klas wieku.

Inne możliwości zastosowań modeli wzrostu

Nasz kraj leży w strefie niekorzystnego oddziaływania na las czynników abiotycznych. W przypadku wystąpienia, zjawisk w lesie o charakterze klęskowym, zachodzi potrzeba szybkiej aktualizacji danych dla drzewostanów dotkniętych klęską i potrzeba opracowania nowych planów gospodarczych. Modele wzrostu mogą być bardzo przydatnym narzędziem do przeprowadzania takich operacji.

Duży obszar naszych lasów znajduje się pod wpływem emisji przemysłowych. Problem przewidywania wpływu emisji na las jest bardzo złożony. Wynika to między innymi stąd, że zmiany jakie zachodzą w drzewostanach znajdujących się pod wpływem emisji mają charakter skokowy. Oznacza to, że drzewostany przez wiele lat mogą nie wykazywać istotnych zmian w swej strukturze, w tym również mogą nie obniżać przyrostu miąższości. Zwykle jednak następuje taki moment, w którym procesy zachodzące w drzewostanie zaczynają się kształtować bardzo niekorzystnie. Dotyczy to zwłaszcza procesu wydzielania się drzew, którego intensywność zależy od cech genetycznych populacji. Po wystąpieniu takiego zjawiska drzewostany mogą nadawać się już tylko do przebudowy.

Opracowany dla sosny model wzrostu symuluje procesy zachodzące w drzewostanach rosnących pod wpływem emisji przemysłowych [Bruchwald 1991]. Prognozuje on rozwój drzewostanów przy założeniu, że w ciągu najbliższego 10-letniego okresu nie wystąpi skokowe obniżenie się liczby drzew drzewostanu. Stan badań nie pozwala bowiem na określenie roku wystąpienia tego zjawiska.

Modele wzrostu mogą znaleźć zastosowanie do opracowania wyników inwentaryzacji wielkopowierzchniowej. Nie można mieć zastrzeżeń do wyników uzyskanych modelem, informujących o stanie lasu dla roku, w którym inwentaryzacja została przeprowadzona. Model pozwala również na uzyskanie takich informacji, których przy obecnie stosowanych sposobach nie można uzyskać. Informacje te wynikają z możliwości dokonywania prognozy rozwoju lasu przez model. Istotne jest tu pytanie o dokładność wyników uzyskanych z prognozy. Problem ten wymaga podjęcia skomplikowanych metodycznie badań.

Wymienione, zresztą nie wszystkie, możliwości zastosowań modeli wzrostu mogą stanowić zachętę do podjęcia badań, których celem byłaby ich budowa dla różnych gatunków drzew. Dotychczas model taki opracowano dla sosny. W Katedrze Produkcyjności Lasu SGGW trwają prace nad budową modelu wzrostu dla świerka, a w Zakładzie Urządzania Lasu IBL dla dębu. Za duże osiągnięcie można uznać uzyskane dotychczas wyniki dotyczące budowy modelu wzrostu dla drzewostanów mieszanych świerkowo-sosnowych [Siekierski 1991].

Wnioski

- Wprowadzenie do praktyki leśnictwa techniki komputerowej wymaga opracowania sposobów pozwalających na przetwarzanie danych, ich aktualizację i ewentualną korektę. Narzędziem przydatnym do realizacji tych zadań jest model wzrostu.
- Obecnie stosowane w urządzaniu lasu metody inwentaryzacji lasu charakteryzują się bardzo małą dokładnością oceny cech struktury drzewostanu. Ta mała dokładność, a także brak informacji o strukturze pierśnic drzew, nie pozwala na zastosowanie modelu wzrostu. Przemawia to za wprowadzeniem do praktyki leśnictwa innych metod inwentaryzacji lasu.
- Dotychczasowy sposób ustalania etatu użytkowania przedrębnego jest z metodycznego punktu widzenia wątpliwej wartości. Dotyczy to nie tylko etatu w wymiarze masowym, ale również powierzchniowym. Rozwiązanie tego problemu wymaga ustalenia różnych, możliwych do zaakceptowania przez hodowlę lasu, programów trzebieżowych oraz przeprowadzenia ich ekonomicznej analizy. Modele wzrostu mogą dostarczyć wyników niezbędnych do wykonania takich analiz.
- Modele wzrostu mogą dostarczyć informacji dotyczących pilności przeprowadzania zabiegów pielęgnacyjnych. Zaproponowany w pracy sposób ustalania tej cechy preferuje drzewostany młode, o dużym stopniu zagęszczenia.
- Bardzo ważną cechą obliczaną przez model jest przyrost miąższości szacowany w przód. Może on zostać wykorzystany do określenia etatu użytkowania rębego oraz ustalania optymalnej kolejności drzewostanów do wycięcia.
- W sytuacjach kłęskowych zachodzi potrzeba uzyskania szybkiej informacji o rozmiarach kłęski i aktualizacji danych dotyczących cech drzewostanu oraz opracowania nowych planów gospodarczych. Modele wzrostu mogą w takich przypadkach spełnić bardzo ważną rolę.
- Dotychczas opracowano różne warianty modelu wzrostu dla drzewostanów sosnowych. Trzeba je doskonalić oraz upowszechniać w praktyce gospodarczej. Upowszechnianie to powinno odbywać się stopniowo, w pierwszym etapie na małą skalę, a po ewentualnej pozytywnej ocenie, na skalę większą.
- Jest pilnie potrzebne opracowanie modeli wzrostu dla innych gatunków drzew. Badania nad zbudowaniem modelu wzrostu świerka podjęto w Katedrze Produktowności Lasu SGGW, a dębu — w Zakładzie Urządzania Lasu IBL.

Literatura

1. **Bruchwald A.**, 1968: Ocena dokładności relaskopu Bitterlicha. Zesz. Nauk. SGGW — Leśnictwo 11; 105–125.
2. **Bruchwald A.**, 1979: Zmiana z wiekiem wysokości górnej w drzewostanach sosnowych. Sylwan 2; 1–11.

3. **Bruchwald A.**, 1986: Simulation growth model MID/1 for Scots pine. *Ann. Warsaw Agricult. Univ. — SGGW-AR, For. and Wood Technol.* 34; 47–52.
4. **Bruchwald A.**, 1991: Modele wzrostowe dla drzewostanów sosnowych będących pod wpływem emisji przemysłowych. Metody oceny stanu i zmian zasobów leśnych. Centralny Program Badań Podstawowych 04.10. Ochrona i Kształtowanie Środowiska Przyrodniczego. Wydawnictwo SGGW-AR w Warszawie, Nr 76; 182–192.
5. **Bruchwald A.**, 1992: Wykorzystanie modeli wzrostu do tworzenia bazy danych dla kompleksu leśnego. *Urządzenie lasu — stan i perspektywy rozwoju (sympozjum 11–12 czerwca 1992)*, Wydawnictwo IBL; 89–102.
6. **A.R.Ek., R.A. Monserud**, 1974; FOREST — a computer model for simulating the growth and reproduction of mixed species forest stands, *Coll, Agric. Life Sci. Univ. of Wisconsin, Res. Rep. R 2635*, Madison, Wisconsin.
7. **Siekierski K.**, 1991: An individual tree based growth model for mixed Norway Spruce — Scots pine stand in north-eastern Poland. *Ann. Warsaw Agricult. Univ. — SGGW-AR, For. and Wood Technol.* 42; 7–11.
8. **Bruchwald A., Siekierski K.**, 1992: Projekt leśnego systemu informacyjnego LAS i jego wykorzystanie do prognozowania i kształtowania zmian struktury kompleksu leśnego. *Sylwan* 11: 11–17.

Summary

Bringing computer techniques into practice of forestry requires elaboration of methods allowing data processing, their correction and updating. A growth model can be a very helpful tool to perform these tasks. A growth model provides information on characteristics of the forest object for the year which inventory was carried out. Moreover, it makes a prognosis of variables describing stand structure for a period of any length. Information for a 10-year planning period are of special importance for the practice of forestry. A model gives values of variables for particular stands and for groups of stands for each year of the prognosis. Especially important variables are yield from thinnings and volume increment.

Growth models provide information necessary to determine allowable intermediate and final cuts. It has been proven that the present method of determining intermediate cut is of dubious value. More precise determination of thinnings area and volume is possible by means of growth models. Models allow also determination of the degree of thinning urgency.

In the case of occurrence of a catastrophe in a forest object, there is a need to obtain information on the size of the catastrophe, to update information on the damaged stands, and to create new management plans. Growth models can play a very important part in such cases.

Up to now, different variants of the growth model for pine stands have been developed. Research has been carried out aiming at development of growth models for other tree species, first for spruce and oak stands.