

JAN KUKUŁA

## Symulacja komputerowa powierzchni próbných losowych

The Computer Simulation of Random Testing Areas

### Wstęp

Corocznie dla potrzeb okresowego urządzania lasu inwentaryzuje się w Polsce zapas drzewostanów na około 1/10 powierzchni leśnej. Znaczna pracochłonność terenowych prac pomiarowych spowodowała, iż od 1980 roku wykorzystuje się w tym celu metodę matematyczno-statystyczną. Nowa metoda pozwala dostosować nakład pracy odpowiednio do założonej, gospodarczo uzasadnionej dokładności określenia zapasu całego drzewostanu na przyjętym poziomie ufności. Jej efektywność uzależniona jest jednak od wyznaczenia takiej liczby powierzchni próbných losowych określonej wielkości, aby przy możliwie najmniejszej wielkości próby uzyskany na jej podstawie wynik zgodny był z oczekiwaną dokładnością. Duża zmienność inwentaryzowanych drzewostanów powoduje, że ustalanie próby losowej odpowiedniej wielkości jest nie tylko w Polsce problemem ciągle aktualnym.

W badaniach empirycznych nad optymalizacją próby losowej najczęściej postępuje się tak, że w danym drzewostanie mierzy się miąższość wszystkich drzew oraz jedną z metod statystycznych a wyniki nawzajem się porównuje. Ten sposób niesie z sobą wiele utrudnień, zwłaszcza jeśli ocenie mają podlegać wyniki pochodzące z różnej wielkości powierzchni próbných losowych. Zasadnicze z nich to:

- duża pracochłonność związana zarówno z koniecznością wielokrotnych pomiarów w terenie, jak i z niezbędnymi obliczeniami,
- występowanie licznych, niemożliwych do uniknięcia błędów przypadkowych, które istotnie wpływać mogą na obiektywność porównywanych wyników.

Niedogodności te eliminowane są w systemach symulacyjnych, gdzie dane pomiarowe dotyczące tak całego drzewostanu, jak i dowolnego wariantu próby losowej są wynikiem tego samego, jednokrotnego pomiaru wszystkich drzew.

Idea wykorzystania symulacji komputerowej dla potrzeb statystycznej inwentaryzacji lasu pojawiła się już ponad 20 lat temu. Niezauważona w Polsce, rozwijana jest szczególnie intensywnie w byłej Czechosłowacji [1, 2, 3]. Powszechny dzisiaj dostęp do wystarczających dla tych celów mikrokomputerów klasy PC spowodował, że problem ten podjęto także w Katedrze Urządzania Lasu Akademii Rolniczej w Poznaniu. Opracowany system odbiega jednak istotnie pod względem metodycznym od rozwiązań proponowanych przez cytowanych autorów. Wykorzystywany jest w nauczaniu studentów Wydziału Leśnego w ramach zajęć fakultatywnych z zakresu statystycznej inwentaryzacji zasobów drzewnych oraz w badaniach własnych nad doskonaleniem metod inwentaryzacji lasu.

## Prace pomiarowe i przygotowanie danych

Podkładem dla symulacji próby losowej są powierzchnie badawcze w kształcie kwadratu lub prostokąta, zakładane w wybranych drzewostanach. Podstawowe dane o takiej powierzchni i o poszczególnych drzewach na niej się znajdujących uzyskuje się przede wszystkim z pomiarów w terenie. Dotyczą one lokalizacji i cech taksacyjnych wszystkich drzew.

Niezbędne w tym systemie ustalanie lokalizacji poszczególnych drzew odbywa się w czterech etapach. W pierwszym wyznacza się i dokładnie mierzy granice powierzchni badawczej, a ustabilizowane na gruncie pary równoległych boków przypisuje odpowiednio osiom  $X$  i  $Y$ . W drugim etapie wyznaczane są wewnątrz powierzchni punkty bazowe  $k$ , których współrzędne  $XB_k$  i  $YB_k$  wyznaczają środki mniejszych powierzchni (bazowych), na których mieścić się powinno nie więcej niż 50 drzew. W etapie trzecim z wyznaczonych punktów (baz.) dokonuje się pomiaru odległości  $l_j$  do poszczególnych drzew  $j$ , przypisanych danej powierzchni bazowej  $k$  i pomiarów kątów  $\alpha_j$ , pod jakimi leżą mierzone odcinki w stosunku do osi  $X$ . Drzewa pomierzone powinny być ponumerowane, z zachowaniem ciągłości numeracji na całej powierzchni badawczej. Ze względu na znaczną pracochłonność obliczeń ostateczne, bezwzględne lokalizowanie drzew ma miejsce dopiero w trakcie tworzenia zbioru danych dla symulacji komputerowej. Wówczas to na podstawie wprowadzonych współrzędnych bazowych ( $XB_k, YB_k$ ), odległości danego drzewa od środka bazy ( $l_j$ ) i kąta ( $\alpha_j$ ) obliczane są jego współrzędne  $X_j$  i  $Y_j$ . W przypadku posługiwania się przy pomiarze kątów instrumentem z powszechnym dzisiaj podziałem gradowym, odpowiednie algorytmy obliczeń mają następującą postać:

$$X_j = XB_k - \cos\left[\alpha_j \left(\frac{\pi}{200}\right)\right] l_j$$

$$Y_j = YB_k - \sin\left[\alpha_j \left(\frac{\pi}{200}\right)\right] l_j$$

W trakcie prac terenowych ustala się ponadto gatunek każdego drzewa  $gt_j$  oraz mierzy jego pierśnicę  $d_j$  i wysokość  $h_j$ . Dane te służą następnie do określenia miąższości poszczególnych drzew  $v_j$  oraz obliczenia przeciętnych cech taksacyjnych dla całej powierzchni badawczej ( $N, G, V$ ).

Na potrzeby symulacji wykorzystywane są następujące dane:

- dane dotyczące powierzchni badawczej
  - nadleśnictwo, obręb,
  - oddział, pododdział,

- gatunek panujący,
- wiek drzewostanu według gatunku panującego,
- ogólna liczba drzew na powierzchni,
- wymiary powierzchni, tj. długość boków  $X$  i  $Y$ ,
- elementy taksacyjne: przeciętna liczba drzew na 1 ha, przeciętna powierzchnia przekroju pierśnicowego na 1 ha, przeciętna zasobność na 1 ha (wielkości te obliczane są na podstawie danych dotyczących poszczególnych drzew);
- dane dotyczące pojedynczego drzewa
  - kolejny numer drzewa,
  - współrzędne położenia drzewa  $X_j$  i  $Y_j$
  - gatunek drzewa,
  - pierśnica  $d_{1,3}$ (w cm),
  - miąższość (w  $m^3$ ).

Dane te, zapisane na nośniku magnetycznym (dysku, dyskietce), przedstawiają "drzewostan", w którym komputer według założonej ścieżki postępowania pobiera próbę losową i oblicza dla niej odpowiednie charakterystyki statystyczne.

## Przebieg symulacji

Po uruchomieniu systemu wczytywane są dane charakteryzujące cały drzewostan. Na podstawie ogólnej liczby drzew ( $m$ ) rezerwowane są w pamięci komputera jednowymiarowe tablice, w których po wczytaniu zapamiętywane są dane o poszczególnych drzewach ( $gt_j, d_j, v_j$ ). Ponadto dla maksimum 100 powierzchni próbnych ( $n$ ) rezerwowane są tablice jednowymiarowe, przeznaczone do zapamiętywania ich współrzędnych ( $XS_i, YS_i$ ) oraz stwierdzonych na nich: liczby drzew ( $N_i$ ), pierśnicowej powierzchni przekroju ( $G_i$ ) i miąższości ( $V_i$ ). Dalszy przebieg symulacji i jej wyniki uzależnione są od podejmowanych kolejno decyzji. Dotyczą one:

- rozmieszczenia drzew w drzewostanie — w systemie przewidziano również możliwość przypadkowego rozmieszczenia drzew w drzewostanie. Wówczas nowe współrzędne  $X_j$  i  $Y_j$  dla  $j=1, \dots, m$  wyznaczające położenie poszczególnych drzew, losowane są za pomocą generatora liczb losowych;
- rozmieszczenia powierzchni próbnych losowych — system pozwala na przypadkowe i systematyczne rozmieszczenie powierzchni próbnych losowych; współrzędne  $XS_i$  i  $YS_i$  dla  $i=1, \dots, n$ , określające środki kolejnych powierzchni próbnych, mogą być:
  - dowolnie wybierane przez wprowadzenie ich z klawiatury komputera lub przez lokalizację graficzną na jego monitorze,
  - wylosowane za pomocą generatora liczb losowych,
  - rozmieszczone systematycznie;
- rodzaju powierzchni próbnych losowych — system umożliwia symulację powierzchni próbnych losowych najczęściej stosowanych w badaniach empirycznych i w inwentaryzacji zapasu drzewostanów; są to:
  - kołowe powierzchnie próbne,

- kwadratowe powierzchnie próbne,
- relaskopowe powierzchnie próbne;
- wielkości jednostkowej powierzchni próbnej losowej, która może być:
  - zadana bezpośrednio z klawiatury komputera,
  - obliczona na podstawie zadanej liczby drzew, jaka przeciętnie biorąc mieścić się będzie na jednostkowej powierzchni próbnej losowej.
- sposobu pobrania próby losowej — niezależnie od rodzaju powierzchni próbnych losowych i przyjętego sposobu ich rozmieszczenia, badany drzewostan może być potraktowany jako populacja:
  - ograniczona,
  - nieograniczona.

Próby mogą być zatem pobierane ze zwracaniem i bez zwracania.

- Prawdopodobieństwa — przedziały ufności dla średnich próbkowych ustalone mogą być na jednym z trzech poziomów:
  - $\alpha=0,32$ ,
  - $\alpha=0,05$ ,
  - $\alpha=0,01$ .

Komputer według przyjętej ścieżki postępowania:

- wybiera drzewa należące do danej jednostkowej powierzchni próbnej,
- określa liczbę drzew, pierśnicową powierzchnię przekroju i miąższość dla każdej powierzchni próbnej w przeliczeniu na 1 ha,
- oblicza charakterystyki statystyczne wymienionych tutaj wielkości dla całej próby (średnie arytmetyczne, odchylenia standardowe, współczynniki zmienności, błędy średnie średnich),
- porównuje wyniki dotyczące próby losowej z danymi pochodzącymi z całego drzewostanu i oblicza błędy rzeczywiste próby,
- oblicza test t,
- drukuje wyniki symulacji.

Postać algorytmów służących do wyboru drzew należących do określonej jednostkowej powierzchni próbnej istotnie uzależniona jest od rodzaju symulowanych powierzchni próbnych losowych.

### **Symulacja kołowych powierzchni próbnych losowych**

W tej metodzie jednostkowymi powierzchniami próbnymi są koła o stałym promieniu  $R$ . Próba losowa realizowana jest, przez wybór drzew stojących wewnątrz kół, których położenie określone jest przez współrzędne ich środków i długość promienia. Jeśli wielkość koła  $p$  wprowadzana jest bezpośrednio z klawiatury komputera, to odpowiadający jej promień  $R$  obliczony jest na podstawie wzoru:

$$R = 100 \sqrt{\frac{p}{\pi}} \quad (1)$$

gdzie:

$p$  — wielkość jednostkowej powierzchni próbnej (w ha).

Natomiast w przypadku, gdy zadana jest liczba drzew, jaka przeciętnie mieścić się będzie na jednostkowej powierzchni próbnej, obliczana jest najpierw wielkość koła:

$$p = \frac{m}{N} \quad (2)$$

gdzie:

$m$  — założona, przeciętna liczba drzew na powierzchni próbnej,

$N$  — liczba drzew na 1 ha w całym drzewostanie,

a następnie jego promień  $R$  według wzoru (1). Do  $i$ -tej powierzchni losowej zaliczane są drzewa w całości lub w połowie, jeśli spełniają warunek  $l_j \leq R$ , gdzie  $l_j$  jest odległością danego drzewa od środka koła obliczoną według wzoru:

$$l_j = \sqrt{(X_j - XS_i)^2 + (Y_j - YS_i)^2} \quad (3)$$

gdzie:

$XS_i, YS_i$  — współrzędne środka  $i$ -tego koła,

$X_j, Y_j$  — współrzędne  $j$ -tego drzewa.

Na podstawie cech taksacyjnych drzew zaliczonych do próby obliczane są dla każdej powierzchni próbnej losowej cechy taksacyjne drzewostanu na 1 ha dla  $x_i = N_i, G_i, V_i$ :

$$x_i = \frac{1}{p} \sum_{j=1}^{m_i} y_j \quad (4)$$

gdzie:

$p$  — wielkość jednostkowej powierzchni próbnej (w ha),

$m_i$  — liczba drzew zaliczonych do próby na  $i$ -tej powierzchni próbnej,

$y_j$  — wartość cechy taksacyjnej  $j$ -tego drzewa.

### Symulacja kwadratowych powierzchni próbnych losowych

W tym przypadku próba losowa realizowana jest przez wybór drzew stojących wewnątrz kwadratów o stałym boku  $A$ . Jeśli wielkość powierzchni próbnej  $p$  wprowadzana jest bezpośrednio z klawiatury komputera, to odpowiadająca jej długość boku obliczana jest na podstawie wzoru:

$$A = 100 \sqrt{p} \quad (5)$$

Jeśli jednak wartość  $A$  ustalona ma być na podstawie liczby drzew to wcześniej obliczana jest wielkość jednostkowej powierzchni próbnej według formuły (2). Drzewa o współrzędnych  $X_j$  i  $Y_j$  zaliczane są w całości lub w połowie do  $i$ -tej powierzchni próbnej, jeśli spełnione są warunki:

$$(XS_i - A/2) \leq X_j \leq (XS_i + A/2)$$

$$(YS_i - A/2) \leq Y_j \leq (YS_i + A/2)$$

Obliczenie cech taksacyjnych drzewostanu na 1 ha ( $x_i = N_i, G_i, V_i$ ) dla poszczególnych powierzchni próbnych, przeprowadzane jest zgodnie ze wzorem (4).

## Symulacja relaskopowych powierzchni próbnych losowych

Podstawą doboru drzew do poszczególnych powierzchni relaskopowych jest wielkość skali pomiarowej  $c$ . Może być ona zadana bezpośrednio lub ustalona na podstawie przyjętej liczby drzew, jaka przeciętnie biorąc powinna się mieścić na jednostkowej powierzchni próbnej. W drugim przypadku wielkość skali obliczana jest według wzoru:

$$c = \frac{\pi}{4} \frac{D_g^2 N}{m} \quad (6)$$

gdzie:

$D_g$  — pierśnica przeciętnego drzewa w drzewostanie obliczona z powierzchni przekroju pierśnicowego (w  $m^2$ ),

$N$  — liczba drzew na 1 ha w całym drzewostanie,

$m$  — założona, przeciętna liczba drzew na powierzchniach próbnych.

Zaliczanie drzew do próby lub ich odrzucanie na poszczególnych stanowiskach ( $i$ ) odbywa się w ten sposób, że obliczona za pomocą współrzędnych  $X_j, Y_j$  odległość  $l_j$  każdego drzewa ( $j$ ) od środka powierzchni, porównywana jest z odpowiednim promieniem "koła relaskopowego":

$$R_j = \frac{50}{\sqrt{c}} d_j \quad (7)$$

W przypadku, gdy:

$l_j < R_j$  drzewo stoi wewnątrz koła relaskopowego i wraz z cechami taksacyjnymi ( $d_j, v_j$ ) w całości zaliczane jest do próby,

$l_j = R_j$  drzewo stoi na granicy koła relaskopowego i wraz z cechami taksacyjnymi zaliczane jest do próby tylko w połowie,

$l_j > R_j$  drzewo stoi poza kołem relaskopowym i do próby nie jest zaliczane.

Na podstawie cech taksacyjnych drzew spełniających warunek relaskopu obliczane są dla każdego stanowiska ( $i$ ) cechy taksacyjne drzewostanu na 1 ha, według następującej ogólnej formuły Bitterlicha (Šmelko 1989):

$$x_i = c \sum_{j=1}^{m_i} \frac{y_j}{g_j} \quad (8)$$

gdzie:

$x_i$  — wartość cechy taksacyjnej na 1 ha,

$y_j$  — wartość cechy taksacyjnej  $j$ -tego drzewa,

$g_j$  — powierzchnia przekroju  $j$ -tego drzewa,

$m_i$  — liczba drzew spełniających warunek relaskopu na  $i$ -tym stanowisku.

Zgodnie z tą formułą poszczególne cechy taksacyjne drzewostanu obliczane są następująco:

□ liczba drzew:

$$N_i = c \sum_{j=1}^{m_i} \frac{1}{g_j} \quad (9)$$

□ pierśnicowa powierzchnia przekroju:

$$G_i = c \sum_{j=1}^{m_i} \frac{g_j}{g_j} = c m_i \quad (10)$$

□ miąższość:

$$V_i = c \sum_{j=1}^{m_i} \frac{v_j}{g_j} \quad (11)$$

Tak obliczone wartości  $x_i = N_i, G_i, V_i$  dla poszczególnych powierzchni próbnych ( $i=1, \dots, n$ ) służą do obliczenia charakterystyk statystycznych z całej próby losowej.

### Charakterystyki statystyczne

Niezależnie od rodzaju symulowanych powierzchni próbnych losowych, charakterystyki statystyczne badanych cech taksacyjnych ( $x=N, G, V$ ) obliczane są podobnie.

**Średnia arytmetyczna**  $\bar{x}$  przedstawia średnią wartość badanej cechy taksacyjnej uzyskaną na podstawie próby:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (12)$$

**Odchylenie standardowe**  $s_x$  charakteryzuje zmienność poszczególnych wartości badanej cechy taksacyjnej wokół średniej arytmetycznej. Przy założeniu, że mają one rozkład normalny w przedziale  $\bar{x} \pm s_x$  mieści się 68% wszystkich wartości tej cechy.

$$s_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (13)$$

Współczynnik zmienności  $s_x\%$  wyraża względną zmienność danej cechy w procentach jej średniej arytmetycznej.

$$s_x\% = \frac{s_x}{\bar{x}} 100 \quad (14)$$

**Błąd standardowy średniej**  $s_{\bar{x}}, s_{\bar{x}}\%$  charakteryzuje zmienność wszystkich możliwych wartości średniej próbkowej  $\bar{x}$  wokół średniej generalnej  $\xi$ . Wyznacza zatem przedział ufności w którym błąd rzeczywisty próby występuje (nie przekracza go) z prawdopodobieństwem 68% (przy założeniu, że liczba powierzchni próbnych losowych jest większa niż 30). Jeśli liczba powierzchni próbnych  $n$  jest mniejsza niż 30, to przedział błędów

rzeczywistych z  $P\%$  prawdopodobieństwem wyznaczony jest przez wielkość  $\pm t \beta s_{\bar{x}}$  lub  $\pm t \beta s_{\bar{x}} \%$ , gdzie  $t \beta$  jest wartością krytyczną rozkładu Studenta.

**Absolutny błąd standardowy** średniej próbkowej, wyrażony w przyjętych jednostkach miary danej cechy, obliczany jest następująco:

— dla prób pobieranych bez zwracania

$$s_{\bar{x}} = \frac{S_x}{\sqrt{n}} \quad (15)$$

— dla prób pobieranych ze zwracaniem

$$s_{\bar{x}} = s_x \sqrt{\frac{1}{n} - \frac{1}{N}} \quad (16)$$

gdzie:

$N$  — liczba możliwych do założenia losowych powierzchni próbnych określonej wielkości.

**Względny błąd standardowy** średniej próbkowej, wyrażony w  $\%$  średniej arytmetycznej badanej cechy obliczany jest dla obu sposobów pobierania próby losowej według wzoru:

$$s_{\bar{x}} \% = \frac{s_{\bar{x}}}{\bar{x}} 100 \quad (17)$$

## Kontrola dokładności wyników symulacji

Dokładność wyników wybranego wariantu symulowanej próby losowej można sprawdzić na podstawie:

- Różnicy między założonym (teoretycznym) a rzeczywiście osiągniętym współczynnikiem zmienności wybranej cechy taksacyjnej  $s_x\%$ .
- Różnicy między oczekiwaną dokładnością (dopuszczalnym błędem) a rzeczywistym błędem standardowym średniej danej cechy  $s_{\bar{x}} \%$ .
- Różnicy między średnią z próby  $\bar{x}$  a "dokładną" średnią badanej cechy  $\xi$  (z całej powierzchni badawczej). Różnica ta wyrażona jest:  
— absolutnym błędem rzeczywistym

$$\Delta_{\bar{x}} = \bar{x} - \xi \quad (18)$$

— i względnym błędem rzeczywistym

$$\Delta_{\bar{x}} \% = \frac{\Delta_{\bar{x}}}{\xi} 100 \quad (19)$$

- Wartości testu t-Studenta, stanowiącego o statystycznej istotności różnicy  $\bar{x} - \xi$  na przyjętym poziomie prawdopodobieństwa. Jeśli testowana charakterystyka

$$t = \frac{\Delta_{\bar{x}}}{s_{\bar{x}}} \quad (20)$$



TABELA

Nadleśnictwo, obręb: Zielonka										
Oddz. poddz.: 142b Pow. d-stanu: 4,30 ha										
Przecięte elementy taksacyjne drzewostanu:										
Gat.pan	Wiek	Przec.-D	Przec.-H	Przec.-G/ha	Przec.-V/ha	Przec.-N/ha				
So	102	33,2	25,7	31,4257	360,88	365				
Próba losowa:										
Liczba pow.	Rodz. pow.	Wielk. pow.	Promień	Prawdopod.	Populacja	Rozm. drzew				
20	relaskopowe	C=4,00	13,05	95	ograniczona	rzeczywiste				
Nr. pow.	Wsp.X	Wsp.Y	Nr drz.	Odl.	Gatun.	N/ha	G m <sup>2</sup> /ha	V m <sup>3</sup> /ha		
1	182	144	1320	4.02	So	389	32.0000	352.76		
2	201	88	932	2.79	So	187	24.0000	259.26		
3	140	158	1269	0.16	So	362	32.0000	384.91		
4	80	98	797	4.26	So	399	28.0000	322.41		
5	197	34	362	4.05	So	284	28.0000	288.16		
6	144	59	575	2.18	So	502	36.0000	419.86		
7	218	147	1362	3.60	Sow	344	36.0000	397.34		
8	77	123	1099	0.52	So	514	36.0000	425.47		
9	142	156	1265	2.52	So	320	32.0000	389.00		
10	43	61	444	2.03	So	327	28.0000	322.35		
11	41	130	1040	0.67	So	499	40.0000	451.56		
12	24	64	411	1.19	So	583	40.0000	447.39		
13	18	74	428	1.42	So	392	28.0000	324.53		
14	15	105	766	2.15	So	499	40.0000	490.63		
15	73	45	458	0.73	So	564	40.0000	464.16		
16	47	80	494	0.54	So	306	24.0000	285.57		
17	33	132	1042	2.66	So	373	24.0000	258.96		
18	26	14	24	0.91	So	270	24.0000	284.83		
19	152	78	591	4.79	So	269	24.0000	285.08		
20	121	126	1173	1.12	So	371	28.0000	318.60		
Cecha	Srednia $\bar{x}$	Odech. stand. $S_x$	Wsp. zmien. $S_x\%$	Błędy średn. $S_{\bar{x}}$	$S_x\%$	Błędy rzeczyw. $\Delta \bar{x}$	$\Delta \bar{x}\%$	Test T		
N/ha	388	107.6842	27.77	47.9785	12.37	22	5.80	0.9804		
G m <sup>2</sup> /ha	31.2000	6.0315	19.33	2.6873	8.61	-0.2257	-0.72	-0.1758		
V m <sup>3</sup> /ha	358.64	73.5561	20.51	32.77	9.14	-1.24	-0.62	-0.1429		

jest mniejsza od  $t_{\beta}$  (dla  $n > 30$  i  $\beta = 0.95$   $t_{\beta} = 2$ ), to błędy symulowanej próby losowej mają charakter przypadkowy. W przeciwnym razie wnioskować należy, iż wyniki obarczone zostały błędami systematycznymi.

## Przykład symulacji

W celu zilustrowania przebiegu i wyników symulacji posłużono się jednym przykładem. Dotyczy on relaskopowych powierzchni próbnych o najczęściej stosowanej skali pomiarowej  $c=4$ . Do symulacji próby losowej, złożonej z 20 powierzchni próbnych, wykorzystano powierzchnię badawczą wielkości 4,30 ha, założoną w 102-letnim drzewostanie sosnowym. Próbę pobrano loteryjnie (losowo), przy zachowaniu rzeczywistego rozmieszczenia drzew w drzewostanie. Błędy średnie (dla  $N, G, V$ ) obliczono z prawdopodobieństwem  $\beta=0,95$ , traktując drzewostan jako populację ograniczoną. Wyniki przedstawiono w tabeli.

## Literatura

1. Šmelko Š., Burgan K.: Simulacia pasovych a kruchovych skušobnych ploch na samočinnom počítači. Zbornik vedeckych prac 19/1, 33–54, 1977.
2. Šmelko Š., Burgan K.: Simulacia relaskopických skušobnych ploch a metody stromových rozstupov na samočinnom počítači. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, 20/1, 85–102, 1978.
3. Šmelko Š.: Overenie presnosti relaskopickej metody simulačným postupom na počítači v porastovych modeloch zo SSR a z PLR. Roczn. AR Pozn. 211, 77–85, 1989.

*Z Katedry Urządzania Lasu Akademii Rolniczej w Poznaniu*

## Summary

What has been presented in the paper are the principles of the system aiming at checking — by means of the computer simulation — results of mathematical and statistic methods of stating the abundance of stands. The system enables to simulate three methods: a circular, a square and a relascopic one of random testing areas.

Testing areas in the shape of a square or a rectangle in the chosen stands are the base for the simulation. Valuation features of particular trees and their situation (by means of  $X$  and  $Y$  co-ordinates) are fixed on these areas. According to the assumed way of procedure, a computer will locate the chosen number of random testing areas, make a choice of trees belonging to a particular testing area and find their valuation features. On that base it will count statistic characteristics for the whole random sample and will compare the results of the test with the data concerning the whole tested area. The results of the simulation will be printed in the form of a table. The presented system enables to take a random sample without outdoor measurements. It prevents also all sorts of errors, rising at the same time effectivity of controls of the statistic methods of forest stock — taking. It can be used in teaching and in research on the improving of methods of forest stock-taking.