

VAS "LATVIJAS VALSTS MEŽI" PASŪTĪTAIS PĒTĪJUMS

**Algoritma izstrāde krājas sortimentācijai lietkoksnes
grupās atkarībā no audzes vidējā caurmēra**

A T S K A I T E

Izpildītājs: Latvijas Lauksaimniecības universitāte Meža fakultāte

Projekta vadītājs: Dagnis Dubrovskis, pētnieks, mežzinātņu maģistrs

D.Dubrovskis

2004. gads

Saturs

Saturs.....	2
1.Darba uzdevums:	3
2.Methodika	3
2.1.Lauku darbu metodika:	3
2.2.Kamerālo darbu metodika:.....	4
3.Virtuālās dastlapas un augstumlīknes veidošanas algoritms, konstruēšanas principi.....	4
3.1. Metodikas apraksts un algoritmi	4
3.2. Rezultāti:.....	8
4.Mežaudzes kvalitātes noteikšana	10
4.Vidējā koka augstuma un vidējā krūšaugstuma caurmēra noteikšana.....	13
4.1. Korelācijas saites	13
4.2.Vidējā augstuma noteikšana:	14
4.3. Sadalījums pa caurmēra pakāpēm, audzes vidējais krūšaugstuma caurmērs:	16
4.3.1. Vidējā caurmēra noteikšana pēc koku skaita sadalījuma pa caurmēra pakāpēm:	16
4.3.2. Vidējā caurmēra noteikšana pēc šķērslaukuma un koku skata	18
5. Iegūtie rezultāti, metožu salīdzinājums.....	21
5.1. Prof. I.Liepas formula audžu kopu sortimentu iznākuma noteikšanai;	21
5.2. Prof. N.Anučina formula audžu sortimentu iznākuma noteikšana pēc preču tabulām;.....	22
5.3. Prof. R.Ozoliņa virtuālas dastlapas un augstumlīknes algoritmu sortimentu struktūras noteikšanai salīdzināšana.	23
6.Datorprogrammas prototips	24
6.1.Datu apstrādes modelis	24
6.2.Meža reģistra precedentu modelis	25
6.3.Programmnodrošinājums	26
7. SECINĀJUMI.....	31

1. Darba uzdevums:

1. Salīdzināt mežaudžu sortimentu struktūras teorētiskos modeļus ar faktisko sortimentu struktūru dažādu sugu, caurmēru un biežības audzēs, noteikt novirzes un to būtiskumu:
 - 1.1. Cirsmu fonda novērtēšana, apaļkoku sortimentu iznākuma uzmērīšana, iegūtās informācijas salīdzināšana priedei, eglei, bērzam, apsei (kopā 40 cirsmas dažādos mistrojumos, dažādiem meža elementiem);
 - 1.2. Iegūto rezultātu salīdzināšana ar:
 - Prof. Anučina preču tabulām;
 - Prof. I.Liepas formulu audžu kopu sortimentu iznākuma noteikšanai;
 - Prof. R.Ozoliņa stumbru tilpuma formulu sortimentu iznākuma noteikšanai;
 - Prof. R.Ozoliņa virtuālas dastlapas un augstumlīknes algoritmu sortimentu struktūras noteikšanai.
 2. Precizēt algoritmu un koriģēt atbilstoši gūtajām atziņām;
 - 2.1. Testēšanas datorprogrammas izveide algoritma optimizēšanai;
 - 2.2. Precizēt algoritmu atbilstoši iegūtajiem rezultātiem;
 - 2.3. Datu apstrādes datorprogrammas moduļa prototipa izveide;
 3. Sagatavot priekšlikumus iespējamai sortimentu iznākuma korekcijai atkarībā no mežaudzes biežības:
 - 3.1. Izstrādāt un pārbaudīt metodiku vienkāršotai cirsmu fonda novērtēšanai:
 - Parauglaukumu platības un vietas izvēle;
 - Datu ticamība pie dažādām parauglaukumu platībām;
 - 3.2. Izstrādāt un pārbaudīt metodiku koksnes kvalitātes novērtēšanai mežaudžu sortimentu iznākuma noteikšanai parauglaukumos;
 - 3.3. Izstrādāt lauku darbu instrukciju sortimentu struktūras novērtēšanai nogabalos.

2. Metodika

2.1. Lauku darbu metodika:

1. Mežaudžu sortimentu struktūras teorētisko modeļu (sortimentu prognožu) salīdzināšanai ar faktisko sortimentu struktūru dažādu sugu, caurmēru un biežības audzēs, nosakot novirzes un to būtiskumu tika uzmērīti apaļkoku sortimenti cirmās un iznākums salīdzināts ar cirsmu fonda vērtējumos prognozēto sortimentu iznākumu.

Tika analizētas dati no uzņēmumu atskaitēm par apaļkoku iznākumu pa sortimentu grupām, dati tika salīdzināti ar cirsmu fonda novērtējumu sortimentu iznākuma prognozēm.

2, Virtuālās dastlapas un augstumlīknes konstruēšanai tiek izmantoti parauglaukumu dati, kuri tiek iegūti veicot cirsmu fonda sagatavošanu. Tiek izstrādāti mežaudžu kvalitātes vērtēšanas kritēriji, metodika iespējami precīza vidējā caurmēra, vidējā koka augstuma un šķērslaukuma noteikšanai parauglaukumos. Rezultāti tiek apkopoti datu bāzēs.

3. Uz teorētisko modeļu bāzes tika veikta cirsmu fonda vērtēšanas rezultātu analīze un iegūti teorētiskie modeļi, kas tika salīdzināti ar sortimentu iznākuma prognozēm cirmās.

2.2.Kamerālo darbu metodika:

Lauku darbu dati tiek apkopoti datu bāzēs. Datu bāzes izvietotas datorprogrammā "Mezverte 3.1." Eksperimentālai daļai izveidota speciāla datorprogramma izmantojot ISQL serveri.

3.Virtuālās dastlapas un augstumlīknes veidošanas algoritms, konstruēšanas principi

3.1. Metodikas apraksts un algoritmi

2003.gada decembrī un 2004. gada sākumā, strādājot pie mežaudžu sortimentu struktūras prognozēšanas balstoties uz taksācijas aprakstu, par pamata problēmām izrādījās virtuālās dastlapas un virtuālās augstumlīknes veidošanas metodikas izstrāde un izveidošana. Pielietojot aplūkojamo taksācijas rādītāju „perturbācijas metodi” jeb variēšanu, kas balstās uz fotorobota principu, izrādījās, ka ir iespējams netieši izmantot taksācijas aprakstā esošo informāciju un konstruēt algoritmu virtuālas augstumu līknes iegūšanai bez tiešas koku augstumu mērīšanas, kā arī sastādīt elektronisko koku skaita sadalījumu pa caurmēra pakāpēm bez koku resnuma tiešas mērīšanas.

Konstruējot pieminētos algoritmus, par zināmiem jeb dotiem tika uzskatīti šādi pieci tradicionālie taksācijas rādītāji:

- 1. koku suga**, kas var būt priede (P), egle (E), bērzs (B), melnalksnis (M), apse (A), baltalksnis (Ba), osis (Os) vai ozols (O) jo sestās kārtas polinoma konstantes ir dotas tikai šīm sugām; pārējām jāizvēlas kāda no šīm, vēlamams bioloģiski tuvāka;
- 2. vidējais caurmērs**, kas būtībā ir vidējais kvadrātiskais diametrs, tas apzīmēts ar D_{kvadr} ;
- 3. vidējais koka augstums**, kas apzīmēts ar H_{vid} ;
- 4. šķērslaukums**, ko izsaka kvadrātmetros uz vienu hektāru, lietotais apzīmējums – $Skv.m/ha$;
- 5. krāja**, kubikmetros uz ha, apzīmējums $V_{kub.m/ha}$.

Pēc šiem pieciem rādītājiem tiek konstruētas:

Virtuālā dastlapa faktiski ir koku skaita sadalījums pa caurmēra pakāpēm, kas iegūts aplinkus ceļā bez ierastās koku krūšaugstuma caurmēra noteikšanas jeb dastošanas.

Virtuālā augstumlīkne ir jau ilgi meža taksācijas praksē lietotā vienādsānu hiperbola, precīzāk runājot, šīs līnijas vienādojums, kas sastādīts bez koku augstuma mērījumu izlīdzināšanas.

Par visām mežaudzēm, kurās kādreiz veikta mežierīcība, laika gaitā uzkrājušies ar dažādām metodēm iegūti tradicionālie taksācijas rādītāji. Tie glabā plašu, daudzveidīgu un neviendabīgu informāciju, kas zināmā mērā ir „apslēptā manta”, jo to tieši izmantot iespējamā sortimentu iznākuma prognozēšanai praktiski ir ļoti sarežģīti.

Pielietojot aplūkojamo taksācijas rādītāju „perturbācijas metodi” jeb variēšanu, kas balstās uz fotorobota principu, ir iespējams netieši izmantot taksācijas aprakstā esošo informāciju un konstruēt algoritmu virtuālas augstumu līknes iegūšanai bez tiešas koku augstumu mērīšanas. Pēc tiem pašiem principiem var sastādīt elektronisko koku skaita sadalījumu pa caurmēra pakāpēm bez koku resnuma tiešas mērīšanas. Jāatzīmē, ka šīs operācijas jāveic katram meža elementam atsevišķi, ja par „meža elementu” uzskata vienu koku sugu pirmajā vai otrajā stāvā.

Izejas informācija, kas raksturīga katram meža elementam atsevišķi un sastāv no divām daļām:

1. Skaitļi, kas raksturo mežaudzes lielumu un atrašanās vietu. Tā ir platība ha, kvartāla numurs un nogabala numurs. Šie skaitļi vajadzīgi tikai meža elementa identificēšanai, *algoritmā* tos neizmanto.
2. Tradicionālie taksācijas rādītāji, kas tiek uzskatīti par zināmiem aplūkojamam meža elementam šajā *algoritmā* ir pieci.

Koku suga, kas var būt priede (P), egle (E), bērzs (B), melnalksnis (M), apse (A), baltalksnis (Ba), osis (Os) vai ozols (O) jo sestās kārtas polinoma konstantes ir dotas tikai šīm sugām; pārējām jāizvēlas kāda no šīm, vēlams bioloģiski tuvāka.

Vidējais caurmērs, cm, tas būtībā ir vidējais kvadrātiskais meža elementa diametrs Apzīmēsim to ar Dkvadr.

Vidējais koka augstums, metros, to apzīmēsim ar Hvid.

Šķērslaukums, ko izsaka kvadrātmetros uz vienu hektāru, lietotais apzīmējums – Skv.m/ha.

Krāja, kubikmetros uz ha, apzīmējums Vkub.m/ha.

Piezīme: Pielikumā dotajā aprēķinu piemērā pie izejas informācijas ir pieskaitīts arī koku skaits uz vienu hektāru, kas apzīmēts ar N. Patiesībā tas ir sekundārs lielums, ko var izrēķināt ar formulu:

$$N = \frac{40000 \cdot (Skv.m / ha)}{p \cdot (Dkvadr)^2} \quad (1)$$

Aprēķinos vajadzīgie sestās kārtas polinoma koeficienti doti ***1.tabulā***

1.tabula

1) Sestās kārtas polinoma koeficienti un integrālis I6

Suga	a0	a1	a2	a3	a4	a5	a6	I6
P	118.981	277.57 8	1140.52 5	3037.48 7	4419.68 2	3361.78 0	997.657	5298.7
E	113.939	203.06 1	827.209	2161.25 1	2732.07 6	1699.66 7	390.755	5295.5
B	120.567	312.07 4	1388.28 8	3725.81 9	5197.00 5	3788.85 8	1120.89 1	5021.2
M	120.224	310.98 5	1450.12 5	4238.70 3	6644.01 1	5408.31 2	1743.64 0	5128.0
A	110.428	143.28 8	530.481	1643.30 4	2606.60 5	2212.94 0	752.018	5117.9
Ba	118.560	263.48 2	988.135	2376.87 4	3045.21 4	2137.68 4	626.131	5026.1
Os	117.999	282.94 1	1411.06 4	4542.39 5	7964.66 0	7175.00 7	2506.62 0	5339.4

		-	-	-				
		354.76	2022.20	6736.34	11231.2	9254.63	2971.33	
O	120.958	9	6	6	5	2	3	4862.3

1. Aritmētisko vidējo caurmēru (Daritm), visbiežāk sastopamo jeb modālo caurmēru (Dmod) un standartnovirzes pirmo tuvinājumu (S) izrēķina ar formulu:

$$D = k \cdot (Dkvadr) + c \quad (2)$$

Formulas (2) parametri atspoguļoti tabulā (1). Aprēķinos vajadzīgo aritmētisko vidējo caurmēru (Daritm), visbiežāk sastopamo jeb modālo caurmēru (Dmod) un kvazinormālā sadalījuma standartnovirzes pirmo tuvinājumu (S) tika rekomendēts izrēķināt ar vienkāršām empīriskām formulām. Formulu parametru pagaidu variants tika noteikts, izmantojot tikai datus par priedi un balstoties uz hipotēzi, ka parametru skaitliskās vērtības nav atkarīgas no koku sugas.

Veicot daudz apjomīgākus pētījumus par meža elementu aritmētisko vidējo diametru (Daritm) un modālo diametru (Dmod) atkarību no taksācijas praksē tradicionālā vidējā diametra, kas faktiski ir vidējais kvadrātiskais (Dkvadr), hipotēze par neatkarību no sugas apstiprinājās (skat. 1. un 2. tabulu; 1., 2. un 3. attēlu; 1. – 4. pielikumu)

2. tabula

Formulas (2) parametri

Regresijas vienādojumu parametri

Taksācijas rādītāja nosaukums	Apzīmējums	k	c
Aritmētiskais vidējais diametrs	Daritm	1,01641	-1,44587
Modālais diametrs	Dmod	1,22027	-8,46487
Faktiskā standartnovirze	Sreālā	0,06832	5,69188

Aritmētisko vidējo diametru (Daritm) un modālo diametru (Dmod) noteikšanai rekomendētos regresijas vienādojumus varētu lietot bez korekcijām.

Citāda ir situācija attiecībā uz kvazinormālo vienādojumu standartnovirzēm. Algoritma sākotnējā variantā ar S ir apzīmēta standartnovirze, kas iegūta, intervālu no 8 cm līdz Dmod dalot ar 3. Precizitātes dēļ varētu ieviest šīs standartnovirzes apzīmēšanai simbolus Sinter. Tātad $Sinter = (Dmod - 8) / 3$. Izanalizējot 38 dastlapas, kas ņemtas no precīziem uzmērījumiem un pārstāv četras, Latvijas mežos visbiežāk sastopamās koku sugas (priedi, egli, bērzu un apsi), var secināt, ka vislabāk ir izmantot faktisko standartnovirzi (Sreālā).

Aprēķinu gaita

Pēc izejas informācijas ievadīšanas jāizrēķina:

- koku skaits N gabalos uz vienu hektāru, ja tas nav dots;
- aritmētiskais vidējais diametrs Daritm, cm;
- modālais diametrs Dmod, cm;
- standartnovirzes sākotnējā vērtība S, cm;
- variablais diametrs Dvar, kas katram meža elementam nosaka austumlīknes vienādojuma parametrus un ir vienāds ar dubultu aritmētisko vidējo diametru ($Dvar = 2 \cdot Daritm$);
- variablie augstumi: $H1 = Hvid + (40 - Hvid) \cdot 0,75$,

$$H_2 = H_{vid} + (40 - H_{vid}) \cdot 0,50,$$

$$H_3 = H_{vid} + (40 - H_{vid}) \cdot 0,25.$$

Pēc variablu augstumu aprēķināšanas ir iegūti visi vajadzīgie dati darba tabulu 1/1 – 1/9 sastādīšanai (skat. pielikumu). Jāsāk ar virtuālās augstumlīknes (formula 3) pirmā varianta parametru noteikšanu.

$$H = 1,3 + \frac{D}{k \cdot D + c} \quad (3)$$

Šo izteiksmi var linearizēt ar apgrieztu transformāciju: $Y = 1/(H - 1,3)$ un $X = 1/D$. Pēc tam formulas (3) parametrus var izrēķināt, atrisinot lineāru divu vienādojumu sistēmu ar diviem nezināmiem vai lietojot MS EXCEL standarta funkcijas: $K = \text{INTERCEPT}$ un $C = \text{SLOPE}$.

Koku skaita sadalījuma pa caurmēra pakāpēm attēlošanai tiek izmantota pārveidota normālā sadalījuma blīvuma funkcija:

$$f(x, m, s) = \frac{1}{s\sqrt{2p}} e^{-\frac{(x-m)^2}{2s^2}}, \quad (4)$$

kur:

x ir caurmēra pakāpes centrs,

m - matemātiskā cerība jeb vidējā vērtība, ko aizstāj ar modālo diametru,

s – standarta novirzes variējamā vērtība, kuras pirmo variantu atrod ar formulu (2);

$p = 3.1415927$;

$e = 2.7182818$.

Iegūto izteiksmi varētu nosaukt par kvazinormālo sadalījumu. To izmanto relatīvo biežumu aprēķināšanai. Visērtāk, saprotams, lietot kādu no standartprogrammām, piemēram, MS EXCEL statistisko funkciju NORMDIST. Jāatzīmē, ka praktiskām vajadzībām pietiekošu precizitāti iespējams sasniegt, izmantojot blīvuma funkcijas standartizētā varianta tabulu un lineāro interpolāciju.

Darba tabulas pēdējo kolonu aizpildot, vajadzīgs sestās kārtas polinoms:

$$P_6(x) = a_0 + a_1 \cdot x + a_2 \cdot x^2 + \dots + a_6 \cdot x^6, \quad (5)$$

Kur:

x – relatīvais augstums ($x = h/H$, $0 < x < 1$);

h – jebkurš, brīvi izvēlēts diametra mērījuma vietas attālums līdz stumbra resgalim, krūšu augstuma caurmēram atbilst $h = 1,3$ m;

$a_0, a_1, a_2, \dots, a_6$ – polinoma (5) koeficienti (skat Pielikuma.).

Darba tabulas pēdējo kolonu aizpildot, jālieto koka stumbra ar mizu tilpuma aprēķināšanas formula:

$$V = \frac{p \cdot D^2 \cdot H \cdot I_6}{40000 \cdot \left\{ P_6\left(\frac{1,3}{H}\right) \right\}^2} \quad (6)$$

Kur:

D – caurmēra pakāpe, cm

H – atbilstošais augstums, m;

I_6 – sugas konstante, kas dota pielikuma 1.tab. (sestās kārtas integrālis).

Pareizinot caurmēra pakāpēm atbilstošo koku stumbru tilpumus ar šo caurmēra pakāpju absolūtajiem biežumiem un reizinājumus saskaitot, iegūstam aprēķinātās krājas kubikmetros uz hektāru pirmo variantu. Tam atbilstošo tilpuma kļūdu procentos no dotās krājas kub.m/ha ieraksta pirmajā perturbācijas tabulā (3.tabula). Izvēloties nākošos perturbējamus lielumus: H2 un 0,75S, pēc analogisku aprēķinu izpildes, iegūst 2.darba tabulu utt. Līdz visas 9 pirmā cikla darba tabulas ir aizpildītas.

3. tabula

Pirmā perturbācijas tabula

H1	0,75S	K1%	H1	S	K4%	H1	1,25S	K7%
H2	0,75S	K2%	H2	S	K5%	H2	1,25S	K8%
H3	0,75S	K3%	H3	S	K6%	H3	1,25S	K9%

Izvēloties par kritēriju krājas procentuālo kļūdu, sameklē to variantu (no deviņiem), kuram šī kļūda pēc moduļa ir vismazākā un bez izmaiņām novieto otras perturbācijas tabulas centrā. Pārējos astoņus variantus veido samazinot „soli” uz pusi utt. (skat. pielikuma 2.). Līdz šim veiktie aprēķini rāda, ka praktiski pietiek ar trim perturbācijas cikliem.

Teikto labi ilustrē aprēķini, kas izdarīti no cirsmu uzmērīšanas materiāliem sākotnēji izmantojot tikai vidējo diametru (D_{kvadr}), vidējo augstumu (H_{vid}), šķērslaukumu kvadrātmetros uz hektāru ($Skv.m/ha$) un krāju kubikmetros uz hektāru ($V_{kub.m/ha}$). Aprēķinu rezultātā iegūts prognozējamais koku skaita sadalījums pa caurmēra pakāpēm (virtuālā dastlapa). Pēc tam, izmantojot cirsmu uzmērīšanas materiālus, faktiskais dastojums salīdzināts ar virtuālo. Pielikumā dotajos zīmējumos (skat. attēlus no 1. līdz 6.) redzama laba reālo un teorētisko biežumu sakritība.

Izanalizējot veikto pētījumu rezultātus, var izdarīt secinājumus, ka virtuālās dastlapas un augstumu līknes izmantošana tirgus ekonomikas apstākļos var palīdzēt iegūt vērtīgu informāciju par apsaimniekojamā mežaudzēm ar minimālu izmaksu.

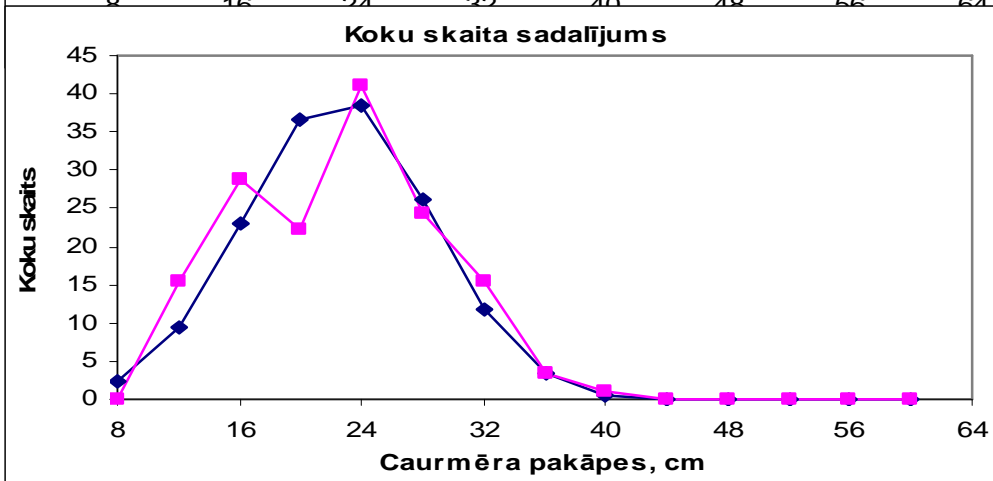
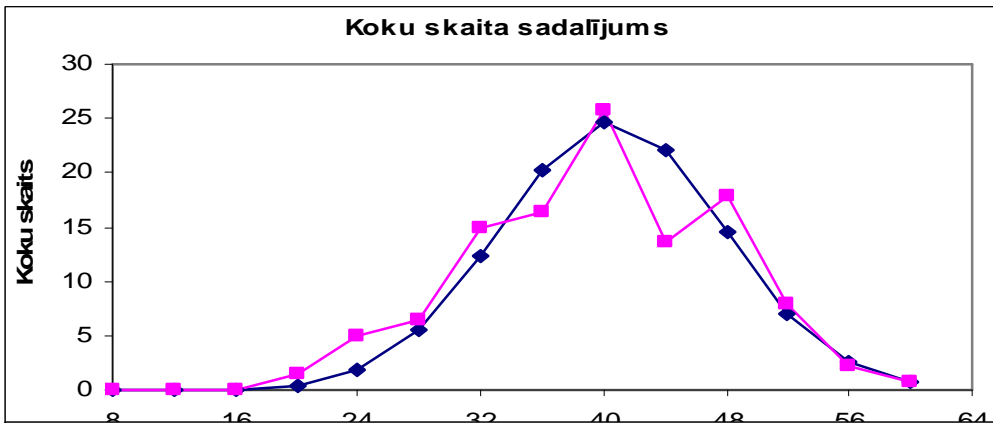
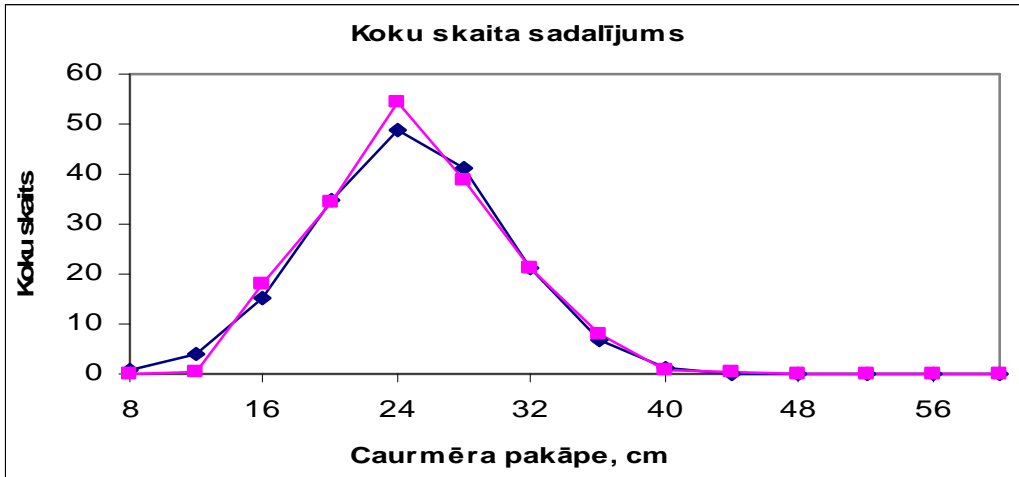
Piezīme.

Lai gan algoritmu veidošanā lietotajā metodē ar pakāpeniskiem tuvinājumiem process konverģē neatkarīgi no pirmās perturbācijas tabulas, tomēr ieteicams programmās lietot precizētās parametru vērtības

3.2. Rezultāti:

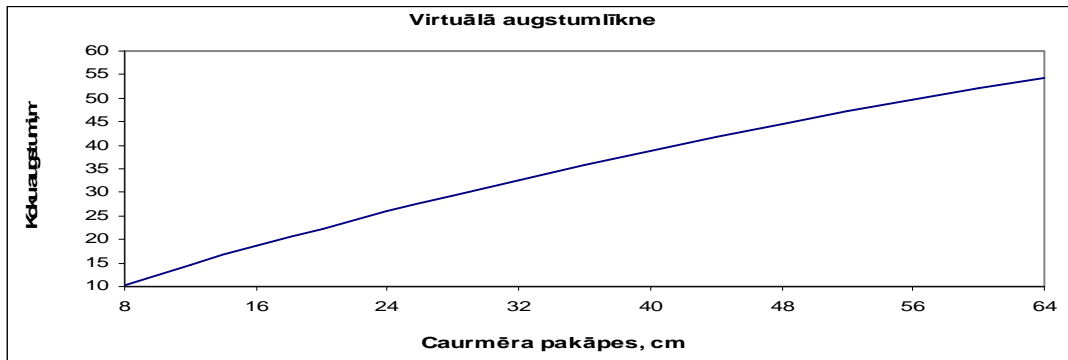
Minētā metodika aprobēta tīraudzēs uzrādot salīdzinoši augstu precizitāti. Atšķirības uzskaitītajā koksnes krājā un aprēķinātajā nepārsniedz $\pm 5\%$. Pārbaudes rezultāti uzskatāmi norāda, ka dastojumam un aprēķinātajam koku skaita sadalījumam pa caurmēra pakāpēm sakrīt kreisā vai labā asimetrija (skat.1.attēlu.)





1.attēls: Virtuālās dastlapas saīdinājums ar faktisko koku skaita sadalījumu

Izstrādāta metodika virtuālās augstumlīknes konstruēšanai pēc vidējā koka augstuma. Rezultāti parādīti 2.attēlā:



2.Attēls: Virtuālā augstumlīkne

4.Mežaudzes kvalitātes noteikšana

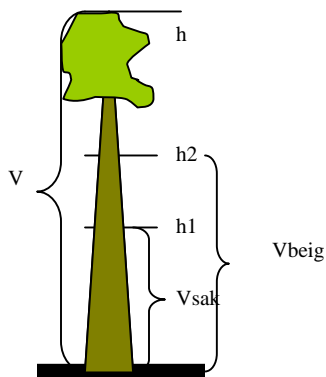
Mežaudzes kvalitātes noteikšana ir viens no sarežģītākajiem jautājumiem. Nosakot kvalitāti atsevišķākam kokam iespējams stumbru virtuāli sadalīt pa kvalitātes klasēm, prognozēt tā sortimentu iznākumu. Sarežģītāka ir mežaudzes kvalitātes noteikšana. Nosakot mežaudzes kvalitāti, jāvērtē gan atsevišķa stumbra kvalitāte, gan koksnes kvalitātes sadalījumā pa caurmēra pakāpēm. Stumbra kvalitāti vērtē atbilstoši ES apaļkoku kvalitātes priekšstandarta, Latvijas standarta principiem, uz augošu koka stumbru attiecinot apaļkoku kvalitātes prasības. Mežaudzes kvalitāti vērtē reizē ar vidējā koka caurmēra un vidējā koka augstuma noteikšanu. Kvalitāte tiek noteikta pēc bojāto koku īpatsvara (pēc krājas), uz kuru stumbriem redzamas vainas. Atbilstoši bojājuma raksturam nosaka bojātai daļai atbilstošo apaļkoku sortimenta kvalitāti.

Stumbru vainas un bojāto daļu garumi tiek noteikti pa meža elementiem.

Precīza bojājuma īpatsvara noteikšana mežaudzei ir samērā sarežģīta, jo nepieciešams zināt bojāto koku sadalījumu pa caurmēra pakāpēm, bojājuma raksturu, bojātās daļas tilpumu. Izmantojot acumēra metodes iespējams gūt tuvinātus rezultātus. Bojājuma īpatsvara noteikšanai jāveic sekojoši soļi:

1. **Bojāto koku skaita noteikšana:** Jānovērtē bojāto koku skaits, to izsakot procentos no kopējā koku skaita; To veic saskaitot bojāto koku īpatsvaru uz katriem 100 kokiem.
2. **Vidējā bojātā koka noteikšana:** Ņemot vērā to, ka bojāto koku sadalījuma asimetrija pa caurmēra pakāpēm var atšķirties no kopējā koku skaita sadalījuma, pieņemot, ka sadalījums pa caurmēra pakāpēm atbilst normālajam, jānosaka bojāto koku vidējais caurmērs un augstums.
3. **Bojātās daļas tilpuma noteikšana:** Vidējam kokam nepieciešams noteikt bojātās daļas tilpumu procentos no stumbra tilpuma. Tiek uzmērīts bojātās daļas sākuma

(h1) un beigu (h2) augstums uz stumbra un izrēķināts atbilstošais bojātās daļas tilpums:



3.attēls. Koka bojājuma procenta noteikšana

Kur:

V – koka tilpums, m^3 ;

h – koka augstums, dm ;

h_1 – koka stumbra augstums līdz bojājuma sākumam, m ;

h_2 – koka stumbra augstums līdz bojājuma beigām, m ;

V_{sak} – koka stumbra tilpums līdz bojātās daļas sākumam, m^3 ;

V_{beig} – koka stumbra tilpums līdz bojātās daļas beigām, m^3

$$V_{boj\%} = \frac{V_{beig} - V_{sak}}{V} * 100 \quad (7)$$

kur:

$V_{boj\%}$ - bojātās daļas tilpuma procents, %

V_{beig} - stumbra daļas tilpums līdz bojājuma beigām h_2 , m^3 ;

V_{sak} - stumbra daļas tilpums līdz bojājuma sākumam h_1 , m^3 ;

V - stumbra kopējais tilpums līdz galotnei h , m^3

Stumbra nogriežņa tilpumu aprēķina pēc formulas:

$$V_{daļa} = a * D^p * H^q * H_{daļa}^R, \quad (8)$$

kur $V_{daļa}$ – stumbra daļas tilpums, (V_{sak} vai V_{beig}), kubikmetros;

D - koka krūšaugstuma caurmērs, cm ;

H - koka augstums, metros;

$H_{daļa}$ – stumbra daļas augstums, cm ;

a , p , q , un R – sugas konstantes, kas noteiktas astoņām, Latvijas mežos biežāk sastopamajām koku sugām un dotas 4.tabulā.

4.tabula: Celmu formulas parametri

2) Celmu tilpuma formulas parametri. 2.5.1.tabula

Suga	r	q	p	LN(a)	a*10000
P	0,98933	-0,17814	1,99671	-13,42124	0,01483
E	0,99186	-0,13264	1,99587	-13,62020	0,01216
B	0,98818	-0,18910	1,99670	-13,36458	0,01570
M	0,98821	-0,18487	1,99659	-13,38030	0,01545
A	0,99406	-0,10264	1,99555	-13,76028	0,01057
Ba	0,98982	-0,17667	1,99681	-13,43374	0,01465
Os	0,98910	-0,16354	1,99615	-13,46958	0,01413
O	0,98671	-0,18183	1,99602	-13,36826	0,01564

Bojājuma īpatsvaru audzei atrod pēc sekojošas formulas:

$$Vb\% = Vboj\% * K\% \quad (9)$$

kur,

$k\%$ - bojāto koku skaits %

Par bojājuma īpatsvaram atbilstošo krāju tiek proporcionāli samazināta apaļkoku sortimentu krāja visās sortimentu resnuma grupās, savukārt, par bojājuma īpatsvaram atbilstošās krājas daļu tiek palielināta bojājuma kvalitātei atbilstošā sortimentu grupa (papīrmalka vai malka). Atbilstoši bojātai daļai iespējams izdalīt arī īpašās kvalitātes zonās.

Uz mežaudzēm, kuras izvērtētas pēc šādas metodikas, iespējams precīzi attiecināt statistikas datus, kas iegūti no iepriekšējo pārdoto cirsmu fonda analīzes, ja tajās tiek izmantota līdzīga metodika cirsmu fonda taksācijā, kas iestrādāta datorprogrammā "Mežvērte".

4.Vidējā koka augstuma un vidējā krūšaugstuma caurmēra noteikšana

4.1. Korelācijas saites

Datu apstrādes algoritms izstrādāts un pārbaudīts analizējot cirsmu fonda vērtējuma datus (dastlapas). Atrodot mežaudzes vidējos rādītājus (vidējais koka augstums, vidējais koka krūšaugstuma caurmērs, šķērslaukums pa sugām, koksnes krāja) pēc instrumentālās taksācijas datiem (dastojums) un pēc tiem aprēķinot koku skaita sadalījumu pa caurmēra pakāpēm un tam atbilstošo krāju, iegūtie rezultāti uzrādīja augstu korelāciju (0,90-0,99) ar cirsmu fonda vērtējuma rezultātiem. Tomēr lietojot vienkāršākas meža inventarizācijas metodes, kļūdas varbūtība un robežas pieaug. Tāpēc nepieciešams izvērtēt vienkāršoto metožu pielietojumu un kļūdu robežas. Dažādu metožu pielietojums ir atkarīgs no izejas informācijas kvalitātes un izmantotajām sakarībām. Sakarības starp taksācijas rādītājiem parādītas 5.tabulā (pēc Glazova 1976):

Taksācijas rādītāju sakarības

Taksācijas pazīmes	Koeficienti		Sakarības forma
	Korelācijas	Korelācijas attiecības	
Caurmērs un augstums audzē	0,70-0,85	0,80-0,90	līkne
Koka augstums un caurmērs caurmēra pakāpē	0,73	0,82	līkne
Vidējais caurmērs un vidējais augstums	0,4-0,7	0,7-0,8	līkne
Caurmērs un vecums	0,4-0,9	0,6-0,8	taisne
Caurmērs D1,3 un D 1,0	0,98	-	taisne
Šķērslaukums un krāja	0,95-0,99	-	taisne
Krūšaugstuma caurmērs un stumbra tilpums	0,92	0,95	Izliekta līkne

Nepastāv sakarība starp audzes šķērslaukumu un krāju, vidējo augstumu un krūšaugstuma caurmēru atkarībā no mežaudzes vecuma (Dvoreckis, 1964). Eksperimentālā ceļā tika apstiprināts, ka uzmērot šķērslaukumu ar Biterliha lineālu iespējams iegūt precīzu informāciju par mežaudzes šķērslaukumu, tomēr ja mežaudzē ir vairākas sugas, no kurām dažas pārstāvētas kā atsevišķi koki vai atsevišķas koku grupas, šķērslaukuma mērījumiem var tikt noteikti neparedzami kļūdaini.

4.2. Vidējā augstuma noteikšana:

Mežaudzes vidējā koka augstums ir vidējā koka augstums kurš atbilst sugas vidējam krūšaugstuma caurmēram audzē. Vidējais augstums ir viens no svarīgākajiem taksācijas elementiem, no kura precīzas noteikšanas ir atkarīga krājas aprēķināšanas precizitāte, tādēļ tā noteikšanai jāpievērš īpaša uzmanība.

Atsevišķā mežaudzē koku augstumi variē. Koku augstumu varietāte ir vērojama ne vien sadalījumā pa caurmēra pakāpēm, bet arī vienas caurmēra pakāpes ietveros. Katra koka augstuma uzmērīšana ir darbietilpīga un to veikt neatmaksājās. Lai noteiktu mežaudzes vidējo augstumu nepieciešams veikt mežaudzes vidējo koku mērījumus. Precīza vidējā augstuma noteikšanai nepieciešams konstruēt izlīdzinošo augstumlīkni, tāpēc jāveic vairāki mērījumi dažādās caurmēra pakāpēs. Koku krūšaugstuma caurmēru un augstumu stohastiskās sakarības ļauj samazināt uzmērāmo koku skaitu, nodrošinot pietiekami precīzus rezultātus, piemērotus praktiskai un zinātniskai izmantošanai. Lai samazinātu augstumlīknes konstruēšanai nepieciešamo mērījumu skaitu tika veikti pētījumi par augstumlīknes vienādojumiem atkarībā no mežaudzes vecuma, formas,

augšanas apstākļu tipa u.t.t. (A.Kiviste), un mērāmo koku skaita ietekmi uz rezultātu precizitāti. Tika izpētīts, ka vidējā koka augstuma noteikšanas precizitāte atkarīga no koku augstuma mainīguma vienas caurmēra pakāpes ietvaros. Pēc prof. V.Zaharova un A.Kondratjeva pētījumiem, priežu audzēs augstuma mainīgumam atbilst variācijas koeficients 6-8%. Šādos apstākļos, ja pieļaujama kļūda $\pm 1\text{m}$ ir pietiekami 5 koku augstuma mērījumi. Vidējā augstuma noteikšanai ar kļūdu $\pm 5\%$ nepieciešams veikt 3 koku mērījumus. 12-15 koku mērījumi samazina kļūdu līdz $\pm 2\%$. Bērza audzēs augstuma mainīgumam atbilst variācijas koeficients 8-10%. Vidējā augstuma noteikšanai ar kļūdu $\pm 5\%$ nepieciešams veikt 3-4 koku mērījumus. 16-15 koku mērījumi samazina kļūdu līdz $\pm 2\%$. Egļu audzēs variācijas koeficients ir daudz lielāks, tāpēc papildus uzmanība jāpievērš 2 stāva izdalīšanai, kas prasa ievērojami lielāku mērījumu skaitu.

Vidējā augstuma noteikšanas precizitāti ietekmē 3 faktori:

1. Uzmērāmo koku skaits;
2. Augstuma variācijas koeficients;
3. Atsevišķa koka augstuma mērīšanas kļūdas;

Vidējā koka augstuma noteikšanas kopējo kļūdu var aprēķināt pēc 10 formulas:

$$Ph = \sqrt{\frac{C^2}{n} + \frac{P_n^2}{n}} \quad (10)$$

kur:

Ph - mežaudzes vidējā augstuma noteikšanas kļūda, %;

C – koku augstumu variācijas koeficients mežaudzē;

n - augstuma mērījumu skaits kokiem, gab;

P_n – atsevišķa mērījuma vidējā kļūda

Vienvecuma mežaudzes vidējā augstuma noteikšanai nepieciešams veikt koku uzmērījumu sekojošās caurmēra pakāpēs (6.tabula). Pēc caurmēru un koku augstuma attiecībām iespējams noteikt korelāciju starp augstumu un caurmēru un atbilstoši tai noteikt nepieciešamo mērījumu skaitu:

6.tabula

Vidējā augstuma noteikšana vienvecuma audzēs

Caurmēra pakāpe, cm	8	12	16	20	24	28	32	36	40
Novērojumu skaits, n	16	8	7	3	1	1	1	1	1
$n = \frac{c^2}{p^2} (1 - r^2) \quad (11)$	3	2	2	1	1	1	1	1	1

Kur:

n - mērījumu skaits

c – koku augstuma variācijas koeficients

p – mērījumu kļūda

r – korelācijas koeficients

Ja korelācijas koeficients starp caurmēru un augstumu caurmēra pakāpē pieņemts mazāks kā 0,90, tad uzmērāmo koku skaitu var samazināt no 39 uz 13. Dažāda vecuma mežaudzēs mērījumu skaits jāpalielina 1,5-2 reizes.

Mežaudzēs ar neviendabīgu sugu sastāvu, izvietojumu un dažāda vecuma audzēs vidējā koka augstumu noteikt ir daudz grūtāk, jo atsevišķi izraudzīts vidējā koka

augstums raksturo atsevišķas audzes daļu un nav attiecināms uz visu audzi. Šādās audzēs vidējais augstums jānosaka katram meža elementam atsevišķi (N.Anučins).

Vidējo augstumu tuvināti var noteikt izmantojot Veizes sakarību: Vidējais koka augstums atbilst kokam, kurš sadalījumā pa caurmēra pakāpēm atrodas aptuveni 60% no tievākā koka un 40% no resnākā koka.

4.3. Sadalījums pa caurmēra pakāpēm, audzes vidējais krūšaugstuma caurmērs:

Mežaudzes vidējais caurmērs ir mežaudzes vidējā koka caurmērs, kas atbilst audzes kopējā šķērslaukuma un šo koku skaita dalījumam. Mežaudzes vidējā caurmēra pakāpē esošajiem kokiem ir lielākā koksnes krāja mežaudzē. Mežaudzē vidējo koku caurmērs jānosaka katram meža elementam atsevišķi. Analizējot koku sadalījumu pa caurmēra pakāpēm, vidējais koks atrodas 57,5% attālumā no tievākā koka un 42,5% attālumā no resnākā koka. Daudzu mežzinātnieku pētījumi (A.Tjurins, J.Galajs).

Mežaudzes vidējā caurmēra noteikšanai var izmantot vairākas metodes:

4.3.1. Vidējā caurmēra noteikšana pēc koku skaita sadalījuma pa caurmēra pakāpēm:

Lai noteiktu koku skaita sadalījumu pa caurmēru pakāpēm nepieciešams veikt koku dastošanu parauglaukumos un iegūto rezultātu attiecināšanu uz visu platību. Lai noteiktu sadalījumu pa caurmēru pakāpēm ar precizitāti +2% nepieciešams uzskaitīt sekojošu koku skaitu mežaudzē (N.Glazovs) skatīt 7.tabulu:

7.tabula:

Minimālais uzmērāmo koku skaits mežaudzē

Caurmēra pakāpe,cm	8	12	16	20	24	28	32	36	40
Koku skaits,n	625	400	306	240	210	169	156	132	121

Pēc V.Zaharova veiktajiem pētījumiem prieku audzēs, lai noteiktu vidējo caurmēru ar 2% precizitāti nepieciešams uzmērīt 165 kokus, ar precizitāti 3%, 79 kokus, ar precizitāti 5% 26 kokus, ar precizitāti līdz 10% 7 kokus, kuri ir tuvu vidējam.

Parauglaukumu lieluma un nepieciešamā skaita noteikšanai iespējams izmantot prof. I.Liepas vadībā 20.gs. 70.gados veikto pētījumu rezultātus. Pētījumu rezultāti tika aprobēti un pārveidoti atbilstoši pētījumā izvirzītajām prasībām. Izmantojot šo metodi koksnes krāja un sortimentu iznākums tiks noteikti pietiekami precīzi vienīgi gadījumā, ja tiks precīzi uzmērīta nogabala platība. Atkarībā no izvēlētajā parauglaukuma rādiusa, parauglaukumā jāuzmēra visi ietilpstošie koki. Mērot kokus jāievēro to dalījums stāvos, kvalitātes klasēs. Kokiem, kas atrodas parauglaukumu malās uz parauglaukuma rādiusa līnijas, jāaprēķina stumbra centra atrašanās vieta. To aprēķina sekojoši:

1. Jāuzmēra koka caurmērs;
2. Jāuzmēra attālums no parauglaukuma centra līdz kokam;
3. Izmērītajam attālumam no parauglaukuma centra pieskaita ½ no koka caurmēra;

4. Ja aprēķinātais attālums ir mazāks par parauglaukuma radiusu, koks tiek ieskaitīts parauglaukumā, savukārt, ja aprēķinātais attālums ir lielāks par parauglaukuma radiusu, koks parauglaukumā netiek ieskaitīts.

Lai parauglaukumu mērījumu rezultātus būtu iespējams attiecināt uz visu audzi, nepieciešams noteikt atbilstošo parauglaukumu platību. Platība jāizvēlas atbilstoši pieļaujamajām kļūdu robežām. Kļūdu robežām atbilstošie parauglaukumu parametri parādīti 8.tabulā. Nepieciešamo parauglaukumu skaits atkarīgs no audzes viendabības. Jo nevienmērīgāka audze, jo parauglaukumu skaits jāpalielina. Parauglaukumi jāizvieto vienmērīgi visā platībā. Nepieciešamā parauglaukuma platība atkarībā no precizitātes un nosakāmās orientējošās krājas parādīta 8.tabulā:

8.tabula

Nepieciešamā parauglaukuma platība atkarībā no precizitātes un nosakāmās orientējošās krājas

Krāja m ³ /ha	Pauglaukumu platība pa prioritātēm, ha			
	10%	20%	30%	40%
550	0.16			
500	0.16			
450	0.16			
400	0.32	0.16		
350	0.60	0.20		
300	0.60	0.20	0.08	
250	0.80	0.30	0.08	
200	0.80	0.30	0.08	
150	1.0	0.40	0.24	
100		0.72	0.35	0.12
50			1.00	0.40

Parauglaukuma platība atkarīga no maksimālā koka caurmēra parauglaukumā. Jo lielāks caurmērs, jo lielākam jābūt parauglaukumu rādiusam un platībai. Parauglaukumu parametri parādīti 9.tabulā:

9.tabula

Parauglaukumu rādiusi

Vidējais caurmērs,cm	Parauglaukuma rādiuss,m	Parauglaukuma platība, ha
20	9,77	0,03
24	12,62	0,05
28	13,82	0,06
32	15,96	0,08
36	17,84	0,1
40	20,34	0,13
44	21,85	0,15
48	23,94	0,18
52	25,23	0,2
56	28,21	0,25
60	29,85	0,28

Parauglaukumu koku dastojumam izstrādātas elektroniskā dastmēra modeļu Masser 2000GR un Masser Excalliper datorprogrammas.

Minētās metodes efektīvai pielietošanai ieteicams izmantot Masser 2000GR vai Masser Excalliper elektroniskos dastmērus koku krūšaugstuma caurmēra noteikšanai, kā arī Haglof Vertex un DME koku augstuma un parauglaukuma radiusa noteikšanai.

Metodi ekonomiski atmaksājas izmantot augstas biežības tīraudzēs. Pārējās audzēs laika patēriņš parauglaukumu uzmērīšanai un kopējās platības noteikšanai pārsniedz vienlaidus dastošanas laika patēriņu.

4.3.2. Vidējā caurmēra noteikšana pēc šķērslaukuma un koku skata

Mežaudzes vidējais caurmērs ir mežaudzes vidējā koka caurmērs, kas atbilst audzes kopējā šķērslaukuma dalījumam ar mežaudzes koku skaitu. Vidējais caurmērs jānosaka katrai koku sugai un katram meža elementam atsevišķi. Pastāv cieša sakarība starp audzes šķērslaukumu, mežaudzes vidējo caurmēru un koku skaitu mežaudzē.

Audzis šķērslaukuma mērīšana

Lai noteiktu šķērslaukumu, kāds atbilst vidējai caurmēra pakāpei nepieciešams noteikt kopējo koku skaitu un tam atbilstošo kopējo šķērslaukumu. Mežaudzes vai audzes elementa šķērslaukuma noteikšanai tiek izmantots relaskops (Biterliha lineāls).

Audzis šķērslaukumu nosaka ar izlases metodi. Šķērslaukumu mēra ar speciālu mērinstrumentu aplveida parauglaukumos vairākās audzes vietās vai arī t. s. mērījumu punktos. Katrā mērījumu punktā parauglaukuma lielums ir ar mainīgu rādīšu, kas ir atkarīgs no mērāmā koka caurmēra un attāluma līdz tam. Tāpēc parauglaukumi audzē nav jānorobežo, bet jāatzīmē tikai to centri – šķērslaukuma mērīšanas punkti.

Šķērslaukuma mērījumu punktu skaits audzē ir atkarīgs no audzes šķērslaukuma vai biežības un koku izvietojuma nevienmērīguma. Koku izvietojuma nevienmērīgums ir cieši saistīts ar audzes platību – jo lielāka ir platība, jo lielāka ir varbūtība, ka audze ir nevienmērīgāka. Nepieciešamais šķērslaukuma mērījumu punktu skaits dots 10.tabulā:

Nepieciešamais šķērslaukuma mērījumu punktu skaits

10.tabula

Audzes platība, ha	Audzes biežība		
	0.3 – 0.5	0.6 – 0.8	0.9 – 1.0
	Mērījumu punktu skaits		
> 1	6	4	3
1.0 – 2.5	7	5	4
2.6 – 3.5	8	6	5
3.6 – 4.5	9	7	5
4.6 – 5.5	10	8	6
5.6 – 6.5	11	8	6
6.6 – 7.5	12	9	7
7.6 – 8.5	13	9	7
8.6 – 9.5	13	10	8
9.6 – 11.5	14	10	8
11.6 <	15	11	9

Mērījumu punkti izvietojami audzē vienmērīgi tos iepriekš plānojot uz abrisa. Mērījumu punkti jāizvieto tik tālu no audzes robežas, lai uzskaitītu tikai mērāmās audzes kokus. Ja mērījumu punkts iekrīt audzei neraksturīgā vietā (ceļš, tehnoloģiskais koridors, purviņš), tad to pārvieto ārpus šīs platības. Ja šķērslaukuma mērīšanas iespēju izslēdz nogabala kontūras platums vai platība, tad šķērslaukums jānosaka ar citu metodi - dastošanu.

Sākot šķērslaukuma mērījumus, vispirms jāizvēlas dotajai audzei vispiemērotākais mērinstrumenta vizējamais atvērums – vizēšanas leņķis. Tas ir atkarīgs no audzes biežības un koku vidējā caurmēra. Vislielākā precizitāte sasniedzama tajā gadījumā, kad uzskaita 20 – 25 kokus. Šo iemaņu var iegūt pieredzes rezultātā. Ja, mērot šķērslaukumu, uzskaita mazāk par 20 kokiem, tad mērīšanai jālieto nākošā šaurākā mērinstrumenta sprauga. Šķērslaukuma mērīšanu stāvpunktā sāk no tuvākā raksturīgākā koka. Vizēšanu caur mērinstrumenta atvērumu veic uz visiem apkārtējiem audzes pirmā stāva kokiem 1.3m augstumā no sakņu kakla (šim nosacījumam ir ļoti liela nozīme) izdarot pilnu apgriezību par 360°.

Mērot šķērslaukumu, nedrīkst novirzīties no stāvpunkta un jāpārlicinās vai koki neatrodas viens aiz otra un vai tiek uzskaitīti visi atbilstoša resnuma koki. Ja koki viens otru aizsedz, vai arī vizēšanu traucē pamežs, tad par šo koku uzskaites pareizību jāpārlicinās izmērot koka caurmēru un attālumu līdz koka centram.

Kad šķērslaukums ir izmērīts visos audzes mērījumu punktos, tad aprēķina tā aritmētisko vidējo vērtību un, ja nepieciešams (ja šķērslaukumu mēra uz 0.5ha, 2ha vai 3ha), pārrēķina uz 1ha. Rezultātu noapaļo uz veseliem m². Izteikta reljefa apstākļos (zemes virsmas slīpums ir lielāks par 20°) izmērītā šķērslaukuma vērtība ir jāizdala ar zemes virsmas slīpuma leņķa kosinusu. Leņķu kosinusu vērtības ir šādas:

$$\cos 20^\circ = 0.940$$

$$\cos 25^\circ = 0.906$$

$$\cos 30^\circ = 0.866$$

$$\cos 35^\circ = 0.819$$

$$\cos 40^\circ = 0.766$$

$$\cos 45^\circ = 0.707$$

Koku skaita noteikšana

Koku skaitu nosaka vienlaikus ar šķērslaukuma mērījumiem uzskaitot visus kokus, kas atrodas apļveida parauglaukuma robežās. Koku skaita noteikšana jāveic noteikta parauglaukuma rādiusa robežās. Parauglaukumu rādiusus tiek ieteikts izvēlēties atbilstoši 9.tabulai. Parauglaukuma rādiusa ietvaros jāuzskaita visi koki pa meža elementiem. Lai noteiktu attālumu līdz kokiem ieteicams izmantot lāzera tālmēru.

Audzēs koku skaita noteikšanas punkti cirsma izvietojami vienmērīgi, tos iepriekš plānojot uz abrisa. Ja parauglaukums iekrīt audzei neraksturīgā vietā, (ceļš, tehnoloģiskais koridors, lauce, purvs), tad to ierīko ārpus šīs platības. Minimālais parauglaukumu skaits ir sekojošs:

platība, ha-	1	2	3	4	5	7	10	15
skaits-	4	5	6	7	8	9	10	11

Krājas kopšanas cirtēs parauglaukumu lielums atkarīgs no audzes vidējā caurmēra un tas ir sekojošs:

vid. caurmērs, cm	līdz12	13-18	19-24	25-28
laukuma radiuss, m	5.64	7.98	9.77	11.28
laukuma platība, ha	0.01	0.02	0.03	0.04
pārrēķinot uz 1ha	ˆ 100	ˆ 50	ˆ 33	ˆ 25

Parauglaukumu forma var būt arī taisnstūrveida.

Katrā parauglaukumā saskaita audzes kokus. No iegūtiem datiem aprēķina koku skaitu uz ha (N/ha), kā arī starpību starp parauglaukumu maksimālo un minimālo koku skaitu ($N_{max} - N_{min}$)/ha .Faktiski nepieciešamais parauglaukumu skaits atkarīgs no audzes koku skaita (N) un to izvietojuma vienmērīguma nogabalā. Koku izvietojuma vienmērīgumu raksturo mērījumu datu izkliede $N_{max} - N_{min}$. Izmantojot aprēķinātos datus, ar nosaka faktiski nepieciešamo parauglaukumu skaitu un, ja vajadzīgs, ierīko papildus parauglaukumus.

Audzēs koku skaitu var noteikt arī no šķērslaukuma mērījumiem mainīga radiusa (Biterliha) parauglaukumos. Šķērslaukumu audzē sāk mērīt ja audzes vidējais caurmērs ir 10 cm un vairāk. Nepieciešamo parauglaukumu skaitu šķērslaukuma mērīšanai nosaka līdzīgi kā pie koku skaita noteikšanas. Koku skaitu audzē nosaka dalot izmērīto audzes šķērslaukumu (G) ar audzes vidējā koka šķērslaukumu (g). Audzes vidējo caurmēru nosaka sekojoši: katrā šķērslaukuma mērīšanas punktā izmēra trīs tuvāko koku caurmērus 1.3m augstumā ar 1cm precizitāti un aprēķina aritmētisko vidējo vērtību. Koka caurmēru var arī noteikt izmērot tā apkārtmēru un izdalot ar 3. Sakarība starp audzes vidējā koka caurmēru un šķērslaukumu ir sekojoša:

d,cm	g,m ²	d,cm	g,m ²	d,cm	g,m ²
10	0.00785	16	0.0201	22	0.0380
11	0.00950	17	0.0227	23	0.0416
12	0.0113	18	0.0254	24	0.0452
13	0.0133	19	0.0284	25	0.0491
14	0.0154	20	0.0314	26	0.0531
15	0.0177	21	0.0346	27	0.0573

Vidējā caurmēra noteikšana:

Koku skaitu uz 1 ha aprēķina pēc formulas 12:

$$N = n * \frac{10000}{s} \quad (12)$$

Kur:

N - koku skaits uz 1 ha, gab.;

n – koku skaits parauglaukumā, gab;

s – parauglaukuma platība, m²;

Mežaudzes vidējam caurmēram atbilstošo vidējo šķērslaukumu nosaka pēc sekojošas formulas (13):

$$\bar{g} = \frac{\sum g}{N} \quad (13)$$

Kur:

\bar{g} - Mežaudzes (meža elementa) vidējais šķērslaukums, m^2 ;

$\sum g$ - Mežaudzes (meža elementa) kopējais šķērslaukums, m^2 ;

Mežaudzes šķērslaukuma un vidējā caurmēra sakarību var noteikt izmantojot sekojošu formulu (14):

$$\bar{d} = \sqrt{\frac{4\bar{g}}{p}} = 2\sqrt{\frac{\bar{g}}{p}} \quad (14)$$

5. Iegūtie rezultāti, metožu salīdzinājums

5.1. Prof. I.Liepas formula audžu koku sortimentu iznākuma noteikšanai;

Prof. I.Liepas metode tika izstrādāta ar mērķi noteikt meža tirgus vērtību izmantojot meža taksācijas datus. Meža tirgus vērtības noteikšanai nepieciešams aprēķināt dažāda diametra sortimentu procentuālo iznākumu I atkarībā no meža elementa vidējā diametra. Šim nolūkam tiek ieteikta formula (15), kas ir kopēja visām koku sugām un visām koksnes resnuma kategorijām. Formula izstrādāta, izmantojot Lietuvas mežkopju A. Kuliešisa, I. Kenstavičusa un L. Arlauskasa *Koku skaita sadalījums caurmēra pakāpēs* un A. Kuliešisa, I. Kenstavičusa *Lietkoksnes un malkas iznākuma tabulas*. Atšķirībā no pēdējām resnā lietkoksne R (tievgaļa caurmērs $d_t \geq 25,0$ cm) sadalīta divās grupās: R1 ($d_t = 25,0 \dots 31,9$ cm) un R2 ($d_t \geq 32,0$ cm), tādējādi panākot precīzāku koksnes vērtējumu.

$$I = a + bD + cD^2 + dD^3 + eD^4 + fD^5, \quad (15)$$

kur

D - audzes vidējais caurmērs, cm;

a, b, c, d, e, f - koeficienti (3. tab.).

Tika salīdzināti prognozētie sortimenti brīvi izvēlētās audzēs piecām Latvijā vairāk pārstāvētajām koku sugām. Rezultāti tika salīdzināti ar cirsmu fonda vērtējumiem izmantojot datorprogrammu "Mežvērte". Neatkarīgi no koku sugas, korelācijas koeficients svārstījās robežās 0,50-0,72 vidēji 0,57. Salīdzinoši zemā korelācija izskaidrojama ar sekojošiem faktoriem:

1. Sortimentu iznākuma prognozes mainās ne vien atkarībā no mežaudzes vidējā caurmēra, bet arī no mežaudzes vidējā augstuma. Atkarībā no koka augstuma,

- koka stumbra noteikta nogriežņa relatīvais tilpums variē pret koka kopējā stumbra relatīvo tilpumu $\pm 5\%$ (D.Dubrovskis);
2. Koksnes kvalitāte dažādās mežaudzēs ir atšķirīga. Prof. I.Liepas formulā tiek izmantota mežaudžu vidējā kvalitāte, kas var būtiski atšķirties no atsevišķu audžu kvalitātes.
 3. Prof.I.Liepas formulas uzdevums ir prognozēt sortimentu iznākumu audžu kopumam, tā nav piemērota atsevišķas mežaudzes sortimentu struktūras precīzām prognozēm.

5.2. Prof. N.Anučina formula audžu sortimentu iznākuma noteikšana pēc preču tabulām;

Mežaudžu kvalitātes vērtēšana norit vienlaicīgi ar vidējā koka caurmēra un vidējā koka augstuma noteikšanu, procentuāli nosakot koku īpatsvaru (pēc skaita) starp kvalitātes klasēm lietkoks– malka. Mežaudzes vērtēšana norit izvērtējot malkas koku īpatsvaru procentos. Tiek izdalītas 3 kvalitātes klases:

1. Malkas koku īpatsvars nepārsniedz 10 %;
2. Malkas koku īpatsvars no 11% līdz 24%;
3. Malkas koku īpatsvars lielāks par 25%.

Atbilstoši īpašās kvalitātes koksnes krājas īpatsvaram mežaudzē tiek koriģēts vidējo un resno dimensiju sortimentu iznākums. Minētā metode izstrādāta 20.gs. 60-70.gados. Metodes priekšrocība tā, ka izstrādātas vienkāršas preču tabulas. Diemžēl nav precīzas informācijas par apaļkoku sortimentu dimensijām, kuras tika izmantotas par bāzi tabulām. Izmantojot šo metodi, iespējams prognozēt sortimentu iznākumu pa resnuma grupām. Sortimentu iznākuma prognozes pa sortimentu veidiem nav precīzas, jo nav iespējams variēt ar sortimentu dimensijām un kvalitāti.

Tika salīdzināti prognozētie sortimenti brīvi izvēlētās audzēs piecām Latvijā vairāk pārstāvētajām koku sugām. Rezultāti tika salīdzināti ar cirsma fonda vērtējumiem izmantojot datorprogrammu “Mežvērte”. Neatkarīgi no koku sugas, korelācijas koeficients svārstījās robežās 0,60-0,83 vidēji 0,70. Datu precizitātes samazināšanos ietekmē sekojoši faktori:

1. Sortimentu iznākuma prognozes mainās ne vien atkarībā no mežaudzes vidējā caurmēra, bet arī no mežaudzes vidējā augstuma. Atkarībā no koka augstuma, koka stumbra noteikta nogriežņa relatīvais tilpums variē pret koka kopējā stumbra relatīvo tilpumu $\pm 5\%$ (D.Dubrovskis);
2. Koksnes kvalitāte dažādās mežaudzēs ir atšķirīga. Dastojot mežaudzes tiek izmantoti atšķirīgi koksnes kvalitātes vērtēšanas kritēriji;
3. Metodi iespējams izmantot mežaudžu sortimentu struktūras prognozēm, tomēr iespējamās kļūdu robežas ir ievērojamas ($\pm 40\%$)

5.3. Prof. R.Ozoliņa virtuālas dastlapas un augstumlīknes algoritmu sortimentu struktūras noteikšanai salīdzināšana.

Tika salīdzināti prognozētie sortimenti brīvi izvēlētās audzēs piecām Latvijā vairāk pārstāvētajām koku sugām. Rezultāti tika salīdzināti ar cirsmu fonda vērtējumiem izmantojot datorprogrammu "Mežvērte". Neatkarīgi no koku sugas, korelācijas koeficients tīraudzēs svārstījās robežās 0,88-0,99 vidēji 0,96. Tas izskaidrojams ar koku skaita pa caurmēra pakāpēm sadalījumu tuvu normālajam, kā arī salīdzinoši nelielo bojāto koku skaitu. Pieaugot bojāto koku īpatsvaram, korelācija samazinājās līdz 0,70. Arī atsevišķās mistrotās audzēs korelācija bija ļoti augsta. Datu apstrādes rezultātā tika secināts, ka koku skaits un stāvs mežaudzē neatstāj būtisku ietekmi uz rezultātu precizitāti. Liela ietekme ir koksnes kvalitātei. Jo dažādākas kvalitātes koki mežaudzē, jo korelācija strauji samazinās, līdz 0,4-0,7. Mistrotās audzēs ar 4 un vairāk sugām ir salīdzinoši grūti iegūt augstas precizitātes rezultātus, korelācija 0,4-0,8.

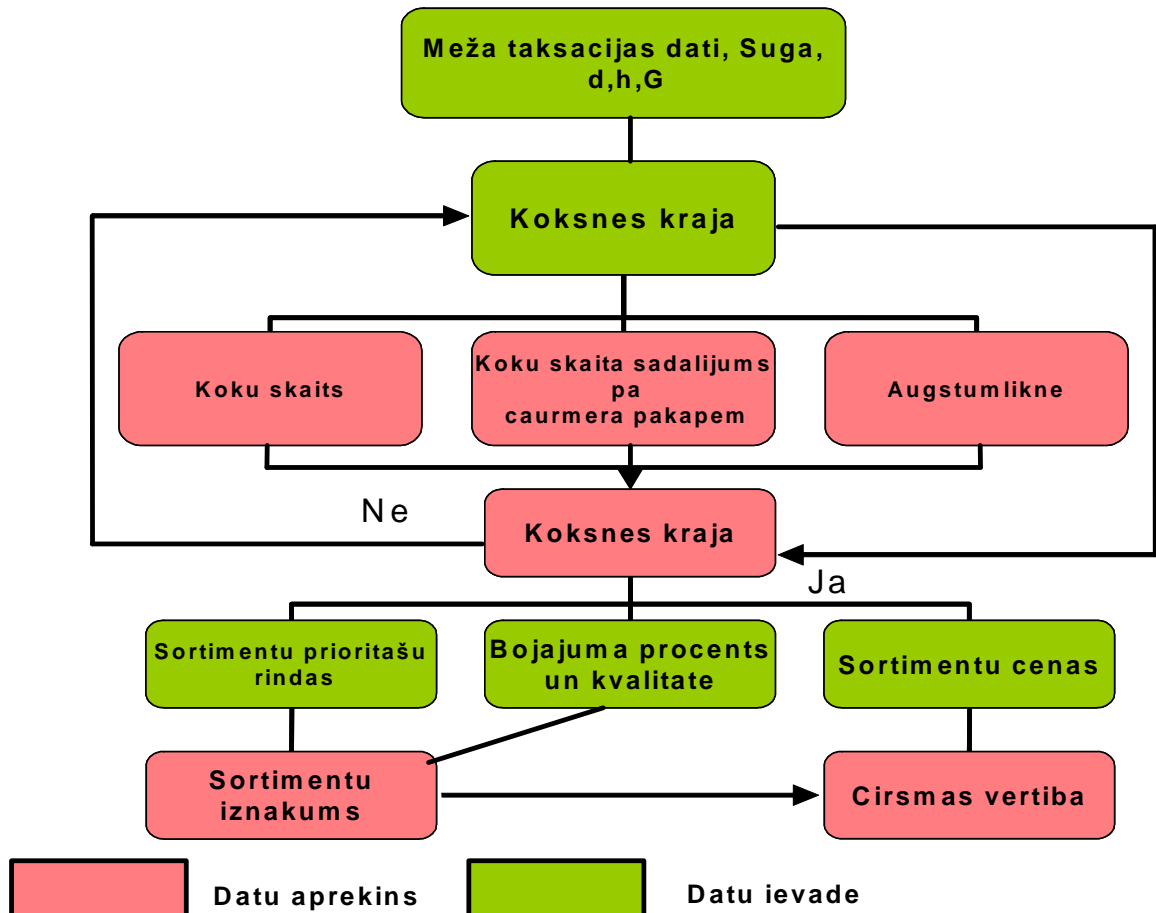
Secinājumi:

1. Ar augstu datu ticamību metodi iespējams izmantot tīraudzēs, kā arī mistraudzēs ar ne vairāk kā 4 sugu klātbūtni;
2. Metode izmantojama meža taksācijā, ja tiek noteikta arī mežaudzes kvalitāte.
3. Īpaša vērība jāpievērš mežaudzes kvalitātes noteikšanai. Neprecīzi noteikta kvalitāte var ievērojami palielināt kļūdas ietekmi sortimentu prognozēs.

6.Datorprogrammas prototips

6.1.Datu apstrādes modelis

Datu apstrādei par izejas informāciju kalpo meža inventarizācijas dati (valsts meža reģistrs). Veicot datu apstrādi iespējams prognozēt sortimentu iznākumu, un noteikt mežaudzes vērtību.



4.attēls. Datu apstrādes modelis

Datu apstrādei tiek izmantota 2 līmeņa datu ievades informācija:

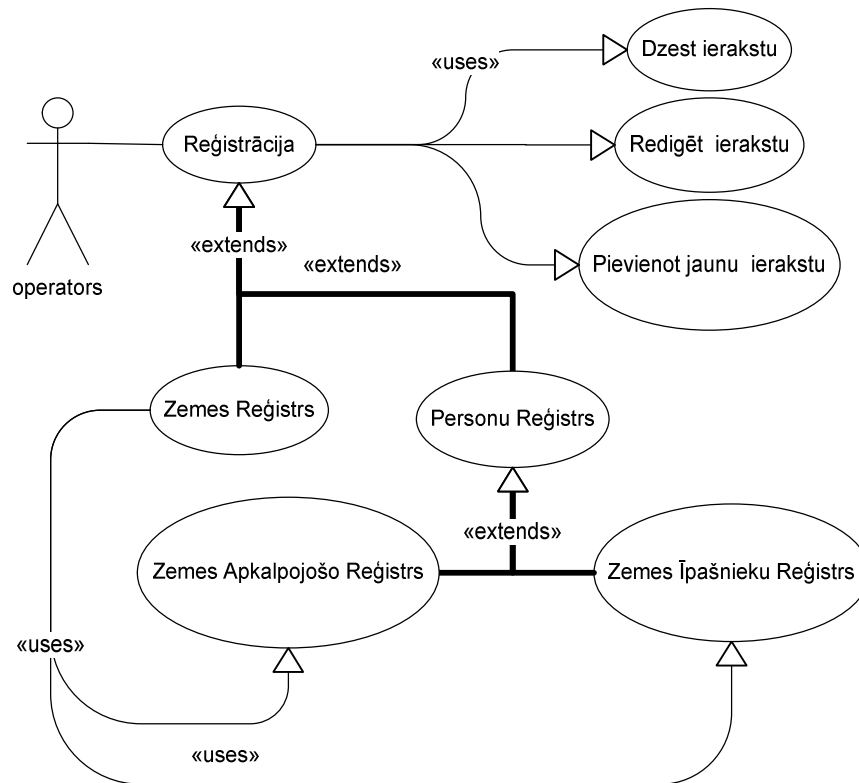
1.līmenī tiek analizēti taksācijas dati (Suga, d,h,G,V). Uz iegūtās informācijas bāzes, izmantojot perturbācijas vienādojumus, iterācijas gaitā tiek aprēķināta mežaudzes koksnes krāja sadalījumā pa koku krūšaugstuma caurmēra pakāpēm un tai atbilstošai augstumliknei. Iterācijas rezultātā tiek akceptēta mežaudzes krāja, kuras vērtība aprēķinu gaitā ir vistuvākā meža inventarizācijas datos noteiktajai krājai.

2.līmenī tiek ievadītas apaļkoku sortimentu prioritāšu rindas(pēc tievgaļa caurmēra un garuma), mežaudzes inventarizācijā noteiktā bojājuma procenta un kvalitātes vērtības, kā arī apaļkoku sortimentu cenas.

Sortimentu iznākuma prognozes tiek noteiktas pēc virtuālās dastlapas un augstumlīknes datiem , izmantojot prof. R.Ozoliņa stumbra tilpuma formulas.

6.2.Meža reģistra precedentu modelis

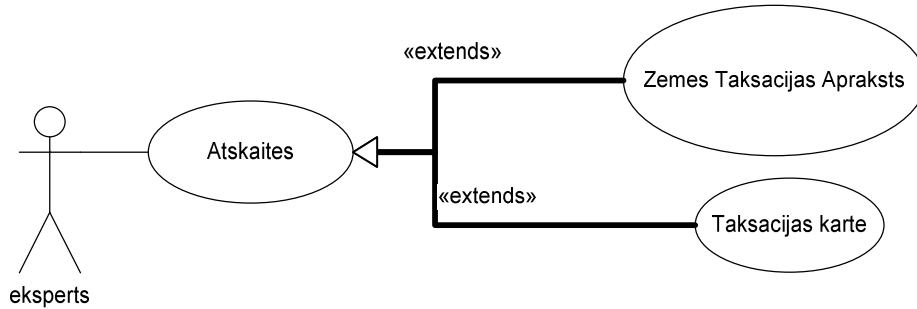
Izstrādātais datu apstrādes programmas prototips izmanto datu bāzes „Meža valsts reģistrs”. Lai programmu būtu iespējams izmantot meža apsaimniekošanas plānošanā, programmā iestrādāti meža īpašumu raksturojošie rādītāji (īpašuma piederība, atrašanās vieta) skatīt 5.attēlu.



5.attēls: Datu reģistrs

Programmas izmantošanas un datu apstrādes iespējas parādītas 6.attēlā:

Atskaišu sistēmas precedenti

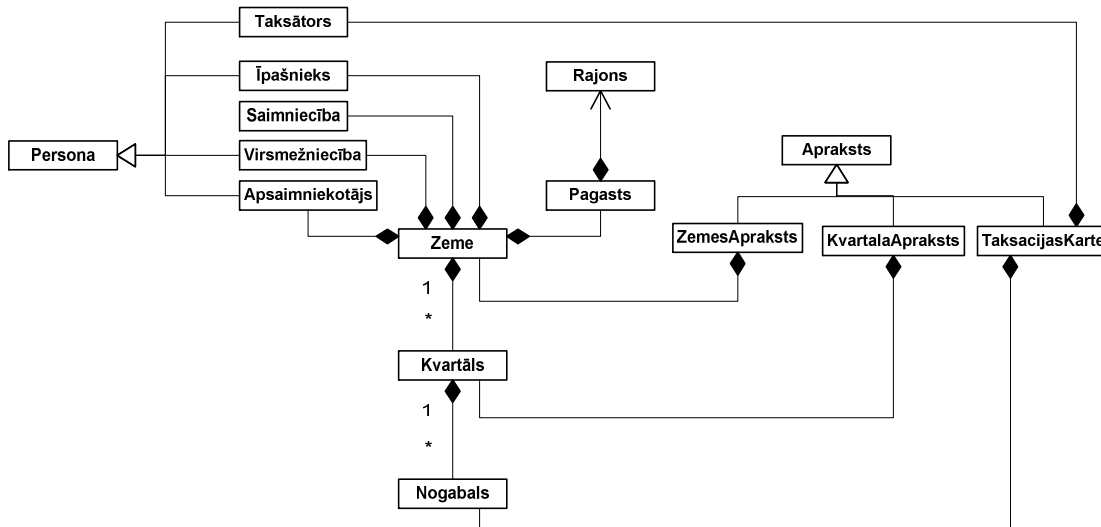


Lēmuma atbalsta sistēmas precedenti



Meža reģistra statistiskais modelis

Klašu diagramma



6.attēls: Datu apstrādes shēma

6.3. Programmnodrošinājums

Datu bāzes pārvaldības sistēma izveidota balstoties uz sekojošām sistēmām:

~ SQL tipa datu bāzes programmēšanas valoda;

- ~ ODBC datu bāzes sakaru saskarne;
- ~ NT serveris vai UNIX serveris.

Kā datu bāzes vadības sistēmu būtu ieteicams izvēlēties MSSQL.

Drošības prasības

Reģistri satur privātu informāciju, un tāpēc ir jāveic attiecīgi drošības pasākumi. Viens no galvenajiem uzdevumiem ir aizsargāt datus no nepilnvarotiem lietotājiem. Pastāv trīs riska veidi:

- ~ Centralizēto reģistru “slēpta” izmantošana vai nepareiza konfigurācija, kas ļauj nepilnvarotiem lietotājiem zagt konfidenciālus dokumentus, izdarīt izmaiņas esošajos dokumentos vai panākt, ka centralizētais reģistrs uz laiku kļūst nepieejams.
- ~ Datu pārtveršana Tīkla ceļā no klienta uz serveri vai otrādi, vai slepena nolasīšana no tīkla.
- ~ Kļūdas, kuras netīši vai tīši pieļauj darbinieki.

Pirmo riska tipu var samazināt, sekojot noteikumiem par droša Interneta servera instalēšanu. Galvenā ideja ir sistēmu veidot pēc iespējas vienkāršāku. Serveru aizsardzībai tiks izmantotas aizsardzības programmas. Izmantojot tiešsaistes savienojumu, nepilnvarotu reģistra izmantošanu var samazināt, izmantojot kodēšanu.

Procesā ieteicams iesaistīt divas personas, viena reģistrētu datus, bet otra - apstiprinātu, taču abām pusēm ir jāapstiprina datu pareizība. Tādējādi būtu iespējams samazināt kļūdu risku. Darbinieku skaitu, kuriem ir pieeja datu bāzei ieraksta režīmā, ieteicams saglabāt pēc iespējas mazāku.

Meža Informācijas sistēmai izmantotā programmatūra

Meža reģistra sistēmas izveidē izmantoti šādi izstrādes līdzekļi:

- ~ Microsoft Visio 2002
- ~ Microsoft SQL Server;
- ~ C#;
- ~ C++;

Meža reģistra sistēma

Centrālā reģistra sistēma sastāv no apmēram astoņiem programmu moduļiem, kas ļauj lokālā tīklā veikt visas reģistra nepieciešamās funkcijas. Šī sistēma aizpilda datu bāze ar primāriem datiem.

Buttons: Refresh, Home, Add, Subtract, Multiply, Divide, Print, Status: Visi

Statuss	V.Uzvārds (nosaukums)	Adrese	Kods	Sakai
Mežniecība	JĒKABPILS VVM Mežgales VM		0201	
Mežniecība	JĒKABPILS VVM Tādaines VM		0202	
Mežniecība	JELGAVAS VVM Livbērzes VM	Livbērzes pag.Kuzma-Brakši.LV3014	0203	3072386
Mežniecība	JELGAVAS VVM Klives VM	Valgundes pag.Klives.LV3017	0204	3071237
Mežniecība	JELGAVAS VVM Garozas VM	Sidrabenas pag.Mežsētas.LV3044	0205	3055737
Mežniecība	JELGAVAS VVM Svirlaukas VM	Jelgava,Bauskas-19.LV3001	0206	3058235
Mežniecība	JELGAVAS VVM Vilces VM		0207	
Mežniecība	RĪGAS VVM Dalbes VM	Olaines pag.Mežiņi-2.LV2127	0208	7701974
Mežniecība	TUKUMA VVM Valguma VM	Smārdes pag.Saulstari.LV3129	0209	3181245
Mežniecība	JŪRMALAS VVM Ķemeru VM		0210	
Mežniecība	RĪGAS VVM Babītes VM	Babītes pag.Cielavas-1.LV2102	0211	2913725
Mežniecība	JŪRMALAS VVM Tīreju VM		0212	

Reģions	Pašvaldība	Apsaimniekotājs	Virsmežniecība	Zem	Statuss	Ierīcib	Lietošanas mērķis	Platība	Saimnieks
Alūksnes	Alsīķu pagasta padome	Latvijas Meži A/S	ALŪKSNES VVM Zeltiņu V	364	True	2002.05	Mežsaimniecība	27.600	Jaki
Alūksnes	Izēnes pagasta padome	Latvijas Meži A/S	ALŪKSNES VVM Trapene	365	True	2002.05	Mežsaimniecība	12.100	Jāpulejas
Alūksnes	Jaunāluksnes pagasta padome	Latvijas Meži A/S	ALŪKSNES VVM Bejas V	365	True	2002.05	Mežsaimniecība	10.600	Skujas
Alūksnes	Jaunannas pagasta padome	Latvijas Meži A/S	ALŪKSNES VVM Annas V	365	True	2003.01	Mežsaimniecība	2.400	Sebežnieks
Alūksnes	Jaunannas pagasta padome	Latvijas Meži A/S	ALŪKSNES VVM Annas V	365	True	2003.01	Mežsaimniecība	15.400	Sebežnieks
Alūksnes	Malienas pagasta padome	Latvijas Meži A/S	ALŪKSNES VVM Mālpupes	367	True	2002.05	Mežsaimniecība	5.900	Sebežnieks
Alūksnes	Mēlānu pagasta padome	Latvijas Meži A/S	ALŪKSNES VVM Kalkbe	367	True	2002.05	Mežsaimniecība	10.000	Alūksnes

7.attēls: Zemes gabala identifikācija:

Forma ar laukiem: KV, INDG, PLAT, ZKAT, AAT, MAR, MM, MAKAT, FZ, IAMI, PIEZĪMES, IP.

K	S	A	H	D	IN	KVAL	B	S
70	B	22	0	0	0	D	50	
70	B	22	0	0	0	D	20	

Meža apsaimniekošanas plāns

Datums	Nr.	Statuss	V.Uzvārds (nosauks)	Kods	Adrese	Sakai
2003.10.31.	002	Taksators	Kārlis Mažs	599	Gubane: MKDC	999
2003.10.31.	001	Taksators	Dz. Dzirābāns	599	Meža/Polnieku kc	999

Zemes Nr.	Platība (ha)	Ipašnieks	Apsaimniekotājs	Virsmežniecība	Taksators	Datums	Saimniecība
6880030121	5.8	Pala AB 51A	Latvijas Meži A/S	LUDZAS VVM Bēzū VM	P. Košins	2002.05.17.	Bāleļi
3580030099	28.4	Pala AB 51A	Latvijas Meži A/S	ALŪKSNES VVM Bejas VM	Dz. Dzirābāns	2003.05.27.	Bāleļi

Meža audzes vērtības 1

Meža audzes vērtība

SUGA	KVAL	Datums	t0	t1	t2	T	C	D0	D1	D2	v	r	A	
Egle	Vidējā kvalitāte C klase	>=41%	2003.01.01.	21.00	32.00	33.00	34.00	35.00	35.00	37.00	38.00	39.00	40.00	444.00
Egle	Vidējā kvalitāte C klase	>=41%	2000.01.01.	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	111.00
Egle	Vidējā kvalitāte C klase	>=41%	2001.01.01.	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	222.00
Egle	Augstākā kvalitāte A klase 20<=5 %	>=41%	2001.03.25	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
Egle	Vidējā kvalitāte C klase	>=41%	2002.01.01.	21.00	22.00	23.00	24.00	25.00	25.00	27.00	28.00	29.00	30.00	333.00
Bērzs	Lietotņu kvalitāte B klase	>=81%	2003.03.01.	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
Melnalkanis	Lietotņu kvalitāte B klase	50<=76%	2003.03.01.	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
Baltalkanis	Augstākā kvalitāte A klase 20<=5 %	>=41%	2003.03.01.	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
Sīkspārds	Lietotņu kvalitāte B klase	50<=76%	2002.01.01.	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	111.00
Sīkspārds	Lietotņu kvalitāte B klase	50<=76%	2000.01.01.	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	222.00
Sīkspārds	Lietotņu kvalitāte B klase	50<=76%	2001.01.01.	21.00	22.00	23.00	24.00	25.00	26.00	27.00	28.00	29.00	30.00	333.00

8.attēls: Taksācijas apraksts un meža vērtības noteikšana

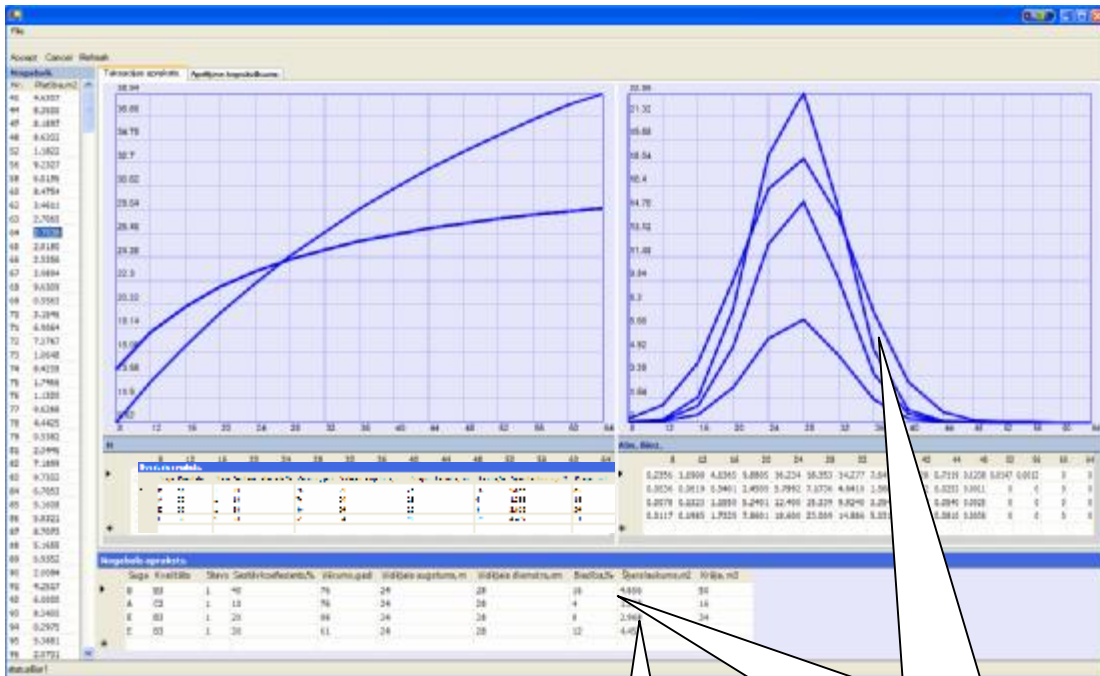
Meža reģistra apakšsistēmas

Meža datu bāze

Meža reģistra pati galvenā apakšsistēma ir datu bāze, kas satur informāciju par reģistrētajiem zemēm, personām un vērtējumu rādītājiem.

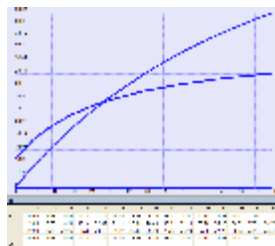
Lēmuma atbalsta apakšsistēma

9.attēlā attēlots rīks, ar kuru palīdzību var analizēt datus un pieņemt lēmumu. 9.attēlā tiek attēlota tabulu hierarhijas forma. Formas kreisajā pusē atrodas kvartāla un nogabala identifikācijas tabula. Izmantojot šo tabulu var izvēlēties konkrētu nogabalu un apskatīt nogabala aprakstu, kas atrodas tabulā formas lejā. Tie ir galvenās sistēmas tabulas ar zemes nogabalu informāciju un tās aprakstu. Vel divas tabulas ļauj apskatīt datus, kurus aprēķina sistēma. Tā ir tabula ar koku sadalījumu pa caurmēra pakāpēm un tabula, kurā parādīta izlīdzinātā augstumlīkne, kā arī tabula ar koku sortimentu struktūru.



Augstumi

10	4.2327
11	4.2327
12	4.2327
13	4.2327
14	4.2327
15	4.2327
16	4.2327
17	4.2327
18	4.2327
19	4.2327
20	4.2327
21	4.2327
22	4.2327
23	4.2327
24	4.2327
25	4.2327
26	4.2327
27	4.2327
28	4.2327
29	4.2327
30	4.2327
31	4.2327
32	4.2327
33	4.2327
34	4.2327
35	4.2327
36	4.2327
37	4.2327
38	4.2327
39	4.2327
40	4.2327
41	4.2327
42	4.2327
43	4.2327
44	4.2327
45	4.2327
46	4.2327
47	4.2327
48	4.2327
49	4.2327
50	4.2327
51	4.2327
52	4.2327
53	4.2327
54	4.2327
55	4.2327
56	4.2327
57	4.2327
58	4.2327
59	4.2327
60	4.2327
61	4.2327
62	4.2327
63	4.2327
64	4.2327
65	4.2327
66	4.2327
67	4.2327
68	4.2327
69	4.2327
70	4.2327
71	4.2327
72	4.2327
73	4.2327
74	4.2327
75	4.2327
76	4.2327
77	4.2327
78	4.2327
79	4.2327
80	4.2327
81	4.2327
82	4.2327
83	4.2327
84	4.2327
85	4.2327
86	4.2327
87	4.2327
88	4.2327
89	4.2327
90	4.2327
91	4.2327
92	4.2327
93	4.2327
94	4.2327
95	4.2327
96	4.2327
97	4.2327
98	4.2327
99	4.2327
100	4.2327

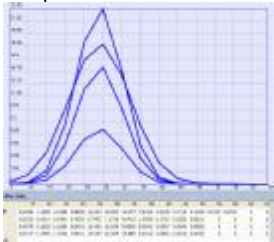


Nogabalu tabula

Augstumlīkne

Taksācijas apraksts

Koku sadalījums pa caurmēra pakāpēm izvēlētajā nogabalā



koku sortamentu struktūra izvēlētajā nogabalā

9.tabula: Tabulu hierarhijas forma

7. SECINĀJUMI

1. Virtuālā dastlapa ir koku skaita sadalījums pa caurmēra pakāpēm, kas iegūts aplinkus ceļā bez dastošanas. Veiktie aprēķini pierāda, ka minēto sadalījumu ar prakses vajadzībām pilnīgi pietiekošu precizitāti raksturo modificēts normālais sadalījums, kas nosaukts par kvazinormālo. Tā parametri ir standartnovirze un modālais diametrs. Parametrus nosaka ar perturbācijas metodi.
2. Virtuālā augstumlīkne ir nezināmās augstumlīknes matemātiskais modelis. Tā veidošanai ieteikta jau ilgi meža taksācijas praksē lietotā vienādsānu hiperbola, kas labi raksturo reāli eksistējošas sakarības starp koku augstumiem un resnumiem, pieļauj arī ekstrapolāciju. Virtuālā augstumlīkne šeit sastādīta bez koku augstuma mērījumu izlīdzināšanas netieši izmantojot esošos mežierīcības materiālus.
3. Rekomendētās perturbācijas metodes būtība ir saistīta ar dažu parametru mainīšanu un vairākkārtīgu doto taksācijas rādītāju aprēķināšanu; ja aprēķinātie rādītāji tuvojas zināmajiem, tad process konverģē. Iepriekšējā atskaitē izanalizētie piemēri liecina, ka jau pēc trešās perturbācijas tabulas sastādīšanas atšķirības starp reālajām un virtuālajām līknēm nepārsniedz bioloģiskajiem objektiem raksturīgās fluktuācijas
4. Perturbācijas process iesākas ar izejas informācijas izvēli. Zināma loma te ir aritmētiskajam vidējam caurmēram, modālajam caurmēram un standartnovirzes pirmajam tuvinājumam. Šie lielumi taksācijas materiālos nav doti; tos izrēķina ar empīriskām formulām. Pirmajā algoritma variantā šo empīrisko formulu parametri bija noteikti, izmantojot tikai datus par priedi un izvirzot hipotēzi, ka parametru skaitliskās vērtības nav atkarīgas no koku sugas. Veicot daudz apjomīgākus pētījumus, šī hipotēze par neatkarību no sugas apstiprinājās. Galīgajā algoritma variantā ieteicams nomainīt konstantu pagaidu vērtības ar precizētām. Parametru jaunā redakcija dota papildus atskaites pielikumā.
5. Ar augstu datu ticamību metodi iespējams izmantot tīraudzēs, kā arī mistraudzēs ar ne vairāk kā 4 sugu klātbūtni. Augstas precizitātes noteikšanai nepieciešams precīzi uzmērīt nogabala platību. Metodi iespējams pilnveidot attīstot attālās pozicionēšanās sistēmu izmantošanu meža taksācijā.
6. Īpaša vērtība jāpievērš mežaudzes kvalitātes noteikšanai. Neprecīzi noteikta kvalitāte var ievērojami palielināt kļūdas ietekmi sortimentu prognozēs.
7. Metode paver plašas iespējas pilnveidot meža apsaimniekošanas plānošanu, pilnveidojot gan stratēģisko plānošanu (Ikgadējā koksnes resursu izmantošanas tāmē izteikta vērtības izteiksmē), gan operatīvai plānošanai (mežaudžu koksnes resursu vērtības svārstības tirgū).

8. Izmantotās literatūras saraksts

1. Normatīvo dokumentu krājums meža kopšanai un ciršanai.// VMD 1997. 70LPP.
2. Taksācijas darbu vietējie noteikumi Latvijas PSR Mežu nepārtrauktajā ierīcībā.// V/A Ļesprojekts Latvijas mežierīcības uzņēmums Rīga –1987, 228lpp.
3. Anuchin N.P. Lesna // Izdatelstvo selkoho zjaistvennoi literaturi, zjurnalov I plakatov. Moskva –1962.,-567lpp
4. Saliņš Z. Latvijas meža nozares darba analīze 1994.-1998.g.// LLU Meža izmantošanas katedra.- 1998.
5. Pearce P.H. Introduction to Forestry Economics.// University of British Columbia Press Vancouver.- 1990.
6. Cenrādis koku izsniegšanai Latvijas Republikā.//LRMK noteikumi Nr.197.- 27.09.1994.
7. Lietkoku novērtējums pa meža augšanas apstākļu tipiem.//MK noteikumi Nr209.- 08.06.1999.
8. Vas "Latvijas Valsts meži ziņojums par 2000.gada 1.ceturksni" Meža dzīve.-04.- 2000.
9. Valsts statistikas pārvaldes ziņojums.// www.vsp.lv.
10. MK noteikumi par grozījumiem Koku izsniegšanas kārtībā.// Nr.7 .-07.01.1997.
11. Par kārtību taksēs šķiras koeficientu izmaiņai.//LRVMD rīkojums Nr 130. 28.09.98
12. LRMK noteikumi Nr.197.-27.09.1994.
13. Ozoliņš R. Mežaudžu sortimentu struktūras analīze pēc tās acumēra rādītājiem, metodika un algoritmi.1999.
14. Latvijas PSR Mežsaimniecības un mežrūpniecības ministrijas nozares automatizētās vadības sistēmas apakšsistēmas "Meža resursu inventarizācija, kontrole un plānošana" normatīvi. -1984.

9.Pielikumi

1.Pielikums:

2.Pielikums:

Dastlapu kopsavilkums

2. lpp.

Konstantes

1) Sestās kārtas polinoma koeficienti un integrālis I₆

Suga	a ₀	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	a ₆	I ₆
P	118,981	-277,578	1140,525	-3037,487	4419,682	-3361,780	997,657	5298,7
E	113,939	-203,061	827,209	-2161,251	2732,076	-1699,667	390,755	5295,5
B	120,567	-312,074	1388,288	-3725,819	5197,005	-3788,858	1120,891	5021,2
M	120,224	-310,985	1450,125	-4238,703	6644,011	-5408,312	1743,640	5128,0
A	110,428	-143,288	530,481	-1643,304	2606,605	-2212,940	752,018	5117,9
Ba	118,560	-263,482	988,135	-2376,874	3045,214	-2137,684	626,131	5026,1
Os	117,999	-282,941	1411,064	-4542,395	7964,660	-7175,007	2506,620	5339,4
O	120,958	-354,769	2022,206	-6736,346	11231,25	-9254,632	2971,333	4862,3

Dotās sugas konstantes tiek izvēlētas automātiski vadoties pēc sugas šifra, kas ievadāms šūnā A5 katram meža elementam atsevišķi.

P	118,981	-277,578	1140,525	-3037,487	4419,68	-3361,780	997,657	5298,7
---	---------	----------	----------	-----------	---------	-----------	---------	--------

2) Tradicionālā (vidējā kvadrātiskā), modālā un aritmētiskā vidējā diametra sakarības

$Daritm = SLOPE1 * Dkvadr + INTERCEPT1$ $SLOPE1 = 0,98363$ $INTERCEPT1 = -0,319708$

$Dmod = SLOPE2 * Dkvadr + INTERCEPT2$ $SLOPE2 = 1,01839$ $INTERCEPT2 = -1,202258$

Tradicionālā (vidējā kvadrātiskā) diametra un standartnovirzes sakarības

$S = SLOPE3 * Dkvadr + INTERCEPT3$ $SLOPE3 = 0,33946$ $INTERCEPT3 = -3,067419$

Aprēķini

iesākas ar pirmās perturbācijas tabulas sastādīšanu. Variablais $Dvar = 2 * Daritm = 2 * G5$.

H1	0,75*S	K1%	H1	S	K4%	H1	1,25*S	K7%
H2	0,75*S	K2%	H2	S	K5%	H2	1,25*S	K8%
H3	0,75*S	K3%	H3	S	K6%	H3	1,25*S	K9%

Pirmajā perturbācijas tabulā variējamus augstumus H1, H2, H3 un standartnovirzes S sākotnējo vērtību aprēķina ar formulām: $H1 = C5 + (40 - C5) * 0,75$; $H2 = C5 + (40 - C5) * 0,5$; $H3 = C5 + (40 - C5) * 0,25$; $S = O20 * B5 + R20$. Krājas procentuālo kļūdu K5% atsūta no 1/5 tabulas (AA89). Otrajā perturbācijas tabulā par "centrālo trijnieku" izvēlas no 1.tab., vadoties no mazākās Ki% starp 9 izrēķinātajām.

Pirmā perturbācijas tabula

36,8	7,6	0,09	36,8	10,2	3,96	36,8	12,7	6,90
33,5	7,6	-0,88	33,5	10,2	2,44	33,5	12,7	4,90
30,3	7,6	-1,90	30,3	10,2	0,87	30,3	12,7	2,85
36,8	7,6	0,09	30,3	10,2	0,87	30,3	12,7	2,85

Otrā perturbācijas tabula

38,4	5,7	-2,25	38,4	7,6	0,55	38,4	9,5	3,70
36,8	5,7	-2,54	36,8	7,6	0,09	36,8	9,5	3,03
35,1	5,7	-2,84	35,1	7,6	-0,39	35,1	9,5	2,35
38,4	5,7	-2,25	36,8	7,6	0,09	35,1	9,5	2,35

Trešā perturbācijas tabula

37,6	6,7	-1,12	37,6	7,6	0,32	37,6	8,6	1,85
36,8	6,7	-1,30	36,8	7,6	0,09	36,8	8,6	1,57
35,9	6,7	-1,50	35,9	7,6	-0,15	35,9	8,6	1,28
37,6	6,7	-1,12	36,8	7,6	0,09	35,9	8,6	1,28

Dastlapu kopsavilkuma failā savākta informācija no failiem DastlapaP04,
DastlapaE04,
DastlapaB04 un DastlapaA04 par četrām koku sugām:priedi, egli, bērzu un apsi.

**1. Vidējie kvadrātiskie, vidējie aritmētiskie un modālie diametri;
standartnovirzes - faktiskā (Sreālā), ar formulu prognozētā Sinter=(Dmod-8)/3 un
faktiskā izlīdzinātā Sizlīdz.**

Koku suga	Faktiskie vidējie diametri, cm			Izrēķin. vid.diametri		Standartnovirzes, cm		
	kvadrāt.	aritmēt.	modālie	aritmēt.	modālie	Sreālā	Sinter	Sizlīdz
P	39.1	38.1	40.5	38.3	39.2	8.4	10.8	8.4
P	25.4	24.9	24.2	24.4	22.5	5.4	5.4	7.4
P	28.8	28.0	26.5	27.8	26.7	7.4	6.2	7.7
P	41.0	39.7	39.7	40.2	41.6	8.1	10.6	8.5
P	31.1	29.6	30.9	30.2	29.5	8.9	7.6	7.8
P	35.1	33.9	32.7	34.2	34.4	9.2	8.2	8.1
P	32.7	32.1	32.9	31.8	31.4	7.2	8.3	7.9
P	25.4	24.9	24.2	24.4	22.5	5.4	5.4	7.4
P	41.7	41.3	41.7	40.9	42.4	7.1	11.2	8.5
P	23.2	22.5	24.1	22.1	19.8	6.4	5.4	7.3
E	20.9	19.9	18.1	19.8	17.0	6.7	3.4	7.1
E	19.5	17.7	12.4	18.4	15.3	8.4	1.5	7.0
E	15.4	14.4	12.1	14.2	10.3	5.9	1.4	6.7
E	28.2	27.6	26.2	27.2	25.9	6.0	6.1	7.6
E	29.9	29.7	26.3	28.9	28.0	5.7	6.1	7.7
E	26.2	24.5	20.3	25.2	23.5	9.0	4.1	7.5
E	28.4	27.7	24.1	27.4	26.2	6.4	5.4	7.6
E	25.2	24.9	21.0	24.2	22.3	6.4	4.3	7.4
E	25.8	24.9	21.7	24.8	23.0	7.8	4.6	7.5
E	29.3	28.4	24.8	28.3	27.3	6.8	5.6	7.7
B	23.8	22.6	21.0	22.7	20.6	9.4	4.3	7.3
B	18.6	17.1	12.9	17.5	14.2	7.4	1.6	7.0
B	24.6	23.7	27.8	23.6	21.6	7.4	6.6	7.4
B	17.0	16.2	12.3	15.8	12.3	6.5	1.4	6.9
B	16.5	15.7	13.2	15.3	11.7	5.6	1.7	6.8
B	19.7	18.9	13.9	18.6	15.6	6.5	2.0	7.0
B	24.8	24.2	22.8	23.8	21.8	5.9	4.9	7.4
B	24.6	24.1	26.7	23.6	21.6	7.0	6.2	7.4
B	20.3	18.8	14.6	19.2	16.3	7.6	2.2	7.1
B	22.0	20.9	20.2	20.9	18.4	8.3	4.1	7.2
A	27.9	26.9	22.0	26.9	25.6	11.1	4.7	7.6
A	17.8	14.3	12.5	16.6	13.3	7.0	1.5	6.9
A	21.6	20.5	15.5	20.5	17.9	8.2	2.5	7.2
A	36.1	35.0	36.0	35.2	35.6	9.7	9.3	8.2
A	22.1	21.2	15.1	21.0	18.5	9.7	2.4	7.2
A	22.8	21.9	23.6	21.7	19.4	6.5	5.2	7.2
A	32.1	30.4	25.7	31.2	30.7	10.2	5.9	7.9
A	49.3	48.6	55.4	48.7	51.7	9.0	15.8	9.1

3. Pielikums:

2. Diametru un to sadalījuma statistisko rādītāju salīdzinājums

Statistiskie rādītāji	Koku suga, sugu gupa, galvenās skuju un lapu koku sugas kopā (P, E, B, A)						
	priede	egle	bērzs	apse	skuju koki	lapu koki	kopā
Dastlapu skaits (gabalos)	10	10	10	8	20	18	38
Vidējie diametri:							
kvadrātiskie	32.4	24.9	21.2	28.7	28.6	24.5	26.7
aritmētiskie	31.5	24.0	20.2	27.3	27.7	23.4	25.7
modālie	31.7	20.7	18.5	25.7	26.2	21.7	24.1

Aritmētiskie vidējie diametri

Korelācijas koeficients, ņemot vērā sakarības ciešumu, dots visām sugām kopā: **R1 = 0.9975**
 Vidējo kvadrātisko (Dkvadr) un vidējo aritmētisko diametru (Daritm) regresijas vienādojuma Daritm = K1*Dkvadr+C1 parametri noteikti kopīgi četrām apskatāmajām sugām: **K1 = 1.01641**
C1 = 1.44587

Modālie diametri

Vidējo kvadrātisko (Dkvadr) un modālo diametru (Dmod) korelācija arī ir cieša: **R2 = 0.9637**
 Šī iemesla dēļ arī (Dkvadr) un (Dmod) regresijas vienādojuma Dmod = K2*Dkvadr+C2 parametri izrēķināti, ņemot vērā datus par četrām sugām: **K2 = 1.22027**
C2 = 8.46487

Standartnovirzes

Faktiskā standartnovirze Sreālā iegūta ar klasiskajām matemātiskās statistikas metodēm apstrādājot reālus mežaudžu dastošanas datus.
 Standartnovirzes vērtējums, dalot intervalu no 8 cm līdz modālajam diametram, apzīmēts ar Sinter; to var izrēķināt ar formulu $Sinter = (Dmod - 8)/3$.
 Pēc dažādu variantu vispusīgas analīzes var nonākt pie secinājuma, ka no 48 dastlapām izrēķinātās reālās standartnovirzes vāji korelē ar vidējajiem kvadrātiskajiem diametriem.
 Koku sugas iespaids ir minimāls, tādēļ kā informācijas nesēju varētu izmantot arī aritmētisko vidējo: **Saritm.vid = 7.5** Korelācijas koeficients **R3 = 0.3586**
 Sagaidams ka mežaudzēs ar lielāku vidējo caurmēru arī standartnovirze būs lielāka. Tādēļ rezultātus, kas nedaudz vairāk iespējami, dos regresijas vienādojums $Sizlīdz = K3 * Dkvadr + C3$:
K3 = 0.06832
C3 = 5.69188

Aprobētajā "Virtuālās dastlapas un augstumlīknes veidošanas programmā" pielik. 2. lpp. EXCEL programmas masīvā (J16:R20) dotas sešām konstantēm pagaidu vērtības:

2) Tradicionālā (vidējā kvadrātiskā), modālā un aritmētiskā vidējā diametra sakarības			
Daritm=SLOPE1*Dkvadr + INTERCEPT1	SLOPE1=	0.98363	INTERCEPT1= 0.31971
Dmod=SLOPE2*Dkvadr + INTERCEPT2	SLOPE2=	1.01839	INTERCEPT2= 1.20226
Tradicionālā (vidējā kvadrātiskā) diametra un standartnovirzes sakarības			

$S = \text{SLOPE3} * D_{\text{kvadr}} + \text{INTERCEPT3}$	$\text{SLOPE3} =$ 0.33946	$\text{INTERCEPT3} =$ 3.06742
--	----------------------------------	--------------------------------------

Minētās "pagaidu vērtības" ieteicams nomainīt ar precīzākām!
 EXCEL programmas masīva (J16:R20) jaunā redakcija ir šāda:

2) Tradicionālā (vidējā kvadrātiskā), modālā un aritmētiskā vidējā diametra sakarības		
$\text{Daritm} = \text{SLOPE1} * D_{\text{kvadr}} + \text{INTERCEPT1}$	$\text{SLOPE1} =$ 1.01641	$\text{INTERCEPT1} =$ 1.44587
$\text{Dmod} = \text{SLOPE2} * D_{\text{kvadr}} + \text{INTERCEPT2}$	$\text{SLOPE2} =$ 1.22027	$\text{INTERCEPT2} =$ 8.46487
Tradicionālā (vidējā kvadrātiskā) diametra un standartnovirzes sakarības		
$S = \text{SLOPE3} * D_{\text{kvadr}} + \text{INTERCEPT3}$	$\text{SLOPE3} =$ 0.06832	$\text{INTERCEPT3} =$ 5.69188

4. Pielikums:

