

## ЕДНОФАКТОРНА ВРЪЗКА МЕЖДУ ОТНОСИТЕЛНАТА ВЕЛИЧИНА НА ТЕКУЩИЯ МАСОВ ПРИРАСТ И РАДИАЛНИЯ ПРИРАСТ НА ЕСТЕСТВЕНИ БЕЛБОРОВИ НАСАЖДЕНИЯ

Евгени Димитров<sup>1</sup>, Серафим Петров<sup>2</sup>, Явор Порязов<sup>1</sup>, Илко Добричов<sup>1</sup>, Ивайло Марков<sup>3</sup>,  
Тома Тончев<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Лесотехнически университет, София

<sup>2</sup> Международно висше бизнес училище, Ботевград

<sup>3</sup> Институт за гората, Българска академия на науките, София

### Резюме

Интересът към текущия масов прираст е отдавна на дневен ред. Това наложи да се потърси еднофакторна връзка между процента на текущия масов прираст със средния 10-годишен радиален прираст. За реализиране на връзката се използваха един хиперболичен и един параболичен модел. За намиране на параметрите на моделите (1) и (2) се използва информация произхождаща от 946 бр. пробни площи. По-добри резултати показва параболичният модел (2). Корелационните коефициенти са много големи ( $R_y > 0,9$ ) и по бонитети се изменят от 0,900 до 0,937. Те, както и регресионните коефициенти са значими, стандартната грешка на оценката е сравнително малка (средно 0,593), а моделите са адекватни. Средната процентна грешка е сравнително благоприятна (21,0%), което позволява използването на резултатите в практиката за едни по-точни пресмятания. Достатъчно е да се вземат от 15 до 35 бр. прирастни проби по степени на дебелина, които да включват периода от последните 10 години.

**Ключови думи:** бял бор, текущ прираст по обем, радиален прираст, регресионен модел, параболичен модел.

**Key words:** Scots pine, current volume increment, radial increment, regression model, parabolic model.

### Увод

В предишната разработка беше подчертано, че интересът към текущия масов прираст е отдавна на дневен ред. Този интерес е закономерен, тъй като текущият масов прираст се явява най-достовирен показател за продуктивността на насажденията. Познанията за процеса на натрупване на органична материя, на която основен показател в гората е дървесният прираст представляват определен теоретичен и практически интерес. Там също беше коментирано значението, трудностите и възможните начини за определянето на текущия масов прираст. Поради това ние тук повече няма да се спираме на тези въпроси. Трябва, обаче да подчертаем, че това, което е казано там за текущия масов прираст се отнася и за радиалния прираст, който заедно с прираста по височина представляват два компонента на текущия масов прираст, т.е. прираста по обем. Не може да не се отбележи, че една от най-важните и съществени задачи в областта на таксацията е разкриване на връзките и взаимодействията между текущия масов прираст и целият комплекс от фактори, които му влияят и опознаването на закономерностите, които ги управляват. Това означава да се създават условия и

научни предпоставки не само за обяснението на тези явления, но и за тяхното научно управление.

Целта на това изследване е да бъде потърсена връзка между относителната величина на текущия прираст по обем и средния десетгодишен радиален прираст с оглед неговото приблизително предсказване за нуждите на практиката.

### Основен материал и метод на работа

Между относителната величина на текущия прираст по обем ( $y$ ) и средната ширина на десетгодишния радиален прираст ( $x_2$ ) може да се търси аналитична връзка.

За постигане на поставената цел и за реализиране на аналитичната връзка беше необходима информация и за двата таксационни показатели. За това послужиха данните за относителната величина (%) на текущия масов прираст и средната ширина на десетгодишния радиален прираст ( $x_2$ ), произхождащи от 946 броя пробни площи (насаждения). Набавянето на този огромен експериментален материал е реализирано в продължение на 30 години.

В резултат на обработката бяха получени средните таксационни показатели на пробните

площи; средна възраст, среден диаметър, средна височина, кръгова площ на 1 ha, запас на 1 ha, текущ и среден прираст по обем и др. Текущият прираст по обем е изчислен в абсолютни единици за всички дървета в пробната площ и преизчислен за 1 ha, както е посочено в Димитров [4] и допълнена [5]. Процентът на текущия прираст по обем на 1 ha ( $Z_{v\%}^m$ ) се получава по израза:

$$Z_{v\%}^T = Z_{vha}^T / V_{ha} \cdot 100, \quad (1)$$

където:

$Z_{vha}^T$  – текущ прираст по обем на 1 ha,  $m^3$ ;

$V_{ha}$  - стъблен запас на 1 ha,  $m^3$ .

Относителната величина на текущия прираст по обем ( $Z_{v\%}^T$ ) се явява като зависима променлива, за която ще бъде търсена връзка със стойността на 10-годишния радиален прираст ( $Z_{r10}$ ). За получаването му се вземаха по 2-3 прирастни проби от всяка степен на дебелина на височина 1,30 m с помощта на Преслеров свредел, по такъв начин, че във всяка проба да се съдържат не по-малко от 10 годишни пръстена. Данните за прирастните проби за измерени и обработени с coordimeter „JRM Carl Zeiss Jena“, след което за всяка пробна площ е изчислен среден 10-годишен радиален прираст. Общо за нуждите на изследването бяха взети 42 271 бр. прирастни проби. За обработката на данните беше използвана комплексна методика включваща различни таксационни методи и методът на еднофакторния регресионен анализ. Опитния материал отговаря на изискванията на Митрополски [6], че броят на единиците (измерванията) трябва да бъде тридесет пъти по-голям от броя на променливите.

### Анализ на резултатите

За установяване и характеризирание на формата на проявление на зависимостта между процента на текущия прираст по обем ( $Z_{v\%}^T$ ) и

10-годишния радиален прираст ( $Z_{r10}$ ) се поставят две задачи:

1. Определяне на правилен и логически обоснован тип на модела, чрез който математически ще бъде описана търсената зависимост.

Като модели за изразяване на тази връзка се използваха следните математически функции:

$$Z_{v\%}^T = A_0 + A_1 \cdot \frac{1}{Z_{r10}} \quad (2)$$

$$Z_{v\%}^T = A_0 + A_1 \cdot Z_{r10}^2 \quad (3)$$

2. Получаването в числен вид на модела.

Получените резултати свързани с уравнения (4-8), базирани на модел (3) показват, че правилно е отговорено на изискванията на поставените задачи:

а) за Ia бонитет

$$Z_{v\%}^T = 1,3988 + 0,00610 \cdot Z_{r10}^2 \quad (4)$$

б) за I бонитет

$$Z_{v\%}^T = 1,4254 + 0,00695 \cdot Z_{r10}^2 \quad (5)$$

в) за II бонитет

$$Z_{v\%}^T = 1,3680 + 0,00765 \cdot Z_{r10}^2 \quad (6)$$

г) за III бонитет

$$Z_{v\%}^T = 0,9860 + 0,01051 \cdot Z_{r10}^2 \quad (7)$$

д) за IV бонитет

$$Z_{v\%}^T = 1,0630 + 0,00960 \cdot Z_{r10}^2 \quad (8)$$

За определяне на типа на уравнението е необходимо да се търси някаква крива от общ тип, която най-добре би обобщила разположението на всички точки. За най-сполучливо се приема решението, при което избраната крива от общ вид ще минава възможно най-близо едновременно до всички точки в диаграмата. Изразител на това изискване е стандартната грешка на оценката ( $S_y$ ). Тя има най-малка стойност за модел (3) и варира от 0,509 до 0,649 (табл. 1).

Табл. 1. Резултати от спецификацията на еднофакторните регресионни модели

Характеристика на модела		Бонитети				
		Ia	I	II	III	IV
		уравнения				
		(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Свободен член	$A_0$	1,399	1,425	1,368	0,986	1,063
Регр. коефициенти	$A_1$	0,0061	0,0069	0,0076	0,0105	0,0096
Стандартна грешка на регр. коефициенти	$m_{\sigma A_0}$	0,0929	0,0712	0,0526	0,0604	0,0923
	$m_{\sigma A_1}$	0,0002	0,0002	0,0002	0,0003	0,0004
Критерий за значимост на регр. коефициенти	$t_m$	1,98	1,97	1,96	1,97	1,98
	$t_{a1}$	26,10	31,16	38,77	32,98	21,51

Коефициент на еднофакторната корелация, детерминация и интердетерминация	R	0,937	0,909	0,900	0,923	0,911
	R <sup>2</sup>	0,878	0,826	0,810	0,852	0,830
	1-R <sup>2</sup>	0,122	0,174	0,190	0,148	0,170
Стандартна грешка на R	m <sub>σR</sub>	0,012	0,012	0,010	0,011	0,017
Критерий за значимост на корелационните коефициенти	F <sub>m</sub>	1,98	1,97	1,96	1,97	1,98
	F <sub>2em</sub>	26,09	31,16	38,77	32,98	21,55
Стандартна грешка на оценката	S <sub>y</sub>	0,589	0,649	0,659	0,509	0,557
Критерий за адекватност на моделите	F <sub>1(t)</sub>	3,94	3,89	3,87	3,90	3,94
	F <sub>1(em)</sub>	681,0	970,7	1503,4	1087,6	462,6

Стандартните грешки на сегашната връзка с радиалния прираст и на предишната връзка със средната височина по бонитети са представени в табл. 2.

Табл. 2. Стандартни грешки на връзката с радиален прираст и на връзката със средната височина по бонитети

Бонитети	Стандартна грешка на Z <sub>r10</sub>	Стандартна грешка на h <sub>ср.</sub>
Ia	0,589	1,042
I	0,649	0,934
II	0,659	0,919
III	0,509	0,834
IV	0,557	0,803
Средно	0,593	0,906

Данните показват, че стандартната грешка на оценката, както при средната стойност, така и при отделните бонитети е по-малка при връзката със средната величина на радиалния прираст за 10 години, отколкото със средната височина.

От първостепенно значение за успешното описание на формата на тези зависимости чрез уравнения (4÷8) е определяне на фактора, от който действително зависи процента на текущия прираст по обем.

Анализирайки зависимостта между тези две променливи на основата на съпоставка на корелационните коефициенти може да се разбере доколко е висока тази връзка. Сравнението на корелационните коефициенти при различните бонитети (табл. 1), които съответстват на регресионни уравнения (4÷8) показва, че те са много големи и значими, съгласно степенуването в математическата статистика [7, 8]. За различните бонитети те се изменят от 0,900 до 0,937.

При интерпретацията на получените числени уравнения (4÷8) на изследваната зависимост вниманието се насочва преди всичко към коефициента A<sub>1</sub> пред зависимата променлива Z<sub>r10</sub>. При всички бонитети знакът пред A<sub>1</sub> е положителен, което показва, че с увеличаване на ве-

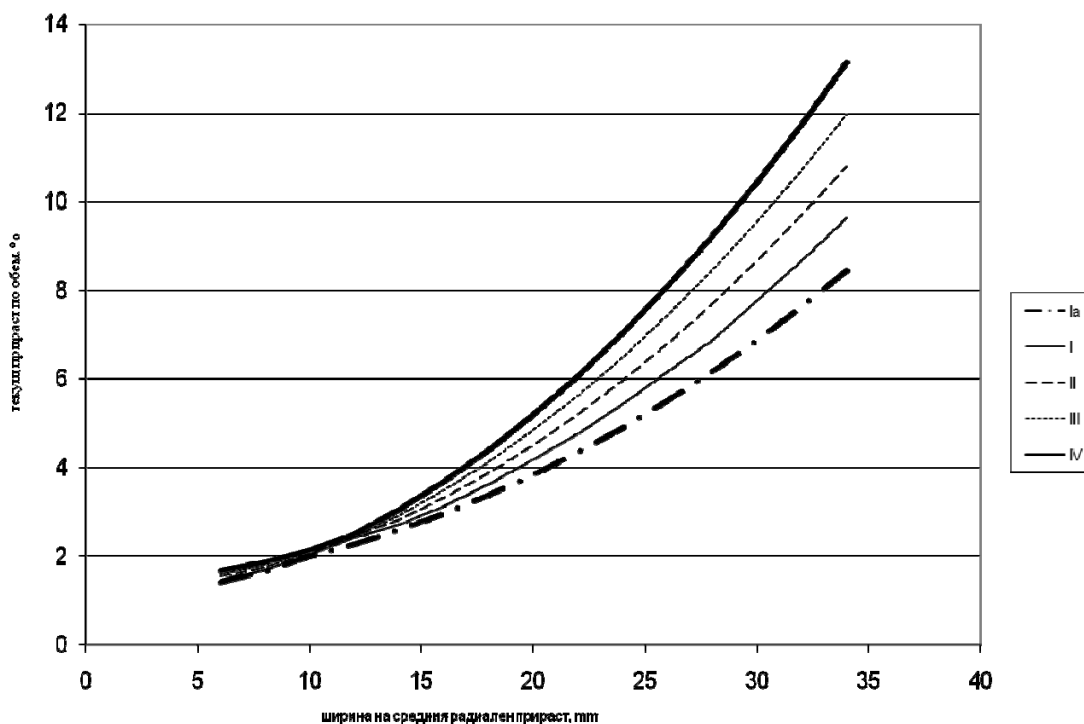
личината на радиалния прираст се увеличава и процента на текущия прираст по обем. При Ia бонитет това увеличение е с 0,0061, при I – 0,0069, при II – 0,0076, при III – 0,0105 и при IV с 0,0096 единици при изменение на Z<sub>r10</sub> с единица.

Значенията на t-критерия на Student за параметрите на уравненията и F-критерия на Fischer за адекватността на моделите (F<sub>1(em)</sub>) са значими, тъй като t<sub>em</sub> > t<sub>т</sub> и F<sub>em</sub> > F<sub>т</sub> (табл. 1). Една от причините за значимостта на параметрите и адекватността на моделите следва да се търси в значителния обем на използваната информация, която включва 97 броя пробни площи за Ia бонитет; 207 за I; 354 за II; 191 за III и 97 за IV бонитет.

Безспорно е, че количествено изразената връзка с уравненията (4÷8) позволяват да се проследи изменението на относителната величина на текущия масов прираст в зависимост от изменението на Z<sub>r10</sub> през 2 mm. Данни за кръглите степени на средния 10-годишен радиален прираст се дават в табл. 3 и фиг. 1.

Табл. 3. Изменение на процента на текущия прираст по обем в зависимост от средната ширина на 10-годишния радиален прираст (Z<sub>r10</sub>)

Z <sub>r10</sub> [mm]	Бонитет				
	Ia	I	II	III	IV
	процент на текущия прираст по обем				
6	1,409	1,476	1,546	1,609	1,676
8	1,659	1,712	1,764	1,817	1,870
10	2,009	2,040	2,071	2,102	2,133
12	2,277	2,426	2,470	2,444	2,499
14	2,594	2,707	2,820	2,933	3,046
16	2,960	3,139	3,318	3,497	3,676
18	3,375	3,629	3,883	4,137	4,391
20	3,839	4,177	4,514	4,852	5,190
22	4,351	4,782	5,212	5,642	6,073
24	4,912	5,444	5,976	6,508	7,040
26	5,522	6,164	6,806	7,449	8,091
28	6,181	6,842	7,704	8,465	9,226
30	6,889	7,778	8,667	9,556	10,445
32	7,645	8,671	9,696	10,722	11,748
34	8,450	9,621	10,792	11,964	13,135



Фиг. 1. Зависимост на процента на текущия прираст по обем от средната ширина на радиалния прираст по бонитети

Данните в табл. 3, графичният израз на които е представен във фиг. 1 показват, че с нарастване на средния 10-годишен радиален прираст и при намаляване на бонитета, процентът на текущия прираст по обем нараства. Те могат да се използват за определяне на величината на абсолютния текущ прираст по обем, когато е известен запасът на 1 ha. За целта е необходимо по бонитети да се вземат и осреднят по 2-3 прирастни проби за всяка степен на

дебелина за последните 10 години. За съкращаване на изчислителните работи и за избягване на теренните работи по вземане на прирастните проби същите могат да се вземат наготово от табл. 5.12 или 5.16 [4].

Трябва да се подчертае, че връзката на процента на текущия прираст по обем със средния 10-годишен радиален прираст е много голяма и устойчива в сравнение със средната височина. Данните са поместени в табл. 4.

Табл. 4. Обобщени статистически характеристики по бонитети

Обобщени статистически характеристики	Бонитети					
	Ia	I	II	III	IV	средно
за $Z_{r10}$						
Еднофакторен корел. коефициент( $R_{yx2}$ )	0,937	0,909	0,900	0,923	0,911	
Стандартна грешка на оценката( $S_{yx2}$ )	0,589	0,649	0,658	0,509	0,557	0,592
Средна процентна грешка( $P_{zv}$ )	18,1	20,9	22,7	22,3	21,2	21,0
за $h_{cp}$						
Еднофакторен корел. коефициент( $R_{yx1}$ )	0,785	0,780	0,794	0,777	0,804	
Стандартна грешка на оценката( $S_{yx1}$ )	1,042	0,934	0,919	0,834	0,803	0,906
Средна процентна грешка( $P_{zv}$ )	32,8	30,1	31,7	36,5	30,5	32,3

Обобщените статистически показатели са значително по-благоприятни със средния радиален прираст, отколкото със средната височина. Средната стандартна грешка на оценката

със средната височина намалява от 0,906 до 0,592 и съответно на това средната процентна грешка намалява от 32,3% на 21,0%. Теоретичната процентна грешка с радиалния прираст

е близка до процентната грешка от 20-25%, която се посочва и от Антанайтис [1] и гравитира до горния предел на грешката от 15-18% установена от Джурджу [3]. При опитната проверка не е чудно нейната величина да стане и по-благоприятна. Може да се прецени, че тази еднофакторна връзка на процента на текущия масов прираст със средния 10-годишен радиален прираст е много по-тясна, устойчива и много голяма.

Гореизложеното налага следните изводи:

1. Установи се много голяма еднофакторна корелационна връзка между относителната величина на текущия масов прираст и средния 10-годишен радиален прираст. Връзката се отразява добре от параболичния модел (2).
2. Корелационният коефициент е много голям и за различните бонитети се изменя от 0,900 до 0,937. Корелационните и регресионните коефициенти са значими, а моделът е адекватен.
3. Установените прирастни коефициенти могат да се използват за установяване на абсолютната величина на текущия масов при-

раст при наличие на данни за дървесния запас на 1 ha.

#### Литература

1. Антанайтис, В., Загреев, В. *Прирост леса*. Москва. 1981.
2. Дворецкий, М. *Пособие по вариационной статистике*. Москва. 1971.
3. Джурджу, В. *Таксация текущего оприроста насаждения*. Дисерт. на соискание ученой степени к.с.х.наук. Москва. 1957.
4. Димитров, Е. *Моделиране на текущия прираст по обем на нормални естествени белборови насаждения*. София. 2011.
5. Димитров, Е., Тончев, Т., Порязов, Я., Добричов, И., Марков, И., Пеев, Г. *Проучване на връзката на текущия масов прираст в зависимост от средната височина при белия бор*. 2012. (под печат).
6. Митрополский, А. *Техника статистических исчислений*. Москва. 1961.
7. Стефанов, И., Тотев, А. *Теория на статистиката*. София. 1960.
8. Трулль, О. *Математическая статистика в лесном хозяйстве*. Минск. 1966.

## MONOFACTORYAL RELATIONSHIP BETWEEN RELATIVE VALUE OF CURRENT VOLUME INCREMENT AND RADIAL INCREMENT OF NATURAL SCOTS PINE STANDS

Evgeni Dimitrov<sup>1</sup>, Serafim Petrov<sup>2</sup>, Yavor Poryazov<sup>1</sup>, Ilko Dobrichov<sup>1</sup>, Ivailo Markoff<sup>3</sup>, Toma Tonchev<sup>1</sup>

<sup>1</sup> University of Forestry, Sofia, Bulgaria

<sup>2</sup> International Business School, Botevgrad, Bulgaria

<sup>3</sup> Forest Research Institute, Bulgarian Academy of Science, Sofia, Bulgaria

#### Abstract

The interest towards current volume increment is still actually. This requires monofactorial relationship to be tested between percent of current volume increment and average 10-year radial increment. For test of the relationship a hyperbolic and parabolic model were used. For parameterization of the models (1) and (2) was used information from 946 sample plots. Better results were achieved by parabolic model. Correlation coefficients are very high ( $R > 0,9$ ) and vary between site indices from 0,900 to 0,937. They and regression coefficients are statistically significant, standard error is relatively low (average 0,593) and models are adequate. The mean percent error is comparatively acceptable (21,0%) which allow using the results in practice for more accurate calculations. It is enough to take 15-35 increment cores by diameter classes which include last 10 vegetation periods.