

Научная статья
УДК 630*305

РАЗРАБОТКА СТАТИСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПО НАВЕДЕНИЮ И ЗАХВАТУ, А ТАКЖЕ РАСПИЛУ И ПОВАЛУ ДЕРЕВА ХАРВЕСТЕРОМ

Максим Вячеславович Бураков¹, Андрей Вениаминович Мехренцев²

^{1,2} Уральский государственный лесотехнический университет,

Екатеринбург, Россия

¹ maks45vest@gmail.com

² mehrentsevav@m.usfeu.ru

Аннотация. Статья посвящена исследованию наведения и захвата дерева, а также распилу и повалу дерева с применением харвестера разными операторами. Исследования проводились по видеороликам из интернет-источников, где измерялись длительность наведения харвестерной головки к дереву, захват, срезание дерева, снятие с пня.

Ключевые слова: харвестер, наведение на дерево, захват дерева, распил дерева, повал дерева

Scientific article

DEVELOPMENT OF A STATISTICAL MODEL FOR POINTING AND CAPTURE, AS WELL AS CUTTING AND CUTTING A TREE BY A HARVESTER

Maxim V. Burakov¹, Andrey V. Mekhrentsev²

^{1,2} Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

¹ maks45vest@gmail.com

² mehrentsevav@m.usfeu.ru

Abstract. The article is devoted to the study of the guidance and capture of a tree, as well as the sawing and felling of a tree using a harvester by different operators. The research was carried out using videos from Internet sources, where the duration of pointing the harvester head to the tree, capturing, cutting the tree, and removing it from the stump were measured.

Keywords: harvester, pointing at a tree, grabbing a tree, cutting a tree, felling a tree

При определении необходимого числа опытов-измерений и наблюдений проводится предварительный цикл имитационных

наблюдений, охватывающий не менее 50 замеров. Выполненные замеры были сведены в таблицу для статистической обработки.

В программе *Statistica* на основе результатов предварительного цикла имитационных наблюдений определим значения выборки для первой операции (рис. 1) и для второй операции (рис. 2), а именно среднее арифметическое (статическое) значение, минимальное значение, максимальное значение, дисперсию, статистическую оценку дисперсии, коэффициент вариации и ошибки.

Переменная	Описательные статистики (Таблица данных1)									
	N набл.	Среднее	Медиана	Сумма	Минимум	Максим.	Дисперсия	Ст.откл.	Козф.Вар.	Станд. ошибки
Наведение и захват, сек	50	5,257400	4,990000	262,8700	2,340000	9,250000	2,656007	1,629726	30,99871	0,230478

Рис. 1. Значения статистических оценок выборки предварительного цикла наведения и захвата дерева

Переменная	Описательные статистики (Таблица данных1)									
	N набл.	Среднее	Медиана	Сумма	Минимум	Максим.	Дисперсия	Ст.откл.	Козф.Вар.	Станд. ошибки
Распил и повал, сек	50	6,399200	5,885000	319,9600	2,650000	15,52000	7,556159	2,748847	42,95610	0,388746

Рис. 2. Значения статистических оценок выборки предварительного цикла распила и повала дерева

На основе этих данных коэффициент вариации наведения и захвата дерева $v = 30,99$, коэффициент вариации распила и повала дерева $v = 42,96$.

Проверка на аномальность проводится в предположении, что ошибка наблюдения подчиняется нормальному закону распределения.

Результат наблюдений является грубым или аномальным, если он существенно отличается по значению от остальных значений наблюдений в выборке.

Для предотвращения искажения в описании статистических данных грубые сущности объекта (анормальные результаты) должны быть исключены из выборки. В нашем случае проверка проводится по критерию Греббса:

$$U_1 = \frac{\bar{x} - x_{\min}}{S} = \frac{5,257 - 2,340}{1,63} = 1,789, \quad (1)$$

$$U_n = \frac{x_{\max} - \bar{x}}{S} = \frac{9,250 - 5,257}{1,63} = 2,45. \quad (2)$$

Здесь U_1 и U_n характеризуют относительные величины наибольших отклонений от среднего, которые подчиняются β распределению. При известном объеме выборки (n) и заданном уровне (α) из таблиц определяется табличное значение величины (h), которое в последующем сравнивается

с U_1 и U_n . Из таблицы предельных значений β -распределения $h = 2,956$. В данном случае соблюдаются следующие неравенства $U_1 < h$ и $U_n < h$. Исходя из критерия Граббса, показатели наведения и захвата не выходят за предел*, а вот распил и повал выходят за предел ($U_1 = 1,363$ и $U_n = 3,316$).

Следовательно, пересчет параметров статистических оценок имитационной выборки нужен только для распила и повала дерева.

Завершающий этап обработки – это выбор закона распределения. Этот этап включает в себя разбивку на интервалы построения.

Число интервалов k определяются по объему выборки (вычисляется по формулам или берется из таблиц).

Рассчитываем k по формуле:

$$k = 1 + 3,322 \lg n = 1 + 3,322 \times \lg 100 = 7,64 \approx 8. \quad (3)$$

Для определения ширины разрядов d используем следующую формулу, представленную Г. А. Стреджесом для первого значения [4] и второго [5]:
первое значение:

$$d_1 = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{k} = \frac{9,250 - 2,340}{8} = 0,86; \quad (4)$$

второе значение:

$$d_1 = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{k} = \frac{15,520 - 2,650}{8} = 1,61, \quad (5)$$

где $x_{\max} - x_{\min}$ – размах вариации (разность между наибольшим x_{\max} и наименьшим x_{\min} значениями);

n – объем выборки;

k – число разрядов(интервалов);

Ширину разрядов d необходимо округлить в большую сторону, поэтому $d_1 = 1$, $d_2 = 2$.

Для оценки вероятности той или иной случайной величины используются описывающие их законы распределения.

Процедура этапов построения гистограммы рассмотрена на рис. 3, таблицы вычисления значений на рис. 4 и 5, теоретические и эмпирические частоты для расчета критерия Пирсона, гистограммы и кривой плотности наиболее подходящего закона распределения.

* Редькин, А. К. Математическое моделирование и оптимизация технологий лесозаготовок : учебник / А. К. Редькин, С. Б. Якимович. – Москва : МГУЛ, 2005. – 504 с.

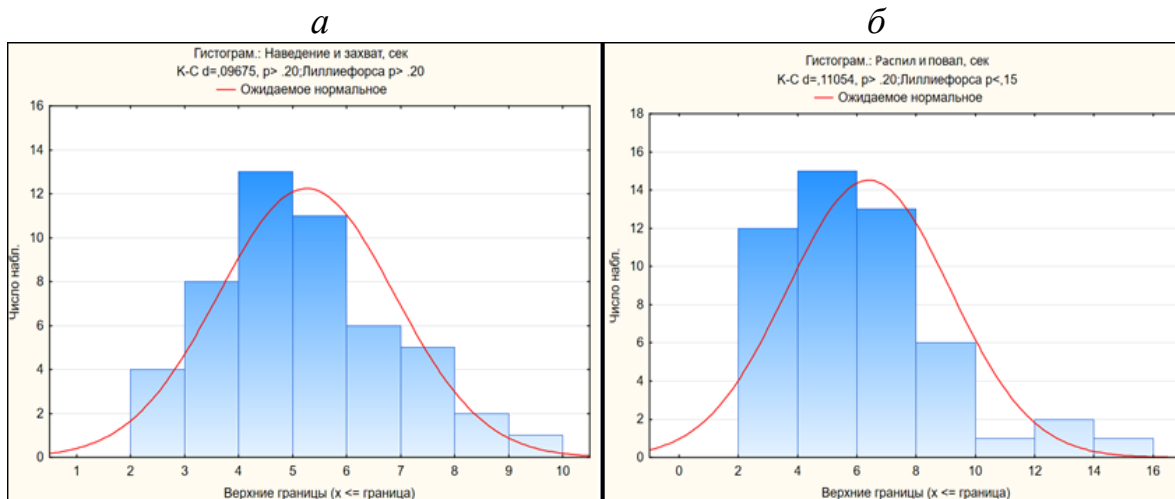


Рис. 3. Гистограммы для подготовительного выбора закона распределения:
а – наведение и захват дерева; *б* – распил и повал дерева

Перемен.: Наведение и захват, сек, Распред.: Нормальное (Таблица данных1) Хи-квадрат = 4,69424, сс = 4 (скорр.), p = 0,32013									
Верхняя Граница	Наблюд. Частота	Кумул. Наблюд.	Процент Наблюд.	Кумул. % Наблюд.	Ожидаем. Частота	Кумул. Ожидаем.	Процент Ожидаем.	Кумул. % Ожидаем.	Наблюд.- Ожидаем.
<= 2,00000	0	0	0,00000	0,0000	1,140910	1,14091	2,28182	2,2818	-1,14091
2,50000	1	1	2,00000	2,0000	1,125522	2,26643	2,25104	4,5329	-0,12552
3,00000	3	4	6,00000	8,0000	1,883804	4,15024	3,76761	8,3005	1,11620
3,50000	3	7	6,00000	14,0000	2,871807	7,02204	5,74361	14,0441	0,12819
4,00000	5	12	10,00000	24,0000	3,987619	11,00966	7,97524	22,0193	1,01238
4,50000	3	15	6,00000	30,0000	5,043267	16,05293	10,08653	32,1059	-2,04327
5,00000	10	25	20,00000	50,0000	5,809659	21,86259	11,61932	43,7252	4,19034
5,50000	7	32	14,00000	64,0000	6,095796	27,95838	12,19159	55,9168	0,90420
6,00000	4	36	8,00000	72,0000	5,825742	33,78413	11,65148	67,5683	-1,82574
6,50000	3	39	6,00000	78,0000	5,071227	38,85535	10,14245	77,7107	-2,07123
7,00000	3	42	6,00000	84,0000	4,020827	42,87618	8,04165	85,7524	-1,02083
7,50000	4	46	8,00000	92,0000	2,903739	45,77992	5,80748	91,5598	1,09626
8,00000	1	47	2,00000	94,0000	1,910023	47,68994	3,82005	95,3799	-0,91002
8,50000	1	48	2,00000	96,0000	1,144346	48,83429	2,28869	97,6686	-0,14435
9,00000	1	49	2,00000	98,0000	0,624471	49,45876	1,24894	98,9175	0,37553
9,50000	1	50	2,00000	100,0000	0,310386	49,76914	0,62077	99,5383	0,68961
< бесконеч.	0	50	0,00000	100,0000	0,230855	50,00000	0,46171	100,0000	-0,23086

Рис. 4. Таблица границ интервалов и частот в абсолютном и процентном выражениях по наведению и захвату дерева

По результатам компьютерной подгонки теоретического распределения к эмпирическому определено по первому случаю (рис. 4): выбранный закон – нормальный, критерий согласия (хи-квадрат) равен 4,69 при стандартном уровне значимости $p = 0,03$ и числе степеней свободы $df = 4$. Принимаем гипотезу о приемлемости нормального распределения. По второму случаю (рис. 5): выбранный закон – нормальный, критерий согласия (хи-квадрат) равен 13,63 при стандартном уровне значимости $p = 0,08$ и числе степеней свободы $df = 4$. Принимаем гипотезу о приемлемости нормального распределения.

Верхняя Граница	Перемен.: Распил и повал, сек, Распред.:Нормальное (Таблица данных1) Хи-квадрат = 13,63336, cc = 4 (скорр.), p = 0,00856									
	Наблюд. Частота	Кумул. Наблюд.	Процент Наблюд.	Кумул. % Наблюд.	Ожидаем. Частота	Кумул. Ожидаем.	Процент Ожидаем.	Кумул. % Ожидаем.	Наблюд.- Ожидаем.	
<= 2,00000	0	0	0,00000	0,0000	2,737856	2,73786	5,47571	5,4757	-2,73786	
3,00000	1	1	2,00000	2,0000	2,668115	5,40597	5,33623	10,8119	-1,66811	
4,00000	11	12	22,00000	24,0000	4,163299	9,56927	8,32660	19,1385	6,83670	
5,00000	7	19	14,00000	38,0000	5,699300	15,26857	11,39860	30,5371	1,30070	
6,00000	8	27	16,00000	54,0000	6,844770	22,11334	13,68954	44,2267	1,15523	
7,00000	5	32	10,00000	64,0000	7,211925	29,32527	14,42385	58,6505	-2,21193	
8,00000	8	40	16,00000	80,0000	6,666517	35,99178	13,33303	71,9836	1,33348	
9,00000	2	42	4,00000	84,0000	5,406317	41,39810	10,81263	82,7962	-3,40632	
10,00000	4	46	8,00000	92,0000	3,846423	45,24452	7,69285	90,4890	0,15358	
11,00000	0	46	0,00000	92,0000	2,400838	47,64536	4,80168	95,2907	-2,40084	
12,00000	1	47	2,00000	94,0000	1,314664	48,96002	2,62933	97,9200	-0,31466	
13,00000	1	48	2,00000	96,0000	0,631551	49,59157	1,26310	99,1831	0,36845	
14,00000	1	49	2,00000	98,0000	0,266157	49,85773	0,53231	99,7155	0,73384	
15,00000	0	49	0,00000	98,0000	0,098400	49,95613	0,19680	99,9123	-0,09840	
16,00000	1	50	2,00000	100,0000	0,031913	49,98804	0,06383	99,9761	0,96809	
< бесконеч.	0	50	0,00000	100,0000	0,011956	50,00000	0,02391	100,0000	-0,01196	

Рис. 5. Таблица границ интервалов и частот в абсолютном и процентном выражениях по распилу и повалу дерева

Нормальное распределение вероятностей характеризует непрерывные случайные величины, все возможные значения которых лежат в пределах определенного интервала.

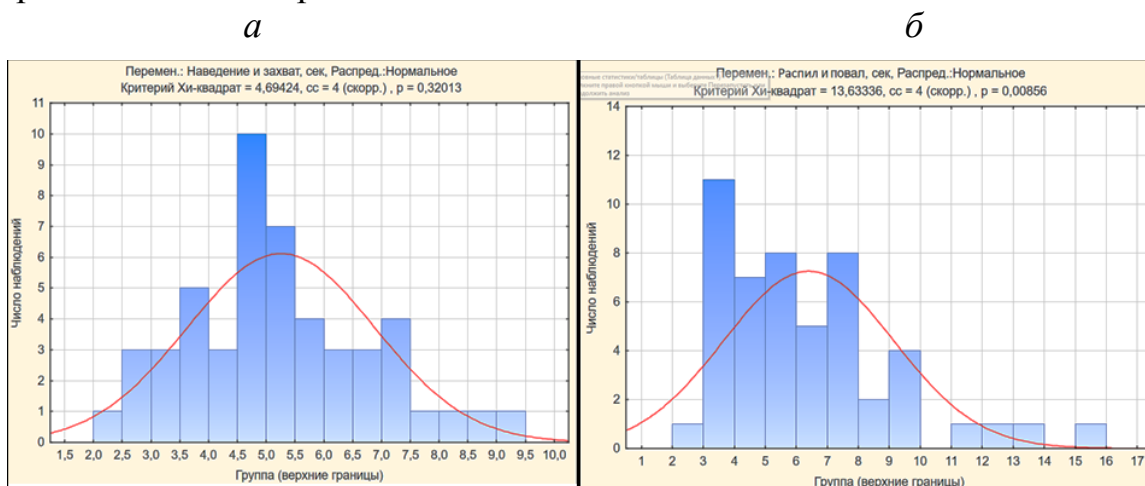


Рис. 6. Графика распределения: *а* – наведение и захват дерева; *б* – распил и повал дерева

Таким образом, при работе с данными было выявлено, что данных недостаточно, чтобы определить более точную длительность для наведения и захвата, а также распила и повала дерева харвестером, в связи с тем, что были разные харвестеры, операторы, условия среды и погоды, а также расстояния для дерева.