

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МІЖНАРОДНИЙ ЕКОНОМІКО-ГУМАНІТАРНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ АКАДЕМІКА
СТЕПАНА ДЕМ'ЯНЧУКА
Р.М.Літнарівч

**КОНСТРУЮВАННЯ І ДОСЛІДЖЕННЯ
МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ**

ЗАЛЕЖНІСТЬ ВАГИ ДІТЕЙ ВІД ВІКУ

ЧАСТИНА 7



Рівне, 2010



*Літнарівч Руслан Миколайович
кандидат технічних наук, доцент*

УДК 378.147.31

Літнарівч Р.М. Конструювання і дослідження математичних моделей. Залежність ваги дітей від віку. Частина 7. МЕНУ, Рівне, 2010,- 84 с.

Рецензент: С.В.Лісова, доктор педагогічних наук, професор

Відповідальний за випуск:Й.В.Джунь, доктор фізико-математичних наук, професор

На основі фактичних даних залежності ваги дитини від її віку встановлюються емпіричні формули, які дають змогу визначати нормальний розвиток дитини, або відхилення від нормального розвитку у даному конкретному регіоні.

Аналогічні дослідження бажано провести для кожного дитячого навчального закладу з тим, щоб прогнозувати і корегувати нормальний розвиток дітей.

На основе фактических данных зависимости веса ребенка от его возраста устанавливаются эмпирические формулы, которые дают возможность определять нормальное развитие ребенка, или отклонение от нормального развития в данном конкретном регионе.

Аналогичные исследования желательно провести для каждого детского учебного заведения с тем, чтобы прогнозировать и корректировать нормальное развитие детей.

On the basis of fact sheets of dependence of weight of child from its age empiric formulas which enable are set to determine normal development of child, or rejection from normal development in this concrete region.

It is desirable to conduct analogical researches for each child's educational establishment in order to forecast and correct normal development of children.

© Літнарівч Р.М.

Зміст

Передмова	5
РОЗДІЛ 1.Розробка методологічних основ побудови математичної моделі залежності ваги дитини від віку	
1.1. Теоретико-методологічні аспекти онтодидактичного підходу представлення поліноміальної апроксимації.....	6
1.2. Представлення загальних статистичних даних по результатам педагогічного експерименту.....	10
РОЗДІЛ 2. Встановлення емпіричних формул за результатами експериментальних даних	
2.1. Побудова математичної моделі залежності ваги тіла (маси) X від віку Y (пряма задача).....	13
2.2. Контрольні розрахунки для ранжированого ряду.....	19
Висновки.....	22
РОЗДІЛ 3. Дослідження оберненої задачі	
3.1. Побудова математичної моделі залежності ваги тіла (маси) Y від віку X (обернена задача).....	23
Висновки.....	26
3.2. Апроксимація поліномом другого степеня.....	27
Висновки.....	44
РОЗДІЛ 4. Побудова і дослідження імітаційної моделі	
4.1. Генерування істинних похибок для дослідження математичної моделі методом статистичних випробувань Монте Карло.....	45
4.2. Оцінка точності параметрів, отриманих із рішення системи нормальних рівнянь.....	57
4.3. Висновки	71
Заключення.....	72
Літературні джерела.....	73
Додатки.....	76

ПЕРЕДМОВА

На основі фактичних даних залежності ваги дитини від її віку встановлюються емпіричні формули, які дають змогу визначати нормальний розвиток дитини, або відхилення від нормального розвитку у даному конкретному регіоні [10].

Аналогічні дослідження бажано провести для кожного дитячого навчального закладу з тим, щоб прогнозувати і корегувати нормальний розвиток дітей.

На основі даних антропометричних досліджень дитячого дошкільного навчального закладу «Барвінок» Рівненської області Рокитнівського району с. Карпилівки, проведених Єрмейчук Валентиною Василівною, студенткою групи ППН81, проведені математичні дослідження і побудовані відповідні математичні моделі, на основі яких появляється можливість встановлювати нормальний розвиток конкретної дитини для даного регіону, прогнозувати цей розвиток і, при необхідності, корегувати його.

Аналогічні дослідження необхідно виконувати в кожному дитячому навчальному закладі і, навіть, середній школі з тим, щоб на науковій основі рости майбутнє покоління.

Робота буде корисною для студентів і аспірантів педагогічних вузів, магістрантів факультету Кібернетики МЕНУ, які вивчають курс Педагогіки вищої школи, для вчителів і педагогів, медичних працівників.

РОЗДІЛ 1. Розробка методологічних основ побудови математичної моделі залежності ваги дитини від віку

1.1. Теоретико-методологічні аспекти онтодидактичного підходу представлення поліноміальної апроксимації

Слово «онтодидактика» означає наставляння («дидактика») по суті («онто»). Суть же онтодидактичних прийомів в тому, що знаходяться більш прості або більш короткі методи подачі вже усталеного теоретичного матеріалу.

Знаходження цих нових методів процес не простий і потребує постійної «налаштованості» на бажання покращити, вдосконалити подачу матеріалу.

В даній роботі розглядається новий підхід до подачі матеріалу по темі «Поліноміальна апроксимація», розробляються необхідні контролі і повна оцінка точності зрівноважених елементів, приводяться практичні результати по розробленому автором алгоритму в MS EXCEL [17,-с.5].

1. Знаходиться матриця коефіцієнтів нормальних рівнянь N

$$N = X X^T, \quad (1.1.1)$$

$n \times m$ $m \times n$ $n \times m$

де X^T - транспонована матриця коефіцієнтів початкових умовних рівнянь X .

2. Визначається обернена матриця Q

$$\dots \quad Q = N^{-1} \quad (1.1.2)$$

3. Обчислюється вектор вільних членів **b**

$$\dots \quad b = Y X^T \quad (1.1.3)$$

4. Вчислюється вектор невідомих **a**

$$a = b Q \quad (1.1.4)$$

5. Виконується контроль обчислень

$$b = a N \quad (1.1.5)$$

6. Знаходиться вектор зрівноважених значень **Y'**

$$Y' = a X \quad (1.1.6)$$

7. Обчислюється середня квадратична похибка (стандарт) одиниці ваги μ (мю)

$$\mu = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n V_i V_i}{n - m - 1}} \quad (1.1.7)$$

де

$$V = Y' - Y \quad (1.1.8)$$

8. Знаходяться обернені ваги коефіцієнтів a_i апроксимуючого поліному, як діагональні елементи оберненої матриці **Q**

$$\frac{1}{P_{aj}} = Q_{jj} \quad , \quad (j = 0, 1, 2, \dots, m) \quad (1.1.9)$$

9. Їх стандарти (середні квадратичні похибки)

$$\sigma_{ai} = \sigma_0 \sqrt{\frac{1}{P_{ai}}} \quad (1.1.10)$$

де $\sigma_0 = \mu$

10. Знаходиться допоміжна матриця **Q'**

$$\dots \dots \dots \quad Q' = Q X \quad (1.1.11)$$

11. Обчислюється обернена вага функції зрівноважених величин як добуток двох векторів построчно

$$\dots \dots \dots \quad \frac{1}{P_{y'}} = X' Q' \quad (1.1.12)$$

12. Розраховуються стандарти зрівноваженої функції

$$\dots \dots \dots \quad \sigma_{y'} = \sigma_0 \sqrt{\frac{1}{P_{y'}}} \quad (1.1.13)$$

13. Контрольна формула при апроксимації поліномом першого степеня

$$Y = a + bX \quad (1.1.14)$$

буде

$$m_{\varphi} = \sqrt{m_b^2 \left[X_{сн.} - \frac{1}{n} \sum X \right]^2 + \mu^2 / n.} \quad (1.1.15)$$

14. Крім того, ми апробуємо розроблену нами [15,- с.69] формулу оцінки точності зрівноваженої функції, яка для випадку апроксимації поліномом першого степеня набуде вигляду

$$m_{\varphi} = m_Y = \sqrt{m_a^2 (X)^2 + m_b^2 (X_0)^2 + 2\mu^2 Q_{12} X.} \quad (1.1.16)$$

1.2. Представлення загальних статистичних даних по результатам педагогічного експерименту

ДАНІ АНТРОПОМЕТРИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ:

ДИТЯЧИЙ САДОК «БАРВІНОК»

Рівненська обл., Рокитнівський район, с.Карпилівка

(проведені Єрмейчук Валентиною Василівною

гр.ППІН81 16.12.2009)

Таблиця 1. Дані антропометричних досліджень

№ п/п	ПІП дитини	Вік (років) У	Довжина тіла(м)	Маса тіла(кг)
1	Антикало Дарина Андріївна	5,3333	1,11	19
2	Антикало Андрій Валерійович	4,6666	1,13	21
3	Бричка Владислав Петрович	5,3333	1,12	18,5
4	Бричка Віталій Іванович	5,3333	1,07	18
5	Бричка Вадим Миколайович	5,0833	1,07	20
6	Делейчук Валентин Михайлович	5,25	1,08	20
7	Захарченко Василь Владиславович	5,6666	1,03	17
8	Козаченко Авраам Федорович	5,1666	1,04	17,5
9	Костюк Яна Леонідівна	5,4166	1,1	18
10	Костогриз Марія Федорівна	5,25	1,05	17,5
11	Кляпко Богдан Юрійович	5,6666	1,15	17
12	Лук'янчук Олексій Федорович	4,5	1,12	18
13	Нестерчук Настя Володимирівна	5,08333	1,03	18

14	Пахнюк Данік Петрович	4,5	1,1	18
15	Трохимчук Катерина Василівна	5	1,15	17,3
16	Чубик Галина Іванівна	5,25	1,05	17
17	Чубик Аня Сергіївна	4	1,06	16,8
18	Шинкар Олександр Сергійович	4,5	1,1	17
19	Шупрудько Олександр Олександрович	5,9166	1,15	22
20	Осипчук Василь Русланович	5,1666	1,22	25,5
21	Бричка Владислав Вікторович	5,5	1,15	18
22	Бричка Вадим Русланович	6	1,1	18
23	Нестерчук Дмитро Вікторович	5,9166	1,09	19,5
24	Кисорець Аліна Вікторівна	5	1,13	19
25	Лук'янчук Вікторія Вікторівна	5,25	1,11	17,5
26	Лук'янчук Іван Богданович	5,4166	1,07	17,5
27	Боюка Петро Юрійович	5,5	1,11	19
28	Бричка Давид Володимирович	5,25	1,14	21
29	Нестерчук Анна Валентинівна	6	1,16	18
30	Лук'янчук Юлія Федорівна	5	1,02	16
31	Сорока Катерина Богданівна	4	1,04	18
32	Кутасевич Аліна Романівна	4,1666	1,08	18
33	Бричка Гнат Вікторович	5	1,05	18,5
34	Мартинюк Володимир Володимирович	5,4166	1,09	19,5
35	Мартинюк Василь Михайлович	5,5833	1,14	19
36	Мартинюк Олександр Михайлович	4,5833	1,04	19,5
37	Козаченко Альона Степанівна	5,1666	1,05	17,5
38	Чубик Іван Анатолійович	5,0833	1,16	22,5
39	Осипчук Катерина Василівна	5,6666	1,12	18,4
40	Бричка Юлія Іванівна	5,5	1,04	17,8
41	Мартинюк Назар Станіславович	6	1,2	22,2
42	Козаченко Андрій Богданович	5	1,14	19,5
43	Антикало Катерина Валентинівна	3,25	1,02	18
44	Бричка Валентина Михайлівна	3,5833	1	15,8
45	Бричка Ольга Вікторівна	3,75	1,08	14,4
46	Гончар Дарина Іванівна	3,4166	1,1	15,2
47	Григорчук Юлія Іванівна	3,75	0,97	13,5

48	Григорчук Лілія Адамівна	3,3333	1,02	14,3
49	Дракус Вікторія Анатоліївна	4,3333	1,04	15,6
50	Ковалевич Юлія Олександрівна	3,3333	0,99	14
51	Лук'янчук Микита Богданович	4,4166	1,04	16
52	Лук'янчук Наталія Федорівна	3,0833	0,95	14,5
53	Мартинюк Ольга Юріївна	4,0833	1,06	16,7
54	Мисюкевич Оксана Володимирівна	3,6666	1,04	15,5
55	Сорока Наталія Володимирівна	4	1,04	16,7
56	Сорока Катерина Юріївна	3,5833	1,02	15,8
57	Чебанова Аня Миколаївна	3,9166	1,06	13,5
58	Антикало Аня Володимирівна	3,5	1,07	13,9
59	Делейчук Вадим Федорович	4,25	1,13	14,9
60	Ковалець Юлія Станіславівна	4	0,96	13,4
61	Антикало Віка Михайлівна	2,4166	0,95	15,2
62	Бричка Олександр Степанович	2,75	0,97	15,5
63	Боюка Андрій Іванович	2,0833	0,88	12
64	Григорчук Дмитро Володимирович	2,5	0,98	15,2
65	Григорчук Роман Валерійович	2,6666	0,98	16,4
66	Кулик Аліна Петрівна	2,9166	0,95	13,7
67	Козаченко Артем Васильович	2	0,88	12
68	Прокопчук Аня Богданівна	2,75	0,94	14,5
69	Примак Дмитро Олександрович	2,8333	1,03	17,5
70	Примак Діана Олександрівна	2,8333	0,94	13,5
71	Сорока Вадим Трохимович	2,5	0,91	13,5
	$\Sigma =$	313,58143		1217,7
		Y		X

РОЗДІЛ 2. Встановлення емпіричних формул за результатами експериментальних даних

2.1. Побудова математичної моделі залежності ваги тіла (маси) X від віку Y (пряма задача)

Таблиця 2. Обчислювальна таблиця

№	X0	X^2	Y*X	Y^2
1	1	361	101,3327	28,44409
2	1	441	97,9986	21,77716
3	1	342,25	98,66605	28,44409
4	1	324	95,9994	28,44409
5	1	400	101,666	25,83994
6	1	400	105	27,5625
7	1	289	96,3322	32,11036
8	1	306,25	90,4155	26,69376
9	1	324	97,4988	29,33956
10	1	306,25	91,875	27,5625
11	1	289	96,3322	32,11036
12	1	324	81	20,25
13	1	324	91,49994	25,84024
14	1	324	81	20,25
15	1	299,29	86,5	25
16	1	289	89,25	27,5625
17	1	282,24	67,2	16
18	1	289	76,5	20,25
19	1	484	130,1652	35,00616
20	1	650,25	131,7483	26,69376
21	1	324	99	30,25
22	1	324	108	36
23	1	380,25	115,3737	35,00616
24	1	361	95	25

25	1	306,25	91,875	27,5625
26	1	306,25	94,7905	29,33956
27	1	361	104,5	30,25
28	1	441	110,25	27,5625
29	1	324	108	36
30	1	256	80	25
31	1	324	72	16
32	1	324	74,9988	17,36056
33	1	342,25	92,5	25
34	1	380,25	105,6237	29,33956
35	1	361	106,0827	31,17324
36	1	380,25	89,37435	21,00664
37	1	306,25	90,4155	26,69376
38	1	506,25	114,37425	25,83994
39	1	338,56	104,26544	32,11036
40	1	316,84	97,9	30,25
41	1	492,84	133,2	36
42	1	380,25	97,5	25
43	1	324	58,5	10,5625
44	1	249,64	56,61614	12,84004
45	1	207,36	54	14,0625
46	1	231,04	51,93232	11,67316
47	1	182,25	50,625	14,0625
48	1	204,49	47,66619	11,11089
49	1	243,36	67,59948	18,77749
50	1	196	46,6662	11,11089
51	1	256	70,6656	19,50636
52	1	210,25	44,70785	9,506739
53	1	278,89	68,19111	16,67334
54	1	240,25	56,8323	13,44396
55	1	278,89	66,8	16
56	1	249,64	56,61614	12,84004
57	1	182,25	52,8741	15,33976
58	1	193,21	48,65	12,25
59	1	222,01	63,325	18,0625
60	1	179,56	53,6	16

61	1	231,04	36,73232	5,839956
62	1	240,25	42,625	7,5625
63	1	144	24,9996	4,340139
64	1	231,04	38	6,25
65	1	268,96	43,73224	7,110756
66	1	187,69	39,95742	8,506556
67	1	144	24	4
67	1	210,25	39,875	7,5625
69	1	306,25	49,58275	8,027589
70	1	182,25	38,24955	8,027589
71	1	182,25	33,75	6,25
Σ	71	21342,09	5520,3751	1470,226

Пряма задача

313,5814

Обернена матриця Q

0,002185	-0,0374733
-0,03747	0,6567787

Шукані коефіцієнти a і b

a= 0,3107708
b= -0,9132979

Система нормальних рівнянь

$b[X^2]+$	$a[X]-[YX]=0$
$b[X]+$	$na-[Y]=0$

Матриця коефіцієнтів нормальних рівнянь

21342,09	1217,7
1217,7	71

Вектор вільних членів

5520,375

Контрольне визначення функцією «ЛИНЕЙН»

106	a	b	Fтабл=	3,129644
107	0,310771	-0,913298	a	b
108	0,036053	0,625073	m(a)	m(b)
109	0,518497	0,771296	R^2	μ
110	74,30143	69	Fкритерій	n-m-1
111	44,20179	41,04798	(Y'-Ycp)^2	[VV]
112	8,619828	1,461105	t(0,05;69)=	1,994945
113	t(a)	t(b)		
	F	G	H	I

За результатами досліджень нами отримана формула

$Y= 0,310771X - 0,9132979$ (2.1.1)

де Y-вік(роки); X-вага(kg)

Таблиця 3.Результати зрівноваження

№	Y'зрівнов.	V=Y'-Y	V^2
1	4,991347	-0,34195	0,116932
2	5,612889	0,946289	0,895462
3	4,835962	-0,49734	0,247346
4	4,680576	-0,65272	0,426048
5	5,302118	0,218818	0,047881
6	5,302118	0,052118	0,002716
7	4,369805	-1,29679	1,681676
8	4,525191	-0,64141	0,411406
9	4,680576	-0,73602	0,541731
10	4,525191	-0,72481	0,525348
11	4,369805	-1,29679	1,681676
12	4,680576	0,180576	0,032608
13	4,680576	-0,40275	0,162211
14	4,680576	0,180576	0,032608
15	4,463037	-0,53696	0,28833
16	4,369805	-0,88019	0,774743
17	4,307651	0,307651	0,094649
18	4,369805	-0,13019	0,016951
19	5,923659	0,007059	4,98E-05
20	7,011357	1,844757	3,403129
21	4,680576	-0,81942	0,671455
22	4,680576	-1,31942	1,740879
23	5,146732	-0,76987	0,592696
24	4,991347	-0,00865	7,49E-05
25	4,525191	-0,72481	0,525348
26	4,525191	-0,89141	0,79461
27	4,991347	-0,50865	0,258728
28	5,612889	0,362889	0,131688
29	4,680576	-1,31942	1,740879
30	4,059035	-0,94097	0,885416

31	4,680576	0,680576	0,463184
32	4,680576	0,513976	0,264172
33	4,835962	-0,16404	0,026909
34	5,146732	-0,26987	0,072829
35	4,991347	-0,59195	0,350408
36	5,146732	0,563432	0,317456
37	4,525191	-0,64141	0,411406
38	6,079045	0,995745	0,991507
39	4,804884	-0,86172	0,742554
40	4,618422	-0,88158	0,77718
41	5,985813	-0,01419	0,000201
42	5,146732	0,146732	0,02153
43	4,680576	1,430576	2,046548
44	3,99688	0,41358	0,171049
45	3,561801	-0,1882	0,035419
46	3,810418	0,393818	0,155093
47	3,282108	-0,46789	0,218923
48	3,530724	0,197424	0,038976
49	3,934726	-0,39857	0,158861
50	3,437493	0,104193	0,010856
51	4,059035	-0,35757	0,127853
52	3,592878	0,509578	0,25967
53	4,276574	0,193274	0,037355
54	3,903649	0,237049	0,056192
55	4,276574	0,276574	0,076493
56	3,99688	0,41358	0,171049
57	3,282108	-0,63449	0,402581
58	3,406416	-0,09358	0,008758
59	3,717187	-0,53281	0,28389
60	3,251031	-0,74897	0,560955
61	3,810418	1,393818	1,942729
62	3,903649	1,153649	1,330907
63	2,815951	0,732651	0,536778
64	3,810418	1,310418	1,717195
65	4,183343	1,516743	2,300509
66	3,344262	0,427662	0,182895

67	2,815951	0,815951	0,665777
67	3,592878	0,842878	0,710444
69	4,525191	1,691891	2,862494
70	3,282108	0,448808	0,201428
71	3,282108	0,782108	0,611692
Σ	313,5814	1,09E-12	41,04798

За результатами зрівноваження отримана середня квадратична похибка одиниці ваги

$$\mu = 0,771296 \text{ року}$$

2.2. Контрольні розрахунки для ранжированного ряду

Таблиця 4. Вихідні дані ранжированного ряду

№	Вік(років)У	Маса тіла(кг)
1	2	12
2	2,0833	12
3	2,4166	15,2
4	2,5	13,5
5	2,5	15,2
6	2,6666	
7	2,75	14,5
8	2,75	15,5
9	2,8333	13,5
10	2,8333	17,5

11	2,9166	13,7
12	3,0833	14,5
13	3,25	18
14	3,3333	14
15	3,3333	14,3
16	3,4166	15,2
17	3,5	13,9
18	3,5833	15,8
19	3,5833	15,8
20	3,6666	15,5
21	3,75	13,5
22	3,75	14,4
23	3,9166	13,5
24	4	13,4
25	4	16,7
26	4	16,8
27	4	18
28	4,0833	16,7
29	4,1666	18
30	4,25	14,9
31	4,3333	15,6
32	4,4166	16
33	4,5	17
34	4,5	18
35	4,5	18
36	4,5833	19,5
37	4,6666	21
38	5	
39	5	17,3
40	5	18,5
41	5	19
42	5	19,5
43	5,0833	20
44	5,0833	22,5
45	5,08333	18
46	5,1666	17,5

47	5,1666	17,5
48	5,1666	25,5
49	5,25	17
50	5,25	17,5
51	5,25	17,5
52	5,25	20
53	5,25	21
54	5,3333	18
55	5,3333	18,5
56	5,3333	19
57	5,4166	17,5
58	5,4166	18
59	5,4166	19,5
60	5,5	17,8
61	5,5	18
62	5,5	19
63	5,5833	19
64	5,6666	17
65	5,6666	17
66	5,6666	18,4
67	5,9166	19,5
67	5,9166	22
69	6	18
70	6	18
71	6	22,2
Σ	313,5814	1217,7

Для ранжированного ряду				
106	a	b	$F_{розр} =$	3,129643983
107	0,310771	-0,9132979	a	b
108	0,036053	0,625073208	m(a)	m(b)

109	0,518497	0,771296481	R^2	μ
110	74,30143	69	$F_{критерій}$	$n-m-1$
111	44,20179	41,04798007	$(Y'-Y_{cp})^2$	[VV]
112	8,619828	1,461105496	$t(0,05;69)=$	1,99494539
113	t(a)	t(b)		
114	N	O	P	Q

За результатами досліджень нами отримана формула

$$Y = 0,310771 X - 0,9132979$$

(де Y-вік(роки); X-вага(кг) (2.1.1))

ВИСНОВКИ

1. Так як $F_{табл} < F_{розр}$ $3,129 < 74,301$, то з надійністю $P=0,95$ можна вважати, що побудована нами математична модель відповідає експериментальним даним і її можна використовувати для практичних розрахунків.

2. Статистично значимим являється коефіцієнт a $t(a)=8,620/$

3. Статистично не значимим є коефіцієнт b $t(b)= 1,46/$

4. Середня квадратична похибка одиниці ваги $\mu= 0,771$ року.

5. Середні квадратичні похибки визначених коефіцієнтів: $m(a)= 0.036$ і $m(b)=0.625$.

6. За результатами досліджень нами отримана формула

$$Y = 0.310771X - 0.913298, \quad (2.1.1)$$

де Y- вік (роки); X- вага (кг).

7. Для ранжированого ряду отримані автентичні результати.

8. Коефіцієнт кореляції $r = 0.720$, що говорить про високий зв'язок між X і Y .

РОЗДІЛ 3. Дослідження оберненої задачі

3.1. Побудова математичної моделі залежності ваги тіла (маси) Y від віку X (обернена задача)

Таблиця 5. Вихідні дані оберненої задачі

	Y	X	Результати зрівноваження		
	Маса Тіла(кг)	Вік(років)X	Y'зрівн	V=Y'-Y	V^2
1	12	2	13,1187238	1,118724	1,251543
2	12	2,0833	13,2577036	1,257704	1,581818
3	15,2	2,4166	13,8137894	-1,38621	1,92158
4	13,5	2,5	13,9529359	0,452936	0,205151
5	15,2	2,5	13,9529359	-1,24706	1,555169
6	16,4	2,6666	14,2308954	-2,1691	4,705015
7	14,5	2,75	14,370042	-0,12996	0,016889
8	15,5	2,75	14,370042	-1,12996	1,276805
9	13,5	2,8333	14,5090217	1,009022	1,018125
10	17,5	2,8333	14,5090217	-2,99098	8,945951
11	13,7	2,9166	14,6480014	0,948001	0,898707
12	14,5	3,0833	14,9261278	0,426128	0,181585
13	18	3,25	15,2042541	-2,79575	7,816195
14	14	3,3333	15,3432338	1,343234	1,804277
15	14,3	3,3333	15,3432338	1,043234	1,088337
16	15,2	3,4166	15,4822135	0,282214	0,079644
17	13,9	3,5	15,6213601	1,72136	2,963081
18	15,8	3,5833	15,7603399	-0,03966	0,001573

19	15,8	3,5833	15,7603399	-0,03966	0,001573
20	15,5	3,6666	15,8993196	0,39932	0,159456
21	13,5	3,75	16,0384662	2,538466	6,44381
22	14,4	3,75	16,0384662	1,638466	2,684571
23	13,5	3,9166	16,3164256	2,816426	7,932253
24	13,4	4	16,4555722	3,055572	9,336522
25	16,7	4	16,4555722	-0,24443	0,059745
26	16,8	4	16,4555722	-0,34443	0,118631
27	18	4	16,4555722	-1,54443	2,385257
28	16,7	4,0833	16,5945519	-0,10545	0,011119
29	18	4,1666	16,7335317	-1,26647	1,603942
30	14,9	4,25	16,8726783	1,972678	3,891459
31	15,6	4,3333	17,011658	1,411658	1,992778
32	16	4,4166	17,1506377	1,150638	1,323967
33	17	4,5	17,2897843	0,289784	0,083975
34	18	4,5	17,2897843	-0,71022	0,504406
35	18	4,5	17,2897843	-0,71022	0,504406
36	19,5	4,5833	17,428764	-2,07124	4,290018
37	21	4,6666	17,5677438	-3,43226	11,78038
38	16	5	18,1239964	2,123996	4,511361
39	17,3	5	18,1239964	0,823996	0,67897
40	18,5	5	18,1239964	-0,376	0,141379
41	19	5	18,1239964	-0,876	0,767382
42	19,5	5	18,1239964	-1,376	1,893386
43	20	5,0833	18,2629761	-1,73702	3,017252
44	22,5	5,0833	18,2629761	-4,23702	17,95237
45	18	5,08333	18,2630262	0,263026	0,069183
46	17,5	5,1666	18,4019559	0,901956	0,813524
47	17,5	5,1666	18,4019559	0,901956	0,813524
48	25,5	5,1666	18,4019559	-7,09804	50,38223
49	17	5,25	18,5411024	1,541102	2,374997
50	17,5	5,25	18,5411024	1,041102	1,083894
51	17,5	5,25	18,5411024	1,041102	1,083894
52	20	5,25	18,5411024	-1,4589	2,128382
53	21	5,25	18,5411024	-2,4589	6,046177
54	18	5,3333	18,6800822	0,680082	0,462512

55	18,5	5,3333	18,6800822	0,180082	0,03243
56	19	5,3333	18,6800822	-0,31992	0,102347
57	17,5	5,4166	18,8190619	1,319062	1,739924
58	18	5,4166	18,8190619	0,819062	0,670862
59	19,5	5,4166	18,8190619	-0,68094	0,463677
60	17,8	5,5	18,9582085	1,158208	1,341447
61	18	5,5	18,9582085	0,958208	0,918163
62	19	5,5	18,9582085	-0,04179	0,001747
63	19	5,5833	19,0971882	0,097188	0,009446
64	17	5,6666	19,236168	2,236168	5,000447
65	17	5,6666	19,236168	2,236168	5,000447
66	18,4	5,6666	19,236168	0,836168	0,699177
67	19,5	5,9166	19,653274	0,153274	0,023493
67	22	5,9166	19,653274	-2,34673	5,507123
69	18	6	19,7924206	1,792421	3,212772
70	18	6	19,7924206	1,792421	3,212772
71	22,2	6	19,7924206	-2,40758	5,796439
Σ	1217,7	313,58143	1217,7	4,8E-14	220,3728

За результатами зрівноваження отримана середня квадратична похибка одиниці ваги

$$\mu = 1,787123 \text{ кг}$$

Визначення функцією "ЛИНЕЙН"				
79	a	b	Fтабл=	3,129644
80	1,668424183	9,7818755	a	b
81	0,193556554	0,8807867	m(a)	m(b)
82	0,518497488	1,7871232	R^2	μ
83	74,30143294	69	Fкритерій	n-m-1
84	237,3046156	220,37285	(Y'-Ycp)^2	[VV]

85	8,619827895	11,105839	t(0,05;69)=	1,994945
86	t(a)	t(b)		
87	Q	R	S	T

За результатами досліджень нами отримана формула

$$Y = 1,668424183 X + 9,78187548 \quad (3.1.1)$$

Де Y- вага(кг); X- вік(роки)

ВИСНОВКИ

1. Так як Fтабл < Fрозр 3,129 < 74.301 , то з надійністю P=0.95 можна вважати, що побудована нами математична модель відповідає експериментальним даним і її можна використовувати для практичних розрахунків.

2. Статистично значимим являється коефіцієнт a t(a)=8,620.

3. Статистично значимим є коефіцієнт b t(b)= 11.106.

4. Середня квадратична похибка одиниці ваги $\mu = 1,787$ кг.

5. Середні квадратичні похибки визначених коефіцієнтів: m(a)= 0.194 і m(b)=0.881 .

6. За результатами досліджень нами отримана формула

$$Y = 1.668424X + 9,781875 \quad , \quad (3.1.1)$$

де Y- вага (кг); X- вік (роки).

7. Коефіцієнт кореляції r = 0.720 , що говорить про високий зв'язок між X і Y.

3.2. Апроксимація поліномом другого степеня

Таблиця 6. Матриця коефіцієнтів вихідних рівнянь X

X0	Вік(років)X	X^2
1	2	4
1	2,0833	4,340139
1	2,4166	5,839956
1	2,5	6,25
1	2,5	6,25
1	2,6666	7,110756
1	2,75	7,5625
1	2,75	7,5625
1	2,8333	8,027589
1	2,8333	8,027589
1	2,9166	8,506556
1	3,0833	9,506739
1	3,25	10,5625
1	3,3333	11,11089
1	3,3333	11,11089
1	3,4166	11,67316
1	3,5	12,25
1	3,5833	12,84004
1	3,5833	12,84004
1	3,6666	13,44396
1	3,75	14,0625
1	3,75	14,0625
1	3,9166	15,33976
1	4	16
1	4	16
1	4	16
1	4	16

1	4,0833	16,67334
1	4,1666	17,36056
1	4,25	18,0625
1	4,3333	18,77749
1	4,4166	19,50636
1	4,5	20,25
1	4,5	20,25
1	4,5	20,25
1	4,5833	21,00664
1	4,6666	21,77716
1	5	25
1	5	25
1	5	25
1	5	25
1	5	25
1	5	25
1	5,0833	25,83994
1	5,0833	25,83994
1	5,08333	25,84024
1	5,1666	26,69376
1	5,1666	26,69376
1	5,1666	26,69376
1	5,25	27,5625
1	5,25	27,5625
1	5,25	27,5625
1	5,25	27,5625
1	5,25	27,5625
1	5,3333	28,44409
1	5,3333	28,44409
1	5,3333	28,44409
1	5,4166	29,33956
1	5,4166	29,33956
1	5,4166	29,33956
1	5,5	30,25
1	5,5	30,25
1	5,5	30,25
1	5,5833	31,17324

1	5,6666	32,11036
1	5,6666	32,11036
1	5,6666	32,11036
1	5,9166	35,00616
1	5,9166	35,00616
1	6	36
1	6	36
1	6	36
71	313,5814	1470,226

Таблиця 7. Вектор Y

Маса тіла(кг)Y
12
12
15,2
13,5
15,2
16,4
14,5
15,5
13,5
17,5
13,7
14,5
18
14
14,3
15,2
13,9
15,8
15,8

15,5
13,5
14,4
13,5
13,4
16,7
16,8
18
16,7
18
14,9
15,6
16
17
18
18
19,5
21
16
17,3
18,5
19
19,5
20
22,5
18
17,5
17,5
25,5
17
17,5
17,5
20
21
18
18,5
19

17,5
18
19,5
17,8
18
19
19
17
17
18,4
19,5
22
18
18
22,2
1217,7

Результати зрівноваження

Комп’ютерна формула розрахунку Y’зрівнов.

$$= \$ABS107 * Y3 + \$AC107 * X3 + \$ADS107 * W3 \quad (3.2.1)$$

Таблиця 9. Результати апроксимації поліномом 2 степеня

№	Y'зрівнов.	V=Y'-Y	V^2
1	13,07273	1,072725	1,15074
2	13,2165	1,2165	1,479872
3	13,78988	-1,41012	1,988439
4	13,93288	0,432881	0,187386
5	13,93288	-1,26712	1,605591
6	14,21797	-2,18203	4,761242
7	14,36041	-0,13959	0,019486
8	14,36041	-1,13959	1,298674

9	14,50248	1,00248	1,004966
10	14,50248	-2,99752	8,985128
11	14,64436	0,944364	0,891824
12	14,92774	0,427737	0,182959
13	15,21035	-2,78965	7,782133
14	15,35129	1,351292	1,825991
15	15,35129	1,051292	1,105215
16	15,49204	0,292043	0,085289
17	15,63277	1,732773	3,002504
18	15,77315	-0,02685	0,000721
19	15,77315	-0,02685	0,000721
20	15,91333	0,41333	0,170842
21	16,05349	2,553493	6,520326
22	16,05349	1,653493	2,734039
23	16,33292	2,832915	8,02541
24	16,47251	3,072511	9,440322
25	16,47251	-0,22749	0,051751
26	16,47251	-0,32749	0,107249
27	16,47251	-1,52749	2,333223
28	16,61175	-0,08825	0,007788
29	16,7508	-1,2492	1,560502
30	16,88983	1,989827	3,959412
31	17,0285	1,428499	2,040609
32	17,16698	1,166982	1,361847
33	17,30544	0,305442	0,093295
34	17,30544	-0,69456	0,482411
35	17,30544	-0,69456	0,482411
36	17,44355	-2,05645	4,228999
37	17,58146	-3,41854	11,6864
38	18,13157	2,131567	4,543579
39	18,13157	0,831567	0,691504
40	18,13157	-0,36843	0,135743
41	18,13157	-0,86843	0,754175
42	18,13157	-1,36843	1,872608
43	18,26854	-1,73146	2,99796
44	18,26854	-4,23146	17,90527

45	18,26859	0,268588	0,072139
46	18,40532	0,90532	0,819605
47	18,40532	0,90532	0,819605
48	18,40532	-7,09468	50,33448
49	18,54208	1,542078	2,378003
50	18,54208	1,042078	1,085926
51	18,54208	1,042078	1,085926
52	18,54208	-1,45792	2,125538
53	18,54208	-2,45792	6,041382
54	18,67848	0,678482	0,460337
55	18,67848	0,178482	0,031856
56	18,67848	-0,32152	0,103374
57	18,8147	1,314697	1,728428
58	18,8147	0,814697	0,663731
59	18,8147	-0,6853	0,46964
60	18,95089	1,150886	1,32454
61	18,95089	0,950886	0,904185
62	18,95089	-0,04911	0,002412
63	19,08672	0,086724	0,007521
64	19,22237	2,222372	4,938937
65	19,22237	2,222372	4,938937
66	19,22237	0,822372	0,676296
67	19,62835	0,128345	0,016473
67	19,62835	-2,37165	5,624745
69	19,7634	1,7634	3,109578
70	19,7634	1,7634	3,109578
71	19,7634	-2,4366	5,937021
Σ	1217,7	2,66E-14	220,3567

Середня квадратична похибка одиниці ваги

$$\mu = 1,80015 \text{ кг}$$

Апроксимація квадратичним поліномом

79	b	a	c	Фрозр=	3,131672
80	1,781565	-0,01361	9,564044	a	b
81	1,616548	0,193068	3,214507	m(a)	m(b),m(c)
82	0,518533	1,80015	#Н/Д	R^2	μ
83	36,61746	68	#Н/Д	Фкритерій	n-m-1
84	237,3207	220,3567	#Н/Д	(Y'-Ycp)^2	[VV]
85	1,10208	0,070504	2,975276	t(0,05;69)=	1,995469
86	t(a)	t(b)	t(c)		
87	W	X	Y	Z	AA

За результатами досліджень нами отримана формула

Y=	-0,01361X^2+	1,781565X	+	9,564044
Де Y-вага(кг); X-вік(роки)				(3.2.2)

Контрольне визначення

106	a	b	c	Фрозр=	3,131672
107	-0,01361	1,781565	9,564044	a	b
108	0,193068	1,616548	3,214507	m(a)	m(b),m(c)
109	0,518533	1,80015	#Н/Д	R^2	μ
110	36,61746	68	#Н/Д	Фкритерій	n-m-1
111	237,3207	220,3567	#Н/Д	(Y'-Ycp)^2	[VV]
112	AB	AC	AD	AE	AF

Матриця коефіцієнтів нормальних рівнянь знайдена за слідуною комп'ютерною формулою

$$=МУМНОЖ(ТРАНСП(W3:Y73);W3:Y73) , (3.2.3)$$

де матриця X(W3:Y73)

Таблиця 10. Матриця X(W3:Y73)

1	2	4
1	2,0833	4,340139
1	2,4166	5,839956
1	2,5	6,25
1	2,5	6,25
1	2,6666	7,110756
1	2,75	7,5625
1	2,75	7,5625
1	2,8333	8,027589
1	2,8333	8,027589
1	2,9166	8,506556
1	3,0833	9,506739
1	3,25	10,5625
1	3,3333	11,11089
1	3,3333	11,11089
1	3,4166	11,67316
1	3,5	12,25
1	3,5833	12,84004
1	3,5833	12,84004
1	3,6666	13,44396
1	3,75	14,0625
1	3,75	14,0625
1	3,9166	15,33976
1	4	16
1	4	16
1	4	16
1	4	16
1	4,0833	16,67334
1	4,1666	17,36056
1	4,25	18,0625
1	4,3333	18,77749
1	4,4166	19,50636

1	4,5	20,25
1	4,5	20,25
1	4,5	20,25
1	4,5833	21,00664
1	4,6666	21,77716
1	5	25
1	5	25
1	5	25
1	5	25
1	5	25
1	5,0833	25,83994
1	5,0833	25,83994
1	5,08333	25,84024
1	5,1666	26,69376
1	5,1666	26,69376
1	5,1666	26,69376
1	5,25	27,5625
1	5,25	27,5625
1	5,25	27,5625
1	5,25	27,5625
1	5,25	27,5625
1	5,3333	28,44409
1	5,3333	28,44409
1	5,3333	28,44409
1	5,4166	29,33956
1	5,4166	29,33956
1	5,4166	29,33956
1	5,5	30,25
1	5,5	30,25
1	5,5	30,25
1	5,5833	31,17324
1	5,6666	32,11036
1	5,6666	32,11036
1	5,6666	32,11036
1	5,9166	35,00616
1	5,9166	35,00616

1	6	36
1	6	36
1	6	36

Матриця коефіцієнтів нормальних рівнянь

$$N = X \cdot X_{\text{трансп}} \quad (3.2.4)$$

знаходиться в діапазоні **N(AI99:AK101)**,

де $X_{\text{трансп}}$ - транспонована матриця коефіцієнтів початкових рівнянь.

71	313,5814	1470,226
313,5814	1470,226	7202,039
1470,226	7202,039	36421,09

Обернена матриця

$$Q = N^{-1} \quad (3.2.5)$$

знайдена за формулою

$$= \text{МОБР}(AI99:AK101) \quad (3.2.6)$$

де діапазоном **(AI99:AK101)** виділяється матриця коефіцієнтів нормальних рівнянь.

Обернена матриця

$$Q = N^{-1}$$

буде

3,188682	-1,581832	0,184078
-1,58183	0,806417	-0,09561
0,184078	-0,095609	0,011503

Вектор вільних членів

$$b = Y \cdot X_{\text{трансп}} \quad (3.2.7)$$

розраховується за формулою

$$= \text{МУМНОЖ}(\text{ТРАНСП}(W3:Y73); Q3:Q73) \quad (3.2.8)$$

Де вектор $Y(Q3:Q73)$

Таблиця 11. Вектор $Y(Q3:Q73)$

12
12
15,2
13,5
15,2
16,4
14,5
15,5
13,5
17,5
13,7
14,5
18
14
14,3

13,9
15,8
15,8
15,5
13,5
14,4
13,5
13,4
16,7
16,8
18
16,7
18
14,9
15,6
16
17
18
18
19,5
21
16
17,3
18,5
19
19,5
20
22,5
18
17,5
17,5
25,5
17
17,5
17,5
20

21
18
18,5
19
17,5
18
19,5
17,8
18
19
19
17
17
18,4
19,5
22
18
18
22,2

Таким чином, вектор вільних членів \mathbf{b} , суть

1217,7
5520,375
26396,44

В подальшому знаходимо вектор шуканих коефіцієнтів

$$= \text{МУМНОЖ}(\mathbf{A1104}:\mathbf{AK106}; \mathbf{AJ110}:\mathbf{AJ112}), \quad (3.2.9)$$

де обернена матриця \mathbf{Q} знаходиться в діапазоні $(\mathbf{A1104}:\mathbf{AK106})$, а діапазоном $(\mathbf{AJ110}:\mathbf{AJ112})$ виділяється вектор \mathbf{b} .

Вектор шуканих коефіцієнтів розміщується в діапазоні
(AJ116:AJ118)

	a=b*Q
c=	9,564044
b=	1,781565
a=	-0,013612

Контроль обчислень знаходять за формулою

$$b=a*N \quad (3.2.10)$$

$$=МУМНОЖ(AI99:AK101;AJ116:AJ118). \quad (3.2.11)$$

Таким чином, отримали
контрольне значення вектора
вільних членів **b**.

1217,7
5520,375
26396,44

Приведемо порівняльну таблицю розрахунку
зрівноваженої функції при апроксимації поліномом
першого і другого степеня.

Таблиця 12. Порівняльна таблиця

№	Y'зрівн1ст	Y'зрівн2ст	V=Y'1- Y'2
1	13,11872	13,07273	0,045998
2	13,2577	13,2165	0,041204
3	13,81379	13,78988	0,02391
4	13,95294	13,93288	0,020055

5	13,95294	13,93288	0,020055
6	14,2309	14,21797	0,012923
7	14,37004	14,36041	0,009636
8	14,37004	14,36041	0,009636
9	14,50902	14,50248	0,006542
10	14,50902	14,50248	0,006542
11	14,648	14,64436	0,003637
12	14,92613	14,92774	-0,00161
13	15,20425	15,21035	-0,0061
14	15,34323	15,35129	-0,00806
15	15,34323	15,35129	-0,00806
16	15,48221	15,49204	-0,00983
17	15,62136	15,63277	-0,01141
18	15,76034	15,77315	-0,01281
19	15,76034	15,77315	-0,01281
20	15,89932	15,91333	-0,01401
21	16,03847	16,05349	-0,01503
22	16,03847	16,05349	-0,01503
23	16,31643	16,33292	-0,01649
24	16,45557	16,47251	-0,01694
25	16,45557	16,47251	-0,01694
26	16,45557	16,47251	-0,01694
27	16,45557	16,47251	-0,01694
28	16,59455	16,61175	-0,0172
29	16,73353	16,7508	-0,01727
30	16,87268	16,88983	-0,01715
31	17,01166	17,0285	-0,01684
32	17,15064	17,16698	-0,01634
33	17,28978	17,30544	-0,01566
34	17,28978	17,30544	-0,01566
35	17,28978	17,30544	-0,01566
36	17,42876	17,44355	-0,01478
37	17,56774	17,58146	-0,01372
38	18,124	18,13157	-0,00757
39	18,124	18,13157	-0,00757
40	18,124	18,13157	-0,00757

41	18,124	18,13157	-0,00757
42	18,124	18,13157	-0,00757
43	18,26298	18,26854	-0,00556
44	18,26298	18,26854	-0,00556
45	18,26303	18,26859	-0,00556
46	18,40196	18,40532	-0,00336
47	18,40196	18,40532	-0,00336
48	18,40196	18,40532	-0,00336
49	18,5411	18,54208	-0,00098
50	18,5411	18,54208	-0,00098
51	18,5411	18,54208	-0,00098
52	18,5411	18,54208	-0,00098
53	18,5411	18,54208	-0,00098
54	18,68008	18,67848	0,0016
55	18,68008	18,67848	0,0016
56	18,68008	18,67848	0,0016
57	18,81906	18,8147	0,004365
58	18,81906	18,8147	0,004365
59	18,81906	18,8147	0,004365
60	18,95821	18,95089	0,007322
61	18,95821	18,95089	0,007322
62	18,95821	18,95089	0,007322
63	19,09719	19,08672	0,010465
64	19,23617	19,22237	0,013796
65	19,23617	19,22237	0,013796
66	19,23617	19,22237	0,013796
67	19,65327	19,62835	0,024929
67	19,65327	19,62835	0,024929
69	19,79242	19,7634	0,029021
70	19,79242	19,7634	0,029021
71	19,79242	19,7634	0,029021
Σ	1217,7	1217,7	0

Як видно із порівняльної таблиці, розрахункові значення функції Y' визначені за розробленими нами формулами поліномів першого і другого степеня, відрізняються на дуже малі величини, якими практично можна нехтувати.

ВИСНОВКИ

1. Так як $F_{табл} < F_{розр}$ $3,130 < 36.617$, то з надійністю $P=0.95$ можна вважати, що побудована нами математична модель відповідає експериментальним даним і її можна використовувати для практичних розрахунків.

2. Статистично значимим являється коефіцієнт c $t(c)=2,975$, що більше $1,995$.

3. Статистично незначимим є коефіцієнти a і b .

4. Середня квадратична похибка одиниці ваги $\mu=1,800$ кг.

5. Середні квадратичні похибки визначених коефіцієнтів: $m(a)=1.616$; $m(b)=0.193$; $m(c)=3.214$.

6. За результатами досліджень нами отримана формула

$$Y = -0.01361X^2 + 1,781565X + 9.564044 \quad , (3.2.2)$$

де Y - вага (кг); X - вік (роки).

7. Коефіцієнт кореляції $r = 0.720$, що говорить про високий зв'язок між X і Y .

8. Із підвищенням степеня апроксимації не здійснюється покращення характеристик моделі.

9. Розрахункові значення функції Y' , визначені за розробленими нами формулами поліномів першого і другого степеня, відрізняються на дуже малі величини, якими практично можна нехтувати.

РОЗДІЛ 4. Побудова і дослідження імітаційної моделі

4.1. Генерування істинних похибок для дослідження математичної моделі методом статистичних випробувань Монте Карло

При проведенні досліджень приймемо середню квадратичну похибку визначення ваги дітей в 0,1 кілограма, тобто 100 грам.

Тому, логічно генерувати випадкові похибки з точністю, яка б дорівнювала 0,1 кг .

Користуючись таблицями псевдовипадкових чисел ряд років, ми прийшли до висновку, що найкращою з них є таблиця, розроблена молодим вченим нашого університету Валецьким Олександром Олеговичем в його магістерській дипломній роботі, виконаній під науковим керівництвом доктора фізико-математичних наук, професора Джуня Йосипа Володимировича [4,5,6].

Але, приймаючи до уваги, що нам буде потрібно для кожної математичної моделі по 71 псевдовипадковому числі, в даній роботі будемо генерувати псевдовипадкові числа за формулою

$$\xi = \text{СЛУЧИС}() * 0,01 * N, \quad (4.1)$$

математичної моделі по списку в журналі групи).

Приведемо методику розрахунку випадкових чисел, які приймемо в подальшому як істинні похибки для побудови спотвореної моделі.

1. Отримавши ряд випадкових (а точніше псевдовипадкових) чисел ξ_i , розраховують середнє арифметичне генерованих псевдовипадкових чисел ξ_{cp} .

$$\xi_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n \xi_i}{n}, \quad (4.2)$$

де n – сума випадкових чисел.

2. Розраховуються попередні значення істинних похибок Δ'_i за формулою

$$\Delta'_i = \xi_i - \xi_{cp}, \quad (4.3)$$

3. Знаходять середню квадратичну похибку попередніх істинних похибок за формулою Гаусса

$$m_{\Delta'} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m \Delta'^2_i}{n}}, \quad (4.4)$$

4. Вчислюють коефіцієнт пропорційності K для визначення істинних похибок необхідної точності

$$K = \frac{c}{m_{\Delta}'}, \quad (4.5)$$

де С – необхідна нормована константа.

Так, наприклад, при $m_{\Delta}' = 0,28$ і необхідності побудови математичної моделі з точністю $c=0,1$, будемо мати

$$K_{0,1} = \frac{0,1}{0,28} = 0,357,$$

а при $C=0,05$, отримаємо $K_{0,05} = 0,05/0,28 = 0,178$.

5. Істинні похибки розраховуються за формулою

$$\Delta_i = \Delta_i' \cdot K, \quad (4.6)$$

6. Заключним контролем служить розрахунок середньої квадратичної похибки m_{Δ} генерованих істинних похибок Δ

$$m_{\Delta} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m \Delta^2}{n}}, \quad (4.7)$$

і порівняння

$$m_{\Delta} = C \quad (4.8)$$

Таблиця 13. Генерування і нормування істинних похибок

№	ξ_i	$\xi_{\text{ср}}$	$\Delta' = \xi_i - \xi_{\text{ср}}$	Δ'^2	$\Delta = k \cdot \Delta'$
1	0,534122	0,470857	0,063265	0,004002	0,02246
2	0,058754	0,470857	-0,412103	0,169829	-0,1463
3	0,499492	0,470857	0,028635	0,00082	0,010166
4	0,425042	0,470857	-0,045815	0,002099	-0,01626
5	0,346579	0,470857	-0,124278	0,015445	-0,04412
6	0,121213	0,470857	-0,349644	0,122251	-0,12413
7	0,975424	0,470857	0,504567	0,254588	0,179125
8	0,027822	0,470857	-0,443035	0,19628	-0,15728
9	0,828375	0,470857	0,357518	0,127819	0,126921
10	0,490147	0,470857	0,01929	0,000372	0,006848
11	0,23732	0,470857	-0,233537	0,05454	-0,08291
12	0,119264	0,470857	-0,351593	0,123618	-0,12482
13	0,130365	0,470857	-0,340492	0,115935	-0,12088
14	0,205522	0,470857	-0,265335	0,070403	-0,0942
15	0,758041	0,470857	0,287184	0,082475	0,101952
16	0,856318	0,470857	0,385461	0,14858	0,136841
17	0,241314	0,470857	-0,229543	0,05269	-0,08149
18	0,166728	0,470857	-0,304129	0,092494	-0,10797
19	0,49642	0,470857	0,025563	0,000653	0,009075
20	0,234555	0,470857	-0,236302	0,055839	-0,08389
21	0,977298	0,470857	0,506441	0,256482	0,17979
22	0,079609	0,470857	-0,391248	0,153075	-0,1389
23	0,359151	0,470857	-0,111706	0,012478	-0,03966
24	0,880946	0,470857	0,410089	0,168173	0,145585
25	0,706003	0,470857	0,235146	0,055294	0,083479
26	0,492383	0,470857	0,021526	0,000463	0,007642
27	0,92559	0,470857	0,454733	0,206782	0,161433

28	0,312075	0,470857	-0,158782	0,025212	-0,05637
29	0,655368	0,470857	0,184511	0,034044	0,065503
30	0,678138	0,470857	0,207281	0,042965	0,073586
31	0,974999	0,470857	0,504142	0,254159	0,178974
32	0,472972	0,470857	0,002115	4,47E-06	0,000751
33	0,933926	0,470857	0,463069	0,214433	0,164393
34	0,790706	0,470857	0,319849	0,102303	0,113549
35	0,43132	0,470857	-0,039537	0,001563	-0,01404
36	0,73881	0,470857	0,267953	0,071799	0,095125
37	0,355546	0,470857	-0,115311	0,013297	-0,04094
38	0,336836	0,470857	-0,134021	0,017962	-0,04758
39	0,375365	0,470857	-0,095492	0,009119	-0,0339
40	0,007629	0,470857	-0,463228	0,21458	-0,16445
41	0,778149	0,470857	0,307292	0,094428	0,109091
42	0,797907	0,470857	0,32705	0,106962	0,116105
43	0,624425	0,470857	0,153568	0,023583	0,054518
44	0,338973	0,470857	-0,131884	0,017393	-0,04682
45	0,017026	0,470857	-0,453831	0,205963	-0,16111
46	0,189774	0,470857	-0,281083	0,079008	-0,09979
47	0,517936	0,470857	0,047079	0,002216	0,016713
48	0,628455	0,470857	0,157598	0,024837	0,055948
49	0,170723	0,470857	-0,300134	0,09008	-0,10655
50	0,019109	0,470857	-0,451748	0,204076	-0,16037
51	0,208543	0,470857	-0,262314	0,068809	-0,09312
52	0,092873	0,470857	-0,377984	0,142872	-0,13419
53	0,483407	0,470857	0,01255	0,000158	0,004455
54	0,76333	0,470857	0,292473	0,08554	0,10383
55	0,449141	0,470857	-0,021716	0,000472	-0,00771
56	0,514311	0,470857	0,043454	0,001888	0,015426
57	0,517994	0,470857	0,047137	0,002222	0,016734
58	0,209132	0,470857	-0,261725	0,0685	-0,09291
59	0,029979	0,470857	-0,440878	0,194373	-0,15651
60	0,773903	0,470857	0,303046	0,091837	0,107584
61	0,254227	0,470857	-0,21663	0,046929	-0,07691
62	0,56115	0,470857	0,090293	0,008153	0,032055
63	0,403783	0,470857	-0,067074	0,004499	-0,02381

64	0,860268	0,470857	0,389411	0,151641	0,138244
65	0,312178	0,470857	-0,158679	0,025179	-0,05633
66	0,496763	0,470857	0,025906	0,000671	0,009197
67	0,887929	0,470857	0,417072	0,173949	0,148064
67	0,569377	0,470857	0,09852	0,009706	0,034975
69	0,656072	0,470857	0,185215	0,034305	0,065753
70	0,778842	0,470857	0,307985	0,094855	0,109337
71	0,287685	0,470857	-0,183172	0,033552	-0,06503
Σ	33,43085	33,43083	-3,61E-15	5,633575	1,42E-06

Середня квадратична похибка попередніх істинних похибок

$$m_{\Delta i} = \sqrt{(\Delta i^2/n)}$$

0,281684

$$m_{\Delta} = (AK74/W74)^{0,5} = 0,281684$$

Коефіцієнт пропорційності

$$K = \frac{0,1}{0,281684} = 0,35501.$$

$$k = 0,1/AL76 = 0,355007$$

Середня квадратична похибка при генеруванні випадкових чисел з точністю $c = 0,1$

$$m_{\Delta_i} = \sqrt{\frac{0,7100}{71}} = 0,1.$$

$$m_{\Delta} = (AM74/W74)^{0,5} = 0,1$$

Таблиця 14. Побудова імітаційної моделі

№	Y'зрівн1ст	$\Delta=k*\Delta'$	$Y=X+\Delta$
1	13,11872	0,022459	13,14118
2	13,2577	-0,1463	13,1114
3	13,81379	0,010166	13,82395
4	13,95294	-0,01626	13,93667
5	13,95294	-0,04412	13,90882
6	14,2309	-0,12413	14,10677
7	14,37004	0,179125	14,54917
8	14,37004	-0,15728	14,21276
9	14,50902	0,126921	14,63594
10	14,50902	0,006848	14,51587
11	14,648	-0,08291	14,56509
12	14,92613	-0,12482	14,80131
13	15,20425	-0,12088	15,08338
14	15,34323	-0,0942	15,24904
15	15,34323	0,101952	15,44519
16	15,48221	0,136841	15,61905
17	15,62136	-0,08149	15,53987
18	15,76034	-0,10797	15,65237
19	15,76034	0,009075	15,76941
20	15,89932	-0,08389	15,81543
21	16,03847	0,17979	16,21826
22	16,03847	-0,1389	15,89957
23	16,31643	-0,03966	16,27677
24	16,45557	0,145585	16,60116
25	16,45557	0,083479	16,53905
26	16,45557	0,007642	16,46321
27	16,45557	0,161433	16,61701
28	16,59455	-0,05637	16,53818
29	16,73353	0,065503	16,79903
30	16,87268	0,073586	16,94626
31	17,01166	0,178974	17,19063
32	17,15064	0,000751	17,15139

33	17,28978	0,164393	17,45418
34	17,28978	0,113549	17,40333
35	17,28978	-0,01404	17,27575
36	17,42876	0,095125	17,52389
37	17,56774	-0,04094	17,52681
38	18,124	-0,04758	18,07642
39	18,124	-0,0339	18,0901
40	18,124	-0,16445	17,95955
41	18,124	0,109091	18,23309
42	18,124	0,116105	18,2401
43	18,26298	0,054518	18,31749
44	18,26298	-0,04682	18,21616
45	18,26303	-0,16111	18,10191
46	18,40196	-0,09979	18,30217
47	18,40196	0,016714	18,41867
48	18,40196	0,055948	18,4579
49	18,5411	-0,10655	18,43455
50	18,5411	-0,16037	18,38073
51	18,5411	-0,09312	18,44798
52	18,5411	-0,13419	18,40692
53	18,5411	0,004455	18,54556
54	18,68008	0,10383	18,78391
55	18,68008	-0,00771	18,67237
56	18,68008	0,015427	18,69551
57	18,81906	0,016734	18,8358
58	18,81906	-0,09291	18,72615
59	18,81906	-0,15651	18,66255
60	18,95821	0,107584	19,06579
61	18,95821	-0,07691	18,8813
62	18,95821	0,032055	18,99026
63	19,09719	-0,02381	19,07338
64	19,23617	0,138244	19,37441
65	19,23617	-0,05633	19,17984
66	19,23617	0,009197	19,24536
67	19,65327	0,148064	19,80134
67	19,65327	0,034975	19,68825

69	19,79242	0,065753	19,85817
70	19,79242	0,109337	19,90176
71	19,79242	-0,06503	19,72739
Σ	1217,7	-1,7E-15	1217,7

m(b)=	0,049872
m(a)=	0,01096

Зрівноваження імітаційної моделі

Матриця коефіцієнтів нормальних рівнянь $N=X \cdot X_{tr}$

71	313,5814
313,5814	1470,226

Обернена матриця $Q=N^{-1}$

0,242903	-0,05181
-0,05181	0,01173

Вектор вільних членів $b=Y \cdot X_{tr}$

1217,7
5519,832

Шукані коефіцієнти $a=b \cdot Q$

b=	9,810021
a=	1,662052

Середні квадр.похибки

Таблиця 15. Результати зрівноваження імітаційної моделі

Вік(років)X	Y"зрівн	V=Y"-Y	V^2
2	13,09002	-0,12604	0,015885
2,0833	13,22999	-0,04576	0,002094
2,4166	13,79004	0,044947	0,00202
2,5	13,93017	-0,03836	0,001472
2,5	13,93017	-0,02834	0,000803
2,6666	14,21011	0,018428	0,00034
2,75	14,35025	-0,06694	0,004481
2,75	14,35025	0,056022	0,003138
2,8333	14,49022	-0,009	8,1E-05
2,8333	14,49022	0,167203	0,027957
2,9166	14,63019	0,158148	0,025011
3,0833	14,91029	-0,02928	0,000857
3,25	15,1904	0,029581	0,000875
3,3333	15,33037	-0,01114	0,000124
3,3333	15,33037	-0,18531	0,034341
3,4166	15,47034	-0,08144	0,006632
3,5	15,61047	0,026173	0,000685
3,5833	15,75044	-0,15043	0,02263
3,5833	15,75044	0,172623	0,029799
3,6666	15,89041	-0,09078	0,008242
3,75	16,03055	0,103428	0,010697
3,75	16,03055	0,111047	0,012332
3,9166	16,31049	-0,16352	0,026739
4	16,45062	-0,00047	2,24E-07
4	16,45062	-0,05662	0,003206
4	16,45062	-0,10316	0,010642
4	16,45062	0,041635	0,001733
4,0833	16,59059	0,129677	0,016816

4,1666	16,73056	-0,09136	0,008347
4,25	16,8707	0,02009	0,000404
4,3333	17,01067	-0,10949	0,011988
4,4166	17,15064	-0,00015	2,3E-08
4,5	17,29077	-0,04881	0,002382
4,5	17,29077	0,143558	0,020609
4,5	17,29077	0,135755	0,018429
4,5833	17,43074	0,055211	0,003048
4,6666	17,57071	0,08225	0,006765
5	18,13092	-0,00168	2,81E-06
5	18,13092	-0,16022	0,025671
5	18,13092	-0,10903	0,011887
5	18,13092	0,012381	0,000153
5	18,13092	0,134087	0,017979
5,0833	18,27089	0,140675	0,01979
5,0833	18,27089	-0,02433	0,000592
5,08333	18,27094	0,100472	0,010095
5,1666	18,41086	0,178863	0,031992
5,1666	18,41086	0,007049	4,97E-05
5,1666	18,41086	-0,11953	0,014288
5,25	18,551	-0,00524	2,75E-05
5,25	18,551	0,063664	0,004053
5,25	18,551	0,19616	0,038479
5,25	18,551	0,104563	0,010933
5,25	18,551	-0,09278	0,008609
5,3333	18,69097	0,045373	0,002059
5,3333	18,69097	-0,04222	0,001782
5,3333	18,69097	-0,10326	0,010662
5,4166	18,83094	0,062279	0,003879
5,4166	18,83094	-0,04585	0,002102
5,4166	18,83094	0,173611	0,030141
5,5	18,97108	0,047502	0,002256
5,5	18,97108	-0,13308	0,017709
5,5	18,97108	-0,12494	0,015609
5,5833	19,11104	-0,07422	0,005508
5,6666	19,25101	0,117306	0,013761

5,6666	19,25101	-0,12506	0,01564
5,6666	19,25101	-0,10666	0,011375
5,9166	19,67109	0,09112	0,008303
5,9166	19,67109	-0,07539	0,005683
6	19,81123	-0,10688	0,011423
6	19,81123	-0,02905	0,000844
6	19,81123	-0,05507	0,003033
313,5814	1217,7	-5,6E-13	0,697975

Середня квадратична похибка одиниці ваги

$$\mu = 0,101333 \text{ кг.}$$

Визначення функцією "ЛИНЕЙН"

77	a	b	Fтабл=	3,129644
78	1,664262	9,800259	a	b
79	0,010975	0,049942	m(a)	m(b)
80	0,997008	0,101333	R^2	μ
81	22994,91	69	Fкритерій	n-m-1
82	236,1221	0,708523	(Y'-Y _{ср})^2	[VV]
83	151,6407	196,2316	t(0,05;69)=	1,994945
84	t(a)	t(b)		
85	AO	AP	AQ	AR

Таким чином, ми отримали формулу

$$Y = 1.664262X + 9.800259 \quad (4.9)$$

4.2. Оцінка точності параметрів, отриманих із рішення системи нормальних рівнянь

Таблиця 16. Вихідна матриця X(AW3:AX73)

X0	Вік(років)X
1	2
1	2,0833
1	2,4166
1	2,5
1	2,5
1	2,6666
1	2,75
1	2,75
1	2,8333
1	2,8333
1	2,9166
1	3,0833
1	3,25
1	3,3333
1	3,3333
1	3,4166
1	3,5
1	3,5833
1	3,5833
1	3,6666
1	3,75
1	3,75
1	3,9166
1	4
1	4
1	4

1	4
1	4,0833
1	4,1666
1	4,25
1	4,3333
1	4,4166
1	4,5
1	4,5
1	4,5
1	4,5833
1	4,6666
1	5
1	5
1	5
1	5
1	5
1	5
1	5,0833
1	5,0833
1	5,08333
1	5,1666
1	5,1666
1	5,1666
1	5,1666
1	5,25
1	5,25
1	5,25
1	5,25
1	5,25
1	5,25
1	5,3333
1	5,3333
1	5,3333
1	5,3333
1	5,4166
1	5,4166
1	5,4166
1	5,5
1	5,5
1	5,5

1	5,5833
1	5,6666
1	5,6666
1	5,6666
1	5,9166
1	5,9166
1	6
1	6
1	6
71	313,5814

0,074526	-0,01368
0,07021	-0,01271
0,07021	-0,01271
0,065895	-0,01173
0,061574	-0,01075
0,057258	-0,00978
0,057258	-0,00978
0,052943	-0,0088
0,048622	-0,00782
0,048622	-0,00782
0,039991	-0,00587
0,03567	-0,00489
0,03567	-0,00489
0,03567	-0,00489
0,03567	-0,00489
0,031354	-0,00391
0,027039	-0,00293
0,022718	-0,00195
0,018402	-0,00098
0,014087	-4,7E-07
0,009766	0,000978
0,009766	0,000978
0,009766	0,000978
0,00545	0,001955
0,001135	0,002932
-0,01614	0,006843
-0,01614	0,006843
-0,01614	0,006843
-0,01614	0,006843
-0,01614	0,006843
-0,02045	0,00782
-0,02045	0,00782
-0,02046	0,00782
-0,02477	0,008797
-0,02477	0,008797
-0,02477	0,008797
-0,02477	0,008797
-0,02909	0,009776

Допоміжна матриця $Q'=Q*X$ розраховується за формулою

$$=МУМНОЖ(АW3:АХ73;АV86:АW87), \quad (4.2.1)$$

де обернена матриця Q лежить в діапазоні (AV86: AW87)

Таблиця 17. Допоміжна матриця Q' див.форм.(1.1.11)

Допоміжна матриця	
$Q'=Q*X$	
0,139286	-0,02835
0,134971	-0,02737
0,117703	-0,02346
0,113382	-0,02248
0,113382	-0,02248
0,104751	-0,02053
0,10043	-0,01955
0,10043	-0,01955
0,096115	-0,01857
0,096115	-0,01857
0,091799	-0,0176
0,083162	-0,01564

-0,02909	0,009776
-0,02909	0,009776
-0,02909	0,009776
-0,02909	0,009776
-0,03341	0,010753
-0,03341	0,010753
-0,03341	0,010753
-0,03772	0,01173
-0,03772	0,01173
-0,03772	0,01173
-0,04204	0,012708
-0,04204	0,012708
-0,04204	0,012708
-0,04636	0,013685
-0,05067	0,014662
-0,05067	0,014662
-0,05067	0,014662
-0,06363	0,017595
-0,06363	0,017595
-0,06795	0,018573
-0,06795	0,018573
-0,06795	0,018573

Розрахунок обернених ваг зрівноваженої функції

$$=AZ3*AW3+BA3*AX3 \quad (4.2.2)$$

Таблиця 18. Розрахунок обернених ваг зрівноваженої функції

1/P=X _{тр} *Q'	
	0,082591

	0,077949
	0,061007
	0,057176
	0,057176
	0,05001
	0,046667
	0,046667
	0,043492
	0,043492
	0,040479
	0,034938
	0,03005
	0,027851
	0,027851
	0,025816
	0,023941
	0,022231
	0,022231
	0,020683
	0,019298
	0,019298
	0,017018
	0,016121
	0,016121
	0,016121
	0,016121
	0,015388
	0,014818
	0,01441
	0,014166
	0,014085
	0,014166
	0,014166
	0,014166
	0,014166
	0,01441
	0,014817
	0,018076
	0,018076
	0,018076
	0,018076

0,018076
0,019298
0,019298
0,019298
0,020682
0,020682
0,020682
0,022231
0,022231
0,022231
0,022231
0,022231
0,022231
0,023941
0,023941
0,023941
0,025814
0,025814
0,025814
0,027852
0,027852
0,027852
0,03005
0,032412

Розрахунок за формулою

$$\sigma_{Y'} = \sigma_0 \sqrt{\frac{1}{P_{Y'}}}. \quad (1.1.13)$$

Таблиця 19. Розрахунок в матричній формі

m(f)

0,029116
0,028286
0,025024
0,024225
0,024225
0,022656
0,021886
0,021886
0,021128
0,021128
0,020383
0,018937
0,017562
0,016908
0,016908
0,016278
0,015676
0,015106
0,015106
0,014571
0,014074
0,014074
0,013216
0,012863
0,012863
0,012863
0,012863
0,012568
0,012333
0,012162
0,012058
0,012024
0,012058

0,012058
0,012058
0,012162
0,012332
0,013621
0,013621
0,013621
0,013621
0,013621
0,013621
0,014074
0,014074
0,014074
0,01457
0,01457
0,01457
0,015106
0,015106
0,015106
0,015106
0,015106
0,015106
0,015676
0,015676
0,015676
0,016278
0,016278
0,016278
0,016908
0,016908
0,016908
0,017563
0,01824
0,01824
0,01824
0,020383
0,020383
0,021129
0,021129
0,021129

Контрольний розрахунок

Контрольна формула при апроксимації поліномом першого степеня

$$Y = a + bX \tag{1.1.14}$$

буде

$$m_{\varphi} = \sqrt{m_b^2 \left[X_{сн.} - \frac{1}{n} \sum X \right]^2 + \mu^2 / n.} \tag{1.1.15}$$

Комп'ютерна формула

$$=(((SAWS104)^2)*(AX3-SAX$74/SAWS74)^2+(SAU$76)^2/SAWS74)^0,5 \tag{4.2.3}$$

Таблиця 20.Контрольний розрахунок

Контроль
m(f)'
0,028908
0,028084
0,024846
0,024053
0,024053
0,022495
0,02173
0,02173

0,020978
0,020978
0,020238
0,018802
0,017437
0,016787
0,016787
0,016162
0,015564
0,014998
0,014998
0,014467
0,013974
0,013974
0,013122
0,012772
0,012772
0,012772
0,012772
0,012478
0,012245
0,012075
0,011972
0,011938
0,011972
0,011972
0,011972
0,012075
0,012245
0,013524
0,013524
0,013524
0,013524
0,013524
0,013524
0,013974
0,013974
0,013974

0,014466
0,014466
0,014466
0,014998
0,014998
0,014998
0,014998
0,014998
0,015564
0,015564
0,015564
0,016162
0,016162
0,016162
0,016787
0,016787
0,016787
0,017437
0,01811
0,01811
0,01811
0,020237
0,020237
0,020978
0,020978
0,020978

Повторный контроль за формулой

$$m_{\varphi} = m_{\gamma} = \sqrt{m_a^2 (X)^2 + m_b^2 (X0)^2 + 2\mu^2 Q_{12} X}. \quad (1.1.16)$$

$$= (\$AOS79^2 * AR3^2 + \$APS79^2 * AW3^2 + 2 * \$AUS76^2 * \$AV\$87 * AX3)^{0,5} \quad (4.2.4)$$

Таблица 21. Повторний розрахунок за (1.1.16)

Контроль
m(f)"
0,028908
0,028084
0,024846
0,024053
0,024053
0,022495
0,02173
0,02173
0,020978
0,020978
0,020238
0,018802
0,017437
0,016787
0,016787
0,016162
0,015564
0,014998
0,014998
0,014467
0,013974
0,013974
0,013122
0,012772
0,012772
0,012772
0,012772

0,012478
0,012245
0,012075
0,011972
0,011938
0,011972
0,011972
0,011972
0,012075
0,012245
0,013524
0,013524
0,013524
0,013524
0,013524
0,013524
0,013974
0,013974
0,013974
0,014466
0,014466
0,014466
0,014998
0,014998
0,014998
0,014998
0,015564
0,015564
0,015564
0,016162
0,016162
0,016162
0,016787
0,016787
0,016787
0,017437

0,01811
0,01811
0,01811
0,020237
0,020237
0,020978
0,020978
0,020978

ВИСНОВКИ

1. Так як $F_{табл} < F_{розр}$ $3,130 < 22994,91$, то з надійністю $P=0.95$ можна вважати, що побудована нами математична модель відповідає експериментальним даним і її можна використовувати для практичних розрахунків.

2. Статистично значимим являється коефіцієнт a $t(a)=151,6407$, що більше $1,995$.

3. Статистично значимим є коефіцієнт b $t(b)=196,2316$.

4. Середня квадратична похибка одиниці ваги $\mu=0,101$ кг.

5. Середні квадратичні похибки визначених коефіцієнтів:

$m(a)=0,010964$; $m(b)=0,049894$.

6. За результатами досліджень нами отримана формула

$$Y = 1.664262X + 9,800259, \quad (4.9)$$

де Y - вага (кг); X - вік (роки).

7. Коефіцієнт кореляції $r = 0.994$, що говорить про високий зв'язок між X і Y .

8. При точності зважування дітей в 100 грам забезпечується повна адекватність моделі експериментальним даним.

9. Так як для фактичної моделі $\mu=1,800$ кг, а для імітаційної моделі $\mu=0,101$ кг, що говорить про наявність відхилення в розвитку деяких дітей від норми.

ЗАКЛЮЧЕННЯ

На основі проведених досліджень нами встановлено:

1. Побудована і досліджена математична модель залежності ваги тіла (маси) X від віку Y дітей (пряма задача) на основі даних антропометричних досліджень дитячого дошкільного навчального закладу «Барвінок» Рівненської області Рокитнівського району с. Карпилівки поліномом першого степеня

$$Y = 0.310771X - 0.913298, \quad (2.2.1)$$

2. Побудована і досліджена математична модель залежності ваги тіла (маси) Y від віку X (обернена задача) поліномом першого степеня

$$Y = 1.668424X + 9,781875, \quad (3.1.1)$$

3. Побудована і досліджена математична модель залежності ваги тіла (маси) Y від віку X (обернена задача) поліномом другого степеня

$$Y = -0.01361X^2 + 1,781565X + 9.564044, \quad (3.2.2)$$

4. Побудована і досліджена імітаційна математична модель залежності ваги тіла (маси) Y від віку X (обернена задача) поліномом першого степеня

$$Y = 1.664262X + 9,800259, \quad (4.9)$$

5. Встановлено: При точності зважування дітей в 100 грам забезпечується повна адекватність моделі експериментальним даним.

6. Так як для фактичної моделі $\mu=1,800$ кг, а для імітаційної моделі $\mu=0,101$ кг, що говорить про наявність відхилення в розвитку деяких дітей від норми

7. На основі проведених досліджень появляється можливість встановлювати нормальний розвиток конкретної дитини для даного регіону, прогнозувати цей розвиток і, при необхідності, корегувати його

8. Нормальний розвиток дитини залежить від конкретної географічної прив'язки (широти, довготи).

ЛІТЕРАТУРНІ ДЖЕРЕЛА

1. Бернацька О.М., Тимчук О.С. Побудова математичної моделі залежності росту дитини від віку і її дослідження методом статистичних випробувань Монте Карло. Апроксимація поліномом третього степеня. Модель ППП 81-14. Науковий керівник Р.М.Літнарівич. МEGУ, Рівне, 2008,- 32 с.

2. Бугір М.К. Математика для економістів. Посібник. - К.: Видавничий центр «Академія», 2003,- 520 с.

3. Бура І.В. Дослідження точності впливу ситуативної тривожності на характеристики пам'яті методом статистичних випробувань Монте Карло. Модель ГБ 41-14. Науковий керівник Р.М.Літнарівич. МEGУ, Рівне, 2009,- 32 с.

4. Валецький О.О., Джунь Й.В. Методи створення послідовностей рівномірно розподілених випадкових чисел та їх застосування. // Збірник наукових праць викладачів та студентів факультету кібернетики МEGУ. Рівне: Тетіс, 2008,- с.66-69.

5. Джунь Й.В., Валецький О.О. Про одну невідому особливість числа π . // Збірник наукових праць викладачів та студентів факультету кібернетики МEGУ. Рівне: Тетіс, 2008,- с.59-65.

6. Джунь Й.В., Валецький О.О. Про нову, невідому властивість числа π . // Тези доповіді на X Міжнародній конференції «Економічні та гуманітарні проблеми розвитку суспільства у III тисячолітті». Рівне 3-5.10.2007 р.

7. Джунь А.Й. Побудова і дослідження математичної моделі залежності між ростом і вагою дітей методом статистичних випробувань Монте Карло. Апроксимація поліномом першого степеня. Модель ДА-50. Науковий керівник Р.М.Літнарівич. МEGУ, Рівне, 2009,- 32 с.

8. Дьяконов В.П. Справочник по алгоритмам і програмам на мові БейСІК для персональних ЕВМ.-М. Наука, 1989,-240 с.

9. Ермаков С.М., Михайлов Г.А. Курс статистического моделирования.-М.: Наука, 1976,- 319 с.

10. Корнілова Н.Ф., Драпко Д.О. Побудова математичної моделі залежності ваги дитини від віку і її дослідження методом статистичних випробувань Монте Карло. Апроксимація поліномом першого степеня. Модель ППП81-14. Науковий керівник Р.М.Літнарівич. МEGУ, Рівне, 2009,- 32 с.

11. Літнарівич Р.М. Дослідження точності апроксимації результатів психолого-педагогічного експерименту методом статистичних випробувань Монте Карло. Частина 1. Побудова істинної моделі. МEGУ, Рівне, 2006,-45 с.

12. Літнарівич Р.М. Побудова і дослідження математичної моделі залежності між ростом і вагою дітей методом статистичних випробувань Монте Карло. Істинна модель. Апроксимація поліномом першого степеня. МEGУ, Рівне,- 2009,- 32 с.

13. Літнарівич Р.М. Побудова і дослідження економіко-математичної моделі поліномом m -го порядку. Вісник МEGУ. Збірник наукових праць. Серія: Системні науки та кібернетика. Випуск 1. МEGУ, Рівне, 2009.- с.41-51.

14. Літнарівич Р.М. Застосування способу найменших квадратів до обробки матеріалів психологічних і педагогічних експериментів. Частина 2. Курс лекцій. МEGУ, Рівне, 2007.- 110 с.

15. Літнарівич Р.М. Конструювання і дослідження математичних моделей. Множинний аналіз. Частина 1. МEGУ, Рівне, 2009.-127с.

16. Літнарівич Р.М. Конструювання і дослідження математичних моделей. Поліноміальна апроксимація. Частина 2. МEGУ, Рівне, 2009.-36с.

17. Літнарівич Р.М. Конструювання і дослідження математичних моделей. Онтодидактика поліноміальної апроксимації. Частина 3. МEGУ, Рівне, 2009.-32с.

18. Літнарівич Р.М. Конструювання і дослідження математичних моделей. Побудова і дослідження істинної

моделі якості засвоєння базової дисципліни. Апроксимація поліномом першого степеня. Частина 4. МEGУ, Рівне, 2009.-43с.

19. Літнарівич Р.М. Конструювання і дослідження математичних моделей. Теоретико-методологічні основи побудови математичної моделі базової дисципліни в рамках роботи наукової школи. Частина 5. МEGУ, Рівне, 2009.-100с.

20. Літнарівич Р.М. Конструювання і дослідження математичних моделей. Модель пункту GPS спостережень. Частина 6. МEGУ, Рівне, 2009.-104с.

21. Літнарівич Р.М., Кравцов М.І. До питання оцінки точності визначення координат пункту із GPS спостережень. Інженерна геодезія. Вип. 50, К.:КНУБА, 2004,-с.125...134.

22. Літнарівич Р.М. Основи космічної геодезії.Лабораторний практикум . ЧДІЕіУ, Чернігів, 2002.-90 с.

23. Літнарівич Р.М., Кравцов М.І. Перехід від геодезичних координат загально земного еліпсоїда до плоских конформних Гаусса-Крюгера.Новітні досягнення геодезії, геоінформатики та землевпорядкування.-Європейський досвід. ЧДІЕіУ, Чернігів, 2005,-с.44...49.

24. Методичні вказівки до лабораторної роботи на тему:”Визначення координат пункту за вимірними псевдовідстанями , отриманими із GPS спостережень” для студентів всіх спеціальностей геодезичного факультету Державного університету «Львівська політехніка» /укладення А.Т.Дульцев, І.М.Цюпак.-Львів: ДУ «Львівська політехніка», 1977,- 20 с.

25.Ромакин М.И. Математический аппарат оптимизационных задач.-М.:Статистика, 1975,112 с.

26. Ржевский С.В.,Александрова В.М. Дослідження операцій. Підручник.- К.:” Академвидав“, 2006,-560 с.

27. Программирование, отладка и решение задач на ЭВМ единой серии. Язык Фортран. Учебн. Пособие для вузов/И.А.Кудряшов,Н.Х.Кушнер, Л.В. Петрова,Н.А.Силов; Под ред.И.А.Кудряшева.-Л.:Энергоатомиздат,1988,-208 с.

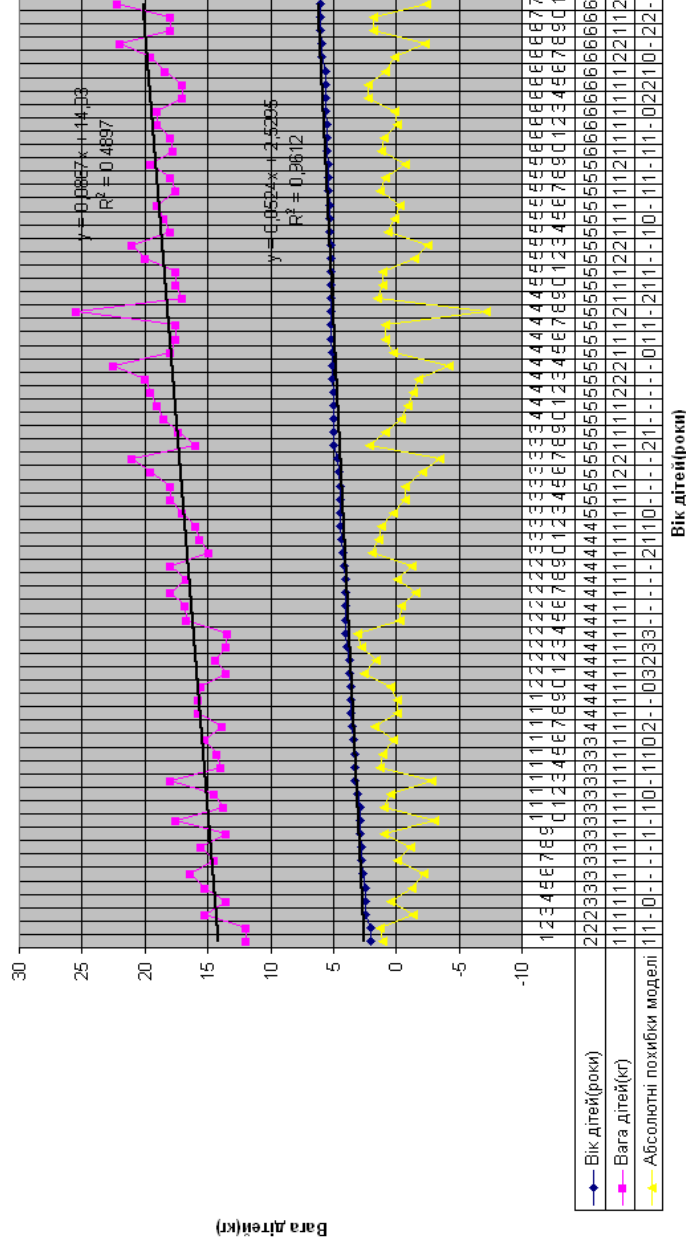
28. Тойберт П. Оценка точности результатов измерений: пер. с нем. – М.: Энергоатомиздат, 1988,-88 с.

29.ТолбатовЮ.А.Економетрика.Тернопіль.Видавництво «Підручники і посібники »,2008,-288 с.

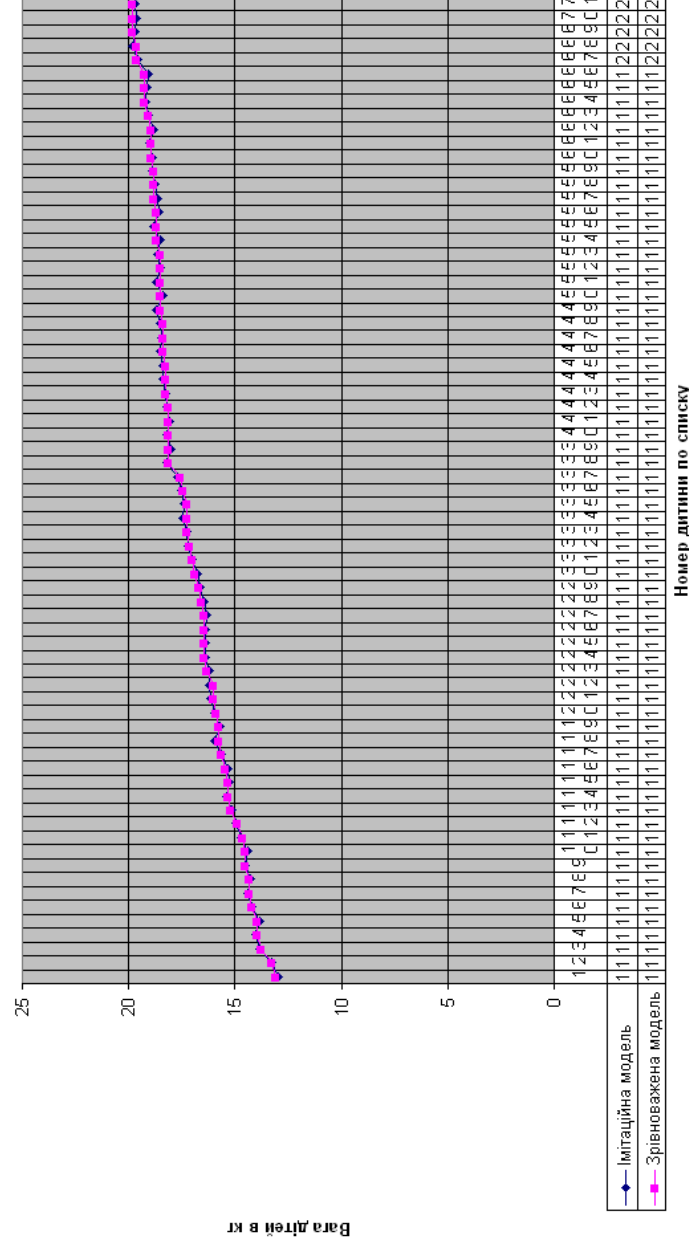
30. Якимчук А.Й.Побудова і дослідження математичної моделі пункту GPS спостережень методом статистичних випробувань Монте Карло. Множинний регресійний аналіз . Модель ДА – 50. МEGУ, Рівне, 2010, - 112 с.

ДОДАТКИ

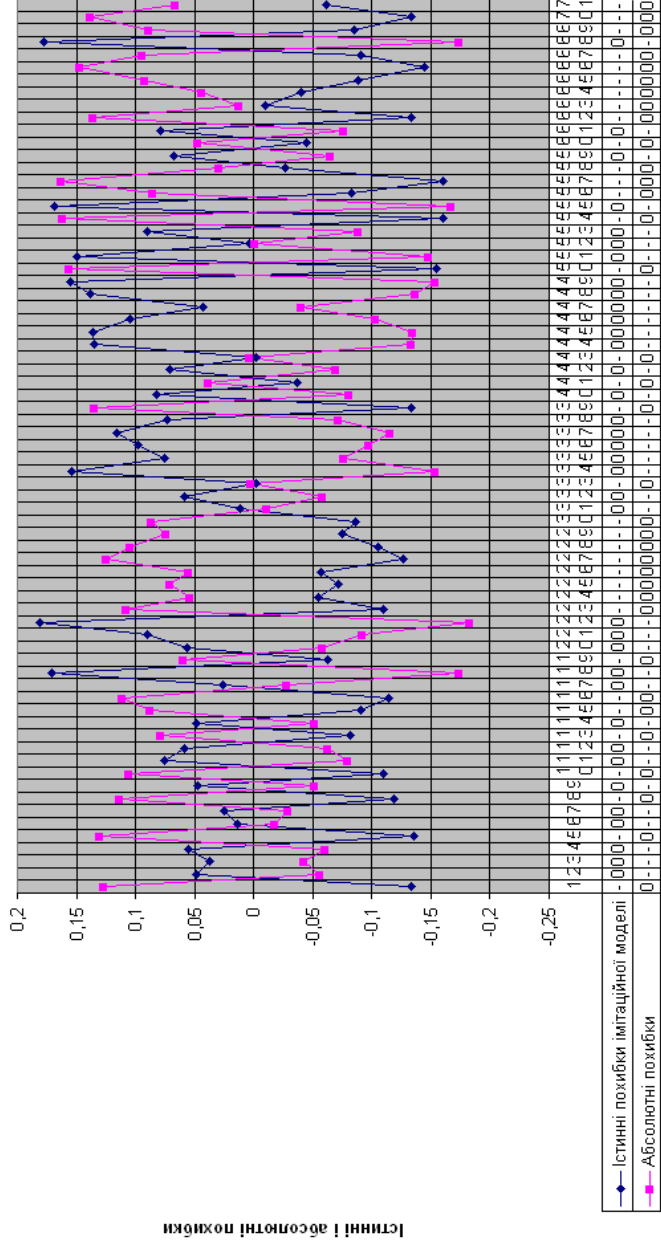
Залежність ваги дітей від віку(ранжирований ряд)



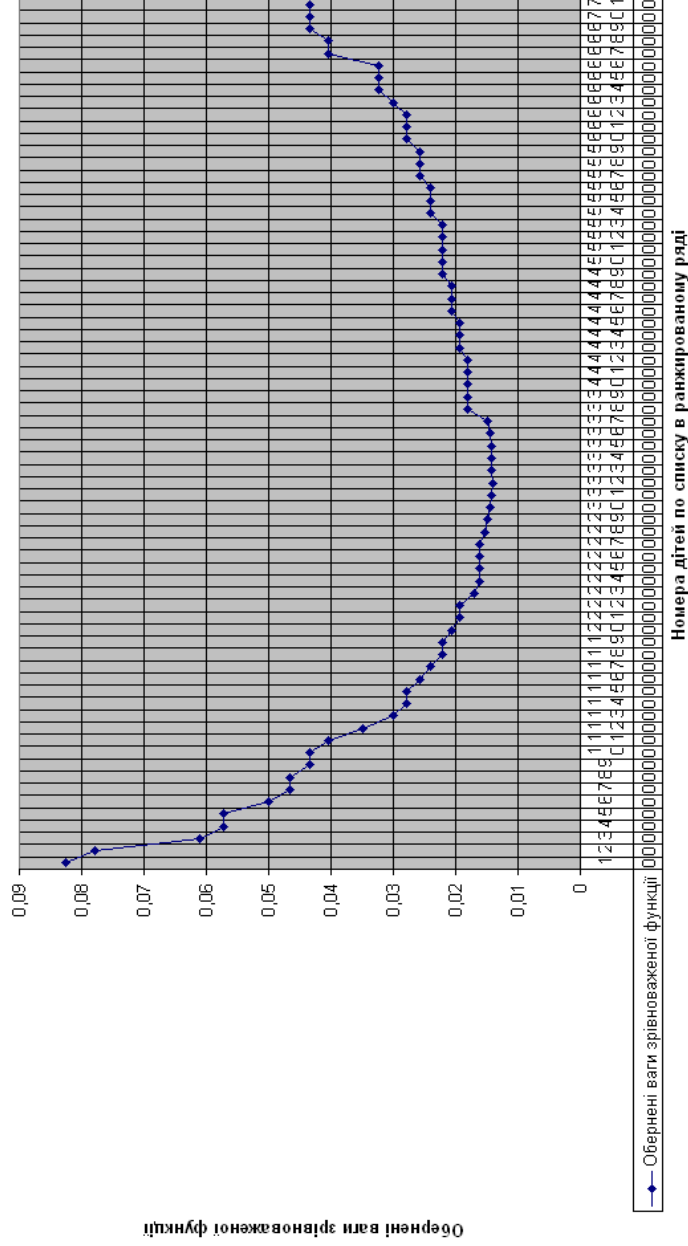
Імітаційна і зрівноважена моделі



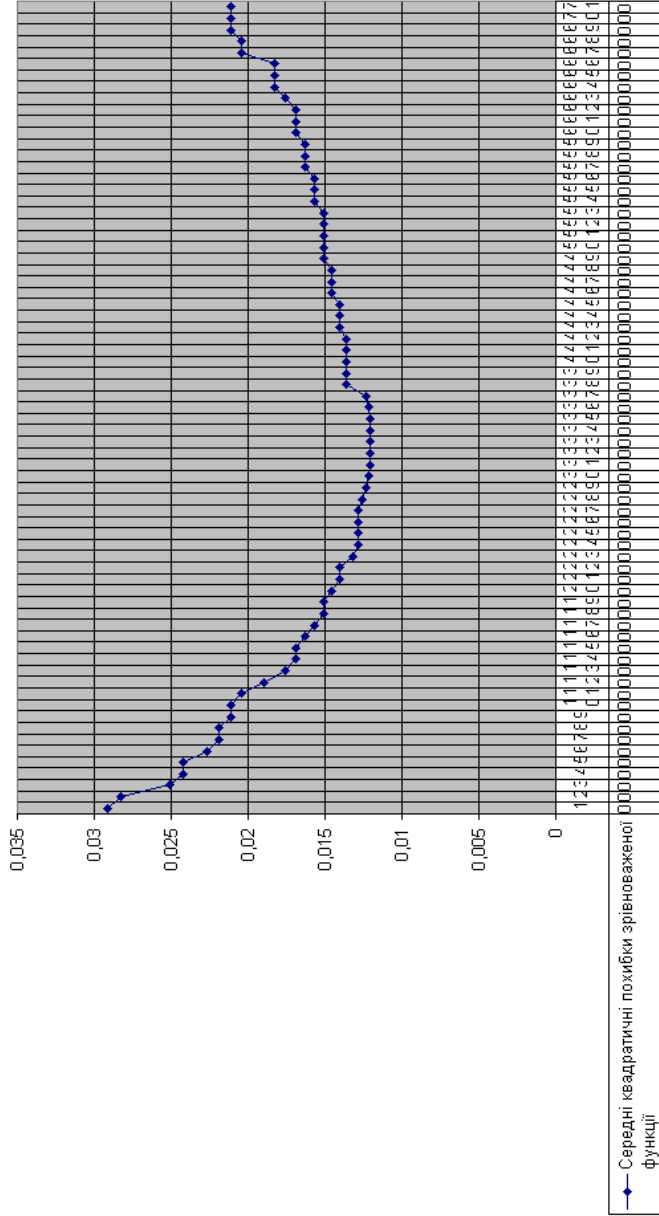
Істинні і абсолютні похибки імітаційної моделі



Обернені ваги зрівноваженої функції



Середні квадратичні похибки зрівноваженої функції



Середні квадратичні похибки зрівноваженої функції

Р.М.ЛІТНАРОВИЧ

**КОНСТРУЮВАННЯ І ДОСЛІДЖЕННЯ
МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ**

ЗАЛЕЖНІСТЬ ВАГИ ДІТЕЙ ВІД ВІКУ

ЧАСТИНА 7

Наукове видання

**Комп'ютерний набір, верстка і макетування та дизайн
в редакторі Microsoft® Office® Word 2003 Р.М.
Літнарвич**

Міжнародний економіко-гуманітарний університет

ім.акад. Степана Дем'янчука

Кафедра математичного моделювання

33027,м.Рівне,Україна

Вул.акад. С.Дем'янчука,4, корпус 1

Телефон:(+00380) 362 23-73-09

Факс:(+00380) 362 23-01-86

E-mail:mail@regi.rovno.ua