Luodaan aikaisemmin johdetun Pitch -lausekkeen avulla datapisteitä:

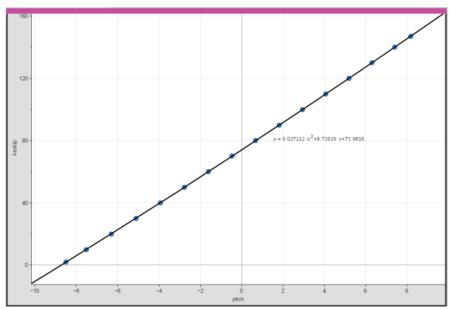
	A pitch	B keskip		
=				
1	-8.49	2		
2	-7.51	10		
3	-6.3	20		
4	-5.1	30		
5	-3.93	40		
6	-2.76	50		
7	-1.6	60		
8	-0.46	70		
9	0.68	80		
10	1.82	90		
11	2.94	100		
12	4.06	110		
13	5.18	120		
14	6.29	130		
15	7.4	140		
16	8.17	147		

jossa:

pitch = kaavalla tuotettu pitch arvo

keskip = pitch arvoa vastaava moottorien servojen keskipituus (2 mm - 147 mm)

Hyödyntäen luotuja datapisteitä, määritetään regressioanalysoimalla keskipituuksien ja pitch –arvojen välinen riippuvuus:



Toisen asteen yhtälö:

$$y = 0.027212 \cdot x^2 + 8.73029 \cdot x + 73.9818$$

jossa:

y = moottorien servojen keskipituus x = pitch

Määritetään roll –arvolle yhtälö tutkimalla alustan roll –arvoja alustan ollessa eri pitch –kulmissa.

Tutkitaan moottorien pituuksia eri roll -kulmissa, seuraavissa pitch -kulmissa: 0, 4, 8, -4, -8. Kerätään tulokset excel taulukkoon.

Määritellään taulukkoon myös muuttuja R, joka kuvaa moottorien servojen pituuksien välistä suhdetta:

1	Pitch	M1	M2	Roll	Relaatio
2	0	74	74	0	1
3	0	89,7	58,3	3,6	1,538593
4	0	94,7	53,7	4,7	1,763501
5	0	104,7	43	7,1	2,434884
6	0	113,2	34,4	9,1	3,290698
7	0	120,6	26,8	10,9	4,5
8	0	124,5	22,8	11,8	5,460526
9	0	132,8	14,2	13,8	9,352113
10	0	139,1	7,7	15,3	18,06494
11	0	142	4,8	16	29,58333
12	0	70,4	77,6	-0,8	0,907216
13	0	61,8	86,1	-2,8	0,71777
14	0	55,7	92,2	-4,2	0,604121
15	0	45,6	102,2	-6,5	0,446184
16	0	33,9	113,7	-9,2	0,298153
17	0	28,3	119,1	-10,5	0,237615
18	0	18,2	128,9	-12,8	0,141195
19	0	9,2	137,6	-14,9	0,06686
20	0	4,8	142	-16	0,033803
21	4	118	118	0	1
22	4	114,3	109,2	0,6	1,046703
23	4	119,4	104	1,8	1,148077
24	4	122,5	100,9	2,5	1,214073
25	4	126,1	97,3	3,3	1,295992
26	4	129,7	93,7	4,1	1,384205
27	4	134,7	88,5	5,3	1,522034

4	139,8	83,3	6,4	1,678271
4	145,3	77,6	7,7	1,872423
4	147			2,016461
4	108,7	-	-0,7	0,946864
4	104	119,4	-1,8	0,871022
4	98,3	125,1	-3	0,785771
4	-	-	-4,2	0,716372
4	_	-		0,637564
4	-			0,595851
4	-	-	-7	0,567112
4	_	-	-	0,539365
4	_	_		0,510204
	_	-	-	1
	-	-		1,272171
	_			1,68231
	-			2,263158
-4				3,156425
	-			4,352518
	_	-		5,517544
-4		7		9,614286
		-	_	19,66667
	_	_		36,85
	-	-	-	0,897959
	_	-		0,744131
	-	-		0,563025
	_			0,415238
				0,305263
-4	12,4	61,9	-5,8	0,200323
	12,4 9,5	61,9 64,9	-5,8 -6,5	
-4	9,5	64,9	-6,5	0,146379
-4 -4	9,5 4,5	64,9 69,8	-6,5 -7,7	0,146379 0,06447
-4 -4 -4	9,5 4,5 3	64,9 69,8 71,3	-6,5 -7,7 -8,1	0,146379 0,06447 0,042076
-4 -4 -4	9,5 4,5 3 2	64,9 69,8 71,3 73,3	-6,5 -7,7 -8,1 -8,5	0,146379 0,06447 0,042070 0,02728
-4 -4 -4 -4	9,5 4,5 3 2	64,9 69,8 71,3 73,3	-6,5 -7,7 -8,1 -8,5	0,146379 0,06447 0,042070 0,027289
-4 -4 -4 -4 -8 -6	9,5 4,5 3 2 2	64,9 69,8 71,3 73,3 2 38,8	-6,5 -7,7 -8,1 -8,5 0 -4,6	0,146379 0,06447 0,042070 0,027289 1 0,051546
-4 -4 -4 -8 -6	9,5 4,5 3 2 2 2 2 38,8	64,9 69,8 71,3 73,3 2 38,8	-6,5 -7,7 -8,1 -8,5 0 -4,6 4,6	0,146379 0,06447 0,042076 0,027289 1 0,051546 19,4
-4 -4 -4 -8 -6 -6	9,5 4,5 3 2 2 2 38,8 2	64,9 69,8 71,3 73,3 2 38,8 2 58	-6,5 -7,7 -8,1 -8,5 0 -4,6 4,6	0,146379 0,06447 0,042070 0,027289 1 0,051540 19,4 0,034489
-4 -4 -4 -8 -6 -6 -5	9,5 4,5 3 2 2 2 38,8 2 58	64,9 69,8 71,3 73,3 2 38,8 2 58	-6,5 -7,7 -8,1 -8,5 0 -4,6 4,6 -7	0,146379 0,06447 0,042070 0,027289 1 0,051540 19,4 0,034489 29
-4 -4 -4 -8 -6 -6 -5 -5	9,5 4,5 3 2 2 2 38,8 2 58	64,9 69,8 71,3 73,3 2 38,8 2 58 2 110	-6,5 -7,7 -8,1 -8,5 0 -4,6 4,6 -7 7	0,146379 0,06447 0,042070 0,027289 1 0,051540 19,4 0,034489 29 0,018189
-4 -4 -4 -8 -6 -6 -5 -5 -2	9,5 4,5 3 2 2 2 38,8 2 58 2 110	64,9 69,8 71,3 73,3 2 38,8 2 58 2 110	-6,5 -7,7 -8,1 -8,5 0 -4,6 4,6 -7 7 -12,7	0,146379 0,06447 0,042070 0,027289 1 0,051544 19,4 0,034489 29 0,018189
-4 -4 -4 -8 -6 -6 -5 -5 -2 -2	9,5 4,5 3 2 2 2 38,8 2 58 2 110	64,9 69,8 71,3 73,3 2 38,8 2 58 2 110 2 147	-6,5 -7,7 -8,1 -8,5 0 -4,6 4,6 -7 7 -12,7 12,7 -15,2	0,146379 0,06447 0,042070 0,027289 1 0,051540 19,4 0,034489 29 0,018189 55 0,115640
-4 -4 -4 -8 -6 -6 -5 -5 -2 -2	9,5 4,5 3 2 2 2 38,8 2 58 2 110 17	64,9 69,8 71,3 73,3 2 38,8 2 58 2 110 2 147	-6,5 -7,7 -8,1 -8,5 0 -4,6 4,6 -7 7 -12,7 12,7 -15,2 15,2	0,146379 0,06447 0,042070 0,027289 1 0,051544 19,4 0,034489 29 0,018189 55 0,115640 8,647059
-4 -4 -4 -8 -6 -6 -5 -5 -2 -2 1 1	9,5 4,5 3 2 2 2 38,8 2 58 2 110 17 147 34	64,9 69,8 71,3 73,3 2 38,8 2 58 2 110 2 147 17	-6,5 -7,7 -8,1 -8,5 0 -4,6 4,6 -7 7 -12,7 12,7 -15,2 15,2 -13,3	0,146379 0,06447 0,042070 0,027289 1 0,051544 19,4 0,034489 29 0,018189 55 0,115640 8,647059 0,231299
-4 -4 -4 -8 -6 -6 -5 -5 -2 -2 1 1 2	9,5 4,5 3 2 2 2 38,8 2 58 2 110 17 147 34 147	64,9 69,8 71,3 73,3 2 38,8 2 58 2 110 2 147 17 147 34	-6,5 -7,7 -8,1 -8,5 0 -4,6 4,6 -7 7 -12,7 12,7 -15,2 15,2 -13,3 13,3	0,146379 0,06447 0,042070 0,027289 1 0,051540 19,4 0,034489 29 0,018189 55 0,115640 8,647059 0,231299 4,323529
-4 -4 -4 -8 -6 -6 -5 -5 -2 -2 1 1 2 2	9,5 4,5 3 2 2 2 38,8 2 58 2 110 17 147 34 147 54	64,9 69,8 71,3 73,3 2 38,8 2 58 2 110 2 147 17 147 34	-6,5 -7,7 -8,1 -8,5 0 -4,6 4,6 -7 7 -12,7 12,7 12,7 -15,2 15,2 -13,3 13,3 -10,7	0,146379 0,06447 0,042070 0,027289 1 0,051540 19,4 0,034489 29 0,018189 55 0,115640 8,647059 0,231299 4,323529 0,36734
-4 -4 -4 -8 -6 -6 -5 -5 -2 -2 1 1 2 2 3 3	9,5 4,5 3 2 2 2 38,8 2 58 2 110 17 147 34 147 54	64,9 69,8 71,3 73,3 2 38,8 2 58 2 110 2 147 17 147 34 147 54	-6,5 -7,7 -8,1 -8,5 0 -4,6 4,6 -7 7 -12,7 12,7 -15,2 15,2 -13,3 13,3 -10,7 10,7	0,146379 0,06447 0,042076 0,027289 1 0,051546 19,4 0,034489 29 0,018189 55 0,115646 8,647059 0,231299 4,323529 0,367349 2,722222
-4 -4 -4 -8 -6 -6 -5 -5 -2 -2 1 1 2 2 3 3	9,5 4,5 3 2 2 2 38,8 2 58 2 110 17 147 34 147 54 147 93	64,9 69,8 71,3 73,3 2 38,8 2 58 2 110 2 147 17 147 34 147 54	-6,5 -7,7 -8,1 -8,5 0 -4,6 4,6 -7 7 -12,7 12,7 -15,2 15,2 -13,3 13,3 -10,7 10,7 -6,3	0,051546 19,4 0,034485 29 0,018185 55 0,115646 8,647055 0,231295 4,323525 0,367345 2,722225 0,632655
-4 -4 -4 -8 -6 -6 -5 -5 -2 -2 1 1 2 2 3 3	9,5 4,5 3 2 2 2 38,8 2 58 2 110 17 147 34 147 54	64,9 69,8 71,3 73,3 2 38,8 2 58 2 110 2 147 17 147 34 147 54	-6,5 -7,7 -8,1 -8,5 0 -4,6 4,6 -7 7 -12,7 12,7 -15,2 15,2 -13,3 13,3 -10,7 10,7	0,146379 0,06447 0,042076 0,027289 1 0,051546 19,4 0,034489 29 0,018189 55 0,115646 8,647059 0,231299 4,323529 0,367349 2,722222
	4 4 4 4 4 4 4 4 -4 -4 -4 -4 -4	4 147 4 108,7 4 104 4 98,3 4 93,2 4 86,9 4 83,3 4 80,7 4 75 -4 37,2 -4 41,6 -4 46,6 -4 51,6 -4 60,5 -4 60,5 -4 60,5 -4 67,3 -4 70,8 -4 73,7 -4 35,2 -4 31,7 -4 26,8 -4 21,8	4 147 72,9 4 108,7 114,8 4 104 119,4 4 98,3 125,1 4 93,2 130,1 4 86,9 136,3 4 83,3 139,8 4 80,7 142,3 4 78,1 144,8 4 75 147 -4 37,2 37,2 -4 41,6 32,7 -4 46,6 27,7 -4 51,6 22,8 -4 56,5 17,9 -4 60,5 13,9 -4 60,5 13,9 -4 67,3 7 -4 70,8 3,6 -4 73,7 2 -4 35,2 39,2 -4 31,7 42,6 -4 26,8 47,6 -4 21,8 52,5	4 147 72,9 8,8 4 108,7 114,8 -0,7 4 104 119,4 -1,8 4 98,3 125,1 -3 4 93,2 130,1 -4,2 4 86,9 136,3 -5,6 4 83,3 139,8 -6,4 4 80,7 142,3 -7 4 78,1 144,8 -7,6 4 75 147 -8,8 -4 37,2 37,2 0 -4 41,6 32,7 1,1 -4 46,6 27,7 2,2 -4 51,6 22,8 3,4 -4 56,5 17,9 4,6 -4 56,5 17,9 4,6 -4 60,5 13,9 5,5 -4 62,9 11,4 6,1 -4 70,8 3,6 7,9 -4 73,7 2 8,6 -4 35,2 39,2 -0,5 -4

$$R = \frac{servo \ m1}{servo \ m2}$$

R = 1, kun servo m1 = servo m2

R < 1, kun servo m1 < servo m2

R > 1, kun servo m1 > servo m2

Luodaan datapisteitä muuttujalle R ja roll -kulmalle, eri pitch kulmissa:

Pitch 0: Pitch 4: Pitch -4:

	A roll	B relaatio		A roll	B relaatio		A roll	B relaatio
=			=			=		
1	0	1	1	0	1	1	0	1
2	3.6	1.54	2	0.6	1.0467	2	1.1	1.272
3	4.7	1.76	3	1.8	1.148	3	2.2	1.682
4	7.1	2.43	4	2.5	1.214	4	3.4	2.263
5	9.1	3.29	5	3.3	1.296	5	4.6	3.156
6	10.9	4.5	6	4.1	1.384	6	5.5	4.353
7	11.8	5.46	7	5.3	1.52	7	6.1	5.518
8	13.8	9.35	8	6.4	1.678	8	7.1	9.614 19.667
9	15.3	18.06	9	7.7	1.872	10	7.9 8.6	36.85
10	16	29.58	10	8.8	2.01	11	-0.5	0.898
11	-0.8	0.91	11	-0.7	0.947	12	-1.3	0.744
12	-2.8	0.91	12	-1.8	0.871	13	-2.5	0.563
13	-4.2	0.6	13	-3	0.786	14	-3.6	0.415
14	-6.5	0.45	14	-4.2	0.716	15	-4.7	0.305
15	-10.5	0.24	15	-5.6	0.638	16	-5.8	0.2
			16	-6.4	0.596	17	-6.5	0.146
16	-12.8	0.14	17	-7	0.567	18	-7.7	0.06446
17	-14.9	0.067	18	-7.6	0.539	19	-8.1	0.04207
18	-16	0.0338	19	-8.8	0.51	20	-8.5	0.02728

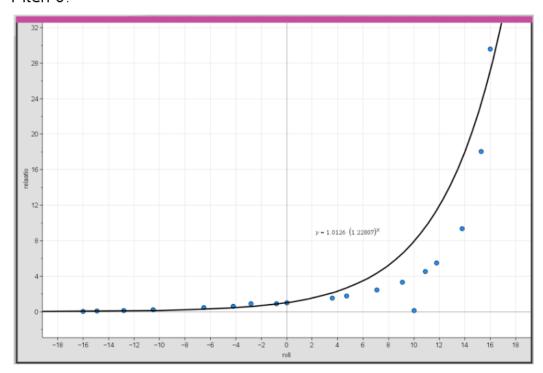
joissa:

roll = liikealustalta kokeiltu roll -kulma

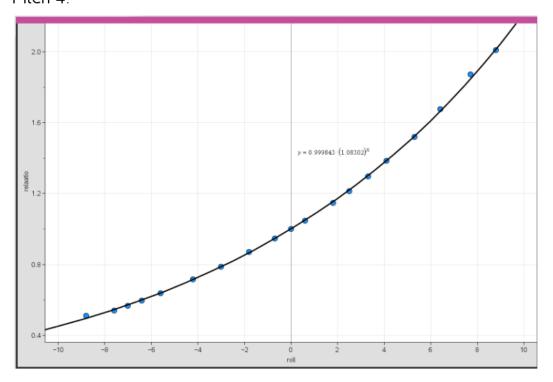
relaatio = liikealustalta saatujen moottorien pituuksien välinen suhde

Hyödyntäen luotuja datapisteitä, määritetään regressioanalysoimalla muuttujan R ja roll –arvojen välinen riippuvuus eri pitch –kulmissa:

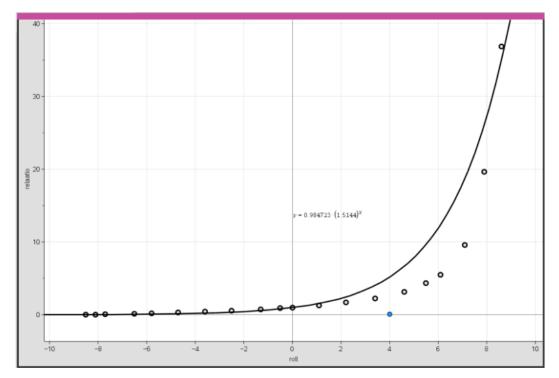
Pitch 0:



Pitch 4:



Pitch -4:



Toisen asteen yhtälö eri pitch -kulmissa:

Pitch 0:

$$y = 1,0126 \cdot (1,22807)^{x}$$

Pitch 4:

$$y = 0.999843 \cdot (1.08302)^{x}$$

Pitch -4:

$$y = 0.984723 \cdot (1.5144)^{x}$$

joissa:

$$y =$$
relaatio (R)

$$x = \mathbf{roll}$$

*Käytettävä yhtälö tulee valita pitch -kulman perusteella, esim.

$$\begin{cases} pitch < -2, & y = 0.984723 \cdot (1.5144)^{x} \\ -2 \le pitch \le 2, & y = 1.0126 \cdot (1.22807)^{x} \\ 2 < pitch, & y = 0.999843 \cdot (1.08302)^{x} \end{cases}$$

Alusta pystyy kallistumaan vähemmän sivusuunnassa, mitä enemmän se on kallistunut eteen tai taakse nolla-asennosta.

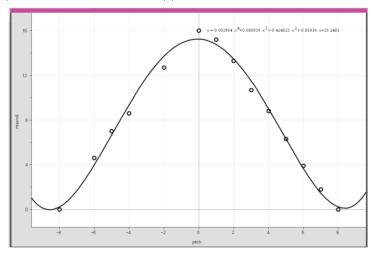
Luodaan datapisteitä roll -kulman maksimiarvoille, eri pitch kulmissa:

	A maxroll	B pitch
=		
1	16	0
2	15.2	1
3	13.3	2
4	10.7	3
5	8.8	4
6	6.3	5
7	3.9	6
8	1.8	7
9	0	8
10	0	-8
11	4.6	-6
12	7	-5
13	8.6	-4
14	12.7	-2

jossa:

pitch = liikealustalta kokeiltu pitch -kulma maxroll = pitch -kulmaa vastaava maksimi roll -kulma

Hyödyntäen luotuja datapisteitä, määritetään regressioanalysoimalla maksimi roll -kulmien ja pitch -kulmien välinen riippuvuus:



Neljännen asteen yhtälö:

$$y = 0.002964 \cdot x^4 + 0.000939 \cdot x^3 - 0.424523 \cdot x^2 - 0.05936 \cdot x + 15.2481$$

jossa:

y = maksimi **roll** -kulma kyseisessä **pitch** -kulmassa

 $x = \mathbf{pitch}$