เอกสารอ้างอิง

1. John A.Duffie,and William A.Beckman., Solar Engineering of Thermal Process, John Wiley & Sons,Inc., New York, 1980.
2. Kreith F.,and J.F.Kreider., Principle of Solar Engineering, McGraw-Hill Book Co., New York, 1978.
3. Jan F.Kreider,and Frank Kreith., Solar Energy Handbook, McGraw-Hill , New York, 1981.
4. Aden B.meinel,and Marjorie P.Meinel., Applied Solar Energy, Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1977.
5. A.A.M.Sayigh., Solar Energy Engineering, Academic Press, Inc., 1977.
6. Victor L.Streeter,and E.Benjamin Wylie., Fluid Mechanics, McGraw-Hill, Tokyo, 7th ed., 1979.
7. M.Necati Ozisik., Basic Heat Transfer, McGraw-Hill Kogakusha, Tokyo, International Student Edition, 1977.
8. J.P.Holeman., Heat Transfer, McGraw-Hill, Singapore, 5th ed., 1981.
9. E.M.Sparrow,and K.K.Tien., Force Convection Heat Transfer at Inclined and Yawed Square Plate-Application to Solar Collectors, Journal of Heat Transfer Transactions of the ASME, Volume 99, November 1977, pp.507-512
10. Paul K.Warme., Curve Fitter, Interactive Microware Inc. Copyright (C) 1980.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ตารางแสดงคุณสมบัติของอากาศที่อุณหภูมิต่างๆ

Properties of Air at Atmospheric Pressure

T, C	ρ, kg/m^3	C_p, J/kg K	k, W/m K	μ, Pa s	α, m^2/s	Pr
0	1.292	1006	0.0242	1.72×10^{-5}	1.86×10^{-5}	0.72
20	1.204	1006	0.0257	1.81	2.12	0.71
40	1.127	1007	0.0272	1.90	2.40	0.70
60	1.059	1008	0.0287	1.99	2.69	0.70
80	0.999	1010	0.0302	2.09	3.00	0.70
100	0.946	1012	0.0318	2.18	3.32	0.69
120	0.898	1014	0.0333	2.27	3.66	0.69
140	0.854	1016	0.0345	2.34	3.98	0.69
160	0.815	1019	0.0359	2.42	4.32	0.69
180	0.779	1022	0.0372	2.50	4.67	0.69
200	0.746	1025	0.0386	2.57	5.05	0.68
220	0.715	1028	0.0399	2.64	5.43	0.68
240	0.688	1032	0.0412	2.72	5.80	0.68
260	0.662	1036	0.0425	2.79	6.20	0.68
280	0.638	1040	0.0437	2.86	6.59	0.68
300	0.616	1045	0.0450	2.93	6.99	0.68

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

การหาค่าShape Factorระหว่างแบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์กับแบบจำลองท้องฟ้า

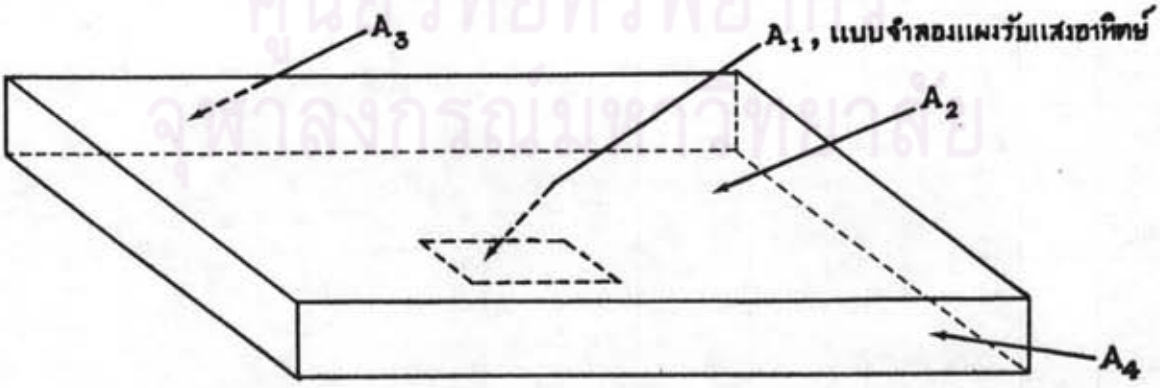
ความหมายของShape Factor[7]

Shape Factor หมายถึงอัตราส่วน(Fraction)ของรังสีความร้อนที่แผ่ออกจากพื้นผิวหนึ่งไปยังอีกพื้นผิวหนึ่งโดยตรง ดังนั้นShape Factorก็เป็นค่าที่แสดงถึงอิทธิพลของลักษณะทางกายภาพและลักษณะที่ตั้งของพื้นผิวที่มีการแลกเปลี่ยน(Exchange)รังสีความร้อนระหว่างกันและกัน

การหาค่าShape Factorระหว่างแบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์กับแบบจำลองท้องฟ้า ,F_{total}

การหาค่าShape Factorจากพื้นผิวหนึ่งไปยังอีกพื้นผิวหนึ่งนั้น เพื่อความสะดวกในการคำนวณจะอาศัยสมการสำเร็จรูปจากตารางที่ ข.1 ที่ใช้ในการคำนวณหาShape Factorจากพื้นผิวเล็กๆที่มีพื้นที่ผิวเป็นA_1ไปยังพื้นผิวโตกว่าที่มีพื้นที่ผิวเท่ากับA_2 โดยที่A_1และA_2 วางอยู่ในลักษณะทางเรขาคณิตต่างๆกัน เช่น วางตั้งฉากกัน,วางขนานกัน เป็นต้น

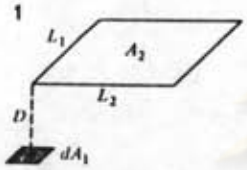
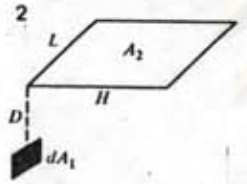
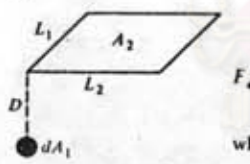
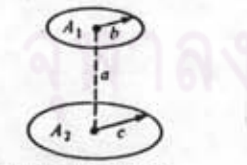
หลักการคำนวณหาค่าShape Factor จากแบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์ไปยังแบบจำลองท้องฟ้า ก็คือจะถือว่าแบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์เป็นพื้นผิวA_1 และแบ่งพื้นผิวของแบบจำลองท้องฟ้าเป็นออกเป็นพื้นที่ย่อย แล้วใช้สมการในตารางที่ ข.1 หาค่าShape Factor จาก A_1 ไปยังพื้นที่ย่อยที่แบ่งเอาไว้ สุดท้ายจึงนำค่าShape Factorเหล่านั้นมารวมกัน ก็จะได้ค่าShape Factorที่ต้องการ ซึ่งรายละเอียดในการคำนวณจะมีดังต่อไปนี้



รูปที่ ข.1 ลักษณะที่ตั้งทางเรขาคณิตระหว่างแบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์กับแบบจำลองท้องฟ้า

ตาราง ข.1

สมการสำเร็จรูปสำหรับหาค่าShape Factorสำหรับลักษณะทางเรขาคณิตแบบง่ายๆของ 2 พื้นผิว

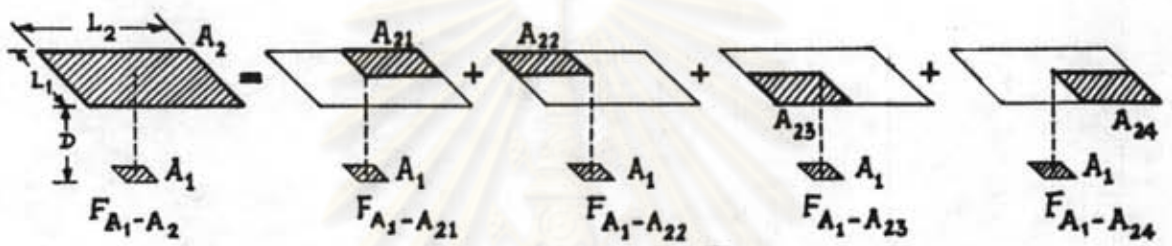
Geometrical Arrangement	Analytical Expression for the View Factor
1  Differential surface parallel to a finite rectangular surface	$F_{dA_1-A_2} = \frac{1}{2\pi}\left(\frac{X}{\sqrt{1+X^2}}\tan^{-1}\frac{Y}{\sqrt{1+X^2}} + \frac{Y}{\sqrt{1+Y^2}}\tan^{-1}\frac{X}{\sqrt{1+Y^2}}\right)$ 1 where $X = \frac{L_1}{D}$ and $Y = \frac{L_2}{D}$
2  Differential surface perpendicular to a rectangular finite surface	$F_{dA_1-A_2} = \frac{1}{2\pi}\left[\tan^{-1}\frac{1}{X} - \frac{1}{\sqrt{1+(Y/X)^2}}\tan^{-1}\frac{1}{\sqrt{X^2+Y^2}}\right]$ 2 where $X = \frac{D}{L}$ and $Y = \frac{H}{L}$
3  A differential spherical surface and a finite rectangular surface	$F_{dA_1-A_2} = \frac{1}{4\pi}\sin^{-1}\frac{XY}{\sqrt{1+X^2+Y^2+X^2Y^2}}$ 3 where $X = \frac{L_1}{D}$ and $Y = \frac{L_2}{D}$
4  Plane circular surfaces with a common central normal	$F_{A_1-A_2} = \frac{1+B^2+C^2-\sqrt{(1+B^2+C^2)^2-4B^2C^2}}{2B^2}$ 4 where $B = \frac{b}{a}$ and $C = \frac{c}{a}$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิจารณารูปที่ ข.1 จะเห็นว่าเมื่อแบ่งพื้นที่ของแบบจำลองท้องฟ้าออกเป็น A_2, A_3, A_4 แล้ว ลักษณะทางเรขาคณิตระหว่างพื้นที่A_1กับA_2 จะตรงกับกรณีที่(1) ในตาราง ข.1 และ พื้นที่ระหว่างA_1กับA_3 และ A_1กับA_4จะตรงกับกรณีที่(2) ในตาราง ข.1 ดังนั้นจึงแบ่งการคำนวณหาค่าShape Factor ออกเป็นส่วนย่อยดังนี้

1) <u>การหาค่าShape Factorจากพื้นที่ผิวA_1ไปยังพื้นที่ผิวA_2</u> , F_{A1-A2}

เพื่อให้สามารถใช้สมการที่(1) ในตารางที่ ข.1 จึงแบ่งA_2 ออกเป็นพื้นที่ย่อย $A_{21}, A_{22}, A_{23}, A_{24}$(ดังรูปที่ ข.2)



รูปที่ ข.2 แสดงการแบ่งพื้นที่A_2ออกเป็นพื้นที่ย่อย เพื่อสะดวกในการหาค่าShape Factor

จากรูปที่ ข.2 พบว่า $A_2 = A_{21} + A_{22} + A_{23} + A_{24}$

โดยที่ $A_{21}=A_{22}=A_{23}=A_{24}$

ดังนั้น $F_{A1-A21} = F_{A1-A22} = F_{A1-A23} = F_{A1-A24}$

และ $F_{A1-A2} = 4(F_{A1-A21})$ ....(ก)

ลักษณะทางเรขาคณิตของพื้นที่A_1และA_{21} จะตรงกับกรณีที่ (1) ในตารางที่ ข.1 ดังนั้นค่า F_{A1-A21} จะหาได้จากสมการ

....(ข)

โดยที่ $X = L_1/D$ และ $Y = L_2/D$ และมุมมีหน่วยเป็นเรเดียน

จากรูปที่ ข.2 ได้ว่า $L_1 = 24$ นิ้ว , $L_2 = 48$ นิ้ว , $D = 12.4$ นิ้ว

เพราะฉะนั้น $X = L_1/D = 24/12.4 = 1.94$

และ $Y = L_2/D = 48/12.4 = 3.87$

แทนค่า X,Y ลงในสมการ (ข) จะได้ว่า

$$F_{A1-A21} = (0.94+0.438)/2$$
$$= 0.2192$$

แทนค่าลงในสมการ (ก)

$$F_{A1-A2} = 4(0.2192) = 0.8768 \quad ....(ค)$$

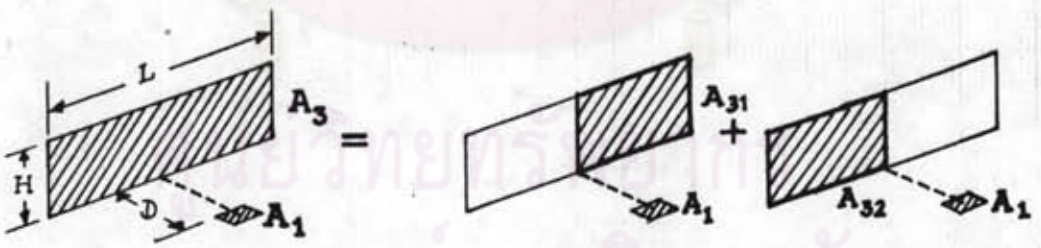
2) <u>การหาค่าShape Factor จากพื้นที่A_1ไปยังพื้นที่ย่อย A_3และA_4 , $F_{A1-A3,A4}$</u>

เนื่องจาก $A_3 = A_4$

ดังนั้น $F_{A1-A3} = F_{A1-A4}$

$$F_{A1-A3,A4} = F_{A1-A3} + F_{A1-A4} = 2(F_{A1-A3}) \quad ....(ง)$$

พิจารณาลักษณะทางเรขาคณิตของที่ตั้งระหว่างA_1กับA_3 พบว่าเมื่อแบ่งพื้นที่A_3ออกเป็นพื้นที่ย่อยA_{31} และA_{32} จะสามารถใช้สมการที่(2)ในตารางที่ ข.1 ในการหาค่าShape Factorจากพื้นที่A_1ไปยังพื้นที่ย่อยที่แบ่งเอาไว้ดังรูปที่ ข.3



รูปที่ ข.3 การแบ่งพื้นที่A_3ออกเป็นพื้นที่ย่อยเพื่อสะดวกในการหาค่าShape Factor

จากรูปที่ ข.3 จะได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$A_3 = A_{31} + A_{32}$$

โดยที่ $A_{31} = A_{32}$

$$F_{A1-A31} = F_{A1-A32}$$

ดังนั้น

$$F_{A1-A3} = F_{A1-A31} + F_{A1-A32} = 2(F_{A1-A31}) \quad ..(จ)$$

สมการที่(2) จากตารางที่ ข.1 ที่จะนำมาใช้ มีรูปสมการคือ

....(ฉ)

โดยที่ $X = D/L$, $Y = H/L$ และมุมมีหน่วยเป็นเรเดียน

จากรูปที่ ข.3 พบว่า $L = 48$ นิ้ว , $H = 12.4$ นิ้ว , $D = 24$ นิ้ว

เพราะฉะนั้น $X = 24/48 = 0.5$

$Y = 12.4/48 = 0.258$

แทนค่า X,Y ลงในสมการ (ฉ)

$$F_{A1-A31} = (1.107-0.94)/2$$
$$= 0.0265$$

แทนค่าF_{A1-A31}ลงในสมการ (จ)

$$F_{A1-A3} = 2(0.0265) = 0.053$$

แทนค่าF_{A1-A3}ลงในสมการ (ง)

$$F_{A1-A3,A4} = 2(0.053) = 0.106$$

ดังนั้นค่าShape Factorรวมจากแบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์ไปยังแบบจำลองท้องฟ้า จะมีค่าเท่ากับ

$$F_{total} = F_{A1-A2} + F_{A1-A3,A4}$$
$$= 0.8768 + 0.106$$
$$= 0.9828 \quad ....(ช)$$

จากค่าShape Factor รวมที่คำนวณได้นี้ สรุปได้ว่าเนื่องจากค่าShape Factorมีค่าใกล้เคียงกับ 1 มาก ดังนั้นกล่าวได้ว่าขบวนการการแผ่รังสีความร้อนออกจากแบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์ที่เกิดขึ้นในการทดลองจะถูกถ่ายเทให้แก่ผนังของแบบจำลองท้องฟ้าทั้งหมด

ปริมาณรังสีความร้อนที่แผ่ออกจากแบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์ไปยังแบบจำลองท้องฟ้าสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$Q_{rad} = F_{total}\varepsilon\sigma A(T_g^4 - T_{SKY}^4) \quad \ldots\ldots(๗)$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

ตาราง ค.1

ข้อมูลผลการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า h_w กับ ความเร็วลม(v)
โดยที่แบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์วางทำมุม 0 องศากับแนวราบ

ชุดที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9
v_1	3.2	2.8	2.5	2.3	2.1	1.95	1.8	1.6	1.3
v_2	3.0	2.75	2.4	2.2	2.1	1.9	1.6	1.5	1.2
v_3	2.9	2.6	2.2	2.1	1.9	1.7	1.5	1.3	1.1
V	49.8	49.8	49.8	49.8	49.8	49.8	49.8	49.8	49.8
I	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
T_1	38.3	40.1	40.5	40.9	41.3	41.5	42.0	42.6	43.6
T_2	39.3	41.0	41.5	41.9	42.3	42.6	43.1	43.6	44.6
T_3	38.4	40.1	40.6	41.0	41.4	41.8	42.3	42.8	43.9
T_4	37.7	39.5	39.9	40.3	40.7	40.9	41.4	43.1	42.8
T_5	39.2	41.9	41.4	41.7	42.1	42.5	43.0	43.5	44.5
T_6	39.2	41.8	41.4	41.7	42.1	42.5	43.0	43.4	44.4
T_7	32.1	33.2	33.2	33.2	33.4	33.5	33.6	33.8	34.0
T_8	42.5	44.7	45.1	45.7	47.9	49.1	50.5	50.8	51.6
T_9	42.6	44.7	45.0	45.7	47.8	49.1	50.6	50.7	51.4
T_{10}	36.5	38.1	38.1	38.7	38.5	38.3	39.5	39.8	40.8
T_{11}	38.7	40.5	40.5	41.5	41.1	40.9	41.8	42.2	43.9
T_{12}	37.9	39.8	39.7	40.1	40.4	40.2	40.2	41.3	42.9
T_{13}	37.7	40.5	40.0	39.8	40.6	40.4	40.4	42.0	41.9
T_{14}	39.2	41.7	40.8	42.0	42.4	42.3	42.3	42.5	42.7
T_{15}	45.4	47.5	47.5	47.7	47.7	47.1	49.3	49.5	50.3
T_{16}	38.8	40.7	37.8	41.1	41.8	42.2	42.6	43.3	43.8

ตาราง ค.1 (ต่อ)

ข้อมูลผลการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า h_w กับ ความเร็วลม(v)
แบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์วางทำมุม 0 องศากับแนวราบ

ชุดที่	10	11							
v_1	1.1	0.9							
v_2	0.9	0.8							
v_3	0.8	0.7							
V	49.8	49.8							
I	0.3	0.3							
T_1	44.6	45.6							
T_2	45.6	46.6							
T_3	44.7	45.8							
T_4	43.7	44.7							
T_5	45.5	46.5							
T_6	45.4	46.4							
T_7	34.2	34.5							
T_8	52.8	53.5							
T_9	52.8	53.5							
T_{10}	41.4	43.4							
T_{11}	43.9	45.6							
T_{12}	43.1	44.3							
T_{13}	43.7	44.1							
T_{14}	44.2	44.2							
T_{15}	50.5	52.7							
T_{16}	44.7	46.0							

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ค.2

ข้อมูลผลการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า h_w กับ ความเร็วลม(v)
โดยที่แบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์วางทำมุม 0 องศากับแนวราบและQ_{max}=22.2 W

ชุดที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9
v_1	3.2	2.8	2.5	2.3	2.1	1.95	1.8	1.6	1.3
v_2	3.0	2.75	2.4	2.2	2.1	1.9	1.6	1.5	1.2
v_3	2.9	2.6	2.2	2.1	1.9	1.7	1.5	1.3	1.1
V	59.9	59.9	59.9	59.9	59.9	59.9	59.9	59.9	59.9
I	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37
T_1	41.7	44.3	44.5	45.3	45.7	46.7	47.3	48.2	49.6
T_2	42.7	45.2	46.0	46.3	47.2	48.2	48.4	49.2	50.6
T_3	41.8	44.3	44.7	45.4	45.9	46.9	47.7	48.4	49.9
T_4	41.1	43.7	43.5	44.7	44.7	45.7	46.7	48.7	48.8
T_5	42.6	45.1	45.8	46.1	47.0	48.0	48.3	49.1	50.5
T_6	42.6	45.0	45.8	46.1	47.0	48.1	48.3	49.0	50.4
T_7	32.4	33.5	33.5	33.6	33.7	33.8	33.9	34.1	34.4
T_8	49.0	51.9	52.5	53.0	53.7	55.2	56.4	59.3	62.1
T_9	49.1	51.8	52.5	53.0	53.8	55.3	56.5	59.2	62.1
T_{10}	39.6	42.8	42.8	43.0	43.8	45.3	45.5	46.9	48.0
T_{11}	42.1	45.0	45.0	45.4	46.3	47.5	47.8	48.4	50.3
T_{12}	41.4	43.7	43.9	44.2	44.7	45.4	45.2	47.1	49.2
T_{13}	38.3	42.4	42.6	41.7	44.2	45.4	45.8	46.7	47.5
T_{14}	39.8	43.7	43.8	44.3	46.5	48.0	48.6	48.1	49.9
T_{15}	47.2	49.9	51.3	52.7	53.5	54.7	54.5	55.3	59.4
T_{16}	42.2	44.7	45.2	45.6	46.4	47.2	47.8	48.6	50.1

ตาราง ค.2 (ต่อ)

ข้อมูลผลการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า h_w กับ ความเร็วลม(v)
โดยที่แบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์วางทำมุม 0 องศากับแนวราบและQ_{net}=22.2 W

ชุดที่	10	11							
v_1	1.1	0.9							
v_2	0.9	0.8							
v_3	0.8	0.7							
V	59.9	59.9							
I	0.37	0.37							
T_1	51.6	52.6							
T_2	52.6	53.6							
T_3	50.7	52.8							
T_4	49.7	51.7							
T_5	51.5	52.5							
T_6	51.4	52.4							
T_7	34.4	34.8							
T_8	63.0	65.6							
T_9	63.0	65.5							
T_{10}	48.5	50.5							
T_{11}	51.7	52.7							
T_{12}	50.5	51.3							
T_{13}	48.6	51.2							
T_{14}	50.3	51.3							
T_{15}	60.5	60.1							
T_{16}	51.4	52.7							

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ค.3

ข้อมูลผลการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า h_w กับ ความเร็วลม(v)
โดยที่แบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์วางทำมุม 5 องศากับแนวราบ

ชุดที่	1	2	3	4	5	6	7		
v_1	2.8	2.3	1.95	1.6	1.3	1.1	0.9		
v_2	2.75	2.2	1.9	1.5	1.2	0.9	0.8		
v_3	2.6	2.1	1.7	1.3	1.1	0.8	0.7		
V	49.8	49.8	49.8	49.8	49.8	49.8	49.8		
I	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3		
T_1	39.8	40.8	41.6	42.7	42.9	44.2	44.6		
T_2	40.7	41.9	42.7	43.7	43.9	45.2	45.6		
T_3	39.8	41.0	41.9	42.9	43.2	44.4	44.8		
T_4	39.2	40.3	41.0	42.2	42.1	42.7	44.1		
T_5	40.6	41.7	42.6	43.4	43.8	45.1	45.5		
T_6	40.5	41.7	42.6	43.5	43.7	45.0	45.4		
T_7	33.2	33.3	33.3	33.4	33.4	33.4	33.4		
T_8	42.8	45.7	49.1	50.8	51.2	51.8	53.5		
T_9	42.8	45.8	49.1	50.8	51.3	51.8	53.5		
T_{10}	37.8	38.8	40.0	40.5	40.2	42.0	43.3		
T_{11}	39.3	40.7	41.4	42.8	42.7	44.2	45.0		
T_{12}	38.8	39.6	40.7	41.9	41.9	43.5	43.8		
T_{13}	38.3	40.6	40.4	40.3	42.6	40.5	40.3		
T_{14}	39.7	42.4	42.3	41.3	43.1	41.9	41.3		
T_{15}	45.4	47.7	47.1	49.5	49.6	50.5	52.7		
T_{16}	40.1	41.4	42.0	43.2	43.3	44.5	45.1		

ตาราง ค.4

ข้อมูลผลการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า h_w กับ ความเร็วลม(v)
โดยที่แบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์วางทำมุม 10 องศากับแนวราบ

ชุดที่	1	2	3	4	5	6	7		
v_1	2.8	2.3	1.95	1.6	1.3	1.1	0.9		
v_2	2.75	2.2	1.9	1.5	1.2	0.9	0.8		
v_3	2.6	2.1	1.7	1.3	1.1	0.8	0.7		
V	49.8	49.8	49.8	49.8	49.8	49.8	49.8		
I	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3		
T_1	39.7	40.9	41.5	42.5	42.8	44.3	44.7		
T_2	40.5	42.0	42.7	43.6	43.9	45.3	45.6		
T_3	39.6	41.1	41.7	42.7	43.1	44.5	44.8		
T_4	39.1	40.4	41.0	42.1	42.0	42.8	44.3		
T_5	40.4	41.8	42.5	43.5	43.7	45.2	45.6		
T_6	40.4	41.8	42.6	43.5	43.7	45.1	45.5		
T_7	33.0	33.3	33.3	33.4	33.4	33.4	33.4		
T_8	42.5	45.0	48.9	49.9	51.5	52.1	54.3		
T_9	42.5	45.0	48.8	50.0	51.5	52.2	54.4		
T_{10}	37.7	38.9	39.8	40.3	40.2	42.3	43.5		
T_{11}	39.4	41.0	41.2	42.7	42.4	44.3	45.4		
T_{12}	38.8	40.4	40.5	41.5	41.7	43.7	44.2		
T_{13}	38.3	40.7	40.3	40.3	42.6	40.5	40.1		
T_{14}	39.7	42.7	42.4	41.3	43.1	41.9	41.2		
T_{15}	46.0	48.3	48.5	50.3	50.3	51.4	53.5		
T_{16}	40.2	41.5	42.2	43.0	43.3	44.5	45.1		

ตาราง ค.5

ข้อมูลผลการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า h_w กับ ความเร็วลม(v)
โดยที่แบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์วางทำมุม 15 องศากับแนวราบ

ชุดที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9
v_1	2.8	2.3	2.0	1.6	1.3	1.1	0.9		
v_2	2.75	2.2	1.9	1.5	1.2	0.9	0.8		
v_3	2.7	2.2	1.8	1.4	1.1	0.8	0.8		
V	49.8	49.8	49.8	49.8	49.8	49.8	49.8		
I	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3		
T_1	39.9	40.5	41.4	42.6	42.9	44.1	44.6		
T_2	40.6	41.7	42.5	43.7	44.0	45.2	45.5		
T_3	39.6	40.7	41.6	42.8	43.2	44.3	44.7		
T_4	39.2	40.1	41.1	42.2	42.1	42.6	44.2		
T_5	40.4	41.4	42.6	43.7	43.8	45.1	45.5		
T_6	40.4	41.4	42.6	43.6	43.8	45.1	45.4		
T_7	32.9	33.1	33.3	33.3	33.4	33.4	33.4		
T_8	43.3	45.4	49.7	50.1	51.9	52.5	54.7		
T_9	43.2	45.4	49.7	50.2	51.8	52.5	54.7		
T_{10}	38.0	38.3	39.5	40.6	40.4	41.7	42.9		
T_{11}	39.9	40.4	41.3	43.0	43.0	44.2	45.1		
T_{12}	39.2	39.5	40.5	42.2	41.9	43.4	44.1		
T_{13}	38.4	40.1	40.2	40.5	41.7	40.8	40.7		
T_{14}	39.6	42.6	42.5	42.9	42.5	41.5	41.4		
T_{15}	45.1	47.0	49.3	48.7	49.5	50.3	51.5		
T_{16}	40.1	41.1	42.1	43.0	43.3	44.5	44.8		

ตาราง ค.6

ข้อมูลผลการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า h_w กับ ความเร็วลม(v)
โดยที่แบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์วางทำมุม 20 องศากับแนวราบ

ชุดที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9
v_1	2.8	2.3	2.0	1.6	1.3	1.1	0.9		
v_2	2.75	2.2	1.9	1.5	1.2	0.9	0.8		
v_3	2.7	2.2	1.8	1.4	1.1	0.8	0.8		
V	49.8	49.8	49.8	49.8	49.8	49.8	49.8		
I	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3		
T_1	39.7	40.6	41.2	41.9	42.4	44.2	44.5		
T_2	40.5	41.8	42.3	43.0	43.5	45.2	45.5		
T_3	39.6	40.6	41.3	42.1	42.6	44.4	44.6		
T_4	39.0	40.0	41.0	41.5	41.5	42.7	44.1		
T_5	40.2	41.3	42.5	42.9	43.2	45.2	45.4		
T_6	40.2	41.2	42.5	42.9	43.2	45.2	45.4		
T_7	32.8	33.0	33.1	33.1	33.1	33.4	33.4		
T_8	42.1	44.9	48.8	49.6	50.3	52.3	54.1		
T_9	42.1	45.0	48.8	49.5	50.3	52.3	54.0		
T_{10}	37.9	38.5	39.3	39.3	39.5	41.9	42.6		
T_{11}	39.8	40.2	41.4	41.6	41.9	44.3	44.9		
T_{12}	38.9	39.5	40.6	40.6	40.8	43.8	44.3		
T_{13}	37.9	40.5	40.0	39.8	40.8	40.9	40.8		
T_{14}	39.8	42.2	42.8	41.7	42.1	42.3	41.8		
T_{15}	45.0	47.1	49.4	50.3	52.1	52.7	55.4		
T_{16}	40.0	41.1	41.9	42.3	42.9	44.5	44.8		

ตารางที่ ค.7

ผลการคำนวณหาคุณสมบัติของอากาศโดยใช้ข้อมูลจากตารางที่ ค.1

ข้อมูลชุดที่	T_f C	v_∞ m/s	Cp_∞ J/kg-K	μ_∞ xE5 kg/m-s	k_∞ W/m-K	ρ_∞ kg/m^3	Pr	Re x10^4
1	35.4	3.03	1006.77	1.88	0.0269	1.145	0.7045	6.93
2	36.8	2.72	1006.84	1.89	0.0270	1.139	0.7042	6.16
3	37.0	2.37	1006.85	1.89	0.0270	1.138	0.7041	5.35
4	37.2	2.20	1006.86	1.89	0.0270	1.138	0.7041	4.97
5	37.5	2.03	1006.88	1.89	0.0270	1.137	0.7040	4.59
6	37.7	1.85	1006.89	1.89	0.0270	1.136	0.7040	4.17
7	38.0	1.63	1006.90	1.89	0.0271	1.135	0.7039	3.67
8	38.5	1.47	1006.92	1.89	0.0271	1.133	0.7038	3.29
9	39.0	1.20	1006.95	1.90	0.0271	1.131	0.7037	2.68
10	39.6	0.93	1006.98	1.90	0.0272	1.129	0.7035	2.08
11	40.2	0.80	1007.01	1.90	0.0272	1.126	0.7034	1.78

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

โปรแกรมภาษาแอปเปิ้ลซอร์ฟเบสิคที่ใช้ทำการCurve Fittingด้วยวิธีLeast Square

LIST 10-205

```
10  HIMEM: 38399: LOMEM: 24576: DIM IN$(50),D(2000),DD(5,2):MX =
    2000
12  DIM A(99),B(99),C(99),R(7,8):ABC = 99
15 CD$ =  CHR$ (4): POKE 232,0: POKE 233,63:H = .5
20 D = 0: FOR I = 16128 TO 16369 STEP 5:D = D +  PEEK (I): NEXT
    : IF D = 3114 GOTO 40
30  PRINT CD$;"BLOAD FITCHAR,A$3F00"
40 STAR$ = "**********": FOR I = 1 TO 10: PRINT : NEXT : PRINT  TAB(
    7);STAR$;STAR$;"****"
50  PRINT  TAB( 7);"*     CURVE FITTER     *"
60  PRINT  TAB( 7);"*   BY PAUL K. WARME   *"
70  PRINT  TAB( 7);"*  COPYRIGHT (C) 1980  *"
80  PRINT  TAB( 7);"* INTERACTIVE MICROWARE*"
90  PRINT  TAB( 7);STAR$;STAR$;"****": FOR I = 1 TO 9: PRINT : NEXT

95  HGR2 : TEXT : HCOLOR= 3: ROT= 0: SCALE= 1
99  POKE 51,0: ONERR  GOTO 3100
100 S = 0:S$ = "READ FORMAT FILE NAME":RG$ = "":IN$(S) = "NONE":
     GOSUB 2000: IF A$ = "" GOTO 120
110  PRINT CD$;"OPEN ";IN$(S): PRINT CD$;"READ ";IN$(S): INPUT N
    S: FOR I = 1 TO NS: INPUT IN$(I): NEXT : PRINT CD$;"CLOSE ";
    IN$(S)
120  PRINT STAR$;" INPUT STANDARDS":DD = 2
130  IF DD(1,0) > 0 THEN S$ = "SAME STANDARDS":RG$ = "Y:N":IN$(S
    ) = "N": GOSUB 2000: IF IN$(S) = "Y" GOTO 390
140 S = 1:S$ = "X,Y PAIRS":RG$ = "Y:N": GOSUB 2000:DD(2,0) = 1: IF
    IN$(S) = "Y" THEN DD(2,0) = 2: GOTO 170
150 S = 2:S$ = "FIRST X VALUE":RG$ = "": GOSUB 2000:DD(4,0) = V0

160 S = 3:S$ = "X INTERVAL": GOSUB 2000:DD(5,0) = V0
170 S = 4:S$ = "ERROR BARS":RG$ = "Y:N": GOSUB 2000:DD(3,0) = 0:
     IF IN$(S) = "Y" THEN DD(3,0) = 1
180 DS = 0:DD(0,0) = 0:S0 = 5:EB$ = "+/- ERROR":XY$ = "Y": GOSUB
    2200
190  PRINT STAR$" SCALING AND CONVERSION": PRINT "TYPE CONTROL Z
     NOW TO SAVE RAW DATA":DD = XY + EB
195 S = 9:S$ = "INTERCHANGE X & Y DATA":RG$ = "Y:N": GOSUB 2000:
     IF XY = 2 AND EB = 0 GOTO 215
200  IF DD = 3 THEN J = 2: FOR I = 3 TO DD(1,0) STEP DD:D(J) = D
    (I):D(J + 1) = D(I + 1):J = J + 2: NEXT :DD(1,0) = J - 1: GOTO
    215
205  IF XY = 1 AND EB = 0 THEN K = DD(1,0):J = K + K:DD(1,0) = J
     + 1: FOR I = K TO 1 STEP  - 1:D(J) = D(I):J = J - 2: NEXT
```

LIST 210-510

```
210 J = DD(4,0):K = DD(5,0): FOR I = 0 TO DD(1,0) STEP 2:D(I + 1
    ) = D(I):D(I) = J:J = J + K: NEXT
215 J = 0: FOR I = DD(0,0) TO DD(1,0) STEP 2:Y = D(I + 1): IF Y =
    10000 OR D(I) = 10000 GOTO 230
220  IF IN$(S) = "Y" THEN D(J + 1) = D(I):D(J) = Y:J = J + 2: GOTO
    230
225 D(J) = D(I):D(J + 1) = Y:J = J + 2
230  NEXT :DD(1,0) = J - 1:NS = J / 2:DD(0,1) = J:XY = 2:DD(2,0)
     = XY:EB = 0:DD(3,0) = EB:DD = 2
235  FOR I = DD TO DD(1,0) STEP DD: IF D(I) > D(I - DD) THEN  NEXT
    : GOTO 270
240  PRINT "SORTING X VALUES": FOR I = 0 TO DD(1,0) - DD STEP DD
    : FOR J = I + DD TO DD(1,0) STEP DD: IF D(I) < D(J) GOTO 260

250  FOR K = 0 TO DD - 1:D = D(I + K):D(I + K) = D(J + K):D(J +
    K) = D: NEXT
260  NEXT : NEXT
270 S = 10:S$ = "X SCALE FACTOR":RG$ = "": GOSUB 2000:XS = VO
280 S = 11:S$ = "X OFFSET": GOSUB 2000:XO = VO
290 S = 12:S$ = "X LOG SCALE":RG$ = "LOG:LN:N": GOSUB 2000:XG =
    0: IF IN$(S) = "N" GOTO 330
300 XG = 1: IF IN$(S) = "LOG" THEN XG = 1 /  LOG (10)
330 S = 13:S$ = "Y SCALE FACTOR":RG$ = "": GOSUB 2000:YS = VO
340 S = 14:S$ = "Y OFFSET": GOSUB 2000:YO = VO
350 S = 15:S$ = "Y LOG SCALE":RG$ = "LOG:LN:N": GOSUB 2000:YG =
    0: IF IN$(S) = "N" GOTO 370
360 YG = 1: IF IN$(S) = "LOG" THEN YG = 1 /  LOG (10)
370  FOR I = 0 TO DD(1,0) STEP 2:D(I) = XS * (D(I) + XO): IF XG >
    0 THEN D(I) = XG *  LOG (D(I))
380 D(I + 1) = YS * (D(I + 1) + YO): IF YG > 0 THEN D(I + 1) = Y
    G *  LOG (D(I + 1))
385  NEXT
390 S = 16:S$ = "LIST STANDARDS":RG$ = "Y:N": GOSUB 2000: IF IN$
    (S) = "N" GOTO 450
400  PRINT "#" TAB( 5)"X=" TAB( 16)"Y="
410 J = 0: FOR I = DD(0,0) TO DD(1,0) STEP DD:J = J + 1: PRINT J
    ; TAB( 5);D(I); TAB( 16);D(I + 1): NEXT
450 S = 17:S$ = "PLOT STANDARDS":RG$ = "Y:N": GOSUB 2000: IF IN$
    (S) = "N" GOTO 660
460 XO = D(0):X1 = D(NS + NS - 2)
480 X2 = (X1 - XO) / 20:XO = XO - X2:X1 = X1 + X2:X2 = X1 - XO
485 XL = 25:XR = 267:YT = 4:YB = 182:XX = (XR - XL) / X2
486  DEF  FN XN(X) = (X - XO) * XX + XL
490 P =  INT ( LOG (X2) /  LOG (10)) - 1:X3 = 10 ^ P:X4 = X2 / X
    3: IF X4 < 20 THEN X3 = X3 + X3: GOTO 520
500  IF X4 < 50 THEN X3 = 5 * X3: GOTO 520
510 X3 = 10 * X3:P = P + 1
```

LIST 520-765

```
520 X4 =  INT (XO / (X3 * 10)) * X3 * 10:X5 = 10 ^  - P:YP = 191
    : POKE  - 16304,0: POKE  - 16299,0: HPLOT XL,YT TO XL,YB TO
    XR,YB
535  IF X4 < XO THEN X4 = X4 + X3: GOTO 535
537  IF  LEN ( STR$ ( INT (X4 * X5)) +  STR$ ( INT ((X4 + X2) *
    X5))) * X2 / X3 > 50 THEN X3 = X3 + X3
540 XP =  FN XN(X4): DRAW 3 AT XP,YB:S$ =  STR$ ( INT (X4 * X5 +
    .5)):L =  LEN (S$):XP = XP - L * 4: GOSUB 2500:X4 = X4 + X3:
     IF X4 < X1 GOTO 540
545 XP = 255:YP = YB - 2:S$ = "E" +  STR$ (P):L =  LEN (S$): GOSUB
    2500
550 DO = DD(2,0) - 1:YO = D(DO):Y1 = YO: FOR I = DO TO DD(1,0) STEP
    DD: IF D(I) = 10000 GOTO 580
560  IF D(I) < YO THEN YO = D(I)
570  IF D(I) > Y1 THEN Y1 = D(I)
580  NEXT
585 Y2 = (Y1 - YO) / 20:YO = YO - Y2:Y1 = Y1 + Y2:Y2 = Y1 - YO:Y
    Y = (YT - YB) / Y2
586  DEF  FN YN(Y) = (Y - YO) * YY + YB
590 P =  INT ( LOG (Y2) /  LOG (10)) - 1:Y3 = 10 ^ P:Y4 = Y2 / Y
    3: IF Y4 < 20 THEN Y3 = Y3: GOTO 620
600  IF Y4 < 50 THEN Y3 = 5 * Y3: GOTO 620
610 Y3 = 10 * Y3:P = P + 1
620 Y4 =  INT (YO / (Y3 * 10)) * Y3 * 10:Y5 = 10 ^  - P
635  IF Y4 < YO THEN Y4 = Y4 + Y3: GOTO 635
640 YP =  FN YN(Y4): DRAW 3 AT XL,YP:S$ =  STR$ ( INT (Y4 * Y5 +
    H)):L =  LEN (S$):XP = XL - L * 8 - 1: IF XP < 0 THEN XP = 0

645 YP = YP + 3: GOSUB 2500:Y4 = Y4 + Y3: IF Y4 < Y1 GOTO 640
646 XP = XL + 2:YP = 7:S$ = "E" +  STR$ (P):L =  LEN (S$): GOSUB
    2500
650 DS = 0:SYM = 1: HCOLOR= 3: GOSUB 2590: TEXT
660  PRINT STAR$" AVERAGING AND SMOOTHING"
670 S = 18:S$ = "# POINTS AVERAGING":RG$ = "0:" +  STR$ (NS): GOSUB
    2000:VO =  INT (VO): IF VO <  = 1 GOTO 760
675 D = VO + VO: GOSUB 680: GOTO 750
680 DD(2,1) = DD(2,0):DD(3,1) = 0
700 NF = DD(0,1):DV = VO + VO: FOR I = DD(0,0) TO DD(1,0) - DV +
    1 STEP D
710  IF NF + 2 > MX THEN  PRINT "OUT OF ROOM":I = DD(1,0): GOTO
    740
720 K = 0:L = 0: FOR J = I TO I + DV - 1 STEP DD:K = K + D(J):L =
    L + D(J + 1): NEXT
730 D(NF) = K / VO:D(NF + 1) = L / VO:NF = NF + DD(2,1)
740  NEXT :DD(1,1) = NF - 1:DS = 1:SYM = 3: GOSUB 2590: TEXT : RETURN

750 S = 19:S$ = "MAKE PERMANENT":RG$ = "Y:N": GOSUB 2000: IF IN$
    (S) = "Y" THEN  HCOLOR= 0:SYM = 1:DS = 0: GOSUB 2590: GOSUB
    2680: HCOLOR= 3: GOSUB 2590: TEXT : GOTO 760
755  HCOLOR= 0: GOSUB 2590: GOTO 650
760 S = 20:S$ = "# POINTS SMOOTHING":RG$ = "0:" +  STR$ (NS): GOSUB
    2000:VO =  INT (VO): IF VO <  = 1 GOTO 790
765 D = DD: GOSUB 680
```

LIST 770-1050

```
770 S = 21:S$ = "MAKE PERMANENT":RG$ = "Y:N": GOSUB 2000: IF IN$
    (S) = "N" THEN  HCOLOR= 0: GOSUB 2590: GOTO 650
780  HCOLOR= 0:SYM = 1:DS = 0: GOSUB 2590: GOSUB 2680: HCOLOR= 3
    : GOSUB 2600: TEXT
790  PRINT STAR$" CURVE FITTING":S = 39:S$ = "NEXT SYMBOL":RG$ =
    "2:4": GOSUB 2000:SYM = V0
800 S = 22:S$ = "INTERPOLATION OR LEAST SQUARES FITTING  ":RG$ =
    "1:L:N": GOSUB 2000: IF IN$(S) = "N" GOTO 1965
810  IF IN$(S) = "L" GOTO 850
820  PRINT "AVERAGING DUPLICATE VALUES":X = D(0):I = DD
825 K = 1: IF D(I) > X GOTO 840
830 D(I - 1) = D(I - 1) + D(I + 1):K = K + 1: IF I = DD(1,0) - 1
     THEN DD(1,0) = I - 1: GOTO 835
832  FOR J = I + DD TO DD(1,0):D(J - DD) = D(J): NEXT :DD(1,0) =
    DD(1,0) - DD: IF D(I) <  = X GOTO 830
835 D(I - 1) = D(I - 1) / K:NS = NS - K + 1
840 X = D(I):I = I + DD: IF I < DD(1,0) GOTO 825
850 S = 23:S$ = "# OF POINTS ON CURVE":RG$ = "25:" +  STR$ (MX -
    DD(1,0)): GOSUB 2000:IV =  INT (V0) - 1
860 XY = 2:DD = 2:DD(1,1) = DD(0,1) + IV:DD(2,1) = 1:DD(3,1) = 0
    :DD(4,1) = D(0):DD(5,1) = (D(DD(1,0) - 1) - D(0)) / IV
875 D0 = DD(4,1):D = DD(0,1) - 1:TS = DD(5,1) * IV + D0: IF IN$(
    22) = "L" GOTO 1400
880 S = 24:S$ = "POLYNOMIAL, CUBIC SPLINE OR STINEMAN     ":RG$ =
    "P:C:S": GOSUB 2000: IF IN$(S) <  > "P" GOTO 1020
890 S = 25:S$ = "DEGREE OF POLYNOMIAL":I = 6: IF NS - 1 < 6 THEN
    I = NS - 1
895 RG$ = "1:" +  STR$ (I): GOSUB 2000:DG =  INT (V0)
900 DM =  INT (DG / 2 + 1.1) * DD:DQ =  INT ((DG + 1.5) / 2) * D
    D:XY = 2:DT = DD * (NS - 1)
910 P0 = 0:P1 = 0:Z0 = 0:Z1 = DG + DG: FOR X = D0 TO TS STEP DD(
    5,1):D = D + 1: IF X < D(P1) GOTO 945
912  IF X = D0 THEN P1 = 2: GOTO 935
915 P0 = P0 + 2:P1 = P1 + 2: IF X > D(P1) GOTO 915
920 Z0 = P1 - DM:DP = DQ: IF Z0 < 0 THEN DP = DQ - Z0:Z0 = 0
930 Z1 = P1 + DP - DD: IF Z1 > DT THEN Z0 = Z0 - Z1 + DT:Z1 = DT

935  FOR J = Z0 TO Z1 STEP DD:V = 1: FOR I = Z0 TO Z1 STEP DD: IF
    I <  > J THEN V = V * (D(J) - D(I))
940  NEXT :A(J - Z0) = V: NEXT
945 V = 0: FOR J = Z0 TO Z1 STEP DD:U = 1
950  FOR I = Z0 TO Z1 STEP DD: IF I <  > J THEN U = U * (X - D(I
    ))
980  NEXT :V = V + U * D(J + 1) / A(J - Z0): NEXT :D(D) = V: NEXT
    : GOTO 1390
1020  IF NS - 1 > ABC THEN  PRINT "TOO MANY STANDARDS":AUT = 0: GOTO
    800
1025  IF IN$(S) <  > "C" GOTO 1240
1030 B(0) = 1:C(0) = 0:A(0) = 0
1040 K = 0: FOR I = 1 TO NS - 2:K = K + DD
1050 U = D(K) - D(K - DD):V = D(K + DD) - D(K):W = U + V:Z0 = D(
    K - 1):Z1 = D(K + 1):Z2 = D(K + 3)
```

LIST 1060-1430

```
1060 A(I) = 3 * (Z2 * U - Z1 * W + Z0 * V) / (V * U):B(I) = 2 *
    W - U * C(I - 1):C(I) = V / B(I)
1070 A(I) = (A(I) - U * A(I - 1)) / B(I): NEXT :A(NS - 1) = 0
1080 K = NS * DD - DD: FOR J = NS - 2 TO 0 STEP  - 1:K = K - DD
1090 V = D(K + DD) - D(K):Z1 = D(K + 1):Z2 = D(K + 3)
1100 A(J) = A(J) - C(J) * A(J + 1):B(J) = (Z2 - Z1) / V - V * (A
    (J + 1) + A(J) + A(J)) / 3:C(J) = (A(J + 1) - A(J)) / 3 / V:
     NEXT
1110 J = 0:K = 0: FOR X = DO TO TS STEP DD(5,1):D = D + 1
1120  IF X > D(K + DD) THEN J = J + 1:K = K + DD: GOTO 1120
1130 Z0 = X - D(K)
1135 Z1 = Z0 * Z0:D(D) = D(K + 1) + B(J) * Z0 + A(J) * Z1 + C(J)
     * Z0 * Z1: NEXT : GOTO 1390
1240 II = 0:NM = NS - 1: FOR I = 0 TO NM:A(I) = D(II):B(I) = D(I
    I + 1):II = II + DD: NEXT
1250 Z = B(1) - B(0):X = A(1) - A(0): FOR J = 1 TO NM - 1:Y = Z:
    Z = B(J + 1) - B(J):W = X:X = A(J + 1) - A(J)
1260 U = X * X + Z * Z:V = W * W + Y * Y:C(J) = (Y * U + Z * V) /
    (W * U + X * V): NEXT
1270 U = (B(1) - B(0)) / (A(1) - A(0)):V = (B(NM) - B(NM - 1)) /
    (A(NM) - A(NM - 1))
1275  IF U = 0 AND C(1) = 0 THEN C(0) = 0: GOTO 1295
1280  IF (U > 0 AND U > C(1)) OR (U < 0 AND U < C(1)) THEN C(0) =
    U + U - C(1): GOTO 1295
1290 C(0) = C(1) +  ABS (U) * (U - C(1)) / ( ABS (U) +  ABS (U -
    C(1)))
1295  IF V = 0 AND C(NM - 1) = 0 THEN C(NM) = 0: GOTO 1320
1300  IF (V > 0 AND V > C(NM - 1)) OR (V < 0 AND V < C(NM - 1)) THEN
    C(NM) = V + V - C(NM - 1): GOTO 1320
1310 C(NM) = C(NM - 1) +  ABS (V) * (V - C(NM - 1)) / ( ABS (V) +
     ABS (V - C(NM - 1)))
1320 J = 0: FOR X = DO TO TS STEP DD(5,1):D = D + 1
1330  IF X > A(J + 1) THEN J = J + 1: GOTO 1330
1340 U = (B(J + 1) - B(J)) / (A(J + 1) - A(J)):V = B(J) + U * (X
     - A(J))
1350 Z0 = B(J) + C(J) * (X - A(J)) - V:Z1 = B(J + 1) + C(J + 1) *
    (X - A(J + 1)) - V:Z2 = Z0 * Z1
1355  IF Z2 = 0 THEN D(D) = V: GOTO 1380
1360  IF Z2 > 0 THEN D(D) = V + Z0 * Z1 / (Z0 + Z1): GOTO 1380
1370 D(D) = V + Z2 * (X - A(J) + X - A(J + 1)) / ((Z0 - Z1) * (A
    (J + 1) - A(J)))
1380  NEXT
1390 D(DD(1,1)) = D(DD(1,0)): GOTO 1720
1400 S = 29:S$ = "LINEAR, GEOMETRIC, EXPONENTIAL OR POLY- NOMIAL
     LEAST SQUARES":RG$ = "L:G:E:P": GOSUB 2000: IF IN$(S) = "P"
     GOTO 1550
1405  IF NS < 3 GOTO 1545
1410 C = 0:T = 0:U = 0:V = 0:W = 0:D = DD(4,0): FOR I = 0 TO DD(
    1,0) STEP DD:X = D(I):Y = D(I + 1)
1430  IF IN$(S) = "G" THEN X =  LOG (X):Y =  LOG (Y)
```

LIST 1440-1730

```
1440  IF IN$(S) = "E" THEN Y =  LOG (Y)
1450 C = C + X:T = T + Y:U = U + X * X:V = V + Y * Y:W = W + X *
    Y: NEXT
1460 B = (NS * W - C * T) / (NS * U - C * C):A = (T - B * C) / N
    S
1480  IF IN$(S) < > "L" THEN A =  EXP (A): GOTO 1500
1490  DEF  FN Z(X) = A + B * X
1500  IF IN$(S) < > "G" GOTO 1520
1510  DEF  FN Z(X) = A * X ^ B
1520  IF IN$(S) < > "E" GOTO 1532
1530  DEF  FN Z(X) = A *  EXP (B * X)
1532  PRINT "COEFFICIENTS ARE A="A" B="B
1535 C = B * (W - C * T / NS):V = V - T * T / NS:T = V - C:W = C
     / V:V = T / (NS - 2): GOSUB 3000
1540 X = DD(4,1):U = DD(5,1): FOR I = DD(0,1) TO DD(1,1):D(I) =
     FN Z(X):X = X + U: NEXT : GOTO 1720
1545  PRINT "TOO FEW STANDARDS":AUT = 0: GOTO 800
1550 S = 30:S$ = "DEGREE OF POLYNOMIAL":I = 6: IF NS - 2 < 6 THEN
    I = NS - 2: IF I < 2 GOTO 1545
1560 RG$ = "2:" +  STR$ (I): GOSUB 2000:DG =  INT (VO): FOR I =
    0 TO DG + DG + 2:A(I) = 0:B(I) = 0: NEXT :A(1) = NS
1570  FOR I = 0 TO DD(1,0) STEP DD:X = D(I):Y = D(I + 1)
1590  FOR J = 2 TO DG + DG + 1:A(J) = A(J) + X ^ (J - 1): NEXT
1600  FOR K = 1 TO DG + 1:B(K) = B(K) + Y * X ^ (K - 1): NEXT :B
    (DG + 2) = B(DG + 2) + Y * Y: NEXT
1610  FOR J = 1 TO DG + 1:R(J,DG + 2) = B(J): FOR K = 1 TO DG +
    1:R(J,K) = A(J + K - 1): NEXT : NEXT
1620  FOR K = 1 TO DG:L = K: FOR I = K + 1 TO DG + 1: IF  ABS (R
    (I,K)) >  ABS (R(L,K)) THEN L = I
1630  NEXT : IF L < > K THEN  FOR J = K TO DG + 2:ZO = R(K,J):R
    (K,J) = R(L,J):R(L,J) = ZO: NEXT
1640  FOR I = K + 1 TO DG + 1:Z1 = R(I,K) / R(K,K): FOR J = K +
    1 TO DG + 2:R(I,J) = R(I,J) - Z1 * R(K,J): NEXT : NEXT
1650  NEXT K:C(DG + 1) = R(DG + 1,DG + 2) / R(DG + 1,DG + 1):I =
    DG
1660 K = I + 1:Z2 = 0: FOR J = K TO DG + 1:Z2 = Z2 + R(I,J) * C(
    J): NEXT
1670 C(I) = (R(I,DG + 2) - Z2) / R(I,I):I = I - 1: IF I > 0 GOTO
    1660
1680  FOR J = 0 TO DG: PRINT J" DEGREE COEFFICIENT = "C(J + 1): NEXT

1690 W = 0: FOR J = 2 TO DG + 1:W = W + C(J) * (B(J) - A(J) * B(
    1) / NS): NEXT
1700 U = B(DG + 2) - B(1) * B(1) / NS:V = U - W:W = W / U:V = V /
    (NS - DG - 1): GOSUB 3000
1710 X = DD(4,1):U = DD(5,1): FOR I = DD(0,1) TO DD(1,1):Y = C(1
    ): FOR J = 1 TO DG:Y = Y + C(J + 1) * X ^ J: NEXT :D(I) = Y:
    X = X + U: NEXT
1720 DS = 1: HCOLOR= 3: GOSUB 2590: TEXT
1730 S = 27:S$ = "SATISFACTORY":RG$ = "Y:N": GOSUB 2000: IF IN$(
    S) = "Y" GOTO 1800
```

```
1740 S = 28:S$ = "ERASE FITTED CURVE": GOSUB 2000: IF IN$(
    S) = "Y" THEN  HCOLOR= 0: GOSUB 2590: TEXT : GOTO 800
1750  GOTO 790
1800  PRINT STAR$" EVALUATE UNKNOWNS"
1810 S = 31:S$ = "INPUT UNKNOWN VALUES":RG$ = "Y:N": GOSUB
    2000: IF IN$(S) = "N" GOTO 1965
1815 S = 32:S$ = "ENTER X OR Y VALUES":RG$ = "X:Y": GOSUB
    2000:XY$ = IN$(S)
1820 S = 33:S$ = "MULTIPLIER; TYPE 0 IF VARIABLE":RG$ = ""
    : GOSUB 2000:DL = VO:DD(3,2) = 0: IF DL = 0 THEN DD(3,
    2) = 1
1830 DD(0,2) = DD(1,1) + 1:DD(2,2) = 1:EB$ = "MULTIPLIER":
    DS = 2:SO = 34: GOSUB 2200:DD = XY + EB
1840 S = 0:S$ = "READY FOR LISTING":RG$ = "Y":IN$(S) = "Y"
    : GOSUB 2000
1850  PRINT "#" TAB( 5);XY$"="; TAB( 17)"VALUE" TAB( 28)"M
    ULTIPLIER":U = DD(0,1):V = DD(1,1):W = DD(4,1):D = DD(
    5,1)
1860 J = 1: FOR I = DD(0,2) TO DD(1,2) STEP DD: IF XY$ = "
    X" GOTO 1900
1862 PO = U:P2 = V:Z1 = YS * (D(I) + YO): IF YG > 0 THEN Z
    1 = YG *  LOG (Z1)
1865 S =  SGN (D(V) - D(U)): IF S * (Z1 - D(V)) > 0 OR S *
    (Z1 - D(U)) < 0 OR Z1 = 10000 GOTO 1940
1870 P1 =  INT ((P2 - PO) / 2) + PO: IF S * (D(P1) - Z1) >
    0 THEN P2 = P1: GOTO 1870
1880 PO = P1: IF PO < P2 - 1 GOTO 1870
1890 Z2 = D * (PO - U + (Z1 - D(PO)) / (D(P2) - D(PO))) +
    W: IF XG THEN Z2 =  EXP (Z2 / XG)
1895  GOTO 1945
1900 Z1 = XS * (D(I) + XO): IF XG > 0 THEN Z1 = XG *  LOG
    (Z1)
1910 ZO = (Z1 - W) / D:PO = U +  INT (ZO): IF PO < U OR PO
     > V - 1 GOTO 1940
1920 Z2 = (ZO -  INT (ZO)) * (D(PO + 1 + EB) - D(PO)) + D(
    PO): IF YG THEN Z2 =  EXP (Z2 / YG)
1925  GOTO 1945
1940  PRINT J; TAB( 5);Z1; TAB( 17)"OUT OF RANGE": GOTO 19
    60
1945  IF EB = 1 THEN DL = D(I + 1)
1950  PRINT J; TAB( 5);Z1; TAB( 17);Z2 * DL; TAB( 28);DL
1960 J = J + 1: NEXT :S = 38:S$ = "MORE UNKNOWNS":RG$ = "Y
    :N": GOSUB 2000: IF IN$(S) = "Y" GOTO 1815
1965  PRINT STAR$" SAVE FILES":AUT = 0
1970 S = 45:S$ = "WRITE STANDARDS FILE NAME":RG$ = "":IN$(
    S) = "NONE": GOSUB 2000:DS = 0: IF A$ <  > "" THEN  GOSUB
    2700
1975 S = 46:S$ = "WRITE FITTED FILE NAME":IN$(S) = "NONE":
     GOSUB 2000:DS = 1: IF A$ <  > "" THEN  PRINT "FIRST X
     VALUE = ";DD(4,1): PRINT "X INTERVAL = ";DD(5,1): GOSUB
    2700
1980 S = 47:S$ = "WRITE UNKNOWNS FILE NAME":IN$(S) = "NONE
    ": GOSUB 2000:DS = 2: IF A$ <  > "" THEN  GOSUB 2700
```

```
1985 S = 48:S$ = "WRITE FORMAT FILE NAME":IN$(S) = "NONE":
     GOSUB 2000: IF A$ = "" GOTO 1992
1990  PRINT CD$;"OPEN ";IN$(S): PRINT CD$;"WRITE ";IN$(S):
     PRINT S
1991  FOR I = 1 TO S: PRINT  CHR$ (34);IN$(I); CHR$ (34): NEXT
    : PRINT CD$;"CLOSE ";IN$(S)
1992 S = 50:S$ = "WRITE PICTURE FILE NAME":IN$(S) = "NONE"
    : GOSUB 2000: IF A$ = "" GOTO 1996
1993  PRINT CD$"BSAVE "IN$(S)",A$4000,L$2000"
1996 S = 49:S$ = "ERASE GRAPH":RG$ = "Y:N": GOSUB 2000: IF
    IN$(S) = "Y" GOTO 95
1997  GOTO 100
2000  PRINT S$;"(";RG$;")? <";IN$(S);">";: GOSUB 2800:OK =
    0: IF A > 0 THEN IN$(S) = A$: GOTO 2020
2005 A =  LEN (IN$(S)): IF A = 0 GOTO 2090
2020 L =  LEN (RG$): IF L = 0 GOTO 2095
2030 R$ = "":R = 0: FOR J = 1 TO L
2035  IF  MID$ (RG$,J,1) <  > ":" THEN R$ = R$ +  MID$ (RG
    $,J,1): IF J < L GOTO 2080
2040  IF  VAL (R$) = 0 AND  ASC (R$) <  > 48 GOTO 2060
2042  IF R = 0 THEN V0 =  VAL (IN$(S)): IF V0 <  VAL (R$) GOTO
     2070
2044  IF R = 1 THEN  IF V0 >  VAL (R$) GOTO 2070
2050 R = R + 1:OK = 1:R$ = "": GOTO 2080
2060  IF IN$(S) <  > R$ THEN R$ = "": GOTO 2080
2065 OK = 1: GOTO 2075
2070 OK = 0
2075 J = L
2080  NEXT
2090  IF OK = 0 THEN  PRINT  CHR$ (7);"INVALID ENTRY; CHEC
    K (RANGE)":AUT = 0: GOTO 2000
2095 V0 =  VAL (IN$(S)): RETURN
2100 I = I + 1:V0 =  VAL ( MID$ (A$,I))
2110 I = I + 1: IF I > (A) THEN I = I - 1: GOTO 2120
2115 C =  ASC ( MID$ (A$,I,1)): IF C > 47 AND C < 58 GOTO
     2110
2120  RETURN
2200 S = S0:S$ = "DISK, KEYBOARD OR SENSOR INPUT":RG$ = "D
    :K:S": GOSUB 2000
2210 ND = DD(0,DS):XY = DD(2,DS):EB = DD(3,DS):D = 0: IF I
    N$(S) <  > "D" GOTO 2320
2220 S = S0 + 1:S$ = "READ FILE NAME":RG$ = "": GOSUB 2000
    : IF IN$(S) = "" GOTO 2320
2230 S = S0 + 2:S$ = "FIRST POINT TO BE USED":RG$ = "1:100
    00": GOSUB 2000:D1 = (V0 - 1) * (XY + EB) + 1
2240 S = S0 + 3:S$ = "INTERVAL BETWEEN POINTS": GOSUB 2000
    :DD = V0 * (XY + EB)
2250  PRINT CD$;"OPEN ";IN$(S0 + 1): PRINT CD$;"READ ";IN$
    (S0 + 1)
2260  INPUT D2: PRINT D2" VALUES IN ";IN$(S0 + 1)
2270  FOR I = D1 TO D2 - 1 STEP DD: IF ND + XY + EB > MX THEN
     PRINT "OUT OF ROOM":I = D2: GOTO 2310
2280  INPUT D(ND):D = D + 1: IF D < I GOTO 2280
2290 ND = ND + 1: IF XY = 2 THEN  INPUT D(ND):D = D + 1:ND
     = ND + 1
```

```
2300  IF EB = 1 THEN  INPUT D(ND):D = D + 1:ND = ND + 1
2310  NEXT : PRINT CD$"CLOSE "IN$(SO + 1): PRINT (ND - DD(
    0,DS)) / (XY + EB)" POINTS READ":DD(1,DS) = ND - 1: RETURN

2320  IF IN$(SO) = "S" THEN  PRINT "TYPE CONTROL Y TO INPU
    T SENSOR VALUE"
2330 S = 0:RG$ = "": PRINT "TYPE 9999 TO END INPUT": PRINT
    "TYPE 10000 TO DELETE A POINT"
2340 D = D + 1: PRINT "POINT "D: IF ND + XY + EB > MX THEN
     PRINT "OUT OF ROOM": GOTO 2390
2350  IF XY = 2 THEN S$ = "X VALUE":IN$(S) =  STR$ (D(ND))
    : GOSUB 2000:D(ND) = V0:ND = ND + 1: IF V0 = 9999 THEN
    ND = ND - 1: GOTO 2390
2360 S$ = XY$ + " VALUE":IN$(S) =  STR$ (D(ND)): GOSUB 200
    0:D(ND) = V0:ND = ND + 1: IF V0 = 9999 THEN ND = ND -
    XY: GOTO 2390
2370  IF EB = 1 THEN S$ = EB$:IN$(S) =  STR$ (D(ND)): GOSUB
    2000:D(ND) = V0:ND = ND + 1
2380  GOTO 2340
2390 ND = ND - 1:DD(1,DS) = ND: RETURN
2500 C =  ASC (S$): GOSUB 2530: DRAW C AT XP,YP: IF L = 1 GOTO
    2520
2510  FOR II = 2 TO L:C =  ASC ( MID$ (S$,II,1)): GOSUB 25
    30: DRAW C: NEXT
2520  RETURN
2530 C = C - 40: IF C < 5 OR C > 17 THEN C = 7
2540  RETURN
2590  POKE  - 16304,0: POKE  - 16299,0
2600 YX = DD(2,DS):SD = YX + DD(3,DS):XI = DD(5,DS):XP = D
    D(4,DS) - XI:JJ = 1
2610  FOR II = DD(0,DS) TO DD(1,DS) STEP SD: IF YX = 1 THEN
    XP = XP + XI:YP = D(II): GOTO 2630
2620 XP = D(II):YP = D(II + 1)
2630 X =  FN XN(XP): IF X < XL OR X > XR GOTO 2660
2640 Y =  FN YN(YP): IF Y < (YT) OR Y > YB GOTO 2660
2650  DRAW SYM AT X,Y: GOTO 2670
2660  PRINT "BAD POINT "JJ
2670 JJ = JJ + 1: NEXT : RETURN
2680 DV = DD(0,1):DD(1,00) = DD(1,1) - DV: FOR II = 0 TO D
    D(1,0):D(II) = D(II + DV): NEXT
2690 NS = (DD(1,0) + 1) / 2: RETURN
2700  PRINT CD$;"OPEN ";IN$(S): PRINT CD$;"WRITE ";IN$(S):
     PRINT DD(1,DS) - DD(0,DS) + 1: FOR I = DD(0,DS) TO DD
    (1,DS): PRINT D(I): NEXT : PRINT CD$;"CLOSE ";IN$(S): RETURN

2800 A = 0:A$ = "": IF AUT = 1 AND  PEEK ( - 16384) < 128 THEN
     PRINT : RETURN
2805 AUT = 0
2810  GET C$:C =  ASC (C$): IF C > 31 GOTO 2890
2815  IF C <  > 8 GOTO 2820
2816  PRINT C$;: IF A < 2 GOTO 2800
2818 A = A - 1:A$ =  LEFT$ (A$,A): GOTO 2810
2820  IF C = 13 THEN  PRINT : RETURN
2825  IF C = 1 THEN AUT = 1: GOTO 2800
2828  IF C = 4 THEN  PRINT : PRINT CD$;A$: POP : GOTO 2000
```

```
2830  IF C = 7 THEN  POKE  - 16304,0: POKE  - 16299,0: GOTO
    2810
2840  IF C = 20 THEN  POKE  - 16303,0: POKE  - 16300,0: GOTO
    2810
2850  IF C = 24 THEN  PRINT  CHR$ (92): GOTO 2800
2852  IF C = 16 THEN  GET C$: PRINT : PRINT CD$ + "PR#" +
    C$: GOTO 2810
2855  IF C = 26 THEN  POP : POP : GOTO 1965
2858  IF C = 17 THEN  TEXT : END
2859  IF C = 18 THEN  TEXT : END
2860  IF C = 25 THEN  GOSUB 2900:C =  LEN (A$):A$ = A$ +  STR$
    (V0):A =  LEN (A$): PRINT  MID$ (A$,C + 1);
2870  GOTO 2810
2890  PRINT C$;:A = A + 1:A$ = A$ + C$: GOTO 2810
2900 V0 = 0: RETURN : REM  SENSOR INPUT
3000  PRINT "COEFFICIENT OF DETERMINATION = "W: PRINT "COE
    FFICIENT OF CORRELATION = " SQR (W): PRINT "STANDARD E
    RROR OF ESTIMATE = " SQR (V): RETURN
3100  PRINT : PRINT CD$"CLOSE": TEXT : PRINT CD$"PR#0": PRINT
     CHR$ (7)"ERROR " PEEK (222)" IN LINE " PEEK (218) + 2
    56 *  PEEK
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่างการใช้งานโปรแกรมCurve Fitter ในการFit Curveหาสมการความสัมพันธ์ระหว่าง h_wกับความเร็วลม(v) ที่ได้จากการทดลอง

```
**************************
*      CURVE FITTER      *
*    BY PAUL K. WARME    *
*  COPYRIGHT (C) 1980    *
* INTERACTIVE MICROWARE  *
**************************
```

```
READ FORMAT FILE NAME()? <NONE>
********** INPUT STANDARDS
X,Y PAIRS(Y:N)? <>Y
ERROR BARS(Y:N)? <>N
DISK, KEYBOARD OR SENSOR INPUT(D:K:S)? <>K
TYPE 9999 TO END INPUT
TYPE 10000 TO DELETE A POINT
POINT 1
X VALUE()? <0>3.03
Y VALUE()? <0>17.29
POINT 2
X VALUE()? <0>2.72
Y VALUE()? <0>15.9
POINT 3
X VALUE()? <0>2.37
Y VALUE()? <0>14443
POINT 4
X VALUE()? <0>2.2
Y VALUE()? <0>13.99
POINT 5
X VALUE()? <0>2.03
Y VALUE()? <0>13.32
POINT 6
X VALUE()? <0>1.85
Y VALUE()? <0>12.58
POINT 7
X VALUE()? <0>1.63
Y VALUE()? <0>12.1
POINT 8
X VALUE()? <0>1.47
Y VALUE()? <0>11.4
POINT 9
X VALUE()? <0>1.2
Y VALUE()? <0>11.02
POINT 10
X VALUE()? <0>.93
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
Y VALUE( )? <0>9.91
POINT 11
X VALUE( )? <0>.8
Y VALUE( )? <0>9.55
POINT 12
X VALUE( )? <0>9999
********** SCALING AND CONVERSION
TYPE CONTROL Z NOW TO SAVE RAW DATA
INTERCHANGE X & Y DATA(Y:N)? <>N
SORTING X VALUES
X SCALE FACTOR( )? <>1
X OFFSET( )? <>0
X LOG SCALE(LOG:LN:N)? <>N
Y SCALE FACTOR( )? <>1
Y OFFSET( )? <>0
Y LOG SCALE(LOG:LN:N)? <>N
LIST STANDARDS(Y:N)? <>Y
#     X=                Y=
1     .8                9.55
2     .93                9.91
3     1.2                11.02
4     1.47                11.4
5     1.63                12.1
6     1.85                12.58
7     2.03                13.32
8     2.2                13.99
9     2.37                14.43
10     2.72                15.9
11     3.03                17.29
PLOT STANDARDS(Y:N)? <>Y
********** AVERAGING AND SMOOTHING
# POINTS AVERAGING(0:11)? <>0
# POINTS SMOOTHING(0:11)? <>0
********** CURVE FITTING
NEXT SYMBOL(2:4)? <>2
INTERPOLATION OR LEAST SQUARES FITTING  (I:L:N)? <>L
# OF POINTS ON CURVE(25:1979)? <>50
LINEAR, GEOMETRIC, EXPONENTIAL OR POLY- NOMIAL LEAST SQUARES(L:G:E:P)? <>I
COEFFICIENTS ARE A=6.67881489 B=3.36248326
COEFFICIENT OF DETERMINATION = .990356009
COEFFICIENT OF CORRELATION = .995166322
STANDARD ERROR OF ESTIMATE = .25069585
SATISFACTORY(Y:N)? <>Y
```

ประวัติผู้เขียน

นาย ไชยยศ สิริเพาประดิษฐ์ เกิดเมื่อวันที่ 22 มกราคม พ.ศ. 2506 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีจากภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ในปี พ.ศ. 2527

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย