

The t Test

รศ. วราภรณ์ สุขสุขะโน

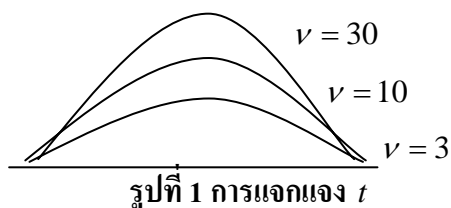
t test สำคัญอย่างไร

ปัจจุบันได้มีการทำวิจัยกันอย่างแพร่หลายในด้านวิทยาศาสตร์ การเกษตร การแพทย์ ธุรกิจ เศรษฐศาสตร์ สังคม และการศึกษา ซึ่งการวิจัยเป็นกระบวนการแสวงหาความรู้ ข้อเท็จจริงหรือคำตอบของปัญหาในด้านต่าง ๆ โดยการค้นคว้า รวบรวมข้อมูลหรือทดลอง วิเคราะห์ข้อมูลและแปลความหมายจากผลวิเคราะห์ t test เป็นที่รู้จักโดยทั่วไปในกลุ่มนักวิจัย เป็นกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาคำตอบของปัญหาวิจัยวิธีหนึ่ง ตัวอย่างปัญหาวิจัยที่ใช้ t test ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้โดยให้ผู้เรียนสอนกันเอง ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้โดยใช้แบบฝึกทักษะ การศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์และความคงทนการเรียนรู้คำศัพท์วิชาภาษาอังกฤษจากการสอนโดยใช้แบบฝึกทักษะที่มีเกมส์และไม่มีเกมส์ประกอบ การโฆษณาสินค้าเพิ่มยอดขายสินค้านั้น เปรียบเทียบการลดน้ำหนักโดยใช้วิธีการออกกำลังกายกับวิธีควบคุมอาหาร เป็นต้น

t หมายถึงอะไร

t เป็นค่าสถิติทดสอบ (test statistic value) ค่าหนึ่งที่ใช้ทดสอบเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย สัมประสิทธิ์การถดถอย (regression coefficient) และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) ตัวแปร (Variable) ของค่า t มีการแจกแจง t (t distribution) ค้นพบโดยนักสถิติชื่อ วิลเลียม กอสเสต (William Gosset) ในปี ค.ศ. 1908 ขณะที่เข้าทำงานในบริษัท Guinness Browning เป็นบริษัทพิมพ์หนังสือซึ่งบริษัทแห่งนี้ไม่อนุญาตให้พิมพ์ผลงานที่วิลเลียมค้นพบ เพื่อหลีกเลี่ยงข้อห้ามดังกล่าว วิลเลียมจึงนำผลงานนี้ไปพิมพ์ในนาม สติวเดนต์ (Student) ดังนั้น การแจกแจง t จึงมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า การแจกแจง t ของสติวเดนต์ (Student's t distribution)

ลักษณะโค้งการแจกแจง t เป็นรูประฆังคว่ำคล้ายกับการแจกแจงปกติ แต่โค้งลาดต่ำกว่า ความสูงของโค้งขึ้นอยู่กับระดับขั้นความเสรี (degree of freedom) สัญลักษณ์เขียนแทนด้วย ν เมื่อ ν มีค่าเพิ่มขึ้น การแจกแจง t ประมาณได้ดีด้วยการแจกแจงปกติ (normal distribution) ดังแสดงในรูปที่ 1

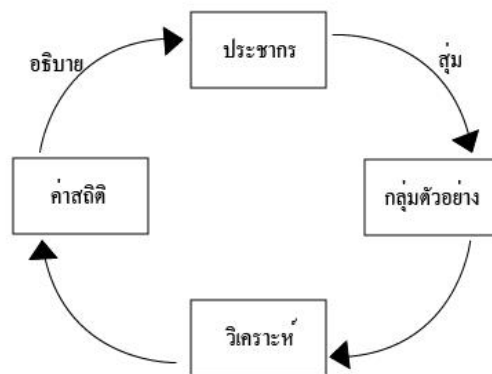


Keyword: t , t test, test, สถิติ

ตัวแปรของค่า t มีความสัมพันธ์กับตัวแปรสองตัวที่ตัวหนึ่งมีการแจกแจงปกติมีค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0 และ 1 ตามลำดับ และอีกหนึ่งตัวแปรมีการแจกแจงไคสแควร์ (Chi square distribution)

test หมายถึงอะไร

test ในที่นี้หมายถึง การทดสอบสมมติฐานทางสถิติ (test of a statistical hypothesis) เป็นส่วนหนึ่งของเนื้อหาวิชาสถิติจัดอยู่ในประเภท สถิติอ้างอิง (inferential statistic) โดยอาศัยแนวคิดของทฤษฎีความน่าจะเป็น (theory of probability) ซึ่งเป็นการศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง (sample) ที่สุ่มมาจากกลุ่มประชากร (population) นำข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ ค่าที่วิเคราะห์ได้จากกลุ่มตัวอย่างนี้เรียกว่า ค่าสถิติ (statistic) และนำค่าสถิตินี้ไปสรุปอ้างอิงคุณลักษณะของประชากรหรือค่าพารามิเตอร์ (parameter)



รูปที่ 2 ผังมโนทัศน์สถิติอ้างอิง

สมมติฐานตามพจนานุกรมราชบัณฑิตยสถาน (2542) ให้ความหมายว่า ข้อคิดเห็นหรือถ้อยแถลงที่ใช้เป็นมูลฐานแห่งการหาเหตุผล การทดลองหรือการวิจัย สมมติฐานเป็นคำตอบที่ผู้วิจัยคาดการณ์หรือพยากรณ์ว่าจะอะไรจะเกิดขึ้นในการวิจัยครั้งนี้ แล้วใช้กระบวนการทดสอบสมมติฐานทางสถิติตรวจสอบคำตอบว่าเป็นไปตามที่คาดการณ์หรือไม่

การตั้งสมมติฐานมี 2 ข้อ ซึ่งเรียกว่า สมมติฐานว่าง (null hypothesis) เขียนแทนด้วย H_0 และสมมติฐานทางเลือก (alternative hypothesis) เขียนแทนด้วย H_a มีหลักการเขียนสมมติฐานดังนี้ เป็นข้อความกะทัดรัด ชัดเจน สอดคล้องกับจุดประสงค์ของงานวิจัย หรือ เขียนในรูปของสมการและอสมการ

ที่เกี่ยวข้องกับค่าคงที่ของประชากร(Parameter) ซึ่งข้อความใน H_0 และ H_a มีความขัดแย้งกัน การวิเคราะห์ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาเหตุผลสนับสนุน H_0 หรือ H_a ใดอย่างหนึ่ง

ขั้นตอนการทดสอบสมมติฐาน

ขั้นตอนการทดสอบสมมติฐานทางสถิติมีดังนี้

- 1) ตั้งสมมติฐาน H_0 และ H_a
- 2) เลือกสถิติที่ใช้ทดสอบ และคำนวณค่าสถิติ เช่น ค่าสถิติ t, z, f, χ^2 เป็นต้น หรือใช้

โปรแกรม Excel , SPSS, MINITAB, MATHCAD

3) กำหนดระดับนัยสำคัญ(level of significant) หรือ ค่า α ซึ่งเป็นความน่าจะเป็นหรือโอกาสที่เกิดความผิดพลาดจากสาเหตุที่สรุปผลการทดสอบว่า ไม่ยอมรับ H_0 เป็นจริง ทั้งๆที่ H_0 เป็นจริง เรียกว่า ความผิดพลาดประเภทที่ 1 (type I error) ค่า α ที่นิยมใช้ 0.05 , 0.01

4) เปรียบเทียบค่าสถิติที่คำนวณได้กับค่าส่วนกลับ (inverse) ของ α ที่กำหนด หรือเปรียบเทียบค่า $p - value$ หรือ sig (probability) ของค่าสถิติ ที่คำนวณได้กับค่า α ที่กำหนด

5) จากการเปรียบเทียบในข้อ 4 นำไปสู่การสรุปผลยอมรับว่า H_0 เป็นจริง หรือ ไม่ยอมรับ H_0 เป็นจริง ถ้าไม่ยอมรับ H_0 ก็หมายความว่ายอมรับ H_a เป็นจริง

ทำไมต้องใช้ค่าสถิติ t

การเลือกใช้ค่าสถิติ t ในการทดสอบ เมื่อมีจุดประสงค์ดังนี้

- 1) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยใช้ค่าสถิติ t มี 3 วิธีดังนี้

1.1 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกับเกณฑ์ที่กำหนดโดยสุ่มเก็บข้อมูลหนึ่งชุด (single sample)

ตัวอย่าง รายงานการวิจัยในปี พ.ศ. 2551 พบว่า อนุภาคมลสาร(particulates) ที่ปนอยู่ในอากาศ ณ อุณหภูมิและความดันปกติของนิคมอุตสาหกรรมแห่งหนึ่งเท่ากับ 20 ไมครอน อยากทราบว่าปัจจุบันอนุภาคมลสารเปลี่ยนแปลงหรือไม่

การตั้งสมมติฐาน H_0 : อนุภาคมลสารเท่ากับ 20 ไมครอน

H_a : อนุภาคมลสารไม่เท่ากับ 20 ไมครอน (เปลี่ยนแปลง)

1.2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของข้อมูล 2 ชุดที่มีความสัมพันธ์กัน (related samples) หรือ ไม่อิสระกัน (dependent samples) ข้อมูลมีลักษณะเป็นคู่ แต่ละคู่วัดจากหน่วยของตัวอย่างเดียวกัน หรือที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันหรือมีพื้นฐานก่อนการทดลองเหมือนกัน

ตัวอย่าง กาววิจัยเพื่อเปรียบเทียบเจตคติของนักศึกษาที่มีต่อการสูบบุหรี่ก่อนและหลังคู่มือทัศนที่เกี่ยวกับอันตรายของการสูบบุหรี่ โดยวัดคะแนนเจตคติก่อนและหลังคู่มือทัศนที่ทัศนของนักศึกษาแต่ละคน มีคะแนนเต็ม 10

การตั้งสมมติฐาน H_0 : เจตคติของนักศึกษาที่มีต่อการสูบบุหรี่ก่อนและหลังดูวิดีโอไม่แตกต่างกัน

H_a : เจตคติของนักศึกษาที่มีต่อการสูบบุหรี่ก่อนและหลังดูวิดีโอแตกต่างกัน

1.3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยข้อมูล 2 ชุดที่อิสระกัน (independent samples)

ตัวอย่าง การวิจัยผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้โดยการสอนแบบเน้นปัญหา (problem based learning) เกี่ยวกับการสร้างความคิดสร้างสรรค์ของนักศึกษาในมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง กลุ่มนักศึกษา มา 2 กลุ่ม กลุ่มหนึ่งให้เรียนแบบปกติ ส่วนอีกกลุ่มหนึ่งสอนแบบเน้นปัญหา โดยมีข้อตกลงว่า ความคิดสร้างสรรค์ของนักศึกษาทั้ง 2 กลุ่มก่อนการทดลองไม่แตกต่างกัน

การตั้งสมมติฐาน H_0 : ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้โดยการสอนแบบเน้นปัญหากับแบบปกติไม่แตกต่างกัน

H_a : ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้โดยการสอนแบบเน้นปัญหาและแบบปกติแตกต่างกัน

ตัวอย่าง การศึกษาเพื่อเปรียบเทียบระดับกรดยูริกในเซรัมของผู้ป่วยเบาหวานกับคนปกติ

การตั้งสมมติฐาน H_0 : ระดับกรดยูริกในเซรัมของผู้ป่วยเบาหวานและคนปกติไม่แตกต่างกัน

H_a : ระดับกรดยูริกในเซรัมของผู้ป่วยเบาหวานและคนปกติแตกต่างกัน

2) เปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การถดถอย (regression coefficient) และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient)

ข้อตกลงเบื้องต้น

การเลือกใช้ค่าสถิติ t ทดสอบเพื่อช่วยให้ผลการวิจัยมีความถูกต้อง น่าเชื่อถือ มีข้อตกลงเบื้องต้นดังนี้

1) ข้อมูลมีลักษณะเป็นปริมาณ มีมาตรวัดอัตราส่วน (ratio scale) หรือ อินตรภาค (interval scale)

2) ข้อมูลมีการแจกแจงปกติ

3) ไม่ทราบค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร

ในกรณีที่ไม่สอดคล้องกับข้อตกลงเบื้องต้น ดังนี้

1) ถ้าประชากรมีการแจกแจงใด ๆ และมีจำนวนตัวอย่างมากพอ (large sample size) สามารถเลือกใช้ค่าสถิติ t หรือค่าสถิติ z ทดสอบได้ เมื่อตัวแปรของค่าสถิติ z มีการแจกแจงปกติ ค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนเท่ากับ 0 และ 1 ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีขีดจำกัดกลาง (Central limit theorem) ที่กล่าวว่า ค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (\bar{x}) ไม่ว่าจะสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงใด ๆ เมื่อจำนวนตัวอย่างมากพอ การแจกแจงของตัวแปรของ \bar{x} ประมาณ (approximate) ได้ดีด้วย การแจกแจงปกติ

2) ถ้าประชากรไม่มีการแจกแจงปกติ และจำนวนตัวอย่างน้อย หรือ ข้อมูลมีลักษณะเป็นคุณภาพ มีมาตรวัดนามบัญญัติ (nominal scale) หรือเรียงลำดับ (ordinal scale) ควรใช้กระบวนการที่

เรียกว่า การแจกแจงอิสระ(distribution free) หรือ ไม่มีพารามิเตอร์ (nonparametric) ได้แก่ Sign test , Wilcoxon Rank-Sum test , Mann Whitney test , Wilcoxon Signed – Rank test

ตัวอย่าง

ตัวอย่างที่ 1 การศึกษาเปรียบเทียบจำนวนแบคทีเรีย airborne ห้องที่ปูพรมกับห้องที่ไม่ปูพรมในโรงพยาบาลแห่งหนึ่ง โดยสำรวจห้องปูพรมและไม่ปูพรมอย่างละ 8 ห้อง วัดจำนวนแบคทีเรีย airborne หน่วยเป็น โคลโลนี / ลูกบาศก์ฟุต (colonies/ ft^3) ข้อมูลเป็นดังนี้

ห้องปูพรม	11.8	8.2	7.1	13.0	10.8	10.1	14.6	14.0
ห้องไม่ปูพรม	12.1	8.3	3.8	7.2	12.0	11.1	10.1	13.7

(Devore, 2000, p.400)

วิธีที่ 1 โดยใช้โปรแกรม SPSS

1) ตรวจสอบข้อมูล 2 ชุดมีการแจกแจงปกติเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นหรือไม่
 เลือกคำสั่ง Analyze → Descriptive Statistics → Explore
 เลือก Plots → Normality plot with tests

ผลการวิเคราะห์

		Tests of Normality					
		Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
type		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
colony	carpet	0.124	8	0.200	0.959	8	0.800
	uncarpet	0.164	8	0.200	0.942	8	0.634

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์

คำอธิบาย

ผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 1 โดยวิธี Kolmogorov –Smirnov ได้ sig (carpet) = sig (uncarpet) = 0.2 และโดยวิธี Shapiro – Wilk ได้ sig (carpet) = 0.8 และ sig (uncarpet) = 0.634 ที่ $\alpha = 0.05$ ค่า sig ของทั้ง 2 วิธีมากกว่า α จึงสรุปผลตรงกันว่า ข้อมูลทั้ง 2 ชุดมีการแจกแจงปกติ

2) ตรวจสอบความแปรปรวนของข้อมูล 2 ชุดเท่ากันหรือไม่ และเปรียบเทียบจำนวนแบคทีเรีย Airborne ห้องที่ปูพรมกับห้องที่ไม่ปูพรม

เลือกคำสั่ง Analyze → Independent samples T Test

ผลวิเคราะห์

		Independent Samples Test						
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means				
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference
colony	Equal variances assumed	.216	.649	.956	14	.355	1.412500	1.477865
	Equal variances not assumed			.956	13.563	.356	1.412500	1.477865

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์

คำอธิบาย

ผลการวิเคราะห์ตารางที่ 2 พบว่า โดยวิธี Levene ได้ $sig = 0.649$ ที่ $\alpha = 0.05$ ค่า sig มากกว่า α สรุปว่า ความแปรปรวนของข้อมูล 2 ชุดไม่แตกต่างกัน

โดยใช้ Independent Samples T Test ได้ $t=0.956$ และ $sig = 0.355$ ที่ $\alpha = 0.05$ ค่า sig มากกว่า α สรุปว่า จำนวนโคโลนีในห้องปุพรมและไม่ปุพรมไม่แตกต่างกัน

วิธีที่ 2 โดยใช้โปรแกรม Excel

เข้า Insert Function เลือก Function : TTES ที่ช่อง tails พิมพ์ 2 ที่ช่อง type พิมพ์ 2
ผลวิเคราะห์ได้ $sig = 0.355$

วิธีที่ 3

H_0 : จำนวนโคโลนีในห้องปุพรมและไม่ปุพรมไม่แตกต่างกัน

H_a : จำนวนโคโลนีในห้องปุพรมและไม่ปุพรมแตกต่างกัน

เนื่องจากตัวอย่าง 2 ชุด เป็นอิสระกันมีจำนวนน้อย มีการแจกแจงปกติ และความแปรปรวนของข้อมูล 2 ชุดไม่แตกต่างกัน จึงเลือกใช้ค่า t โดยที่

$$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - d_0}{s_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

$$\text{เมื่อ } s_p^2 = \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \quad \text{และ} \quad \nu = n_1 + n_2 - 2$$

โดยใช้โปรแกรม Excel เข้า Insert Function เลือก Function : AVERAGE, STDEVA, TINV

และ TDIST จะได้ $\bar{x}_1 = 11.2$ $\bar{x}_2 = 9.7875$ $s_p^2 = 1.4125$ และ $t = 0.956$

และที่ $\nu = 14$ จะได้ $P(T > 0.956) = 0.1776$ และ $sig = 2 \times 0.1776 = 0.355$

ที่ $\alpha = 0.05$ ค่า $sig > \alpha$ สรุปว่า จำนวนโคโลนีในห้องปุพรมและไม่ปุพรมไม่แตกต่างกัน

ตัวอย่างที่ 2 การศึกษาสารปนเปื้อนจากสังกะสีในแหล่งน้ำ 6 แห่ง โดยเก็บตัวอย่างน้ำจากระดับท้องน้ำ (bottom water) และ ผิวน้ำ (surface water) วัดความเข้มข้นของสารปนเปื้อนจากสังกะสีหน่วยเป็น มิลลิกรัม/ลิตร ได้ดังนี้

	แหล่งน้ำ					
	1	2	3	4	5	6
ความเข้มข้นของสังกะสีที่ท้องน้ำ	0.43	0.266	0.567	0.531	0.707	0.716
ความเข้มข้นของสังกะสีที่ผิวน้ำ	0.415	0.238	0.390	0.410	0.605	0.609

(Devore, 2000, p.374)

ให้ d_i แทน ผลต่างความเข้มข้นของสารปนเปื้อนจากสังกะสีที่ท้องน้ำกับผิวน้ำแหล่งน้ำที่ i จะได้ d_i ดังนี้

แหล่งน้ำ	1	2	3	4	5	6
d_i	0.015	0.028	0.177	0.121	0.102	0.107

วิธีที่ 1 โดยใช้โปรแกรม SPSS

1) ตรวจสอบข้อมูล 2 ชุดมีการแจกแจงปกติเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นหรือไม่

เลือกคำสั่ง Analyze → Descriptive Statistics → Explore

เลือก Plots → Normality plot with tests

ผลการวิเคราะห์

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
bottom	.174	6	.200*	.934	6	.613
surface	.249	6	.200*	.892	6	.327

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์

คำอธิบาย

ผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 3 โดยวิธี Kolmogorov – Smirnov ได้ $sig = 0.2$ และโดยวิธี Shapiro – Wilk ได้ $sig = 0.563$ ที่ $\alpha = 0.05$ ค่า sig มากกว่า α จึงสรุปผลตรงกันว่า ข้อมูลมีการแจกแจงปกติ เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น

2) เปรียบเทียบความเข้มข้นของสารปนเปื้อนสังกะสีที่ท้องน้ำและผิวน้ำแตกต่างกันหรือไม่ เนื่องจากข้อมูลทั้ง 2 ชุดมีความสัมพันธ์กันจึง เลือกใช้คำสั่ง

Analyze → Paired – Samples T Test

ผลการวิเคราะห์

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	bottom - surface	.0916667	.0606883	.0247759	.0279782	.1553551	3.700	5	.014

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์

โดยใช้ Paired – Samples T Test ได้ $t=3.7$ และ $sig = 0.014$ ที่ $\alpha = 0.05$ ค่า sig น้อยกว่า α สรุปว่า ความเข้มข้นของสารปนเปื้อนสังกะสีที่ท้องน้ำและผิวน้ำแตกต่างกัน

วิธีที่ 2 โดยใช้โปรแกรม Excel

เข้า Insert Function เลือก Function : TTES ที่ช่อง tails พิมพ์ 2 ที่ช่อง type พิมพ์ 1

ผลวิเคราะห์ได้ $sig = 0.014$

วิธีที่ 3

H_0 : ความเข้มข้นของสารปนเปื้อนสังกะสีที่ท้องน้ำและผิวน้ำไม่แตกต่างกัน

H_a : ความเข้มข้นของสารปนเปื้อนสังกะสีที่ท้องน้ำและผิวน้ำแตกต่างกัน

เนื่องจากตัวอย่าง 2 ชุดสัมพันธ์กัน มีการแจกแจงปกติและมีจำนวนน้อย จึงเลือกใช้ค่า t โดยที่

$$t = \frac{\bar{d} - d_0}{s_{\bar{d}}}$$

โดยใช้โปรแกรม Excel เข้า Insert Function เลือก Function : AVERAGE, STDEVA, TINV

และ TDIST จะได้ $\bar{d}=0.0917$ $s_{\bar{d}}=0.0248$ $d_0=0$ และ $t=3.7$

$P(T > 3.7) = 0.007$ และ $sig = 0.014$

ที่ $\alpha = 0.05$ สรุปได้ว่า ความเข้มข้นของสารปนเปื้อนสังกะสีที่ท้องน้ำและผิวน้ำแตกต่างกัน

email : ripavara@yahoo.com

เอกสารอ้างอิง

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์.(2552). *80 นวัตกรรมจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ*. กรุงเทพฯ :
แคเน็กซ์ อินเทอร์เน็ตคอร์ปอเรชั่น.

วรารณณ์ สุขสุขะโน.(2544). *สถิติประยุกต์*. พระนครศรีอยุธยา: คณะวิทยาศาสตร์และ
เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา.

Jay L. Devore (2000). *Probability and Statistics for Engineering and the Sciences*. (5th ed.).
California: R.R. Donnelley.

Hogg, R.V., and Craig, A.T.(1978). *Introduction to mathematical Statistics* . (4th ed.). New
York : Macmillan Publishing.

Walpole. R.E. and Myers R.H.(1985). *Probability and Statistics for Engineers and Scientists*.
(3th ed.). New York : Macmillan Publishing.