

## อินวิโวสแตท – โปรแกรมวิเคราะห์สถิติที่ใช้งานได้ฟรี

InVivoStat - A Free-to-use Statistical Analysis Program

วัฒนา ชยธวัช

Vadhana Jayathavaj

สาขาการแพทย์แผนไทย คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยปทุมธานี

Thai Traditional Medicine, Faculty of Allied Health Sciences, Pathumthani University

E-mail : vadhana.j@ptu.ac.th

(Received: 15 April 2023, Revised: 28 May 2023, Accepted: 6 June 2023)

<https://doi.org/10.57260/stc.2023.537>

### บทคัดย่อ

สถิติเป็นศาสตร์และศิลป์ในการสรุปงานวิจัยเชิงปริมาณ การใช้โปรแกรมวิเคราะห์สถิติช่วยให้กระบวนการทางสถิติในงานวิจัยมีประสิทธิภาพ โปรแกรมอินวิโวสแตท (InVivoStat) เป็นโปรแกรมที่พัฒนาโดยมีพื้นฐานจากโปรแกรม R สามารถวิเคราะห์สถิติดังต่อไปนี้ สถิติเชิงพรรณนา (ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่ามัธยฐาน ฯลฯ) การวัดเดียวและการวัดซ้ำ สถิติพารามетริก (t-test, ANOVA, ANCOVA) การวิเคราะห์อำนาจทดสอบ (การคำนวณขนาดตัวอย่าง) การพล็อตกราฟ (ผังการกระจาย, แผนผังกล่อง เป็นต้น) การปรับค่าพี (p-value) (การทดสอบเปรียบเทียบหลายรายการ) การวิเคราะห์การตอบสนองต่อขนาดยา (การปรับเส้นโค้งแบบไม่เชิงเส้น) สถิตินอนพารามетริก (Kruskal-Wallis, Mann-Whitney) การทดสอบไคสแควร์และฟิชเชอร์ การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ การวิเคราะห์การถดถอย การวิเคราะห์การอยู่รอด และสถิติหลายตัวแปร (การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก การวิเคราะห์จำแนกกลุ่ม และ การวิเคราะห์จำแนกกลุ่มเชิงเส้น) โปรแกรมนี้จึงเหมาะสมกับผู้ที่มิชอบจำกัดการเข้าถึงโปรแกรมที่มีลิขสิทธิ์ ที่สำคัญคือ นักวิจัยสามารถอ้างอิงว่า ได้ใช้โปรแกรมอินวิโวสแตทในการวิเคราะห์สถิติในผลงานวิชาการที่นำไปเผยแพร่ได้อย่างเปิดเผยโดยไม่ต้องเสี่ยงกับการละเมิดลิขสิทธิ์

**คำสำคัญ:** อินวิโวสแตท โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ

## Abstract

Statistics is the science and art of summarizing quantitative research. The use of statistical program enables efficient statistical processes in research. InVivoStat is the program developed based on the R program, the statistical analysis features are as follows; descriptive statistics (mean, standard deviation, median, etc.), single and repeated measurements of analysis of parametric statistics (t-test, ANOVA, ANCOVA), power analysis (calculation of sample size), graphic plotting (scatter plots, box plots, etc.), *p*-value adjustment (multiple comparison test), dose-response analysis (nonlinear curve fitting), non-parametric statistics (Kruskal-Wallis, Mann-Whitney), Chi-square and Fisher test, correlation analysis, regression analysis, survival analysis, and multivariate statistics (Principal Component Analysis, Discriminant Analysis, and Linear Discriminant Analysis). This program is suitable for those who have limited access to another licensed program. Importantly, researchers can refer to using InVivoStat for statistical analysis in openly published scholarly work without risking copyright infringement.

**Keywords:** InVivoStat, Statistical analysis program

## บทนำ

ไซมอน ที. เบท (Simon T. Bate) ได้ร่วมงานกับแกล็กโซสมิธไคลน์ พีแอลซี (GlaxoSmithKline plc.) หรือ GSK บริษัทยาสหราชอาณาจักร มีสำนักงานใหญ่อยู่ที่เบอร์นีย์พอร์ด ลอนดอน (GSK plc., 2022) ในปี พ.ศ. 2543 เขาทำหน้าที่สนับสนุนการออกแบบและการวิเคราะห์ทางสถิติสำหรับการทดลองกับสัตว์ มีการใช้โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ได้แก่ Statistica, Graphpad PRISM, Good for plots และ SPSS กับ โรบิน เอ. คลาร์ก (Robin A. Clark) จาก ฮันติงตัน ไลฟ์ ไซแอนซ์ (Huntingdon Life Sciences) ซึ่งเป็นหน่วยงานวิจัยประเมินความปลอดภัยทางชีวภาพ ทั้งสองคนมีประสบการณ์มากกว่า 20 ปี ในการสนับสนุนนักวิจัยในงานวิจัยทั้งในสิ่งมีชีวิตและในหลอดทดลอง (in vivo and in vitro) ในอุตสาหกรรมเภสัชกรรมและสถาบันการศึกษา พวกเขามีส่วนร่วมในการพัฒนาระบบงานคอมพิวเตอร์ภายในองค์กรและฝึกอบรมนักวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการใช้โปรแกรม (Bate & Clark, 2019)

ไซมอน ที. เบท และ โรบิน เอ. คลาร์ก ได้พัฒนา InVivoStat ให้เป็นโปรแกรมใช้งานฟรีโดยมุ่งเป้าไปที่นักวิทยาศาสตร์สิ่งมีชีวิต (Life scientists) โดยมี GUI (Graphical User Interface การติดต่อกับผู้ใช้โดยใช้ภาพสัญลักษณ์) สำหรับโปรแกรม R เป็นพื้นฐาน สามารถใช้งานง่าย มีประโยชน์ ใช้เทคนิค 'ขั้นสูง' แสดงข้อความ 'คำเตือน' และ 'ข้อผิดพลาด' เพื่อช่วยเหลือผู้ใช้งาน (อย่างละเอียด!) ผลักดันผู้ใช้ไปในทิศทางที่ 'ถูกต้อง' และมีความสามารถในการแปลงข้อมูล เริ่มนำออกเผยแพร่ครั้งแรก ใน พ.ศ. 2553 ใช้งานบน Windows 32 บิต พ.ศ. 2565 ได้ออก Version 4.7 เมื่อ 9 ธันวาคม พ.ศ. 2565 ให้ใช้งานกับเครื่องคอมพิวเตอร์ Windows 64 บิต (InVivoStat, 2022a)

พ.ศ. 2557 ไชมอน ที. เบท และ โรบิน เอ. คลาร์ก ได้พิมพ์หนังสือ “การออกแบบและการวิเคราะห์ทางสถิติของการทดลองในสัตว์ (The design and statistical analysis of animal experiments)” ซึ่งเขียนขึ้นสำหรับนักวิจัยที่ใช้สัตว์ทดลอง ให้คำแนะนำที่ครอบคลุมเกี่ยวกับการออกแบบและการวิเคราะห์ทางสถิติของการทดลองกับสัตว์ เป็นที่ทราบกันมานานแล้วว่าการนำเทคนิคเหล่านี้ไปใช้อย่างเหมาะสมจะช่วยลดจำนวนสัตว์ที่ใช้ทดลองได้ ตามหลักปฏิบัติจริยธรรมการใช้สัตว์ทดลอง 3Rs ประกอบด้วย 1) Reduction คือ การลดจำนวนสัตว์ทดลอง โดยออกแบบการทดลองเพื่อให้ใช้สัตว์ทดลองจำนวนน้อยที่สุดที่สามารถตอบคำถามของการทดลองได้ 2) Refinement คือ การลดความเจ็บปวดและความทุกข์ทรมานของสัตว์ทดลอง และให้สัตว์ทดลองมีคุณภาพชีวิตที่ดีตลอดระยะเวลาที่อยู่ในขั้นตอนของการทดลอง 3) Replacement คือ การทดแทนการใช้สัตว์ทดลองด้วยระบบอื่น เช่น ระบบการทดลองที่ไม่ใช้สัตว์ทดลอง (In vitro) การทดลองทางเคมี (In chemico) การใช้การคำนวณทางคอมพิวเตอร์ (in silico) เป็นต้น (National center for the replacement refinement and reduction of animals in research (NC3RS), 2022) การใช้ตัวอย่างในชีวิตจริงเพื่อให้ผู้อ่านเข้าถึงได้มากขึ้น หนังสือเล่มนี้จะอธิบายเครื่องมือทางสถิติที่ผู้ปฏิบัติงานใช้ มีการพิจารณาประเภทการออกแบบการทดลองที่หลากหลาย รวมถึงบล็อก แฟกทอเรียล แฟกทอเรียลซ้อน ครอสโอเวอร์ การเพิ่มขนาดยา และการวัดและเทคนิคการทดลองซ้ำ ๆ เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลการทดลองที่สร้างขึ้น เทคนิคการวิเคราะห์แต่ละเรื่องอธิบายด้วยคำศัพท์ที่ช่วยให้ผู้อ่านที่ไม่มีพื้นฐานทางสถิติเข้าใจเทคนิคสำคัญนั้น ๆ ได้ เช่น การทดสอบค่า  $t$ , ANOVA, การวัดซ้ำ การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม การทดสอบเปรียบเทียบแบบพหุคูณ การวิเคราะห์แบบนอนพาราเมตริก และการวิเคราะห์การอยู่รอด เป็นหนังสือที่อธิบายแง่มุมทางเทคนิคของ InVivoStat ซึ่งเป็นชุดโปรแกรมโอเพนซอร์ส (Open source software) ที่พัฒนาโดยผู้เขียนเพื่อให้นักวิจัยเกี่ยวข้องกับสัตว์ทดลองสามารถวิเคราะห์ข้อมูลและได้ผลลัพธ์เป็นรายงาน โดยวิธีการใช้ InVivoStat อยู่ที่บทที่ 6 - Analysis using InVivoStat ของหนังสือเล่มดังกล่าว (Bate & Clark, 2014) ซึ่งก็พบว่าไม่ต่างไปจากคู่มือการใช้งานหน้าเว็บไซต์ของโปรแกรม (InVivoStat, 2022b)

### การเปรียบเทียบความถูกต้องของการวิเคราะห์สถิติกับโปรแกรมวิเคราะห์สถิติอื่น

เพื่อเป็นการสร้างความมั่นใจให้กับผู้ใช้ในชุดโปรแกรมใหม่นี้ จึงมีการทดสอบการใช้ InVivoStat เปรียบเทียบกับโปรแกรมวิเคราะห์สถิติอื่น ๆ ที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ SPSS Version 19, PRISM Version 5, UniStat Version 5.6 และ Statistica Version 9 ในวิเคราะห์ทางสถิติสามรายการได้แสดงให้เห็นว่า InVivoStat ให้ผลลัพธ์เช่นเดียวกับแพ็คเกจอื่นๆ (Clark et al., 2012)

### การอ้างอิง InVivoStat ในบทความวิชาการ

จากตัวเลือก References บนเว็บไซต์ InVivoStat จะพบข้อความ “หากคุณเผยแพร่ผลงานของตนเอง และใช้ InVivoStat โปรดแจ้งให้เราทราบ เราต้องการเพิ่มรายงานของคุณลงในรายการที่ระบุบนเว็บไซต์!” ซึ่งพบรายการบทความที่อ้างอิงแบบ APA เรียงตามอักษรผู้แต่งคนแรกไว้มากกว่า 200 บทความ (สามารถตรวจสอบจาก <https://invivostat.co.uk/references/> เมื่อ 25 พฤษภาคม 2566) ซึ่งเป็นบทความที่ตีพิมพ์

ในวารสารของสำนักพิมพ์ เช่น Elsevier, Sage, Springer, Taylor & Francis ที่อยู่ในฐานข้อมูลที่เป็นที่ยอมรับ เช่น Web of Science และ Scopus

### InVivoStat คืออะไร? (What Is InVivoStat?)

เป็นที่เข้าใจกันโดยทั่วไปว่าวิธีการทางสถิติที่เหมาะสมสามารถช่วยลดขนาดตัวอย่างในการทดลองกับสัตว์ได้ การวิเคราะห์ข้อมูลจะช่วยให้นักวิทยาศาสตร์ได้รับความเข้าใจที่ดีขึ้นเกี่ยวกับกระบวนการออกแบบการศึกษาที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น (InVivoStat, 2022b)

InVivoStat เป็นชุดโปรแกรมวิเคราะห์สถิติที่ให้ใช้งานฟรี ซึ่งใช้โปรแกรม R เป็นเครื่องมือคำนวณทางสถิติ ออกแบบมาสำหรับนักวิทยาศาสตร์ที่ทำการทดลองกับสัตว์ โปรแกรม R รวมเป็นเครื่องมือวิเคราะห์ทางสถิติที่ซับซ้อนและมีประสิทธิภาพ พร้อมส่วนต่อประสานผู้ใช้ที่ใช้งานง่ายและเข้าใจได้ง่ายสำหรับผู้ที่ไม่ใช่ นักสถิติ InVivoStat มีการตรวจสอบชุดข้อมูลจำนวนมาก ดังนั้นข้อผิดพลาดภายในข้อมูล ซึ่งอาจทำให้ผลการวิเคราะห์เป็นโมฆะ จะถูกระบุก่อนการวิเคราะห์ และยังให้ความเห็นเกี่ยวกับความเหมาะสมของการวิเคราะห์ทางสถิติในรายงานผลลัพธ์ด้วย

InVivoStat เป็นชุดโปรแกรมวิเคราะห์สถิติที่ออกแบบมาโดยเฉพาะเพื่อตอบสนองความต้องการของนักวิจัยระดับพรีคลินิก แต่ละโมดูล (ส่วนของชุดโปรแกรม) ใช้รูทีน (ชุดคำสั่ง หรือโปรแกรมที่เขียนขึ้น) เดียวกัน ชุดข้อมูลสามารถนำเข้าโปรแกรมได้จาก Excel และตัวแปรจะถูกเลือกโดยการลากและวางลงในกล่องการเลือกตัวแปรตามข้อกำหนดตามการเลือกสถิติที่ต้องการวิเคราะห์และเมื่อทำการวิเคราะห์ ผลลัพธ์ประกอบด้วยส่วนผสมของผลลัพธ์ทางสถิติที่เป็นตัวเลข คำอธิบายผลการวิเคราะห์ และข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการดำเนินการ InVivoStat ยังสร้างคำเตือนและข้อความแสดงข้อผิดพลาดเพื่อช่วยให้ผู้ใช้ดำเนินการวิเคราะห์ทางสถิติที่ถูกต้อง

สมาคมเภสัชจิตเวชแห่งอังกฤษ (British Association for Psychopharmacology (BAP), 2022) แนะนำ InVivoStat ว่าเป็นเครื่องมือวิเคราะห์ทางสถิติขั้นสูง ช่วยให้นักวิทยาศาสตร์สามารถใช้ประโยชน์จากการออกแบบการทดลองที่ใช้ข้อมูลที่รวบรวมระหว่างการทดลองได้ดียิ่งขึ้น นำไปสู่การตัดสินใจที่สรุปผลได้น่าเชื่อถือ ทำซ้ำได้ และมีข้อมูลที่ดีขึ้น ในขณะที่ลดการใช้สัตว์ทดลองลงได้

โปรแกรมประกอบด้วยชุดโมดูลการวิเคราะห์ทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 1

## ตารางที่ 1 การวิเคราะห์ทางสถิติของโปรแกรม InVivoStat

โมดูลการวิเคราะห์	Analysis modules
สถิติสรุป (ค่าเฉลี่ย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่ามัธยฐาน ฯลฯ)	Summary Statistics (mean, Standard Error of Mean : SEM, median etc)
การวิเคราะห์พารามetriกวัดครั้งเดียว (t-test, ANOVA, ANCOVA)	Single Measures Parametric Analysis (t-test, ANOVA, ANCOVA)
การวิเคราะห์พารามetriกแบบวัดซ้ำ	Repeated Measures Parametric Analysis
การวิเคราะห์อำนาจทดสอบ (การคำนวณขนาดตัวอย่าง)	Power Analysis (sample size calculation)
กราฟิก (หมายถึงด้วย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน, scatterplots, boxplot เป็นต้น)	Graphics (means with Standard Error of Mean : SEM, scatterplots, boxplots etc.)
การปรับค่า $p$ (การทดสอบเปรียบเทียบหลายรายการ)	$p$ -value Adjustment (multiple comparison tests)
การวิเคราะห์การตอบสนองต่อขนาดยา (การปรับเส้นโค้งแบบไม่เชิงเส้น)	Dose Response Analysis (non-linear curve fitting)
สถิตินอนพารามetriก (Kruskal-Wallis, Mann-Whitney and Steels)	Non-parametric statistics (Kruskal-Wallis, Mann-Whitney and Steels)
การทดสอบที่แน่นอนของไคสแควร์และฟิชเชอร์	Chi-squared and Fisher's Exact test
การวิเคราะห์ความสัมพันธ์	Correlation analysis
การวิเคราะห์การถดถอย	Regression analysis
การวิเคราะห์การอยู่รอด	Survival analysis
การทดสอบค่าที่แบบจับคู่และไม่จับคู่	Paired and unpaired t-tests

ถึงแม้ว่า InVivoStat ออกแบบมาโดยเฉพาะสำหรับนักวิทยาศาสตร์ที่ทำการทดลองกับสัตว์ทดลอง แต่ส่วนของการจัดการข้อมูลและวิธีการวิเคราะห์ทางสถิติก็สามารถนำไปใช้กับสิ่งที่น่าสนใจศึกษาที่เป็นคน สิ่งของ ปัจจัยต่างๆ ได้เช่นกัน และที่สำคัญสามารถใช้ทดแทนโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติที่มีลิขสิทธิ์ (proprietary software) เป็นการเพิ่มโอกาสนักวิจัยที่มีข้อจำกัดด้านงบประมาณการจัดหาโปรแกรมมาใช้ให้สามารถสร้างผลงานวิจัยจากโปรแกรมวิเคราะห์สถิติคุณภาพที่ใช้งานฟรีนี้ได้ และนำไปอ้างอิงว่าวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรม InVivoStat ในการเผยแพร่ผลงานวิจัยโดยไม่ต้องกังวลเรื่องกฎหมายลิขสิทธิ์

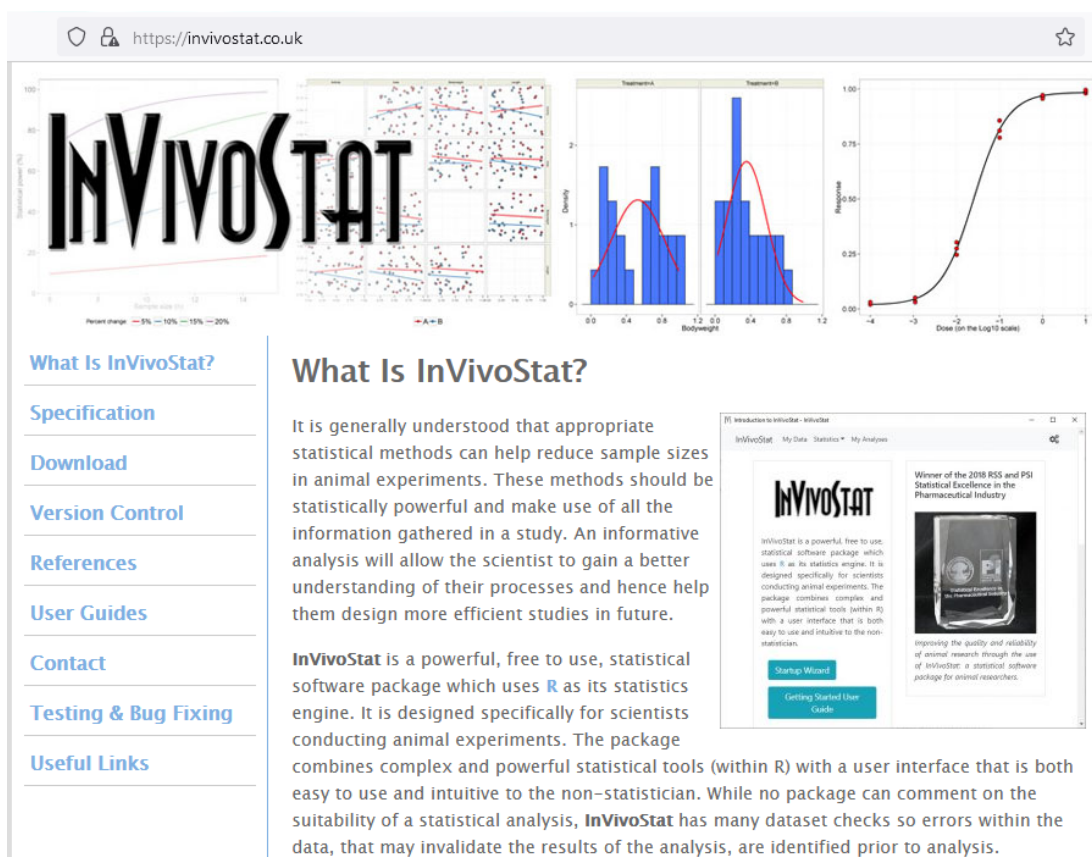
## วัตถุประสงค์

แนะนำการใช้งานโปรแกรมวิเคราะห์สถิติ InVivoStat สำหรับนักวิจัยและนักวิชาการที่สอนวิชาสถิติที่สามารถเข้าถึงได้โดยเสรี เนื่องจากเป็นโปรแกรมที่มีประสิทธิภาพไม่แตกต่างไปจากโปรแกรมลิขสิทธิ์ และมีการอ้างอิงใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติในบทความที่วารสารวิชาการนานาชาติยอมรับ

## ผลการศึกษา

### การติดตั้งโปรแกรม InVivoStat

โปรแกรม InVivoStat สามารถดาวน์โหลดได้จาก <https://invivostat.co.uk/> (InVivoStat, 2022b) ซึ่งหน้าแรกของเว็บไซต์ ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 เว็บไซต์หน้าแรกของ InVivoStat

### InVivoStat สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ 32 บิต และ 64 บิต

โปรแกรม Version 4.7 (for Windows) PC Requirements: Windows 7/8/10 Updated: 9<sup>th</sup> December 2022 The download file size is 346 mb ใช้งานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ 64 บิต แต่ถ้าเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ 32 บิต ก็สามารถใช้ Version 3.7 PC System requirements: Windows 7/8/10

Updated: 14<sup>th</sup> July 2017 The download file size is 69 mb ได้ ซึ่งโปรแกรมไม่ได้อธิบายความแตกต่างระหว่างสอง Version นี้ไว้ แต่จากคู่มือผู้ใช้ (User Guides) เว็บไซต์ [invivostat.co.uk](http://invivostat.co.uk) (InVivoStat, 2022c) พบรายละเอียดการวิเคราะห์สถิติของ Version 4.7 ที่แตกต่างไปจากที่แสดงบนตัวเลือกของ Version 3.7 บ้าง ผู้สนใจนำไปใช้งานสามารถเลือกคำสั่ง **Download** หน้าแรกของเว็บไซต์ InVivoStat ดังแสดงในภาพที่ 1

การนำเสนอ InVivoStat Version 3.7 ก็เพื่อให้ผู้ที่ยังคงใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ 32 บิตสามารถใช้งานได้ ขณะที่โปรแกรมวิเคราะห์สถิติฟรี เช่น jamovi ก็ไม่มีเวอร์ชัน 32 บิตสำหรับ Windows เนื่องจากใช้งานค่อนข้างน้อย และจำนวนการติดตั้ง Windows แบบ 32 บิตก็ลดลงอย่างรวดเร็ว ดังนั้นจึงไม่คุ้มค่ากับเวลาของทีมนักพัฒนา jamovi (jamovi, 2022) หรือ PSPP 1.6.2 ก็ทำงานบน Windows 64 บิต (GNU Operating System, 2023) ซึ่งพบการแนะนำผู้ที่จะใช้รุ่น Windows 32 บิต เมื่อปี พ.ศ. 2558 ที่ผ่านมา (PSPP Users, 2015) ขณะที่ InVivoStat ก็ยังคงมี Version 3.7 สำหรับ Windows 32 บิต บนหน้าเว็บไซต์ให้ดาวน์โหลด

เมื่อติดตั้งโปรแกรมแล้ว IVS InvivoStat Version 3.7 ตัวเลือกคำสั่งเพื่อนำเข้าโปรแกรม และ InVivoStat บนหน้าเว็บไซต์ ซึ่งก็พบได้ทั้ง V ตัวใหญ่และ v ตัวเล็ก ดังแสดงในภาพที่ 2 (a) และ (b) ตามลำดับ ในบทความนี้จะใช้คำว่า InVivoStat



(a)



(b)

ภาพที่ 2 ตัวเลือกเข้าสู่โปรแกรม และ ชื่อโปรแกรมในหน้าแรกของโปรแกรม V3.7

### คู่มือการใช้งาน (User Guides)

คู่มือการใช้งานนี้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับวิธีใช้ InVivoStat เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลการทดลอง โดยมีชุดข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในคู่มือการใช้งานเพื่อใช้ในการสอนหรือฝึกการใช้งาน หากต้องการศึกษาตัวอย่างด้วยตัวเอง อย่างไรก็ตาม คู่มือผู้ใช้ไม่ใช่ตำราทฤษฎีสถิติ สามารถดาวน์โหลดคู่มือผู้ใช้ได้จากแถบตัวเลือก User Guides ดังแสดงในภาพที่ 1 (InVivoStat , 2022c)

ตัวเลือกในคู่มือการใช้งานมีดังนี้

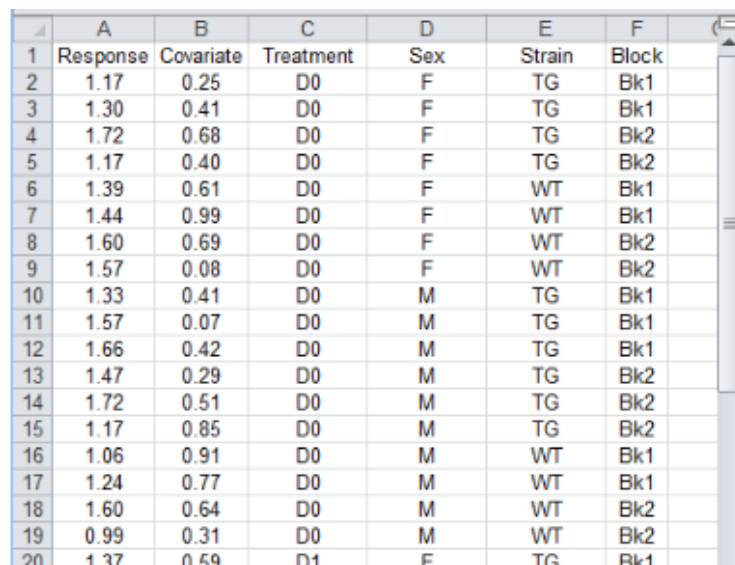
Example Dataset ข้อมูลตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์สถิติวิธีต่าง ๆ

Getting Started การเริ่มใช้โปรแกรมให้รายละเอียดเกี่ยวกับการเริ่มใช้งาน

การเตรียมข้อมูลเข้าโปรแกรม InVivoStat ผ่าน Excel (โดยใช้รูปแบบไฟล์ .xls หรือ .xlsx) หรือใช้รูปแบบไฟล์ .csv (แฟ้มที่ข้อมูลแต่ละตัวแปรคั่นด้วยเครื่องหมายจุลภาค) แม้ว่าการแก้ไขข้อมูลพื้นฐานบางอย่างสามารถทำได้ใน InVivoStat ก็ขอแนะนำให้ผู้ใช้สร้างชุดข้อมูลจากโปรแกรมสำเร็จรูป Excel ก่อนที่จะนำเข้าไปยัง InVivoStat ซึ่งจะสะดวกกว่ามาก

**รูปแบบข้อมูล** ที่นำเข้าโปรแกรม InVivoStat จำแนกออกเป็นรูปแบบข้อมูลการวัดครั้งเดียว (Single measures format) และ รูปแบบข้อมูลที่มีการวัดซ้ำ (Repeated measures format)

**รูปแบบข้อมูลการวัดครั้งเดียว** ในรูปแบบชุดข้อมูลนี้ สัตว์แต่ละตัวจะได้รับการประเมินตัวแปรที่จะวัดค่าเพียงครั้งเดียว ตัวแปรในการศึกษามีได้หลายตัวแปรตามการออกแบบการวิจัย ข้อมูลของสัตว์ 1 ตัว คือ แต่ละแถว (row) ของชุดข้อมูลกับข้อมูลของสัตว์แต่ละตัวหรือตัวแปรจากการเก็บข้อมูลจะอยู่ในคอลัมน์ (column) ของชุดข้อมูล โดย InVivoStat จะเรียกตัวแปร/คอลัมน์เกี่ยวกับคุณลักษณะของสัตว์นั้นว่า 'คอลัมน์ตัวบ่งชี้ (indicator columns)' เช่น รหัสสัตว์ วิธีการรักษา เพศ และอื่น ๆ การจัดกลุ่มสัตว์ทดลอง กับ ตัวแปรที่วัดค่าอื่นที่ใช้ในการศึกษาวิจัย ตัวอย่างเช่น รูปแบบการรักษา (Treatment) เพศ (Sex) สายพันธุ์ (Strain) กลุ่ม (Block) และ การประเมินการตอบสนอง (Response) และตัวแปรร่วม (Covariate) ดังแสดงในภาพที่ 3



	A	B	C	D	E	F
1	Response	Covariate	Treatment	Sex	Strain	Block
2	1.17	0.25	D0	F	TG	Bk1
3	1.30	0.41	D0	F	TG	Bk1
4	1.72	0.68	D0	F	TG	Bk2
5	1.17	0.40	D0	F	TG	Bk2
6	1.39	0.61	D0	F	WT	Bk1
7	1.44	0.99	D0	F	WT	Bk1
8	1.60	0.69	D0	F	WT	Bk2
9	1.57	0.08	D0	F	WT	Bk2
10	1.33	0.41	D0	M	TG	Bk1
11	1.57	0.07	D0	M	TG	Bk1
12	1.66	0.42	D0	M	TG	Bk1
13	1.47	0.29	D0	M	TG	Bk2
14	1.72	0.51	D0	M	TG	Bk2
15	1.17	0.85	D0	M	TG	Bk2
16	1.06	0.91	D0	M	WT	Bk1
17	1.24	0.77	D0	M	WT	Bk1
18	1.60	0.64	D0	M	WT	Bk2
19	0.99	0.31	D0	M	WT	Bk2
20	1.17	0.59	D1	F	TG	Bk1

ภาพที่ 3 ตัวอย่างรูปแบบข้อมูลการวัดครั้งเดียว



รูปแบบข้อมูลที่มีการวัดซ้ำ ในกรณีนี้ แทนที่จะเพิ่มคอลัมน์ว่าวัดครั้งที่ 1 หรือ 2 หรือ 3 เข้าไป กลับให้ทำการเพิ่มแถวเมื่อมีการวัดครั้งใหม่ โดยมีการระบุเป็นรหัสว่าวัดครั้งที่เท่าใดไว้ด้วย ทำให้แต่ละแถวก็จะมีข้อมูลเดิมที่ซ้ำ ๆ กันได้ ดังตัวอย่างข้อมูลในภาพที่ 4 สัตว์ในคอลัมน์ Animal มีค่า “A1” มีการกำหนดรหัสวันในคอลัมน์ Day มีค่า “D1” “D2” “D3” และ “D4” เป็นต้น

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Response	Covariate	Animal	Day	Treatment 1	Treatment 2	Treatment 3	Block1	Block2
2	0.38	1.20	A1	D1	A	x	q	1	1
3	0.04	0.49	A1	D2	A	x	q	1	1
4	0.84	0.41	A1	D3	A	x	q	1	1
5	0.93	0.28	A1	D4	A	x	q	1	1
6	0.50	0.03	A10	D1	A	x	w	1	2
7	0.44	0.80	A10	D2	A	x	w	1	2
8	0.43	0.68	A10	D3	A	x	w	1	2
9	0.45	0.67	A10	D4	A	x	w	1	2
10	0.26	0.39	A11	D1	B	x	w	1	2
11	0.45	0.50	A11	D2	B	x	w	1	2
12	0.79	0.11	A11	D3	B	x	w	1	2
13	0.61	0.37	A11	D4	B	x	w	1	2
14	0.50	0.54	A12	D1	C	x	w	1	2
15	0.58	0.67	A12	D2	C	x	w	1	2
16	0.64	0.06	A12	D3	C	x	w	1	2
17	0.08	0.59	A12	D4	C	x	w	1	2
18	0.24	0.04	A13	D1	A	v	w	1	2

ภาพที่ 4 ตัวอย่างรูปแบบข้อมูลที่มีการวัดซ้ำ

เมื่อเข้าสู่โปรแกรม InVivoStat Version 3.7 ซึ่งมีแถบเลือกคำสั่งหลัก คือ File Edit Statistics Window และ Help ดังแสดงในภาพที่ 5 ส่วน Version 4.7 จะมีแถบเลือกคำสั่งหลัก เป็น InVivoStat My Data Statistics และ My Analyses



ภาพที่ 5 เมื่อเข้าสู่โปรแกรม InVivoStat V3.7

การ Upload Data เข้าสู่โปรแกรม ถ้าเป็น File Excel มีหลาย Worksheet ก็ระบุ Worksheet ที่ต้องการนำมาวิเคราะห์ได้ โดยใช้คำสั่ง **File** แล้วเลือก **Load Dataset** (Version 3.7) หรือ **My Data** แล้วเลือก **Upload Data** (Version 4.7)

## การวิเคราะห์ทางสถิติ

### Main Modules

การวิเคราะห์ทางสถิติสามารถเลือกได้จากหน้าแถบตัวเลือกคำสั่งหลัก คือ **Statistics**

เนื่องจาก Version 3.7 Updated 14th July 2017 ดังนั้นสิ่งที่อยู่ใน User Guides ที่เป็นปัจจุบันจึงใช้กับ version 4.7 ซึ่งปรากฏมีสิ่งที่พัฒนาเพิ่มเข้าไปหลังจาก 14 กรกฎาคม พ.ศ. 2560 ด้วย อย่างไรก็ตามผู้ใช้ Version 4.7 สามารถดูเลือกคำสั่ง **Help** ในกรอบของวิธีวิเคราะห์สถิติแต่ละวิธีได้ ซึ่ง InVivoStat จะเปิด User Guides ในเบราว์เซอร์ Internet Explorer ให้

ตัวเลือกกรองในคำสั่ง Statistics มีดังนี้

#### Summary Statistics

ประกอบไปด้วยการทำรายงานสถิติเชิงพรรณนา

#### Single Measures Parametric Analysis

การวิเคราะห์พาราเมตริกวัดครั้งเดียว (t-test, ANOVA, ANCOVA)

#### Repeated Measures Parametric Analysis

การวิเคราะห์พาราเมตริกแบบวัดซ้ำ (Repeated Measures ANOVA และ ANCOVA)

#### Single Measures to Repeated Measures Data Transformation

ช่วยทำการแปลงข้อมูลที่ใช้กับวัดเดียว (Single Measures Parametric Analysis) ให้อยู่ในรูปแบบที่ใช้กับการวัดซ้ำ (Repeated Measures Parametric Analysis) ไม่พบในคำสั่ง Version 3.7 เนื่องจากได้พัฒนาเพิ่มภายหลังเมื่อ 08/04/2021

#### p-value Adjustment

เมื่อ Run Single Measures หรือ Repeated Measures Parametric Analysis แล้ว สามารถเลือก **Auto Load Comparison File** ซึ่งเก็บข้อมูล p-value ของการทดสอบ รายคู่ไว้ แล้วสามารถเลือกเอา ✓ ออกสำหรับคู่เปรียบเทียบที่ไม่สนใจ แล้วบันทึกค่า p-value ระหว่าง  $<0.001$  และ  $<0.0001$  ลงในช่อง Unadjusted p-value แล้วเลือกวิธี Adjust p-value ซึ่งสามารถเลือกวิธี Holm, Hochberg, Benjamini-Hochberg, และ Bonferroni พร้อมทั้ง Significant level ได้ด้วย

#### Non Parametric Analysis

การวิเคราะห์นอนพาราเมตริก ได้แก่ Kruskal-Wallis และ Mann-Whitney

#### Graphic Analysis

แสดงการพล็อตกราฟผังการกระจาย (Scatter plot) แผนผังกล่อง (Box plot) ผังความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SEM plot) กราฟแท่ง (Histogram) และ ลักษณะของตัวอย่าง (Case Profiles)

Power Analysis – Comparison of Means

Power Analysis – Equivalence of Means

Power Analysis – One-Way ANOVA

เพื่อแสดงอำนาจทดสอบเมื่อใช้ขนาดตัวอย่างต่าง ๆ เมื่อตัวอย่างมากขึ้นก็จะมีอำนาจทดสอบมากขึ้น ทั้งนี้เพื่อไม่ให้ผู้วิจัยใช้ตัวอย่างขนาดที่เล็กเกินไป

Logistic Regression Analysis

ไม่มีใน Version 3.7 (Updated: 14th July 2017) แต่ Logistic Regression Analysis เพิ่มเข้ามาเมื่อ 13/07/2020 จึงต้องไปใช้ Version 4.7

Area Under Curve (AUC) Data Transformation ไม่พบในคำสั่ง Version 3.7 เนื่องจากเพิ่มเข้ามาเมื่อ 08/04/2021

R-Runner

โมดูล R-Runner ช่วยให้ผู้ใช้สามารถเรียกใช้โปรแกรม R ของตนเองภายใน InVivoStat ช่วยให้สามารถทำการวิเคราะห์ที่ไม่มีอยู่ในปัจจุบันได้

**Additional Analyses**

Dose Response and Non-Linear Regression Analysis

วิเคราะห์การตอบสนองต่อยาขนาดต่าง ๆ กัน

และการทดสอบ/วิเคราะห์ทางสถิติ ได้แก่

Paired t-test

Unpaired t-test

One-Sample t-test Analysis

Chi Squared Test and Fisher's Exact Test

Correlation Analysis

Survival Analysis

Linear Regression Analysis

Equivalence (TOST) Test Analysis ไม่พบในคำสั่ง Version 3.7 ได้พัฒนาเพิ่มขึ้นเมื่อ 09/12/2022

การทดสอบความเท่ากัน (equivalence testing) เป็นเครื่องมือทางสถิติในการทดสอบค่าเฉลี่ยสิ่งตัวอย่างกับค่าเป้าหมายหรือค่าเฉลี่ยสิ่งตัวอย่างตัวอื่น ๆ การทดสอบความเท่ากัน (equivalence testing) มีการใช้งานอย่างแพร่หลายในงานวิทยาศาสตร์ชีวการแพทย์ (Biomedical) ผู้ผลิตในงานเภสัชกรรม (Pharmaceutical) มักจะต้องทำการทดสอบด้านชีววิทยา เรื่องของยาสามัญ (Generic drug) ว่ามีความเทียบเท่ากับยาที่มีตราผลิตภัณฑ์ (brand name) ซึ่งเป็นงานที่ต้องทำในขั้นตอนการขึ้นทะเบียนยาตามกฎหมาย (regulatory approval process) (Solution Center Minitab : Blog, 2022)

## Unvalidated Analyses

### Nested Design Analysis

assessing the size and effect of the random effects.

Incomplete Factorial Analysis พบคำสั่งใน Version 3.7 แต่ไม่พบใน User Guide

### Multivariate Analysis

- Principal Components Analysis (PCA)
- Cluster Analysis
- Linear Discriminant Analysis (LDA)

หากประสงค์จะใช้ขีดความสามารถที่ไม่มีใน Version 3.7 Windows 32 Bit ก็จำเป็นจะต้องไปใช้ Version 4.7 Windows 64 bit

### การเลือกตัวแปรและตัวเลือกวิเคราะห์รายงานสถิติ

เมื่อผู้ใช้เลือกคำสั่ง **Statistics** และเลือกวิธีวิเคราะห์แล้ว การเลือกตัวแปรลงไปช่องสี่เหลี่ยมก็สามารถทำได้โดยการลาก (drag) ตัวแปรไปใส่ (drop) ลงในช่องสี่เหลี่ยม (input) ตัวแปรเหล่านั้นมาจากการ Upload Data เข้าสู่โปรแกรมไว้ก่อนหน้าแล้ว ถ้าเป็น File Excel ที่มีหลาย Worksheet ก็ต้องระบุ Worksheet ที่มีข้อมูลที่ต้องการนำมาวิเคราะห์ สำหรับการวิเคราะห์แต่ละวิธี โดยผู้ใช้สามารถกด **Help** ที่อยู่ในกรอบของวิธีการสถิตินั้น เพื่อทำความเข้าใจในการเลือกใส่ตัวแปรและเลือกวิเคราะห์ออกรายงานสถิติตามที่ต้องการได้

### ตัวอย่างการใช้งาน InVivoStat

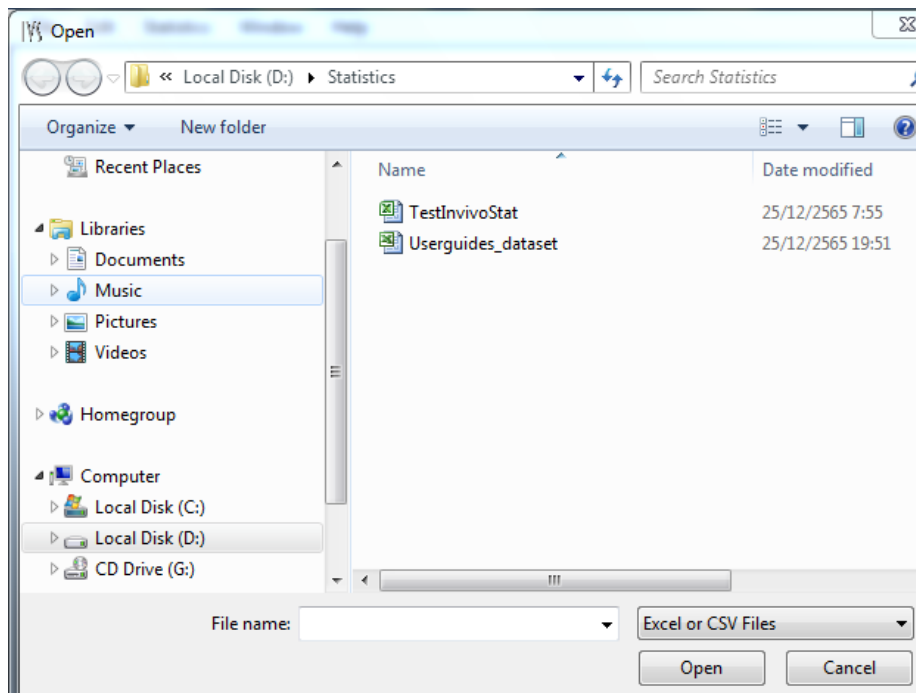
การเตรียมข้อมูลนำเข้าโปรแกรม InVivoStat ดังแสดงในภาพที่ 6

ในแฟ้มที่แสดงเป็นแฟ้ม Userguides\_dataset ที่ Load มาจากเว็บไซต์ของ InVivoStat ซึ่งมี Worksheet จำแนกตามการวิเคราะห์ที่มีหลาย Worksheet ดังนั้นเมื่อ Load แฟ้มนี้เข้าไปในโปรแกรม InVivoStat แล้วก็ต้องระบุ Worksheet ที่มีข้อมูลจะนำไปใช้วิเคราะห์ต่อไป

คำสั่งที่ใช้ คือ **File** แล้วเลือก **Load Dataset** แล้วทำการเลือกแฟ้มดังแสดงในภาพที่ 7

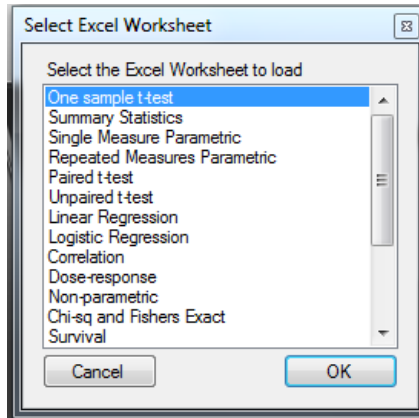
	A	B	C	D	E
1	Response	Treatment (ttest)	Subject (ttest)	Treatment (within subject)	Subject (within subject)
2	1.17	D0	1	D0	1
3	1.30	D0	2	D1	1
4	1.72	D0	3	D2	1
5	1.17	D0	4	D3	1
6	1.39	D0	5	D0	2
7	1.44	D0	6	D1	2
8	1.60	D0	7	D2	2
9	1.57	D0	8	D3	2
10	1.33	D0	9	D0	3
11	1.57	D0	10	D1	3
12	1.66	D0	11	D2	3
13	1.47	D0	12	D3	3
14	1.72	D0	13	D0	4
15	1.17	D0	14	D1	4
16	1.06	D0	15	D2	4
17	1.24	D0	16	D3	4
18	1.60	D0	17	D0	5
19	0.99	D0	18	D1	5
20	1.37	D1	1	D2	5
21	1.50	D1	2	D3	5
22	1.59	D1	3	D0	6
23	1.37	D1	4	D1	6
24	1.50	D1	5	D2	6
25	1.37	D1	6	D3	6

ภาพที่ 6 ข้อมูลใน Worksheet Paired t-test



ภาพที่ 7 การเลือกแฟ้มที่จะนำมาวิเคราะห์

เมื่อเลือกแฟ้มที่ต้องการ ในที่นี้คือ Userguides\_dataset แล้ว ก็จะต้องเลือก Worksheet ในแฟ้มดังกล่าว ดังแสดงในภาพที่ 8



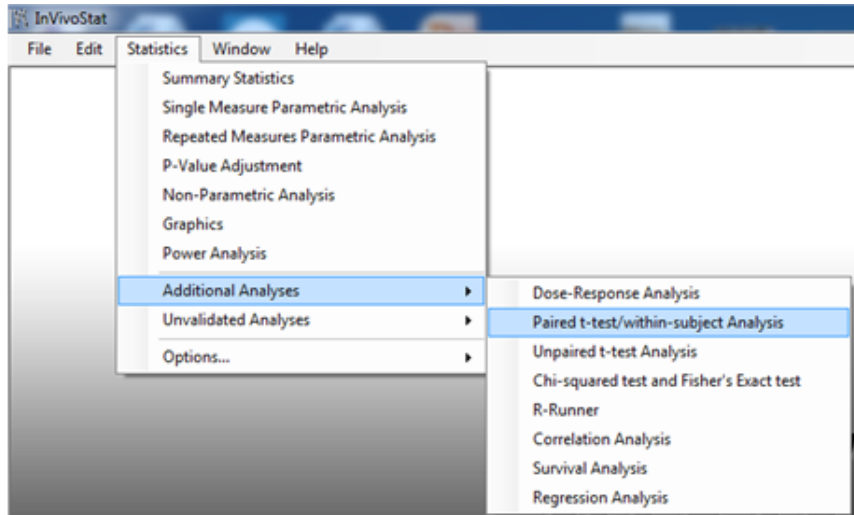
ภาพที่ 8 การเลือก Worksheet ในแฟ้มที่จะนำมาวิเคราะห์

เมื่อเลือก Worksheet Paired t-test แล้วก็จะปรากฏกรอบของข้อมูลดังในรูปที่ 9

Selected	Response	Treatment (ttest)	Subject (ttest)	Treatment (within subject)	Subject (within subject)
<input checked="" type="checkbox"/>	1.170460288	D0	1	D0	1
<input checked="" type="checkbox"/>	1.301819998	D0	2	D1	1
<input checked="" type="checkbox"/>	1.716827101	D0	3	D2	1
<input checked="" type="checkbox"/>	1.170287058	D0	4	D3	1
<input checked="" type="checkbox"/>	1.385523855	D0	5	D0	2
<input checked="" type="checkbox"/>	1.441107979	D0	6	D1	2
<input checked="" type="checkbox"/>	1.600527038	D0	7	D2	2
<input checked="" type="checkbox"/>	1.570742573	D0	8	D3	2
<input checked="" type="checkbox"/>	1.332792864	D0	9	D0	3
<input checked="" type="checkbox"/>	1.570048439	D0	10	D1	3
<input checked="" type="checkbox"/>	1.657046361	D0	11	D2	3
<input checked="" type="checkbox"/>	1.474137613	D0	12	D3	3

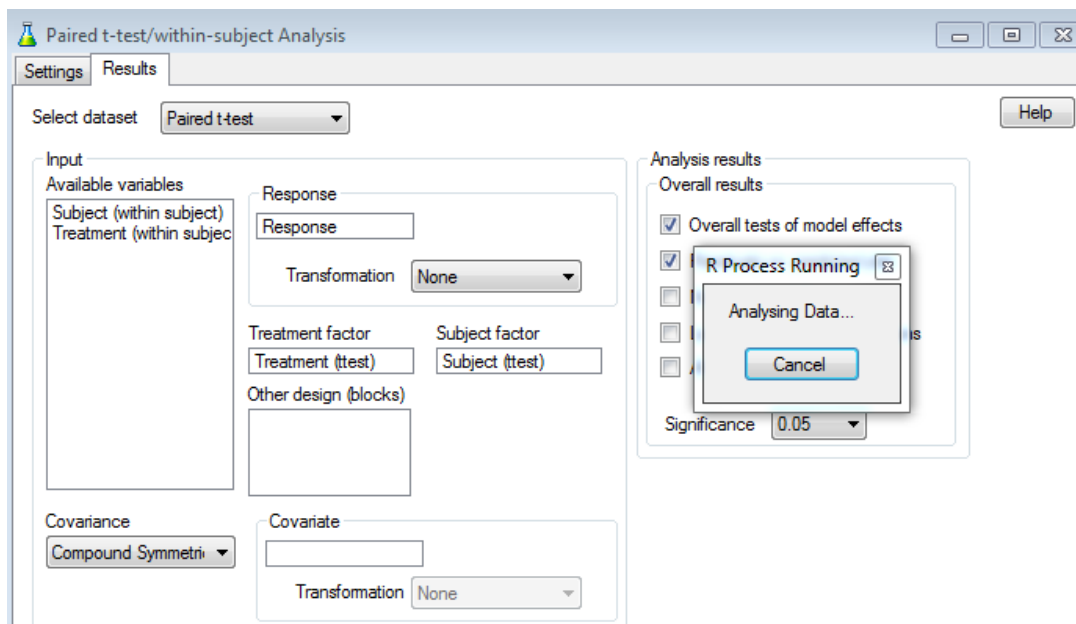
ภาพที่ 9 ข้อมูลใน Worksheet Paired t-test ที่แสดงในโปรแกรม InVivoStat

จากการเลือกคำสั่งวิเคราะห์ข้อมูล **Statistics** แล้วเลือก **Additional Analyses** แล้วเลือก **Paired t-Test/Within-subject Analysis** ดังแสดงในภาพที่ 10



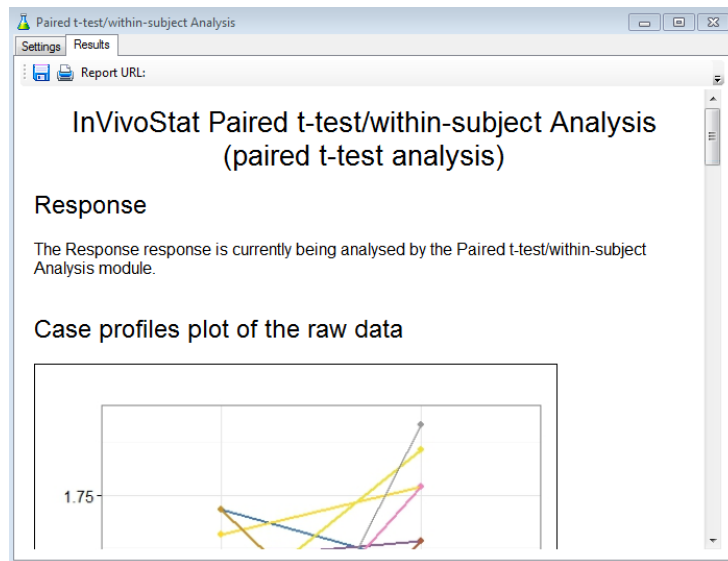
ภาพที่ 10 การเลือกคำสั่งวิเคราะห์สถิติ Paired t-test

การเลือกตัวแปรโดยการกดที่ชื่อตัวแปรแล้วลากไปวางในกล่องตามเงื่อนไขของการวิเคราะห์ทางสถิติ รวมถึงการเลือกรายงานที่ต้องการ ดังแสดงในภาพที่ 11



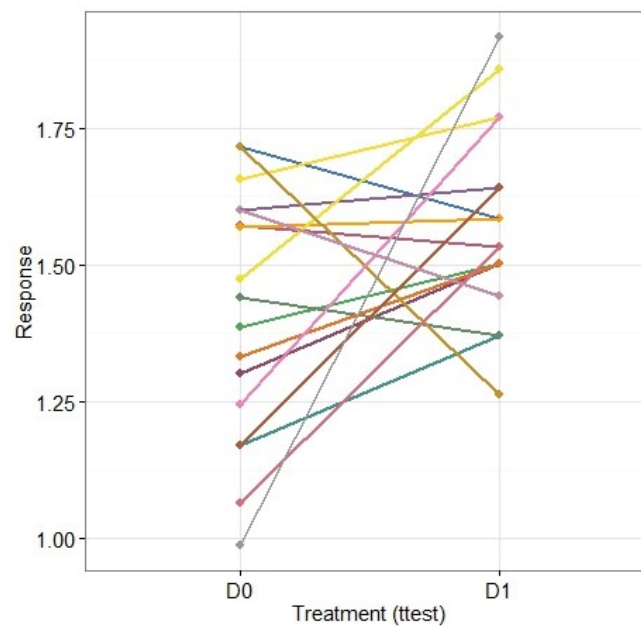
ภาพที่ 11 การเลือกตัวแปรและรายงานในคำสั่งวิเคราะห์สถิติ Paired t-test

เมื่อกดเลือก **Results** ก็มีการแสดงว่ากำลังวิเคราะห์ข้อมูล (R Process Running, Analysing Data) จะได้รายงานการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยในตอนท้ายของรายงานมีการอ้างอิงแบบ APA เพื่อนำไปใช้ในรายงานการวิจัยได้ด้วย เพิ่มรายงานสามารถบันทึกไว้เป็น HTML Document (.html) โดยกดเลือกรูปแผ่นดิสก์ หรือสั่งพิมพ์ออกทางเครื่องพิมพ์ได้ ดังแสดงในภาพที่ 12



ภาพที่ 12 รายงานที่ได้จากการเลือกคำสั่ง Results

เมื่อเรียกดูแฟ้มรายงานด้วยเบราว์เซอร์ ก็สามารถคัดลอกส่วนที่ต้องการออกมาทำรายงานได้ ดังแสดงในภาพที่ 13



ภาพที่ 13 ภาพที่คัดลอกจากแฟ้ม HTML



## บทสรุปและข้อเสนอแนะ

บทความนี้ได้แนะนำการใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ InVivoStat ที่เป็นโปรแกรมให้ใช้งานได้ฟรี แสดงการเชื่อมโยงกับผู้ใช้ในเบื้องต้น (รายละเอียดสามารถศึกษาได้จากคู่มือผู้ใช้ User Guides) ซึ่งมีการเปรียบเทียบความถูกต้องกับโปรแกรมชั้นนำมาแล้ว และมีการอ้างอิงในวารสารทางวิชาการจำนวนมาก รวมไปถึงสมาคมเภสัชจิตเวชแห่งอังกฤษ (BAP) ก็แนะนำโปรแกรม InVivoStat ว่าเป็นเครื่องมือวิเคราะห์ทางสถิติขั้นสูง แม้ว่า Version 4.7 ปัจจุบันจะใช้งานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ 64 บิต แต่ยังคงมี Version 3.7 ให้สามารถใช้งานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ 32 บิตได้ (ขณะที่โปรแกรม jamovi และ GNU PSPP ล้วนใช้งานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ 64 บิต)

เมื่อผู้ใช้งาน/นักวิจัยมีความรู้ในวิธีการทางสถิติที่จะใช้ก็สามารถทำความเข้าใจกับสิ่งที่โปรแกรม InVivoStat เตรียมไว้ให้ ได้แก่ คู่มือการใช้ (User Guides) ซึ่งมีนิยามปฏิบัติการ ตัวอย่างข้อมูล การนำข้อมูลเข้า การเลือกตัวแปรและรายงาน พร้อมทั้งรายงานที่โปรแกรมได้วิเคราะห์ออกมาด้วย สำหรับวิธีการทางสถิติก็มีตำรา “การออกแบบและการวิเคราะห์ทางสถิติของการทดลองในสัตว์” ผู้สอนวิชาสถิติสามารถนำไปใช้ในการสอนได้ด้วย จึงนับว่า InVivoStat เป็นโปรแกรมที่เหมาะสมกับผู้ที่มีข้อจำกัดการเข้าถึงโปรแกรมที่มีลิขสิทธิ์อีกโปรแกรมหนึ่ง ที่สำคัญคือสามารถสร้างสรรค์ผลงานวิชาการที่มีการอ้างอิงโปรแกรมที่นำมาใช้วิเคราะห์ทางสถิติในผลงานที่นำไปเผยแพร่ได้อย่างเปิดเผยโดยไม่ต้องสุ่มเสี่ยงกับการละเมิดลิขสิทธิ์

สถิติเป็นศาสตร์และศิลป์ในการสรุปงานวิจัยเชิงปริมาณ การใช้โปรแกรมวิเคราะห์สถิติ InVivoStat ช่วยให้กระบวนการทางสถิติในงานวิจัยมีประสิทธิภาพ เป็นโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติฟรีที่สามารถนำมาใช้งานได้ไม่แตกต่างไปจากโปรแกรมชั้นนำที่อ้างกันในรายงานที่พบเห็นกันโดยทั่วไป นอกจากนี้ยังช่วยตีความค่าทางสถิติเพื่อเขียนรายงานการวิจัยอย่างถูกต้อง มีการอ้างอิงการนำโปรแกรมไปใช้ในวารสารที่อยู่ในฐานดัชนีที่เป็นที่ยอมรับ โปรแกรมอินวิโอสแตท (InVivoStat) เป็นโปรแกรมวิเคราะห์สถิติที่สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลในผลงานวิจัยที่สามารถอ้างอิงและนำไปเผยแพร่ได้อย่างเปิดเผยโดยไม่ต้องเสี่ยงกับการละเมิดลิขสิทธิ์

## เอกสารอ้างอิง

- Bate, S. T., & Clark, R. A. (2019). *Improving the quality and reliability of animal research through the use of InVivoStat: a statistical software package for animal researchers*. PSI Conference London, 5<sup>th</sup> June 2019.
- Bate, S. T., & Clark, R. A. (2014). *The Design and Statistical Analysis of Animal Experiments*. Cambridge University Press.
- British Association for Psychopharmacology (BAP). (2022). *InVivoStat Statistical Analysis - Statistical Tool for all Psychopharmacologists*. Retrieve from <https://www.bap.org.uk/invivostat.php>
- Clark, R. A., Shoib, M., Hewitt, K. N., Stanford, S. C., & Bate, S. T. (2012). A comparison of InVivoStat with other statistical software packages for analysis of data generated from animal experiments. *J Psychopharmacology*, 26(8), 1136-1142.  
DOI: 10.1177/0269881111420313.
- GNU Operating System. (2023). *Obtaining GNU PSPP*. Retrieve from <https://www.gnu.org/software/pspp/get.html>
- GSK plc. (2022). *Company*. Retrieve from <https://www.gsk.com/en-gb/company/>
- InVivoStat. (2022a). *Download*. Retrieve from <https://invivostat.co.uk/download/>
- InVivoStat. (2022b). *InVivoStat What is InVivoStat?*. Retrieve from <https://invivostat.co.uk/>
- InVivoStat. (2022c). *User Guides*. Retrieve from <https://invivostat.co.uk/user-guides/>
- Jamovi. (2022). *Jamovi for Windows 32 Bit? Re: Jamovi for Windows 32 Bit? Post by jonathon* » Sun Mar 11, 2018 8:42. pm. Retrieve from <https://forum.jamovi.org/viewtopic.php?f=6&t=274/>
- National Center for the Replacement Refinement and Reduction of Animals in Research (NC3R<sup>5</sup>). (2022). *Replacement, Reduction and Refinement*. Retrieve from <https://www.nc3rs.org.uk/>
- PSPP Users. (2015). *Re: PSPP 32bit From: Alan Mead Subject: Re: PSPP 32bit Date: Mon, 13 Jul 2015 08:56:43 -0500*. Retrieve from <https://lists.gnu.org/archive/html/pspp-users/2015-07/msg00021.html>
- Solution Center Minitab : Blog. (2022, August 29). *การทดสอบความเท่ากันในการวิเคราะห์คุณภาพ (ส่วนที่ 1) คุณกำลังพยายามจะพิสูจน์สิ่งใดอยู่*. Retrieve from <https://www.solutioncenterminitab.com/blog/equivalence-testing-for-quality-analysis-part-i-what-are-you-trying-to-prove>